

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL DE MINAS GERAIS**

eISSN 2316-1817

Indexada em

AGRIS - Information System for the Agricultural Sciences and Technology

SUMÁRIOS.ORG

LATINDEX

REDIB

DOAJ

GOOGLE ACADÊMICO

Afiliada à Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC)

Revista

AGROGEOAMBIENTAL

Publicação Trimestral Científica e Tecnológica - IFSULDEMINAS

v.13 – n.4 – dezembro / 2021

Pouso Alegre – Minas Gerais – Brasil



Ministério da Educação
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais

Presidente da República
Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Educação
Victor Godoy Veiga

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica
Tomás Dias Sant'Ana

Reitor do IFSULDEMINAS
Marcelo Bregagnoli

Pró-Reitor de Administração e Planejamento
Honório José de Moraes Neto

Pró-Reitor de Gestão de Pessoas
Thiago de Sousa Santos

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Sindynara Ferreira

Pró-Reitor de Ensino
Giovane José da Silva

Pró-Reitor de Extensão
Cléber Ávila Barbosa

Ficha Catalográfica

R454 Revista Agrogeoambiental / Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Vol. 13, n.4 (dez. 2021) -. - Pousos Alegre (MG) : IFSULDEMINAS, 2021 - .

Trimestral.
Endereço eletrônico < <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/> >

e-ISSN 2316-1817 versão eletrônica.

1. Meio ambiente. 2. Agrárias. 3. Agronomia. 4. Engenharia agrícola. 5. Geomática. 6. Geologia. 7. Silvicultura. 8. Zootecnia. 9. Ecologia. I. Instituto Federal do Sul de Minas.

Revista

AGROGEOAMBIENTAL

e-ISSN 2316-1817 – Indexação: AGRIS – DOAJ – REDIB – Latindex – Sumários – Google Acadêmico

Expediente

Editor-chefe

Saul Jorge Pinto de Carvalho

Editor-assistente

Alan Silva Fialho

Comissão Editorial

Kélica Andréa Campos de Souza

Monalisa Aparecida Pereira

Editores Associados

Jane Piton Serra Sanches

John Alexander Moreno Sandoval

Wellington Marota Barbosa

Bibliotecária

Rosimeire Ribeiro

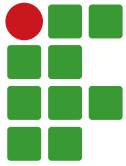
Revisão

Monalisa Aparecida Pereira

Comissão editorial

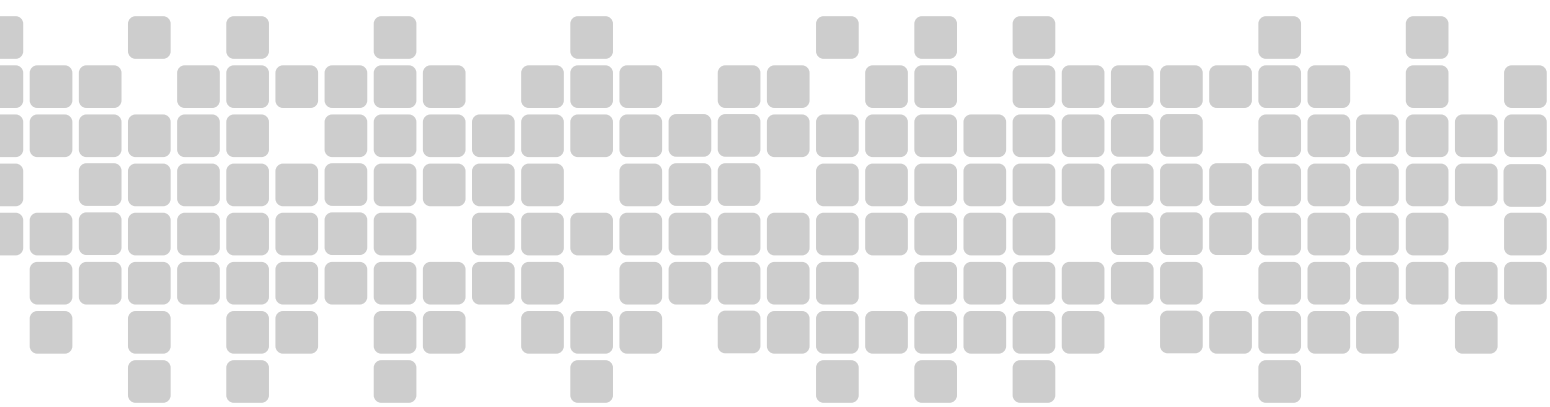
Acácio Gonçalves Netto	Esalq/USP	Brígida Monteiro Vilas Boas	IFSULDEMINAS
Ademir Fontana	EMBRAPA	Bruno Corrêa Barbosa	UFJF
Aderlan Gomes da Silva	IFMG	Carlos Andres Leguizamón Rojas	UNA - Paraguai
Alan Silva Fialho	IFSULDEMINAS	Carlos Cezar da Silva	IFSULDEMINAS
Alessandro Salles Carvalho	UFJF	Carlos Edward de Carvalho Freitas	UFAM
Aline Manke Nachtigall	IFSULDEMINAS	Carolina Mariane Moreira	IFSULDEMINAS
Ana Cristina Ferreira Moreira da Silva	IFSULDEMINAS	Claudino Ortigara	IFSULDEMINAS
Ana Paula Dias Turetta	EMBRAPA	Cleber Kouri de Souza	IFSULDEMINAS
Anderson Ricardo Trevizam	UFLA	Cleber Lázaro Rodas	UFLA
André Delly Veiga	IFSULDEMINAS	Cleiton Lourenço de Oliveira	IFSULDEMINAS
André Luis da Silva Castro	IFG	Daiane Moreira Silva	IFSULDEMINAS
Anita Cristina Costa da Silva	IFSUDESTE - MG	Dalilla Carvalho Rezende	IFSULDEMINAS
Antônio Sérgio da Costa	IFSULDEMINAS	Daniel Fernandes da Silva	UFLA
Arcângelo Loss	UFSC	Danielle Martins Duarte Costa	IFSULDEMINAS / UNIFEI
Ariana Vieira Silva	IFSULDEMINAS	Délcio Bueno da Silva	IFSULDEMINAS
Ariane Borges de Figueiredo	IFSULDEMINAS	Diego Zanetti	IFSULDEMINAS
Arionaldo Sá Júnior	IFSULDEMINAS	Diego César Terra de Andrade	IFSULDEMINAS
Aureliano de Albuquerque Ribeiro	UFC	Diego Maia Zacardi	UFOPA
Aurélio Ferreira Borges	IFRO	Dulcimara Carvalho Nannetti	IFSULDEMINAS
Bráulio Luciano Alves Rezende	IFSULDEMINAS		

Éder Clementino dos Santos	IFSULDEMINAS	Lilian Karla de Oliveira	UNIFRAN
Edu Max da Silva	IFSULDEMINAS	Lílian Vanessa Silva	IFSULDEMINAS
Eduardo Ferreira Molina	UNIFRAN	Lilian Vilela Andrade Pinto	IFSULDEMINAS
Eliana Fortes Gris	UnB	Luciana Faria	IFSULDEMINAS
Elisa de Souza Junqueira Rezende	UNICAMP	Luciana Maria Vieira Lopes Mendonça	IFSULDEMINAS
Eugênio José Gonçalves	IFSULDEMINAS	Luciano Aparecido Barbosa	IFSULDEMINAS
Fábio Janoni Carvalho	IFTM	Luís Lessi dos Reis	IFSULDEMINAS
Fabio Luiz Albarici	IFSULDEMINAS	Luiz Eugenio Veneziani Pasin	UNIFEI
Fábio Mesquita de Souza	IFMA	Marcelo Bregagnoli	IFSULDEMINAS
Fábio Oseias dos Reis Silva	UFLA	Marcos Caldeira Ribeiro	IFSUDESTE - MG
Fabricio Gomes Gonçalves	UFES	Marcos Magalhães de Souza	IFSULDEMINAS
Felipe Santana Machado	UFLA	Marcos Valério Gebrá da Silva	UNIFAJ
Flávia Matias Oliveira da Silva	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA - PORTUGAL	Mário de Oliveira Rebouças Neto	IFPI
Flávia Monteiro Coelho Ferreira	IFSUDESTE - MG	Melina Mara de Souza	IFSULDEMINAS
Franciane Diniz Cogo	UFLA	Michael Silveira Thebaldi	UNIFOR
Francisco César Gonçalves	IFSUDESTE - MG	Mireile Reis Santos	IFSULDEMINAS
Givago Coutinho	UNICERRADO	Nara Cristina de Lima Silva	IFTM
Guilherme Oberlender	IFSULDEMINAS	Narayana de Deus Nogueira	IFSULDEMINAS
Hugo Renan Bolzani	IFSULDEMINAS	Patrícia de Oliveira Alvim Veiga	IFSULDEMINAS
Igor Souza Pereira	IFTM	Paulo Oswaldo Garcia	IFSULDEMINAS
Inêz Pereira da Silva	EPAMIG	Pedro Luiz Terra Lima	LANCASTER UNIVERSITY - UK
Iran Dias Borges	UFSJ	Rafael Nogueira Scoriza	UFRRJ
Isabel Ribeiro do Valle Teixeira	IFSULDEMINAS	Rafaela Eloi de Almeida Alves	IFSULDEMINAS
Ivelize Cunha Tannure Nascimento	IFSULDEMINAS	Raphael Antônio Prado Dias	IFSULDEMINAS
Jader Ribeiro Pinto	IFSul	Raphael Maia Aveiro Cessa	IFMT
Jakson Leite	IFPA	Raphael Nogueira Rezende	IFSULDEMINAS
Jamil de Moraes Pereira	IFSULDEMINAS	Raul Henrique Sartori	IFSULDEMINAS
Jane Piton Serra Sanches	IFSULDEMINAS	Renata Brito	UFRRJ
João Antônio Granja	UFLA	Renata Mara de Souza	IFSULDEMINAS
João Batista Tavares Júnior	IFG	Renato Saldanha Bastos	IFSULDEMINAS
João Célio de Araújo	IFC	Roger Nabeyama Michels	UTFPR
João Mateus de Amorim	IFTM	Rosângela F. de Paula Vitor Marques	UFLA
João Olympio de Araújo Neto	IFSULDEMINAS	Rosival Barros de Andrade Lima	UFRPE
João Vieira Monteiro	FATEC	Sanderley Simões da Cruz	IFPA
John Alexander Moreno Sandoval	UDEC	Saul Jorge Pinto de Carvalho	IFSULDEMINAS
Joice Fernanda Lübke Bonow	UFPelotas	Silvio Henrique Delleposte Andolfato	UTFPR
José Alves Junqueira Junior	IF SUDESTE MG	Sindynara Ferreira	IFSULDEMINAS
José Antonio Dias Garcia	IFSULDEMINAS	Tatiana de Oliveira Ramos	UNESP
José Luiz de Andrade Rezende Pereira	IFSULDEMINAS	Tatiane Tagliatti Maciel	UFJF
José Mauro Costa Monteiro	IFSULDEMINAS	Thomaz Alvisi Oliveira	IFSULDEMINAS
Juan Jose Bonnin Acosta	UNA - Paraguai	Vanessa Leite Rezende	UFMG
Käthery Brennecke	UNICASTELO / USP	Vanessa Martins	UFPI
Kátia Regina de Carvalho Balieiro	IFSULDEMINAS	Verônica Soares de Paula Morais	IFSULDEMINAS
Leandro Campos Pinto	UFLA	Walbert Júnior Reis dos Santos	IFSULDEMINAS
Leonardo Rubim Reis	IFSULDEMINAS	Walnir Gomes Ferreira Júnior	IFSULDEMINAS
Leticia Gomes de Moraes Amaral	IFSULDEMINAS	Wellington Marota Barbosa	IFSULDEMINAS
		William Machado Emiliano	IFSULDEMINAS



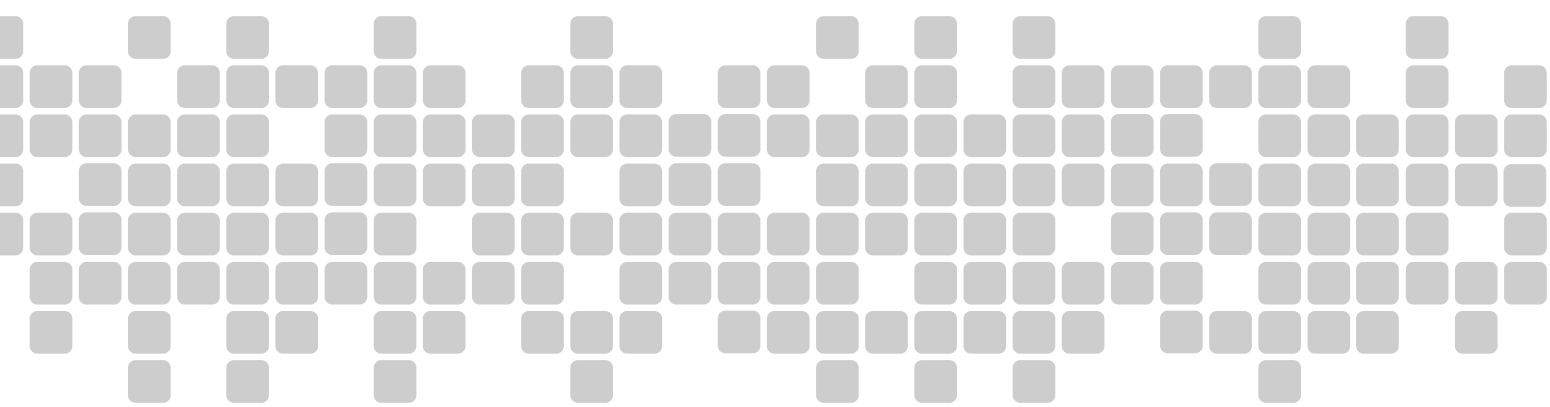
Summary

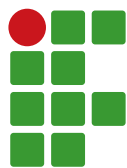
- The ecology and tree species of urban green areas within the municipality of Campestre, Minas Gerais..... **623**
Lilian Martins Sobral; Diego Pereira Marcelini; Miguel Gama Reis; Walnir Gomes Ferreira Júnior
- Growth and production of 'Grand Nain' banana in response to application of simple superphosphate and monoammonium phosphate to an area irrigated with calcareous water **637**
Edinon Manoel Nascimento; Dilermando Dourado Pacheco; Tatiane Carla Silva; Walisson Fagunde Jacome; Sérgio Ferreira Alcântara; Rafael Montanari
- Inhibition of mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* by isolates of *Trichoderma* spp. **648**
Ítalo Vilar Fernandes; Hebe Perez de Carvalho; Ana Carolina Perez de Carvalho dos Santos; Yuri José Galvão Chagas
- The effect of anthropic fires on ant assemblage in the Cerrado of Southeastern Brazil **658**
Tamires Camila Talamonte de Oliveira; Kenia Aparecida dos Santos; Gabriela Bandejas do Nascimento; Grazielle Santos Santiago
- Morphoanatomical characterization of *Brassavola tuberculata* Hook's (Orchidaceae) leaf and root upon the rocky outcrop..... **671**
Fernanda Maria Trindade da Silva; Wellington Marota Barbosa; Walnir Gomes Ferreira Júnior
- Estimation of failures in soybean crops from aerial images obtained by RPA **681**
Jadson Maximiano da Silva; José Luiz de Andrade Rezende Pereira; João Edson Costa Ferreira da Silva; Ângelo Marcos Santos Oliveira; Taiane Aparecida Fernandes Carvalho
- Nitrogen fertilization on topdressing and soil water replacement levels on carrot crop yield **689**
Márcio José de Santana; Ana Paula Leite de Mendonça; Marcos Vinicius Pires Silva; Acácio Gomes Xavier; Maria Eduarda Rocha Rossi André
- Evaluating the conditions of family farming maize storage in Mahelane, Mozambique.... **698**
Arsênio Daniel Ivo Mulhanga; Dade Rebocho; Dionatas Alex Garcia; Domingos Armando Soquir Jeque; Ivan Natividade Júlio Zevo
- Medicinal plants used by urban and rural inhabitants of Luziânia, Goiás, Brazil **706**
Marina Neves Delgado; Jessica Pinto Gomes; Raphaela Braz de Castro; Judite Araújo de Sousa
- Impact of forest–pasture conversion on soil physical and chemical properties **721**
Denilson Dortzbach; Arcângelo Loss; Marcos Gervasio Pereira; Antonio Paz Gonzalez; Otavio Augusto Queiroz dos Santos; Marisa de Cássia Piccolo





Artigos científicos





The ecology and tree species of urban green areas within the municipality of Campestre, Minas Gerais

Lilian Martins Sobral¹, Diego Pereira Marcelini², Miguel Gama Reis³, Walnir Gomes Ferreira Júnior⁴

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – *Campus Machado*, graduada em Ciências Biológicas. liliansobralmartins@gmail.com.

²IFSULDEMINAS - *Campus Machado*, graduado em Ciências Biológicas. diegomarcelini@yahoo.com.br.

³Universidade Federal de Lavras (UFLA) – Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, mestrando. miguel_greis@yahoo.com.br.

⁴IFSULDEMINAS - *Campus Machado*. Laboratório de Botânica e Ecologia - Herbário GERAES, docente. walnir.ferreira@gmail.com.

Received in: 24/09/2021 | Accepted in: 29/11/2021

Abstract

Urban green areas produce benefits such as reduced air pollution, climate mitigation, reduced wind action, less noise pollution, shelter for fauna, and increased water uptake from the soil as well as increased water infiltration to the soil. This work carried out a floristic survey related to its diverse and characterized habit and dispersion, and also related to the origin of the species existing in four public squares within the municipality of Campestre, Minas Gerais. Thus, the floristic and ecological aspects of trees and shrubs were surveyed in four urban green areas of the municipality. All arboreal and shrubby individuals were marked and identified. Each identified species was classified according to habit, dispersion, and origin. In total, 313 tree individuals, shrubs, and palm trees were registered and distributed among 73 species, (62 genera and 30 botanical families). When considering all squares, Shannon's diversity was 3.72, and Pielou's evenness coefficient was 0.87. Lower values of diversity and evenness were observed for each public square. There was greater richness and number of individuals of native species compared to exotic ones. The yellow ipe (*Handroanthus serratifolius*) was the only species present in all studied squares. Sassafras (*Ocotea odorifera*) and pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) are endangered species and underrepresented. The most represented forms of dispersion were zoochory and anemochory.

Keywords: Urban afforestation. Urban Ecology. Landscaping. Ornamental plants. Floristics.

Introduction

Urban afforestation is a science, sometimes treated as an art that works with the management of trees and the physiological-social-economic aesthetic aspects, aiming at the well-being of the urban population. Thus, improving the quality of life (ELIAS, 2020).

In a global context with the industrial revolution of the 18th century, we can say that accelerated and disorderly urban growth began, and it led to the recognition of the importance of green spaces and the good use of public space for the quality of life of the urban population. The landmark for urban afforestation was the urban reform of Paris in the 19th century which served as an example for other cities in the world on how to carry out urban intervention and afforestation planning (ARAÚJO, 2020).

Today, however, cities still have few green spaces. In Brazil, the urban population of approximately 180 million added to the disorderly growth caused by the rural exodus in the 50s/60s and continued in the following decades, transforming cities into large concrete blocks, with a loss of quality of life arising from environmental degradation of its public spaces. Therefore, promoting adequate socio-environmental management and sustainable development of urban spaces has become an urgent challenge in Brazil (BORGES *et al.*, 2020).

According to Buckeridge (2015), existing trees in urban green areas can reduce the incidence of light on the ground by up to 90 %. It can regulate the flow of water between soil and atmosphere via transpiration together with the evaporation of water from free surfaces. It can also form atmospheric moisture fluxes in which

water vapor moves from one region to another improving the microclimate, and consequently providing better environmental conditions for the population.

Environmental quality in urban areas is connected to the quality of life, since it is impossible to promote improvements in one without the other also improving. The concern with people's contact with green areas in cities has gained strength from the concept of sustainability which goes beyond the economic aspect, prioritizing the rational use of natural resources and the ways to restore them (when possible). The green theme and its recomposition appear in the Urban Land Parceling Laws, which provide for a green space area in the urban perimeter, but are often confused with the creation of gardens or free areas. Some master plans reach environmental protection areas, but there are not guarantees of the creation of green areas (ROCHA, 2019).

Urban areas including buildings that keep their landscape and ecological resources preserved offer a place for recreation and social interaction, as they are normally spaces belonging to the public authorities with unrestricted access for the population where individual or group activities can be carried out. As a leisure area, they offer opportunities for physical and mental well-being in addition to carrying out civic activities by adding better conditions of functionality, health, and sociability to the urban environment (MENEZES, 2019).

According to Vidal *et al.* (2020), people who have accessibility and proximity to green spaces and contact with nature have improved mental health (reduction of stress and symptoms of depression, improved mood etc.) when compared to groups not exposed to these areas when the space is built in a satisfactory manner allowing the performance of various activities. Such floristic survey could be carried out related to its diversity and characterization regarding

the habit, dispersion, and origin of the species existing in four public squares in the city of Campestre, Minas Gerais, providing information that can support proper management of these urban green areas in the region.

Material and methods

Studied area

The municipality of Campestre is located in the south of Minas Gerais, at latitude 21°42'40" S and longitude 46°14'47" W (FIGURE 1), and altitude ranging from 1,076 m to 1,300 m. It has an area of 578.7 km². The region is part of the Semideciduous Seasonal Forest domain within the Atlantic Forest biome (IBGE, 2004). The average annual temperature in the city is 19.1 °C; the maximum monthly average temperature is 21.4 °C; the minimum monthly average temperature is 15.9 °C; and the average annual rainfall is 1,730 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).

The study was carried out in four Urban Green Areas (Plazas/Public Squares) of the city, namely: Praça Delfim Moreira (21°42'39.4"S/46°14'51.47"W; 1,075 m of altitude and 6,200 m² of area), Praça Brasil (21°42'42.4"S/46°14'44.27"W; 1,081 m of altitude and 1,600 m² of area), Praça Nossa Senhora Aparecida (21°42'51.4"S/46°14'27.17"W; 1,112 m of altitude and 1,100 m² of area) and, lastly, Praça Ana Simão Zenum (21°42'48.91"S/46°14'26.19"W; 1,113 m of altitude and 980 m² of area). According to what is seen in FIGURE 1. All public squares are located within downtown neighborhoods and are used by the community as leisure spaces.

Floristic survey and ecological information on species

All arboreal and shrubby individuals were marked and identified. The APG IV (2016) plant

classification system was adopted. Taxonomic identification, specialized literature, and online consultations on herbaria were used. The botanical synonyms were updated according to the Flora do Brasil 2020's website from Rio de Janeiro Botanical Garden (FLORA DO BRASIL 2020, 2021).

In order to analyze the diversity of the urban green areas studied, the Shannon Diversity Index (H') (BROWER; ZAR, 1984) and the Pielou Equability Coefficient (J) (PIELOU, 1975) were calculated for each area, which measure the observed diversity proportion in relation to the maximum diversity expected.

The species were classified according to i) development; ii) dispersion syndrome and iii) origin. Therefore, specialized literature was used such as the website Flora do Brasil 2020 (2021), Lorenzi (2002 a, b), and observation of reproductive structures (fruits and seeds) presented in the individuals and sampled during

the study. The types of trees, shrub, and palm development recorded in Vidal and Vidal (2000) were considered.

In regards to dispersion syndromes, the types described by Vidal and Vidal (2000) are: anemochory (dispersion by the wind), autochory (dispersion by the explosive dehiscence of the fruit), barochory (dispersion by the force that gravity exerts on the fruit or seed) and zoochory (dispersion by animals) were considered.

Results and discussion

In total, 313 individual trees, shrubs, and palm trees were registered, distributed in 73 species, 62 genera, and 30 botanical families (TABLE 1). Five species belong to the Gymnospermae group: ciprestes (*Chamaecyparis lawsoniana*, *C. pisifera*, *Cupressus sempervirens*), sagu-de-jardim (*Cycas revoluta*) and pinheiro-budista (*Podocarpus macrophyllus*).

Figure 1. Location of urban green areas in the municipality of Campestre, southern Minas Gerais.



Abbreviations: **A.** Praça Delfim Moreira; **B.** Praça Brasil; **C.** Praça Ana Simão Zenum and **D.** Praça Nossa Senhora Aparecida. (Plazas and Squares)

Source: Prepared by the authors using images from Google Earth and Google Maps from June 2017.

Table 1. List of species and botanical families containing ecological information (development, dispersion and origin) of the species sampled in the Urban Green Areas (Public squares) in the municipality of Campestre, Minas Gerais

FAMILY / Specie	Popular Name	Des	Disp	Origin	Public Squares				
					1	2	3	4	
ANACARDIACEAE									
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schot	gonçaleiro	Arv	Ane	Brazil	1	2			
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	aroeira-branca	Arv	Zoo	Brazil					1
<i>Mangifera indica</i> L.	mangueira	Arv	Zoo	Asia	2				
<i>Schinus molle</i> L.	chorão	Arv	Zoo	Brazil	12	1			
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	pau-pombo	Arv	Zoo	Brazil					1
ANNONACEAE									
<i>Annona cacans</i> Warm.	araticum-cagão	Arv	Baro / Zoo	Brazil		1			
APOCYNACEAE									
<i>Nerium oleander</i> L.	espirradeira	Arb	Ane	Mediterranean	6				
ARALIACEAE									
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	morototó	Arv	Zoo	Brazil	2				
ARECACEAE									
<i>Archontophoenix cunninghamiana</i> (H.Wendl.) H.Wendl. & Drude	drude	Pal	Zoo	Australia	8	1			
<i>Dypsis decaryi</i> (Jum.) Beentje & J. Dransf.	palmeira triangular	Pal	Zoo	Africa and Madagascar	2				
<i>Dypsis lutescens</i> (H.Wendl.) Beentje & J. Dransf.	areca-bambu	Pal	Ane	Madagascar	13	1			
<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F.Cook	palmeira-imperial	Pal	Zoo	Caribbean, Venezuela and Colombia	2	6			
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	jerivá	Pal	Zoo	Brazil	11		5	1	
<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	washingtônia	Pal	Zoo	USA and Mexico					3
ASPARAGACEAE									
<i>Dracaena arborea</i> (Willd.) Link	dracena	Arb	Zoo	Africa	4	4			
BIGNONIACEAE									
<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	ipê-amarelo	Arv	Ane	Brazil		1			
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-amarelo	Arv	Ane	Brazil	18	3			12
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-rosa	Arv	Ane	Brazil	7				
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	ipê-amarelo	Arv	Ane	Brazil	1	2	2	2	
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	caroba	Arv	Ane	Brazil	3		2	2	
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipê-branco	Arv	Ane	Brazil	2				
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	ipê-mirim	Arb	Ane	Americas (Brazil except)	1				
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	bolsa-de-pastor	Arv	Ane	Brazil					1

COMBRETACEAE							
<i>Terminalia catappa</i> L.	amendoeira	Arv	Zoo	Asia	2	4	
CUPRESSACEAE							
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. Murr.) Parl.	cipreste	Arv	Zoo	USA	1		
<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold & Zucc.) Endl.	cipreste	Arv	Zoo	Japan	2		
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	cipreste	Arv	Zoo	Mediterranean and Asia	1		
CYCADACEAE							
<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	sagu-de-jardim	Arb	Zoo	Japan and China	1	2	
ERYTHROXYLACEAE							
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	cocão	Arv	Zoo	Brazil	2		
EUPHORBIACEAE							
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	tamanqueiro	Arv	Zoo	Brazil	1		
LAURACEAE							
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	sassafrás	Arv	Zoo	Brazil	1		
LEGUMINOSAE							
<i>Bauhinia variegata</i> L.	pata-de-vaca	Arv	Auto	India	4		
<i>PauBrazilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	pau-brasil	Arv	Auto	Brazil	1		
<i>Cenostigma pluviosum</i> var. <i>peltophoroides</i> (Benth.) Gagnon & G.P.Lewis	sibipiruna	Arv	Auto / Ane	Brazil		14	5
<i>Cassia fistula</i> L.	cássia-imperial	Arv	Ane	India			2
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	araribá	Arv	Ane	Brazil		1	
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	flamboyant	Arv	Auto / Zoo	Madagascar	1		
<i>Inga edulis</i> Mart.	ingá-de-metro	Arv	Zoo	Brazil		1	
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	falso-timbó	Arv	Auto	Brazil	11		1
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	jacarandá-do-campo	Arv	Ane	Brazil	1		
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafístula	Arv	Auto / Ane	Brazil	12		1
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	guapuruvu	Arv	Auto / Ane	Brazil			1
LYTHRACEAE							
<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.	resedá-gigante	Arv	Ane	China / Índia	2	2	
MALVACEAE							
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	paineira-rosa	Arv	Ane	Brazil	1		1
<i>Dombeya wallichii</i> (Lindl.) Baill.	astrapéia	Arv	Ane	Mediterranean	1		
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	castanheira	Arv	Zoo	Guyanas	2		

MELASTOMATACEAE							
<i>Pleroma granulatum</i> (Desr.) D. Don	quaresmeira	Arv	Ane	Brazil	10	3	
MELIACEAE							
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	neem	Arv	Zoo	Asian	1		
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro	Arv	Ane	Brazil	2		
MORACEAE							
<i>Ficus benjamina</i> L.	figueira-benjamina	Arv	Zoo	India and Philippines	4		
<i>Ficus enormis</i> Mart. ex Miq.	gameleira	Arv	Zoo	Brazil, Paraguay and Argentina	1		
MYRTACEAE							
<i>Callistemon salignus</i> (Sm.) Colv. ex Sweet	escova-de-garrafa	Arv	Ane	Australia and Oceania	4		
<i>Eugenia</i> sp.	-	Arv	Zoo	Brazil		1	
<i>Eugenia</i> sp. 1	-	Arb	Zoo	Brazil			1
<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitanga	Arv	Zoo	Brazil			2
<i>Melaleuca leucadendra</i> (L.) L.	melaleuca	Arv	Ane	Australia	3		
<i>Myrcia</i> sp.	-	Arb	Zoo	Brazil			1
<i>Myrciaria</i> sp.	-	Arb	Zoo	Brazil	1		
<i>Myrciaria</i> sp. 1	-	Arv	Zoo	Brazil	1		
<i>Psidium guajava</i> L.	goiabeira	Arv	Zoo	South and Central America	1		
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	jamelão	Arv	Zoo	India	1		
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	jambo-amarelo	Arv	Zoo	India and Malaysia	1		
OLEACEAE							
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	alfeneiro	Arv	Zoo	Asia, China, Japan and Korea	2		1
PITTOSPORACEAE							
<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.	pau-incenso	Arv	Zoo	Australia	12	1	1
PODOCARPACEAE							
<i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) Sweet	pinheiro-budista	Arv	Zoo	Japan and China	1		
POLYGONACEAE							
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	pau-formiga	Arv	Ane	Brazil	1		
PRIMULACEAE							
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	capororocão	Arv	Zoo	South America	1		
ROSACEAE							
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	nêspera	Arv	Zoo	China and Japan	2		2
RUBIACEAE							
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	bate-caixa	Arb	Zoo	Brazil	3		
RUTACEAE							
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	laranja-doce	Arv	Zoo	Asia and China			1

<i>Zanthoxylum</i> sp.	-	Arv	Zoo	Brazil	1
SALICACEAE					
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	guaçatonga	Arv	Zoo	Brazil	1
SAPINDACEAE					
<i>Cupania</i> sp.	-	Arv	Zoo	Brazil	1
Total of trees per Public Squares	189	45	29	50	

Abbreviations: Des = Development; Disp = Dispersion; Arv = Arboreal; Arb = Shrub; Pal = Palm tree; Ane = Anemochoric; Auto = Autochoric; Baro = Barochoric; Zoo = Zoochoric; 1 = Delfim Moreira Square; 2 = Praça Brasil; 3 = Praça Nossa Senhora Aparecida and 4 = Praça Ana Simão Zenum.

Source: Prepared by the authors (2021).

Regarding the diversity analysis of afforestation in the studied public squares (TABLE 2), the Shannon diversity (H') was 3.72 and the Pielou evenness (J') was 0.87. Among the squares, the greatest diversity was registered at Praça Delfim Moreira ($H'=3.47$) and the smallest at Praça Nossa Senhora Aparecida ($H'=1.72$). The low diversity observed at Praça Nossa Senhora Aparecida is determined by the low richness of species and the concentration of individuals in a single species. In this case, the sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides*), which has 14 of the 29 individuals (TABLE 1) at the public square, reduced the observed value of Pielou's evenness (0.75). The greatest diversity was recorded at the public square with the largest area (Praça Delfim Moreira) and the least diversity at the smallest public square (Praça Nossa Senhora Aparecida) (TABLE 2), indicating a relationship between square area and species diversity.

Cabral *et al.* (2020), when studying urban afforestation in Diamantina/MG, recorded a Shannon diversity of 3.70, concluding that the city's afforestation has good floristic diversity and a high frequency of native species which are aspects recommended for urban afforestation. In Gurupi/TO, Santos *et al.* (2013) found $H' = 2.37$ in the city's central public squares, largely due to the high density of a single species. The sibipiruna represented around 40 % of the individuals. This diversity observed in Gurupi/TO is very close to that observed in Praças Brasil and Ana Simão Zenum (TABLE 2). Almeida and Rondon Neto (2010) found low diversity values for urban green areas in northern Mato Grosso, between 1.17 (Carlinda municipality) and 1.76 (Alta Floresta municipality), values close to those observed in the present study at Praça Nossa Senhora Aparecida (TABLE 2).

Table 2. Floristic and diversity indices of Urban Green Areas in the municipality of Campestre, Minas Gerais

Urban Green Areas	A	S	N	H'	J'
Praça Delfim Moreira	5,520	53	189	3.47	0.87
Praça Brasil	1,550	20	45	2.82	0.94
Praça Nossa Senhora Aparecida	975	10	29	1.72	0.75
Praça Ana Simão Zenum	1,255	19	50	2.48	0.84
Total	-	73	313	3.72	0.87

Abbreviations: A = Area in m^2 ; S = Species richness; N = Number of trees; H' = Shannon's diversity index and J' = Pielou's evenness coefficient.

Source: Prepared by the authors (2021).

Overall, the families with the highest species richness were: Leguminosae and Myrtaceae (11 species each), Bignoniaceae (8), Arecaceae (6), and Anacardiaceae (5), representing 55 % of all sampled richness (TABLE 1). In the study by Eisenlohr *et al.* (2008), held on the Federal University of Viçosa *Campus*, Leguminosae was registered as the family with the greatest specific wealth. According to Azevedo *et al.* (2007), the Leguminosae family is always found in urban afforestation due to its benefits, and the main benefit is the fixation of nitrogen from the air that is assimilated by plants due to the association of these plants with nitrogen-fixing microorganisms. Lombardi and Morais (2003), in a study carried out at the Federal University of Minas Gerais, registered the Bignoniaceae families (13 species) and Myrtaceae (11 species) as the most diverse ones.

At Praça Delfim Moreira (Public Square 1), 53 species were recorded among trees, shrubs, and palm trees and a total of 189 individuals. The species with the highest number of individuals were: chorão (*Schinus molle*) (12 individuals), palmeira-areca (*Dypsis lutescens*) (13), ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*) (18), cassia-amarela (*Peltophorum dubium*) (12), pau-incenso (*Pittosporum undulatum*) (12) (TABLES 1 and 2).

At Praça Brasil (Public Square 2), 20 species were recorded, totaling 45 individuals (TABLE 1; TABLE 2). The species with the highest number of individuals is the palmeira-imperial (*Roystonea oleracea*) with six. This species had its first individual planted in Brazil by the Prince Regent Dom João VI in 1809, hence the origin of the popular name of palmeira-imperial (imperial palm), being also an icon of the Rio de Janeiro Botanical Garden (NEPOMUCENO, 2008).

At Praça Nossa Senhora Aparecida (Public Square 3), low wealth was registered in relation to other squares, probably due to its reduced dimensions. In this square, 10 species of trees

were recorded, totaling 29 individuals (TABLE 1; TABLE 2). The most abundant species is the sibipiruna (*C. pluviosum* var. *peltophoroides*) with 14 individuals. A research carried out in the Cerrado Goiano by Ferreira and Herrman (2016) showed that this species has a huge influence on the surrounding microclimate, as it is a pioneer tree, having a high-density crown, among other characteristics that provide great shading. These characteristics together mitigate environmental variables, providing greater thermal comfort.

At Praça Ana Simão Zenum (Public Square 4), 19 species grouped into 50 individuals were recorded (TABLE 1; TABLE 2). The species with the highest density was ipê-amarelo (*H. chrysotrichus*) (12 individuals). *H. chrysotrichus* is a native plant in Brazil and is related to the logging trade for the production of high-quality furniture and even sports items, and can be found in other parts of the country in different states (ANDRADE, 2015). The other ipê-amarelo (*H. serratifolius*) was the only species present in the four studied urban green areas.

Out of the 73 sampled species, 31 (42 %) are exotic while 42 (58 %) are native. Out of the 313 sampled individuals, 119 (38 %) are from exotic species and the other 194 (62 %) individuals belong to native species (FIGURE 2). The most abundant exotic species (14 individuals each) are the palmeira-areca (*D. lutescens*) and the pau-incenso (*P. undulatum*) while the most abundant native species were the coco-babão (*Syagrus romanzoffiana*) (16 individuals), ipê-amarelo (*H. chrysotrichus*) (33) and sibipiruna (*C. pluviosum* var. *peltophoroides*) (19) (TABLE 1).

In a study carried out by Dantas and Souza (2004) conducted in Campina Grande/PB, more exotic species (51.2 %) were recorded than native (48.8 %) and fewer individuals of native species (32.8 %) than exotic (67.2 %). In the study carried out by Albertin *et al.* (2011) in Nova Esperança/PR, the authors recorded 75 different species in road afforestation and stated

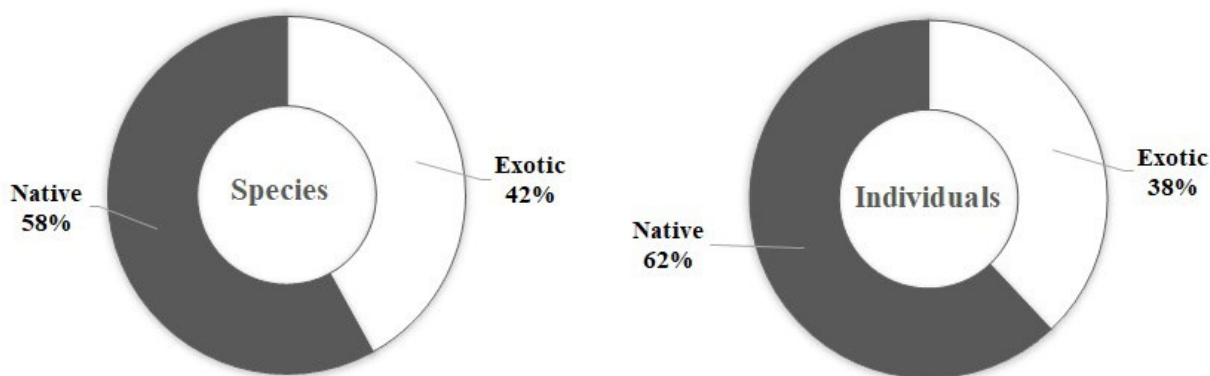
that, when compared to other cities of the same size, the city of Nova Esperança has considerable species richness in its urban green areas. Biondi and Lima Neto (2011) reported that in urban afforestation of most Brazilian cities it was found that exotic species generally represent 70 % of the species used contrary to what is recommended which is preferential planting of native species.

The use of exotic species should be avoided since the biological invasion is considered the second biggest cause of biodiversity loss on the planet making it difficult to recover natural ecosystems, changing ecological cycles, and promoting the local extinction of native species, causing damage to the natural environment, to the economy and to health (RAI; SINGH, 2020). Therefore, native species should be used instead of exotic ones as they adapt very well to local climatic and physical factors bringing benefits to local ecosystems (MATOS; QUEIROZ, 2009). Additionally, Paiva *et al.* (2010) highlighted that the use of native species is recommended to ensure the maintenance of co-evolutionary and genetic ecological relationships between plants and animals. The dispersion of diaspores (pollen, fruits, and seeds) in the urban space, as well as for the conservation of autochthonous genetic material.

As for development, 226 (72 %) individuals are trees, 53 (17 %) are palm trees and 34 (11 %) are shrubs. In the work carried out by Cabreira and Canto-Dorow (2016), at the Federal University of Santa Maria (UFSM) *Campus*, a dominance of tree species (64.1 %) was reported, with shrubs representing 35.9 %. In urban green areas, such as public squares, it is recommended that there is a diversity of plants. However, in beds less than 1.50 m wide, palm trees or even shrubs should be used because of their deep roots and smaller volume. They will rarely cause problems to the physical structures of these spaces, such as sidewalks for example (PIVETTA, 2002).

The species pau-brasil (*P. echinata*) and sassafrás (*Ocotea odorifera*) were recorded with only one individual at Praça Delfim Moreira. Both species are threatened with extinction according to the Official List of Species of the Brazilian Flora Endangered with Extinction (MMA, 2008). Therefore, they must receive care in the maintenance of these individuals, especially when pruning. In addition to recommending the planting of more of these individuals. Species aim at population increase and consequently at the increase in the genetic diversity of the species. Another plant with only one representative was the aroeira-branca (*Lithraea molleoides*), which

Figure 2. Percentage of native and exotic species and individuals of the sampled plants in the Urban Green Areas of the municipality of Campestre, Minas Gerais



Source: Prepared by the authors (2021).

is normally used for landscaping in urban centers and gardens, but its use in urban afforestation requires care as it has substances that can cause severe allergic reactions (LORENZI, 2002a).

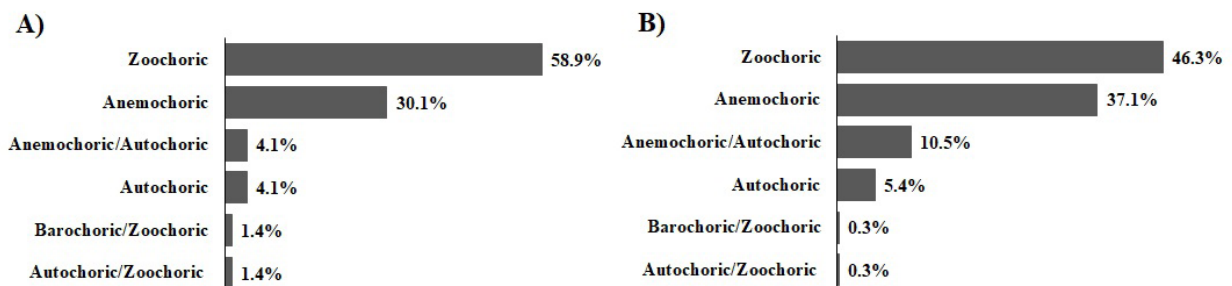
Considering the dispersion syndrome, 43 (58.9 %) species are zoochoric, 22 (30.1 %) are anemochoric, three (4.1 %) are anemochoric/autochoric, three are autochoric, one (1.4 %) is autochoric/zoochoric and one is barochoric/zoochoric (FIGURE 3A). As for the individuals, 145 (46.3 %) are zoochoric species, 116 (37.1 %) are anemochoric, 33 (10.5 %) are anemochoric/autochoric, 17 (5.4 %) are autochoric, one (0.3 %) is autochoric/zoochoric and one, basic/zoochoric (FIGURE 3B).

When observing the dispersion syndrome distribution among the sampled individuals, each of the studied places had one or two types of predominant dispersion. Praça Delfim Moreira (FIGURE 4A) had a predominance of individuals of zoochoric (44 %) and anemochoric (41 %) species. At Praça Brasil (FIGURE 4B), there was a predominance of zoochoric (67 %) and anemochoric (31 %) dispersion among individuals. Praça Nossa Senhora Aparecida (FIGURE 4C) has a predominance of anemochoric/autochoric dispersion (52 %). At Praça Ana Simão Zenun (FIGURE 4D), it was verified the dominance of zoochory and anemochory (50 % and 38 %, respectively) among its individuals.

Deminicis *et al.* (2009) stated that the dispersal of plants is an important fact in their reproductive cycle and that this dispersal minimizes predation close to adult individuals, thus increasing the chances of new germination and also the colonization of new habitats. According to the authors Oliveira and Moreira (1992), anemochory is usually observed in open regions, and in closed vegetation, zoochory predominates.

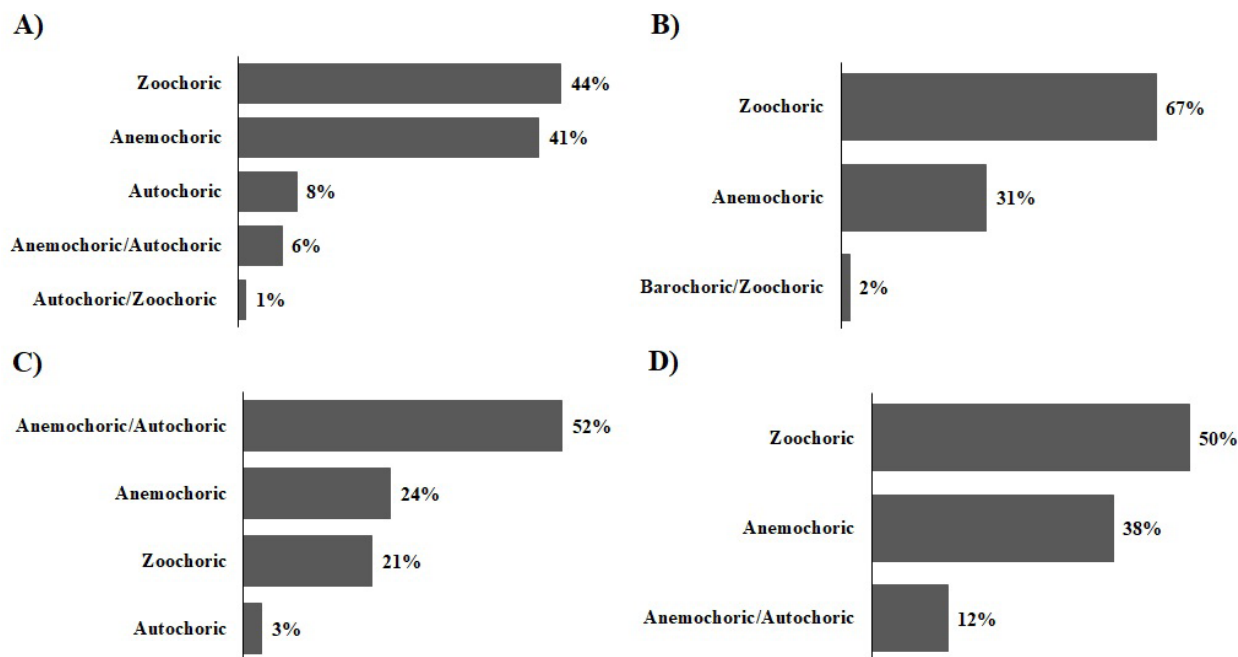
In this study, zoochoric dispersion is recurrent due to the existence of fruit trees, such as manga (*M. indica*), amendoeira (*Terminalia catappa*), laranja-doce (*Citrus sinensis*), goiaba (*Psidium guajava*), nêspera (*Eriobotrya japonica*), the pitanga (*Eugenia uniflora*) and the coco-babão (*S. romanzoffiana*) at these public squares. They represent an important food and shelter resource for urban birds that act as an important disperser of fruits and seeds (BIAGOLINI; LOURENÇO, 2018). Oliveira (2013) reported the importance of animals in the dispersion of fruits and seeds in tropical forests where zoochory is predominant, occurring between 50 % and 75 % of species. Freitas *et al.* (2015) reported important environmental services arising from the mutualistic relationships existing between plants and animals, such as the consumption and dispersal of fruits and seeds that carry out pollination.

Figure 3. Percentage of species (A) and individuals (B) distributed among the types of plant dispersion sampled in urban green areas in the municipality of Campestre, Minas Gerais



Source: Prepared by the authors (2021).

Figure 4. Percentage of individuals by type of dispersion of trees, palm trees and shrubs sampled at Praça Delfim Moreira (A), Praça Brasil (B), Praça Nossa Senhora Aparecida (C) and Praça Ana Simão Zenun (D) in the municipality of Campestre, Minas Gerais



Source: Prepared by the authors (2021).

Although the use of fruit species in urban afforestation is a controversial issue (MATOS; QUEIROZ, 2009), the possibility of offering edible fruits to the local population becomes an element capable of awakening a bond of belonging and care for people with the plants as long as minimal care planning is done. For example, avoiding the use of plants that produce medium and large fruits and that may cause injuries due to falling fruit such as manga (*M. indica*). Distancing these plants from the sidewalks where there is a greater circulation of people as well as fruits with pigments capable of causing stains on clothes and vehicles such as jamelão (*Syzygium cumini*) is advised (PAIVA *et al.*, 2010).

Final considerations

High diversity was observed when considering all public squares. Diversity increases with the increase in the public square area.

Native species have greater richness and number of individuals compared to exotic ones.

Zoochory and anemochory were the predominant dispersion syndromes.

It is recommended that other trees of endangered species be introduced in other urban green areas of the municipality and that new individuals of different native species are planted at the public squares Brasil, Ana Simão Zenun, and Nossa Senhora Aparecida to increase the diversity of species.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais – IFSULDEMINAS, for financial support for publication.

References

- ALBERTIN, R. M.; ANGELIS, R.; ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B. L. D. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 3, p. 128-148, 2011.
- ALMEIDA, D. N.; RONDON NETO, R. M. Análise da arborização urbana de três cidades da região norte do Estado de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 4, p. 647-656, 2010.
- ANDRADE, V. H. F. **Modelos de crescimento para *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose em floresta de terra firme utilizando análise de anéis de crescimento**. 2015. 86 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society** v. 181, p. 1-20, 2016.
- ARAÚJO, E. C. **Arborização urbana: relação entre as espécies arbóreas e o sistema viário: uma análise em Patos de Minas, MG**. 2020. 200 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- AZEVEDO, R.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão Guandu: Uma Planta Multiuso. **Revista da Fapese**, v. 3, n. 2, p. 81-86, jul./dez. 2007.
- BIAGOLINI, C. H.; LOURENÇO, R. W. Relação entre avifauna e plantas frutíferas em 10 parques lineares da cidade de São Paulo, (Brasil). **Conhecimento Interativo**, v. 12, n. 2, p. 70-81, 2018.
- BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. **Pesquisas em Arborização de Ruas**. Curitiba: O Autor, 2011. 150p.
- BORGES, I. M. S.; LIMA, C. A. O.; FERNANDES, A. C. G.; NUNES, E. A. C. O processo de urbanização e seus impactos ambientais na Cidade de Fagundes, Paraíba: recortes históricos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. Community similarity. In: BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field & Laboratory for General Ecology**. Dubuque: Win C. Brown Publishers, 1984. p. 161-164.
- BUCKERIDGE, M. **Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água**. Estudos avançados, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil. 2015.
- CABRAL, G. S. R.; MACHADO, E. L. M.; AZEVEDO, M. L.; SANTOS, A. C. Arborização urbana de Diamantina, Minas Gerais: que árvores temos? **Revista Espinhaço**, v. 9, n. 2, p. 61-70, 2020.
- CABREIRA, T. N.; CANTO-DOROW, T. S. Florística dos componentes arbóreo e arbustivo do campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 09-23, 2016.
- CLIMATE-DATA.ORG (2018). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/25005>. Acesso em: 04 jan. 2018.
- DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande – PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2, p. 23-39, 2004.

- DEMİNİCİS, B. B.; VIEIRA, H. D.; ARAÚJO, S. A.; JARDIM, C., J. G.; PÁDUA, F. T.; CHAMBELA NETO, A. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 1, p. 35-58. 2009.
- EISENLOHR, P. V.; CARVALHO-OKANO, R. M.; VIEIRA, M. F.; LEONE, F. R.; STRINGHETA, A. C. O. Flora fanerogâmica da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 317-326, 2008.
- ELIAS, G. A.; CITADINI-ZANETTE, V.; DOS SANTOS, R. Árvores nativas para a arborização urbana: um estudo de caso no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 5, p. 250, 2020.
- FERREIRA, R. C.; HERRMAN, C. R. A. Influência de espécies arbóreas no microclima e conforto térmico de seu entorno imediato sob condições climáticas do cerrado goiano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 1, p. 14-33, 2016.
- FLORA DO BRASIL 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 02 jul. 2021.
- FREITAS, W. K.; PINHEIRO, M. A. S.; ABRAHÃO, L. L. F. Análise da Arborização de Quatro Praças no Bairro da Tijuca, RJ, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 23-31, 2015.
- IBGE. Mapa de vegetação do Brasil. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE**, Rio de Janeiro, 2004.
- LOMBARDI, J. A.; MORAIS, P. O. Levantamento florístico das plantas empregadas na arborização do campus da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG. **Lundiana**, v. 4, n. 2, p. 83-88, 2003.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras, manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v. 2. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002b.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. v. 1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002a.
- MATOS, E.; QUEIROZ, L. P. **Árvores para cidades**. Salvador: Solisluna Design Editora, 2009.
- MENEZES, M.; COSTA, C. S. **Neighbourhood & City - Between digital and analogue perspectives**. Lisboa: Edições Universitárias Lusófonas, 2019.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução normativa do Ministério do Meio Ambiente no 6, de 23 de setembro de 2008**. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-6-2008_77052.html. Acesso em: 02 jul. 2021.
- NEPOMUCENO, R. **O jardim de D. João**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2008.
- OLIVEIRA P. E. A. M.; MOREIRA, A. G. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília - DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 15, n. 2, p. 163-174, 1992.
- OLIVEIRA, B. R.; OLIVEIRA, M. L.; BOTI, J. B. Levantamento das espécies frutíferas do IFES campus Santa Teresa e sua fauna dispersora. **Natureza on line**, v. 11, n. 3, p. 139-146, 2013.
- PAIVA, A. V.; LIMA, A. B. M.; CARVALHO, A.; JUNIOR, A. M.; GOMES, A.; MELO, C. S.; FARIAS, C. O.; REIS, C.; BEZERRA, C. Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de Rio Branco, AC. **REVSBAU**, v.5, n.1, p.144-159, 2010.

PIELOU, E. C. **Ecology diversity**. New York: John Wiley & Sons, 1975.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. **Arborização urbana**. Boletim Acadêmico, Jaboticabal, São Paulo. 2002.

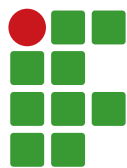
RAI, P. K.; SINGH, J. S. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. **Ecological Indicators**, v. 111, p. 1-20, 2020.

ROCHA, N. A. **Geoprocessamento na parametrização de áreas verdes urbanas: Contribuições ao Plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana**. 2019. 174 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANTOS, A. F.; JOSÉ, A. C.; SOUSA, P. A. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas das praças centrais do município de Gurupi-TO. **REVSBAU**, v.8, n.4, p.36-46, 2013.

VIDAL, D. G.; FERNANDES, C.; VITERBO, L. M. F.; BARROS, N.; MAIA, R. L. Espaços verdes urbanos e saúde mental: uma revisão sistemática da literatura. In: 13º CONGRESSO NACIONAL DE PSICOLOGIA DA SAÚDE: "MELHORAR O BEM-ESTAR GLOBAL ATRAVÉS DA PSICOLOGIA DA SAÚDE". 2020, Covilhã. **Actas do 13º Congresso Nacional de Psicologia da Saúde**. Covilhã: 2020, p. 427-436.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica: organografia. Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2000. 114 p.



Growth and production of 'Grand Nain' banana in response to application of simple superphosphate and monoammonium phosphate to an area irrigated with calcareous water

Edinon Manoel Nascimento¹, Dilermando Dourado Pacheco², Tatiane Carla Silva³,
Walisson Fagunde Jacome⁴, Sérgio Ferreira Alcântara⁵, Rafael Montanari⁶

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG), – Campus Januária, engenheiro agrônomo. edinonmanoelagro@yahoo.com.br

²IFNMG – Campus Januária, professor associado. ddpacheco.agro@gmail.com

³Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), doutoranda em Agronomia. tatiane.carla@unesp.br

⁴IFNMG – Campus Januária, engenheiro agrônomo. wfagundesj@gmail.com

⁵IFNMG – Campus Januária, engenheiro agrônomo. sergio.agro@yahoo.com.br

⁶UNESP, professor livre-docente. r.montanari@unesp.br

Received in: 16/10/2021 | Accepted in: 29/11/2021

Abstract

The supply of water of adequate quality for irrigation purposes is becoming increasingly scarce, forcing producers to use restrictive water, such as that with high concentrations of calcium bicarbonate, which is widespread in northern Minas Gerais. This leads to severe chemical imbalances in the soil and in the plants, which significantly reduces the longevity of the farms. The objective of the present work was to evaluate the growth and production of 'Grand nain' bananas over a production cycle in response to phosphate fertilization based on simple superphosphate and monoammonium phosphate (MAP) in a soil irrigated with calcareous water. The doses tested were 0, 5, 10, 20, and 30 g P₂O₅ from simple superphosphate (18 % P₂O₅) and MAP (48 % P₂O₅) fertilizers, for a total of nine treatments every three months. Ammonium sulfate and potassium chloride were used in the monthly fertilization, and boric acid, magnesium sulfate, zinc sulfate, and tanned cow dung common to all plants were used in the quarterly fertilization. The results show that the simple superphosphate fertilizer provides a greater productive response of 'Grand nain' bananas compared to MAP in most doses tested. Thus, the hypothetical chemical imbalance caused by irrigation with calcareous water and enhanced by the simple superphosphate fertilizer was not observed in the first cultivation cycle of the 'Grand nain' banana.

Keywords: *Musa paradisiaca* L. Quality of irrigation water. Phosphate fertilization.

Introduction

The banana tree (*Musa* spp.) is one of the most widely cultivated fruit trees in tropical countries and its fruits are among the most consumed in the world. Brazil is currently the fourth largest banana producer in the world, with an area of 466 thousand hectares and an estimated production of 6.7 million tons. It is the most consumed fruit in Brazil and the second most-produced, after oranges (FAO, 2020).

National productivity is very low compared to many producing countries, due to the large technological differences between producing states and the level of demand from local consumers

(NOMURA *et al.*, 2020). In northern Minas Gerais, irrigated bananas are grown due to low annual rainfall and high evapotranspiration rates, and this crop is the most economically important in the irrigated areas of the region (VIANA *et al.*, 2020). In the region, banana cultivation predominates in latosols, soils that naturally have a high deficiency of available P, because of the high adsorption capacity of this element due to the acidity and high content of iron and aluminum oxide in these soils (SILVA *et al.*, 2011).

Regarding irrigation, the scarcity of surface water in northern Minas Gerais led to the use of water from tube wells, which usually have high concentrations of calcium bicarbonate and

originate from karst formations in northern Minas Gerais (VIANA *et al.*, 2020). However, the use of irrigation water rich in calcium carbonate leads to a change in the chemical properties of the soils with an increase in pH and calcium content, as reported by Nunes *et al.* (2008), which triggers the precipitation of phosphorus, since H_2PO_4 ions form compounds with very low solubility with Ca (BROGGI, 2004).

Most of the phosphate fertilizers used in domestic agriculture are based on calcium-basic acid phosphate $Ca(H_2PO_4)_2$, whose most common commercial sources are single superphosphate and triple superphosphate. Such P sources can exacerbate the imbalance caused by excess calcium. Whether they are aware of it or not, technicians in the region insist on recommending super single or super triple as P sources (ALCÂNTARA *et al.*, 2021).

So, it is necessary to minimize the amount of calcium transferred in the areas irrigated with calcareous water. One of the alternatives is to use calcium phosphate as a source of phosphorus. It is commercially known as MAP (monoammonium phosphate) and does not contain calcium in its formulation. Therefore, it is necessary to conduct studies to evaluate the benefits of this fertilizer.

The objective of the present study was to compare the effect of phosphate fertilizers based on simple superphosphate and MAP in a 'Grand Nain' banana-growing cycle irrigated with limestone water.

Material and methods

The experiment was conducted in 2016 at the experimental site of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the North of Minas Gerais, in the Januária campus, located at latitude 15°27'S, longitude 44°22'W and altitude of 474 m. This region has an Aw climate, according to the Koeppen classification (MOREIRA, 1985), with an average annual temperature of 27 °C, relative humidity of 60 %, and rainfall of 850 mm.

A randomized block design with 6 replicates and 9 treatments was used, each plot consisting of four 'Grand nain' banana families. The soil of the experimental plot is a Red Yellow Latosol (Oxisol), whose physical and chemical characterization before planting the crop is shown in Table 1.

Treatments consisted of simple superphosphate or monoammonium phosphate (MAP) applied quarterly at doses of 5 g, 10 g, 20 g, and 30 g P_2O_5 . The treatments were arranged in a randomized block experiment with three replicates in an incomplete factorial scheme through the double quadratic experimental matrix. Therefore, the following treatments were distributed: Simple superphosphate (18 % P_2O_5) at doses of 27.78 g; 55.67 g; 111.11 g; and 166.67 g; MAP (48 % P_2O_5) at doses of 10.42 g; 20.83 g; 41.67 g; and 62.50 g; and treatment without phosphate fertilization. These doses were used based on the recommendation of Borges and Souza (2004).

Table 1 – Chemical and physical properties of the samples taken in the layers of 0 cm - 20 cm and 20 cm - 40 cm depth before the implantation of the experiment. IFNMG, Januária Campus, MG

pH	OM	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Sand	Silt	Clay
	dag/kg	mg/dm ³		cmolc/dm ³				mg/dm ³					dag/kg		
7,43	0,9	97,6	63	3,1	0,6	0,0	0,73	0,2	0,8	20,0	27,6	6,4	75	15	11
7,47	0,3	31,9	38	2,1	0,4	0,0	0,74	0,2	1,0	22,1	17,5	2,1	74	13	14

Extractors: pH: H_2O (1:2,5); P, K, Zn, Mn, Fe e Cu: Mehlich-1x; Ca^{2+} , Mg^{2+} :KCl 1 mol L⁻¹. H+Al: pH SMP; O.M (Organic Matter): colorimetry.

Source: Developed by the authors (2016).

Ammonium sulfate (125 g) and potassium chloride (97 g) were also used in all plots and applied monthly; boric acid (5 g), magnesium sulfate (18.75 g), zinc sulfate (10 g), and cured cattle manure (5 l) were applied quarterly with the phosphate fertilizer. All these recommendations were by Ribeiro *et al.* (1999).

Rhizome seedlings of a mature banana cultivar 'Grand nain Cavendish' (AAA) acquired from a commercial banana plantation at Fazenda Triunfo in the municipality of Pedras de Maria da Cruz, MG, were used for planting. The soil was prepared by plowing and harrowing, and holes measuring 50 cm x 50 cm x 50 cm were excavated at a spacing of 3.0 m x 2.5 m. During planting, the P_2O_5 doses according to the treatment and the fertilizers ammonium sulfate, potassium chloride, and tanned bovine manure were used in the previously indicated doses. Local irrigation was carried out with a micro-sprinkler with a flow rate of 45 liters of water per hour for four plants, with water from an artesian well.

The experiment was conducted in the first production cycle and data were collected at the time of flowering and harvest. At the time of flowering, between the appearance of the inflorescence and the opening of the third bract, the circumference of the plant at the heights of 30 cm and 130 cm, the height of the plant, the number of green leaves, the width and length of the third leaf and the date of flowering were measured. At harvest, the total mass of the bunch, the number of hands, the number of fruits, the fruits in the second bunch (from the onset of the bunch), the mass of the second bunch, the harvest date, and the fresh sample of the second bunch with three central fruits were measured.

The fresh sample from the second hand was dried in the shade and then dehydrated in an oven with forced circulation at 65 °C until constant mass (72 hours). The dry mass of the fruit and hands was then determined.

Given the heterogeneity of variances, the data were transformed to the variables number of leaves, hands, fruits in the second hand, and total fruits of the bunch. The obtained data were subjected to analysis of variance and regression. The regression models were selected based on the significance of the coefficients of the regression parameters to a probability of 5 % by the t-test using the System of Statistical and Genetic Analysis software of the Federal College of Viçosa (SAEG v.9.1).

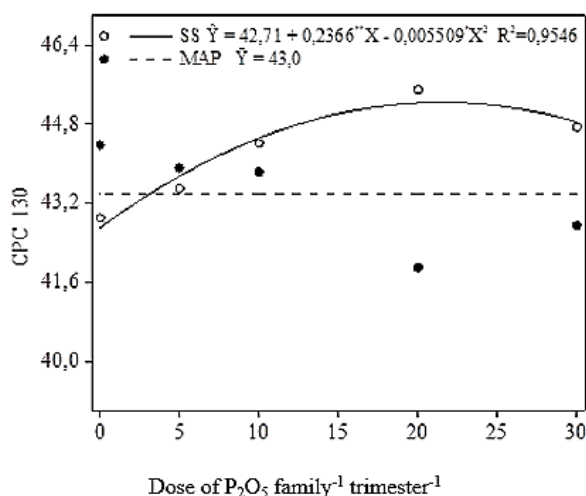
Results and discussion

All studied characteristics were not affected by the MAP dose.

The effect of simple superphosphate (SS) was quadratic to the circumference of the pseudostem at 130 cm, with an estimated maximum of 45.25 cm at the dose of 21.47 g family⁻¹ trimester⁻¹ (20.61 kg ha⁻¹ year⁻¹ of P_2O_5), a value 5.6 % higher than the control (FIGURE 1). At the highest dose of SS (30 g family⁻¹ trimester⁻¹ of P_2O_5), 'Grand nain' bananas had lower growth but still 5 % higher pseudostem circumference compared to the control. Above a dose of just under 5 g per family per trimester⁻¹ P_2O_5 outperformed SS MAP as the main source of increasing pseudostem circumference of banana plants.

The response of the pseudostem circumference at 130 cm above the soil in the first cycle of the 'Grand nain' banana plant to P dosing is supported by Robinson and Saúco (2010), who reported that the banana plant takes up most of the P between three months and nine months after planting and reduces nutrient uptake by 80 % in the reproductive phase. Hoffmann *et al.* (2010) found that the mother plant of banana 'Lady Finger' accumulates about 22 kg ha⁻¹ of P, which is transferred to other members of the "family", with a percentage of 78 % being returned to the soil through cultural residues.

Figure 1 – Pseudostem circumference at 130 cm (PSC130) of irrigated Grand Nain banana in northern Minas Gerais as a function of single superphosphate (SS) and MAP sources and P_2O_5 doses. * and **, significant at 5 % and 1 % probability by t-test. IFNMG, Januária Campus, MG – 2016.



Source: Developed by the authors (2016).

Symptoms of P deficiency in bananas are rare in the field since the plant loses relatively little through exportation via the bunch (ROBINSON; SAÚCO, 2010). They also indicate that the nutrient is readily redistributed to the youngest shoots of the family after a bunch harvest on the mother plant.

The circumference of the pseudostem at 30 cm showed a positive linear response to SS, with a maximum value of 59 cm at a dose of 30 g P_2O_5 per family per trimester⁻¹ (FIGURE 2). As with the trait assessed at 130 cm, the source SS outperformed the source MAP as the major source of P at a dose of 5 g family⁻¹ trimester⁻¹ of P_2O_5 to increase the pseudostem circumference of banana trees to 30 cm.

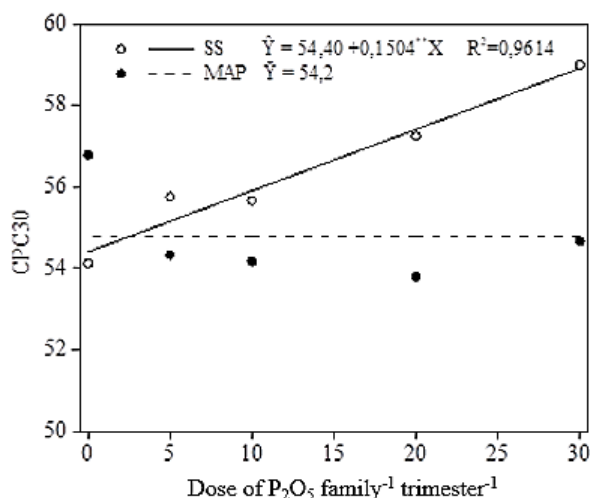
Melo *et al.* (2006) found that the circumference of the pseudostem at 30 cm from the soil did not respond to P dosage and attributed this effect to the high initial P availability, which may have met the plant's needs during the first cycle even without phosphate fertilization. On the other hand, Silva and Rodrigues (2013) observed a linear response to phosphate fertilization in 'Lady Finger' bananas irrigated

with calcareous water in northern Minas Gerais when evaluating pseudostem circumference at 30 cm in the first production cycle. Silva *et al.* (2011) also found a positive response to P dose application in 'Lady Finger' banana seedlings with an increase in pseudostem diameter in soils with low available P, ranging from 3.3 mg dm⁻³ to 2.4 mg dm⁻³.

Damatto Junior *et al.* (2011) reported the importance of a thigh circumference of the pseudostem of banana to resist the destructive action of wind, especially during the reproductive period when the plant must support the bunch. Soto Balletero (2000) observed a significant correlation between the circumference of the pseudostem and leaf surface and the number of fruits and bunches, showing the importance of a greater value of pseudostem length or diameter to obtain more expressive production gains.

The dry matter of the third fruit showed a quadratic response to phosphate fertilization, with a maximum value of 112.56 g at a dose of 23.04 g.family-1 quarter-1 of SS (22.11 kg ha⁻¹ year⁻¹ of P_2O_5) (FIGURE 3). At all doses, third fruit dry matter was higher when

Figure 2 – Circumference of pseudostem at 30 cm height of irrigated ‘Grand nain’ banana in northern Minas Gerais as a function of single superphosphate (SS) and MAP sources and P₂O₅ doses. * and **, significant at 5 % and 1 % probability by t-test. IFNMG, Januária Campus, MG -2016

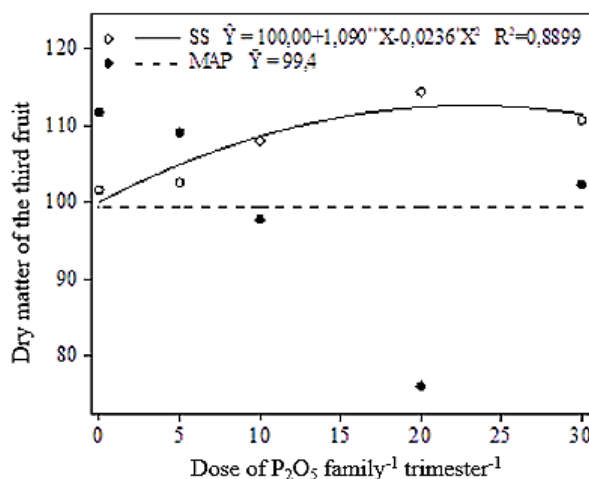


Source: Developed by the authors (2016).

SS was fertilized compared to MAP. At the best dose of SS, the yield increase was 11.15 % over the control. Different results were obtained by Crisostomo *et al.* (2008), who found no significant effect of phosphate fertilization on the production of banana Pacovan, although it had a positive effect on sugar content (reducing and total) and acidity.

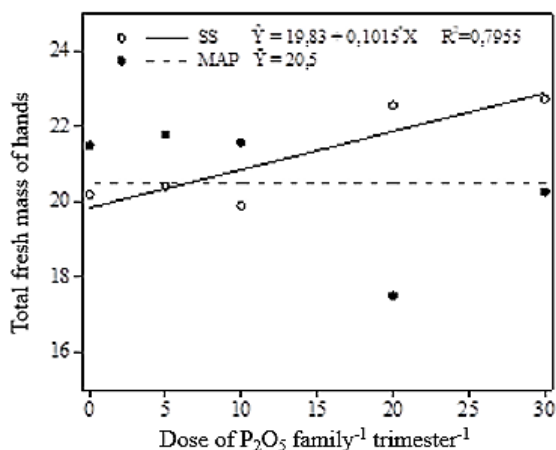
The total fresh mass of bunches had a linearly positive response to SS doses (FIGURE 4). At the highest dose from this source, the ‘Grand nain’ banana tree produced 22.88 kg of bunches. Responses to SS became more effective, compared to MAP, from doses close to 8 g.family⁻¹ trimester⁻¹ of P₂O₅. Maia *et al.* (2003b) found no significant effect of phosphate fertilization on

Figure 3 – Dry matter of the third fruit of the irrigated ‘Grand nain’ banana in northern Minas Gerais as a function of simple superphosphate (SS) and MAP sources and P₂O₅ doses. * and **, significant at 5 % and 1 % probability by t-test. IFNMG, Januária Campus, MG -2016



Source: Developed by the authors (2016).

Figure 4 – Total fresh mass of irrigated Grand Naine banana bunches in northern Minas Gerais as a function of simple superphosphate (SS) and MAP sources and P₂O₅ doses. * and **, significant at 5 % and 1 % probability by t-test. IFNMG, Januária Campus, MG -2016



Source: Developed by the authors (2016).

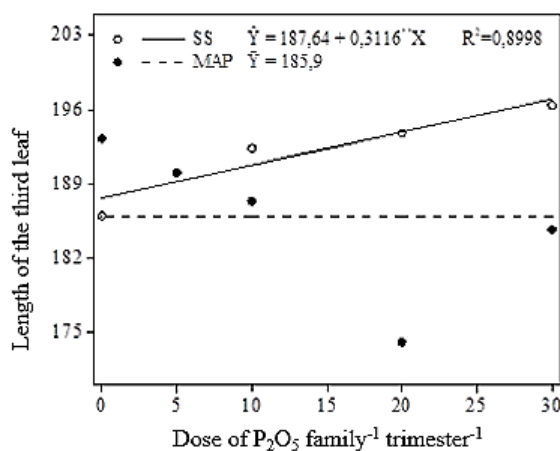
the production and quality components of 'Lady Finger' banana in Jaíba (MG).

The length of the third 'Grand nain' banana leaf showed a positive linear response to SS, reaching 196.99 cm at the application of 30 kg ha⁻¹ year⁻¹ P₂O₅ (FIGURE 5). At all dosages tested, the source SS MAP outperformed P₂O₅ as a measure of plant vigor.

Hand fresh weight responded quadratically to P dosage, with a maximum of 24.29 kg at a dose

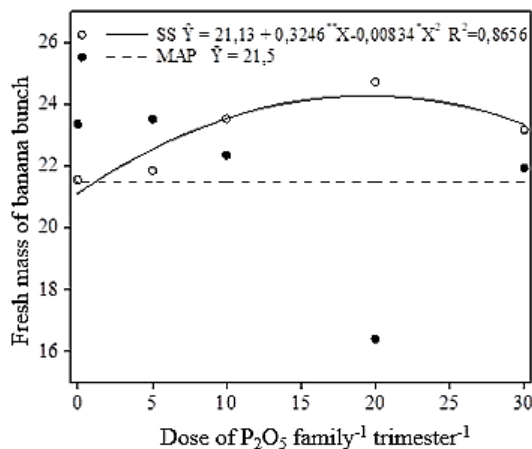
of 19.46 g family⁻¹ quarter⁻¹ of SS (18.68 kg ha⁻¹ year⁻¹ of P₂O₅) (FIGURE 6). The productive increase at the above dose was 13 % over the control. Melo *et al.* (2006) found no effect of P dosage on the fresh mass of banana cultivar 'Grand nain' and explained this by the high P concentration of 25 mg dm⁻³ extracted from the soil by the P resin extractor. However, Silva and Rodrigues (2013), who studied phosphate fertilization in banana cultivar 'Lady Finger' irrigated with calcareous water in northern Minas

Figure 5 – Length of the third leaf of irrigated 'Grand nain' banana in northern Minas Gerais as a function of simple superphosphate (SS) and MAP sources and P₂O₅ doses. * and **, significant at 5 % and 1 % probability by t-test. IFNMG, Januária Campus, MG -2016



Source: Developed by the authors (2016).

Figure 6 – Fresh mass of irrigated ‘Grand nain’ banana bunch in northern Minas Gerais as a function of simple superphosphate (SS) and MAP sources and P₂O₅ doses. * and **, significant at 5 % and 1 % probability by t-test. IFNMG, Januária Campus, MG – 2016



Source: Developed by the authors (2016).

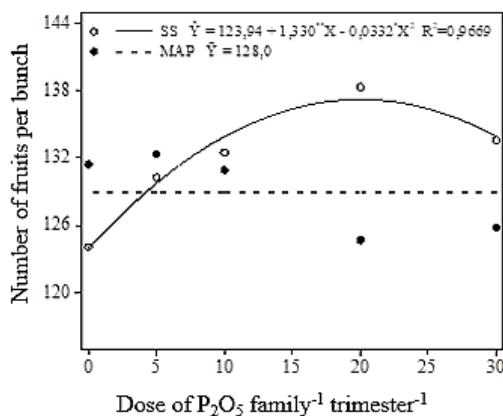
Gerais, found a linear response on bunch fresh mass in the first production cycle.

The effect of SS on the total number of fruits per bunch (FIGURE 7) was quadratic, with a peak of 137.2 fruits at a dose of 20.03 g family⁻¹ quarter⁻¹ (19.22 kg ha⁻¹ year⁻¹ P₂O₅). This production was 9.7 % higher than that without fertilization. Silva and Rodrigues (2013) also found an effect of phosphate fertilization on the number of fruits per bunch in the first production cycle. However, Maia

et al. (2003b) did not observe a significant effect of P.

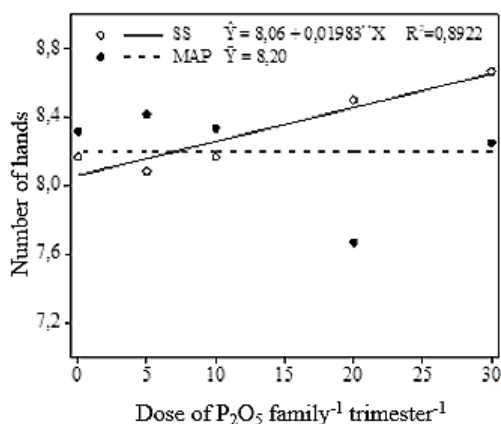
The number of bunches per hand showed a positive linear response to SS (FIGURE 8). At the highest dose, plants produced 8.65 bunches per hand. Silva and Rodrigues (2013), who studied phosphate fertilization in ‘Lady Finger’ bananas irrigated with calcareous water in northern Minas Gerais, did not detect a significant response in the number of bunches in the first production cycle. Chrysostom *et al.* (2008) and Maia *et al.*

Figure 7 – Number of fruits per bunch in irrigated banana in northern Minas Gerais as a function of simple superphosphate (SS) and MAP sources and P₂O₅ doses. * and **, significant at 5 % and 1 % probability by t-test. IFNMG, Januária Campus, MG – 2016



Source: Developed by the authors (2016).

Figure 8 – Number of hands of irrigated 'Grand nain' banana in northern Minas Gerais as a function of simple superphosphate (SS) and MAP sources and P₂O₅ doses. * and **, significant at 5 % and 1 % probability by t-test. IFNMG, Januária Campus, MG -2016



Source: Developed by the authors (2016).

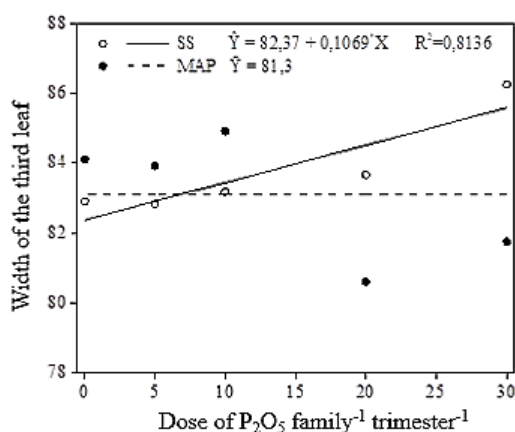
(2003b) also found no positive effect of phosphate fertilization on the number of bunches per bunch in banana cultivars of 'Pacovan' and 'Grand nain'.

The width of the third leaf showed a positive linear response to the SS doses, reaching a maximum value of 85.58 cm (FIGURE 9). Probably, the involvement of P in cell division indicated by Marschner (1995) explains this response model. According to Moreira (1999), the area of banana leaves is directly related to the bunch mass, and the larger it is, the more photoassimilates are produced. Silva and Rodrigues (2013), who

studied phosphate fertilization in banana 'Lady Finger' in four production cycles, did not find a significant effect of the nutrient on leaf width, attributing this to the fact that the nutrient content was within the range of nutrient requirements.

The characteristics of plant height, number of leaves, cycle from flowering to harvest in days, number of fruits of the second bunch, the fresh mass of the stem, the fresh mass of the second bunch, the fresh mass of the third fruit of the second bunch, total dry mass of the bunches in the first banana cycle did not respond significantly to

Figure 9 – Width of the third irrigated banana leaf in the north of Minas Gerais as a function of simple superphosphate (SS) and MAP sources and P₂O₅ doses. * and **, significant at 5 % and 1 % probability by t-test. IFNMG, Januária Campus, MG -2016



Source: Developed by the authors (2016).

the doses of SS, as MAP (TABLE 2). The average height of the plants was 211 cm and 210 cm at SS and MAP, respectively. A similar effect was found by Melo *et al.* (2006) in a banana perennial 'Grand nain'. However, Silva and Rodrigues (2013) found a linear response of this trait to phosphate fertilization in the first production cycle. Silva *et al.* (2011) also found a positive response to P supply in 'Lady Finger' in soils with initially low levels between 2.4 mg dm⁻³ and 3.3 mg dm⁻³.

The average number of leaves obtained on the banana tree was 15, in response to both SS and MAP (TABLE 2), a value considered sufficient for satisfactory production, as described by Rodrigues *et al.* (2009). These authors concluded that at least 12 leaves are required to obtain more bunches and fruit and, consequently, a greater mass of hands. In contrast to the present work, Nunes (2008) found a positive linear response of the number of leaves to P dosage.

The fresh mass of the second bunch had a similar mean value of 3.49 kg and 3.50 kg in response to the fertilizers SS and MAP, respectively (TABLE 2). The number of fruits of the second bunch was also not significantly affected by phosphate fertilization, reaching mean values of 19.5 and 19.0 in the order of the two fertilizers. As reported by Azevedo (2010), the second bunch is

a reference for several characteristics of the banana bunch. In Cavendish-type cultivars, there is a well-established relationship between hand weight and second-hand weight (JARAMILLO, 1982). Maia (2003a) also found no significant effect of P dosage on the number of fruits of the second bunch in the banana perennial 'Lady Finger'. The author explained this by the low phosphorus requirement of the plant of 6.3 g per plant (excluding rhizome and roots) in the first cycle, suggesting that a low dose added to the phosphorus available in the soil is sufficient for satisfactory production.

The cycle from flowering to harvest averaged 107 days for both SS and MAP (TABLE 2). According to Silva *et al.* (2002) and Rodrigues *et al.* (2006), the length of the cycle is reflected in economic profitability. In addition, a shorter residence time of the hand in the plant reduces its exposure to pollutants, which translates into less use of pesticides and improves the biological quality of production.

As mentioned earlier, it was also the hypothesis of this work that the use of irrigation water rich in calcium carbonate could promote changes in the chemical properties of soils when fertilized with simple superphosphate. However, this effect was not observed in the first cultivation cycle of the banana cultivar 'Grand nain'.

Table 2 – Mean values for plant height, number of leaves, cycle in days from flowering to harvest, number of fruits of the second bunch, the fresh mass of the stem, the fresh mass of the second bunch, the fresh mass of the third fruit and total dry mass of banana cultivars of the variety "Grand nain" irrigated with simple superphosphate (SS) and MAP sources and P2O5 doses in the north of Minas Gerais IFNMG, Januária Campus, MG -2014

Variables	SS	MAP
Height of plants (cm)	$\bar{Y} = 211,07$	$\bar{Y} = 209,70$
Number of leaves	$\bar{Y} = 14,66$	$\bar{Y} = 14,50$
Flowering-harvesting cycle fruit (days)	$\bar{Y} = 107,08$	$\bar{Y} = 107,10$
Number of fruits second hand	$\bar{Y} = 19,5$	$\bar{Y} = 19,0$
Fresh stem mass (kg)	$\bar{Y} = 1,64$	$\bar{Y} = 1,70$
Fresh mass second hand (kg)	$\bar{Y} = 3,49$	$\bar{Y} = 3,50$
Fresh mass third fruit (g)	$\bar{Y} = 538,71$	$\bar{Y} = 534,40$
Total dry mass of hands (kg)	$\bar{Y} = 4,14$	$\bar{Y} = 4,20$

Source: Developed by the authors (2016).

Conclusion

The simple superphosphate fertilizer allowed a greater productive response of 'Grand nain' banana compared to MAP at most dosages tested. Thus, the chemical imbalance of soil and plants caused by irrigation with calcareous water and theoretically enhanced by the simple superphosphate fertilizer was not observed in the first cultivation cycle of the 'Grand nain' banana.

References

- ALCÂNTARA, S. F.; PACHECO, D. D.; SILVA, T. C.; SILVA, H. R. F.; PASSOS, I. M. dos. Crescimento e Produção de Bananeira 'Nanica' Irrigada com Água Calcária no Norte de Minas Gerais. **Ensaios e Ciência**, v. 25, n. 3, p. 337-345, 2021.
- AZEVEDO, V. F. de; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; MAIA, V. M.; OLIVEIRA E SILVA, O. Avaliação de bananeiras tipo prata, de porte alto, no semiárido. **Ciência e Agrotecnologia** [online]. v. 34, n. 6, p. 1372-1380, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000600003>. Acesso em: 15 out. 2021.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.
- BROGGI, F. Adsorção e disponibilidade de fósforo em solos com diferentes composições mineralógicas. 2004. 54 f. **Dissertação: (Mestrado em Ciência do Solo)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2004.
- CRISOSTOMO, L. A.; MONTENEGRO, A. A. T.; SOUSA NETO, J. de; LIMA, R. N. de. Influência da adubação NPK sobre a produção e qualidade dos frutos de bananeira cv. "Pacovan". **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 45-52, jan.-mar., 2008.
- DAMATTO JUNIOR, R. E.; BÔAS, V. L. R.; LEONEL, S.; NOMURA, S. E.; FUZITANI, J. E. Crescimento e produção de bananeira prata-anã adubada com composto orgânico durante cinco safras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, Volume Especial, e. 713-721, outubro/2011.
- FERNANDES, L. A.; RAMOS, S. J.; VALADARES, S. V.; LOPES, P. S. N.; FAQUIN, V. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1575-1581, nov. 2008
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. FAO. 2021. **Banana Statistical Compendium 2020**. Rome. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb6637en/cb6637en.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.
- HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P.; GHEYI, H. R.; SOUZA JÚNIOR, R. F. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 268-275. 2010.
- JARAMILLO, R. C. **Lãs principais características morfológicas del frutos de banano, variedad Cavendish Gigante (Musa AAA) em Costa Rica**. Panamá: Upeb-Impretex S.A. 1982. 42p.
- MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C. C.; CANTARUTTI, R. B.; VENEGAS, V. H. A.; Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o acúmulo de macronutrientes e a suscetibilidade da banana 'Prata Anã' ao dano mecânico. **Revista Ceres** (online), Viçosa, v. 50, n. 292, p. 753-765, 2003a. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/20503>. Acesso em: 15 out. 2021.
- MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C. C.; CANTARUTTI, R. B.; VENEGAS, V. H. A.; COUTO, F. A. D. Efeitos de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre os componentes da produção e a qualidade

de bananas no Distrito Agroindustrial de Jaíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 319-322, 2003b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000200034>. Acesso em: 15 out. 2021.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2. ed. New York: Academic

MELO, F. B.; CARDOS, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE; RIBEIRO, V. Q. Crescimento e produção de frutos de bananeira cultivar “Grand Naine” relacionados à adubação química. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 246-249, 2006.

MELO, F. B.; CARDOS, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE; RIBEIRO, V. Q. Crescimento e produção de frutos de bananeira cultivar “Grand Naine” relacionados à adubação química. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 246-249, 2006.

MOREIRA, I. A. G. **Geografia Geral e do Brasil**. São Paulo, Moderna, 1985. 230p.

MOREIRA, R. S, **Banana Teoria e Prática de Cultivo**. 2. ed. Fundação Cargill, São Paulo, 299p. 1999.

NOMURA, E. S.; DAMATTO JUNIOR, E. R., MARUYAMA, I. S.; MENDONÇA, J. C.; SAES, L. A.; PENTEADO, L. A. C., KOBORI, R. T.; MORAES, W. S. **Cultivo da Bananeira**. Campinas, CDRS, 2020. 178p. (Manual Técnico, 82).

NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; RUIZ, H. A.; BEIRIGO, R. M.; BONCOMPANI, A. L. P. Características químicas de solos da região de Janaúba, MG, irrigados com água de poços tubulares e do Rio Gorutuba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 227-236, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

ROBINSON, J. C.; SAÚCO, V. G. **Bananas and plantains**. 2. ed. Oxford: CAB International, 2010. 311p. (Crop production science in horticulture, 19).

RODRIGUES, M. G. V.; DIAS, M. S. C.; PACHECO, D. D. Influência de diferentes níveis de desfolha na produção e qualidade dos frutos da bananeira ‘Prata Anã’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n.3, p. 755-762, set. 2009.

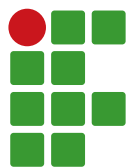
SILVA, A. T. J.; RODRIGUES, V. G. M. Produção da bananeira ‘Prata Anã’ em função da aplicação de adubo fosfatado, em quatro ciclos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 613-618, jun. 2013.

SILVA, J. T. A. da; SILVA, I. P.; PEREIRA R. D. Adubação fosfatada em mudas de bananeira ‘Prata anã’(AAB), cultivadas em dois Latossolos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 238-242, mar./abr., 2011.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; DIAS, M. S. C.; COSTA, E. L.; PRUDÊNCIO, J. M. **Diagnóstico nutricional da bananeira Prata-anã para o Norte de Minas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002, 16 p. (Boletim Técnico, 70).

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. San José: Imprenta Lil, 2000. 1 CD-ROM.

VIANA, A. F.; PACHECO, D. D.; SILVA, T. C.; OLIVEIRA, N. L. C. de; BARBOSA, M. G. Production of banana ‘Prata Anã’ under potassium and magnesium fertilizations in an area irrigated with limestone in the locality of Januária - MG. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e573986093, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6093.



Inhibition of mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* by isolates of *Trichoderma* spp.

Ítalo Vilar Fernandes¹, Hebe Perez de Carvalho², Ana Carolina Perez de Carvalho dos Santos³, Yuri José Galvão Chagas⁴

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, gestor ambiental e discente do curso superior de Engenharia Agrônoma. italovilarf@hotmail.com

² IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, professora EBTT. hebe.carvalho@ifsuldeminas.edu.br

³ Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado – Cesep, gestora ambiental e engenheira agrônoma. perezsantos93@gmail.com

⁴ IFSULDEMINAS – Campus Machado, discente do curso superior de Engenharia Agrônoma. yurijose341@gmail.com

Received in: 06/07/2021 | Accepted in: 19/10/2021

Abstract

Tomato crops have great economic importance in Brazil and worldwide; however, its economic return is dependent on the control of several diseases, including *Fusarium* wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. The control of this disease is usually based on biological products, which are commonly manufactured with antagonist isolates of *Trichoderma* sp. Therefore, the antagonistic potential of *Trichoderma* sp. should be better studied against other phytopathogens, thus expanding the biofungicide options on the market. The objective of the present work was to evaluate the antagonistic potential of different isolates of *Trichoderma* against the in vitro mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Four isolates of *Trichoderma* spp. were tested, three collected in litterfall and one commercial isolate (*T. asperellum*). The *Trichoderma* spp. isolates were evaluated for antagonistic potential against *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* using the culture pairing technique. The variables evaluated were: mean colony size (MCS), mycelial growth inhibition percentage (MGIP), mycelial growth rate index (MGRI) of phytopathogen, and antagonism of isolates of *Trichoderma* spp. through a scale of grades. All isolates of *Trichoderma* spp. tested reduced the in vitro mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Keywords: Antagonism. *Fusarium* wilt. Biological control.

Introduction

Brazil is the tenth main tomato producing country, responsible for approximately 2.2 % of tomatoes produced worldwide, after China, India, Turkey, and the United States of America, that provides approximately 34.7 %, 10.5 %, 7.1 %, and 6.0 % of the world tomato production, respectively (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE – FAOSTAT, 2019).

The tomato production in Brazil in 2019 reached 3.92 million Mg, which were grown in an area of 54,540 ha, mainly in the states of Goiás, São Paulo, Minas Gerais, and Bahia, responsible for approximately 72 % of the national production (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2020).

Tomato crops can be affected by several diseases during the plant cycle. Root pathogens are

among the most important causes of phytosanitary problems, since they present resistance structures that ensure their survival under unfavorable conditions (WONG; AMBROSIO; SOUZA, 2011).

Soil fungi are among the root pathogens, which are characterized by surviving for years under absence of a susceptible host (LOPES; MICHEREFF, 2018). According to Correia and Michereff (2018), among soil fungi, the ones that cause vascular wilting stand out, such as *Fusarium oxysporum*, *Verticillium albo-atrum*, and *Verticillium dahliae*.

Fusarium wilt is among the diseases that most worry tomato growers. It is caused by the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, and is present in practically all areas where tomato is grown (INOUE-NAGATA *et al.*, 2016). This pathogen survives as mycelium or chlamydospores, commonly found in cultural

residues. The pathogen can also develop in tissues of several other plant species, that act as alternative hosts (BEBENDO, 2018).

According to Inoue-Nagata *et al.* (2016), the survival of the pathogen under absence of the host can be up to eight years, making it difficult to deploy management actions to reduce the initial inoculum (MELO; SERRA; NASCIMENTO, 2021). The spread of the pathogen over long distances occurs due to the use of contaminated seedlings and seeds and, in crop areas where the pathogen is present, it can spread due to the moving of propagules in soil particles, caused by plowing and harrowing, irrigation, or even rainwater (BEBENDO, 2018).

The main symptoms of the disease in tomato crops range from leaf yellowing to progressive wilting of the aerial part, which can cause the death of the plants by drying them out completely. Usually, the infection occurs unilaterally, by reaching the vascular bundles from infected root tissues. Plants that have a poorly developed root system are generally more attacked by the fungus, contributing to the progressive vigor loss and shortening of the crop cycle. The disease usually manifests in the field in spots, mainly during the growth, flowering, and fruit maturation phases. In the nursery stage, or shortly after transplanting, seedlings affected by the disease may undergo lodging or damping-off (TÖFOLI; DOMINGUES, 2018).

The control of the disease caused by *Fusarium oxysporum* can be carried out through cultural measures and practices involving adequate and balanced plant nutrition, liming, use of resistant cultivars, crop rotation, and deep plowing (INOUE-NAGATA *et al.*, 2016; MIELNICZUK; SKWARYŃO-BEDNARZ, 2020). Biological control, characterized by the use of non-pathogenic organisms on the infection site to limit the pathogen action or increase the host resistance, has also been used (TÖFOLI; DOMINGUES, 2018).

The use of biological methods to control plant diseases has grown in recent years. There has been a significant increase in products made from microorganisms approved for different cultures (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019). In Brazil, this agribusiness segment represents 3 % to 5 % of sales of chemical products (VIEIRA *et al.*, 2016). Currently, the use of biological methods is an alternative that is not used only by agroecological-based farmers. Conventional farmers are the main consumers of biological products, as they minimize damages to the environment and human health; in addition, farmers are having a greater perception of the need to diversify tools for disease management (MEDEIROS; SILVA; PASCHOLATI, 2018).

In 2019 alone, 21 *Trichoderma*-based biofungicides were approved by the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA), 66 % based on *Trichoderma harzianum*, 24 % based on *Trichoderma asperellum*, 5 % based on *Trichoderma koningiopsis*, and 5 % based on *Trichoderma stromaticum* (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019).

According to Dalacosta (2019), *Trichoderma* species have rapid growth in different media types, facilitating their mass production; thus, they have been used for biological control of fungal diseases, mainly for soil fungi, such as *Fusarium oxysporum*. The different fungus species can interfere with the phytopathogen life through different mechanisms of action, such as competition for space and nutrients, antibiosis, mycoparasitism, fungistasis, and induction of resistance, besides stimulating plants to increase their tolerance to natural stresses (INFANTE *et al.*, 2011; MASTOURI; BJÖRKMANN; HARMAN, 2012).

Töfoli and Domingues (2018) stated that when the fungus is applied via soil or in the substrate, in the case of seedling production, it significantly reduces the occurrence and severity

of diseases caused by pathogens of the genera *Fusarium*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Verticillium*, *Pythium*, and *Phytophthora*.

Therefore, the evaluation of new *Trichoderma* isolates with antagonist potential against different phytopathogens may enable the obtaining of new biofungicides to increase the supply of biocontrol products.

Thus, the objective of the present work was to evaluate the antagonistic potential of different isolates of *Trichoderma* against the in vitro mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Material and methods

The experiment was conducted at the Phytopathology Laboratory of the Federal Institute of Education, Science, and Technology of the South of Minas Gerais, Inconfidentes campus.

The isolate of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* used in the experiment was obtained from the mycoteca of the Sakata Company, and the isolates of *Trichoderma* spp. (I_3 , I_4 , I_5) were obtained by Garcia (2020) from litterfall in the Olericulture Sector of the School Farm of the IFSULDEMINAS, Inconfidentes campus, and were stored in the Phytopathology Laboratory of the Inconfidentes campus. It was also used an isolate of the species *Trichoderma asperellum*, which was obtained from a commercial product (Quality®).

The antagonistic potential of the different isolates of *Trichoderma* spp. against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* was evaluated by the technique of direct confrontation through the pairing of colonies, according to the methodology proposed by Dennis and Webster (1971). Disks of 10 mm diameter with samples obtained from colonies of the phytopathogen and isolates of the antagonist were grown for 7 days in potato-dextrose-agar (PDA) medium and incubated in a

BOD chamber at 25 °C and photoperiod of 12 hours. Petri dishes of 90 mm diameter containing 20 mL of PDA medium (pH 5.7) were used to set up the experiment. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* were transferred to the surface of the culture medium on Petri dishes, at 0.5 cm from the edge of the plate, and the plates were incubated in a BOD chamber at 25 °C and photoperiod of 12 hours for 48 hours, according to the methodology proposed by Dennis and Webster (1971). After the mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* for 48 hours, colony disks of the isolates were picked on opposite sides of the Petri dishes, at 0.5 cm from the edge of the plates. Petri dishes containing paired phytopathogen and antagonist colonies were incubated in a BOD chamber at a temperature of 25 °C and a photoperiod of 12 hours during the experiment.

Each isolate of *Trichoderma* spp. was paired with a phytopathogen, and only the phytopathogen in the Petri dish without the antagonist was considered as a control, totaling 5 treatments, namely: T1 – *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* × isolate 3 (I3); T2 – *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* × isolate 4 (I4); T3 – *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* × isolate 5 (I5); T4 – *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* × *T. asperellum*; T5 – *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. A randomized block experimental design was used, with 7 replications; each plate was considered as a plot.

Daily evaluations started 24 hours after the subculture of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* for 14 days. Daily measurements of the frontal mycelial growth of the phytopathogen and antagonist colonies were made with the aid of a digital caliper. The mycelial growth inhibition percentage (MGIP) was determined on the 7th day and 14th day after incubation and calculated based on the formula described by Menten *et al.* (1976):

$$\text{MGIP} = \frac{\text{mean size of control} - \text{mean size of treatment}}{\text{mean size of control}} \times 100$$

Mean colony diameter (mm) and mycelial growth rate index (MGRI; mm day⁻¹) were also determined, using the formula described by Oliveira and Machado (1991):

$$MGRI = \frac{\sum (S - Sa)}{N}$$

At which:

S = current mean colony size;

Sa = mean colony size on the previous day;

N = number of days after subculture.

The antagonism of the isolates of *Trichodermas* pp. was evaluated using an adaptation of the scale of grades proposed by Bell, Wells and Markhan (1982): 1 – the antagonist grows completely over the pathogen and occupies the entire Petri dish; 2 – the antagonist grows on at least 2/3 of the Petri dish, overlapping the pathogen; 2.5 – the antagonist grows for at least 2/3 of the Petri dish, but does not overlap the pathogen; 3 – antagonist and pathogen grow over half of the plate; 4 – the pathogen grows on least 2/3 of the Petri dish; 5 – the pathogen grows completely throughout the Petri dish.

The antagonism of the isolates was also determined on the 7th and 14th day of incubation.

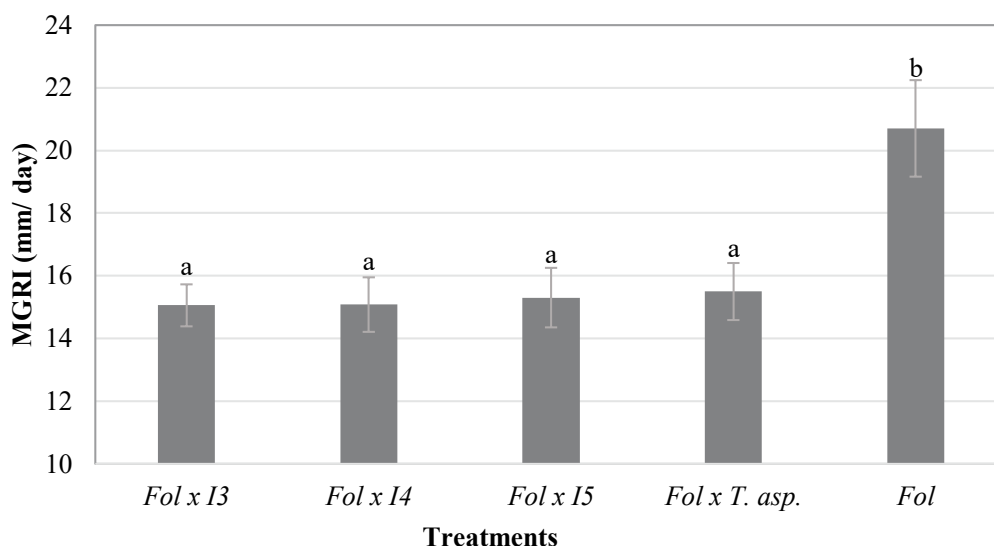
The data obtained in the experiment were subjected to analysis of variance, and the means were compared by the Scott-Knott test at 1 % probability, using the Sisvar 5.6 program (FERREIRA, 2011).

Results and discussion

The evaluated isolates of *Trichoderma* (I3, I4, I5, and *T. asperellum*) showed a significant antagonistic effect on the mycelial growth rate index (MGRI) when compared to the control, with no difference between them, even though they were transferred to the Petri dishes 48 hours after the transfer of the pathogen (FIGURE 1). Mycelial growth rate is important for biological control, since it is connected to the speed of colonization of the substrate under competition with the phytopathogen (MEDEIROS; SILVA; PASCHOLATI, 2018).

The pathogen MGRI was 15.06 mm, 15.08 mm, 15.30 mm, and 15.50 mm in the presence of

Figure 1. Mycelial growth rate index (MGRI; mm day⁻¹) of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) in the presence of *Trichoderma* spp. (I3, I4, I5 and *Trichoderma asperellum*). Inconfidentes, MG, Brazil, 2021



Bars with the same letters are not statistically different from each other by the Scott-Knott test at 1 % probability.

Source: Elaborated by the authors (2021).

isolates I3, I4, I5, and *T. asperellum*, respectively, while the control without the presence of the antagonist had a MGRI of 20.07 mm dia⁻¹, which shows that the presence of the isolates inhibited the pathogen mycelial growth. The mean mycelial growth inhibition percentage of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* by the isolates was 24%.

Sousa *et al.* (2017) found potential in vitro control of *R. solani* for 7 of the 9 isolates of *Trichoderma* evaluated, on average, 33% of the studied isolates reduced the pathogen MGRI in 40%, and 44% reduced the MGRI in 25%. Sá *et al.* (2019) and Soares *et al.* (2019) confirm these results in studies with *Trichoderma* spp. with reduction in mycelial growth of *Fusarium* sp. and *Fusarium solani*, which were causing damages to cowpea and watermelon crops, respectively.

The isolates of *Trichoderma* spp. showed significant differences in colony size and MGIP on the 7th and 14th day after the fungi incubation when compared to the control, with no statistical difference between the isolates in both evaluations. The isolates I3, I4, I5 and *T. asperellum* inhibited the mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* on the 7th day of evaluation in 40 %, 48 %, 42 %, and 42 %, and on the 14th day in 62%, 67%, 64%, and 64%, respectively (TABLE 1).

The evaluations in the 7th and 14th day after incubation showed no increases in colony size of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* in the presence of the isolates, and the isolates did not differ from each other for the evaluated parameter. This result can be explained by the frontal encounter of the pathogen colonies with the antagonist colonies, denoting its efficiency in inhibiting the pathogen mycelial growth. The reduction in mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* may also be connected to the release of metabolites, competition for nutrients in the culture medium, and mycoparasitism by the antagonist (MATOS *et al.*, 2014). In addition, each *Trichoderma* species has its own mechanism of action to interact with each type of phytopathogen (RIBEIRO, 2017).

The MGIP increased over the days due to the continuous growth of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* without the presence of the antagonist. The lowest MGIP of the isolates, compared to the control, was 40 % on the 7th day and 62 % on the 14th day of evaluation. These values were higher than those found by Fantinel *et al.* (2018), who evaluated the antagonistic potential of different isolates of *Trichoderma* and *Bacillus thuringiensis* against *Colletotrichum siamense* and found maximum MGIP of 32 % and 44.2 % on the 6th and 12th days, respectively. Hoffmann *et al.* (2015) found

Table 1. Mean colony size (MCS) and mycelial growth inhibition percentage (MGIP) of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) by *Trichoderma* spp. (I3, I4, I5, and *Trichoderma asperellum*) on the 7th and 14th day of incubation. Inconfidentes, MG, Brazil, 2021

Treatments	MCS (mm)		MGIP (%)	
	Day 7	Day 14	Day 7	Day 14
Fol × I3	23.18 a	23.18 a	40 a	62 a
Fol × I4	19.97 a	19.97 a	48 a	67 a
Fol × I5	22.22 a	22.22 a	1.42 a	57 a
Fol × <i>T. asperellum</i>	22.31 a	22.31 a	1.42 a	57 a
Control	38.77 b	61.66 b	0.30 b	0.30 b
CV (%)	11.43	10.53	20.18	8.38

Means followed by the same letter by in the rows are not statistically different by the Scott-Knott test at 1 % probability.

Source: From the author (2021)

that 3 of the 15 evaluated isolates had MGIP of 38.8 %, 44.4 %, and 48.9 % on the 7th day of pairing, and 12 isolates showed high antagonistic potential, completely inhibiting the development of *Fusarium* sp., with growth inhibition percentages between 81.2 % and 94.4 %.

According to the Bell, Wells, and Markham scale (1982), all treatments with antagonist species differed statistically from the control on the 7th day, but did not differ from each other. At the end of the experiment, the treatments that showed the greatest antagonism were those with I3, I4, and *T. asperellum* (FIGURE 2). Therefore, the evaluation of antagonism using the scale of grades enabled to differentiate the isolates only after 14 days of incubation.

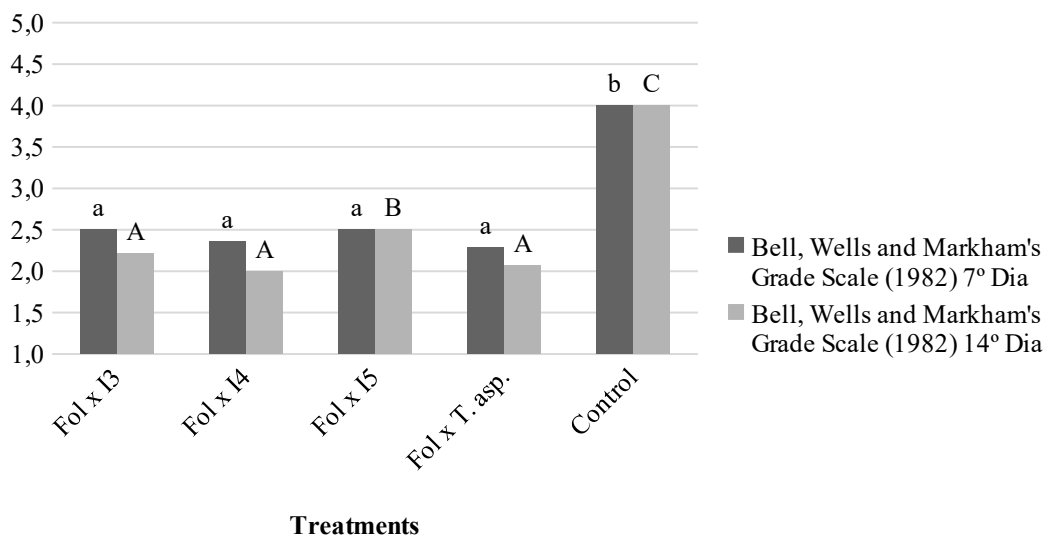
The isolate I5 grew over at least 2/3 of the plate in all replications, frontally meeting with the *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* colony, without colony overlap, which means it is classified as a 2.5 grade. The results showed that I5 can inhibit the pathogen growth, since it differed statistically from the control; however, it was not as efficient as I3, I4, and *T. asperellum*, which were graded as 2. These isolates had mycelial growth that

overlapped the pathogen colony, indicating a probable mycoparasitism of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* hyphae by the hyphae of the isolates (I3, I4, and *T. asperellum*) of *Trichoderma* spp. According to Meyer, Mazaro, and Silva (2019), mycoparasitism is one of the most relevant characteristics of the *Trichoderma* genus.

Contrastingly, Milanesei *et al.* (2013) found two isolates of *T. tomentosum* with grade 1 for antagonism of isolates of *Fusarium oxysporum*, i.e., in vitro isolates of *T. tomentosum* grew completely over the colonies of *Fusarium oxysporum*, denoting the potential for biocontrol of these species.

Although the results were significant for vitro inhibition of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* by the tested isolates of *Trichoderma*, it is not possible to affirm that they would be efficient in vivo. Grigoletti Júnior, Santos, and Auer (2000) pointed out that there are some limitations in the conduction of in vitro tests for the evaluation of the antagonistic potential of a fungus, since in most cases the results obtained under controlled tests do not match or are sometimes different from those obtained in the field or in greenhouses.

Figure 2. Mean grades attributed to the paired cultivation of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) with different isolates of *Trichoderma* spp. (I3, I4, I5, and *Trichoderma asperellum*) on the 7th and 14th day of evaluation



Bars with the same letters are not statistically different from each other by the Scott-Knott test at 1 % probability.

Source: Elaborated by the authors (2021).

Therefore, the conduction of in-vivo evaluations of the isolates evaluated in this work is important to confirm their antagonistic potential against *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Conclusion

All isolates of *Trichoderma* spp. tested reduced the in vitro mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Acknowledgments

The authors thank the Federal Institute of Education, Science, and Technology of the South of Minas Gerais – IFSULDEMINAS.

References

- BEBENDO, I. P. Murchas vasculares. In: AMORIM, L., REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino/MG: Agronômica Ceres, 2018. v. 1, cap. 25. p. 335.
- BELL, D. K.; WELLS, H. D.; MARKHAM, C. R. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. **Phytopathology**, v. 72, n. 4, p. 379-382, 1982. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1982Articles/Phyto72n04_379.PDF. Acesso em: 19 abr. 2021.
- CORREIA, K. C.; MICHHEREFF, S. J. Fundamentos e desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. In: LOPES, U. P.; MICHHEREFF, S. J. (ed.). **Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos**. Recife, PE: EDUFRPE, 2018. p. 7. Disponível em: http://www.ppgf.ufrpe.br/sites/ww3.ppgf.ufrpe.br/files/lopes_michereff_2018_-_desafios_manejo_doencas_radiculares.pdf. Acesso em: 08 jun. 2021.
- DALACOSTA, N. L. **Compatibilidade de *Trichoderma harzianum* associado ao controle químico no tratamento de sementes de soja**. 2019. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco/PR, 2019. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4069/1/PB_PPGAG_M_Dalacosta%2c%20Nean%20Locatelli_2019.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.
- DENNIS, C.; WEBSTER, J. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*: III. hyphal interaction. **Mycological Society**, v. 57, n. 3, p. 363-369, 1971.
- FANTINEL, V. S.; MUNIZ, M. F. B.; POLETTO, T.; DUTRA, A. F.; KRAHN, J. T.; FAVARETTO, R. F.; SARZI, J. S. Biocontrole *in vitro* de *Colletotrichum siamense* utilizando *Trichoderma* spp. e *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. **Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 43-50, 2018. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/157/56>. Acesso em: 25 maio 2021.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039 – 1042, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001. Acesso em: 19 abr. 2021.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE - FAOSTAT. **Rankings: countries by commodity**. Countries by commodity. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- GARCIA, T. R. **Avaliação *in vitro* do antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. sobre *Colletotrichum* sp.** 2020. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Instituto

Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, 2020.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SANTOS, Á. F. dos; AUER, C. G. Perspectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais. **Floresta**, v. 30, n. 1/2, p. 155-165, 2000. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2362/1974>. Acesso em: 26 maio 2021.

HOFFMANN, C. A.; CHAGAS, L. F. B.; SILVA, D. P. da; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SCHEIDT5, G. N. Potencial de antagonismo de isolados de *Trichoderma* sp. contra o isolado de *Fusarium* sp., *in vitro*. **Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 236-242, 2015. Trimestral. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3040/0>. Acesso em: 26 maio 2021.

INFANTE, D.; GONZÁLES, N.; MARTINEZ, B.; REYES, Y. Evaluación de la efectividad de doce cepas de *trichoderma asperellum* Samuels sobre tres fitopatógenos en condiciones de campo. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, **Revista de Protección Vegetal**, v. 26, n. 3, p. 194-197, 2011. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522011000300010&lng=en&tlng=en. Acesso em: 21 abr. 2021.

INOUE-NAGATA, A. K.; LOPES, C. A.; REIS, A.; PEREIRA, R. B.; QUESADDO-DURVAL, A. M.; PINHEIRO, J. B.; LIMA, M. F. Doenças do tomateiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino – MG: Agronômica Ceres, 2016. v. 2, cap. 70., p. 717-718.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal – PAM -2019**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 15 abr. 2021

LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. (ed.). **Fundamentos e desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos**. Recife/PE: EDUFRPE, 2018. Disponível em: http://www.ppgf.ufrpe.br/sites/ww3.ppgf.ufrpe.br/files/lopes_michereff_2018_-_desafios_manejo_doencas_radiculares.pdf. Acesso em: 8 jun. 2021.

MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E. 1. *Trichoderma harzianum* enhances antioxidant defense of tomato seedlings and resistance to water deficit. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 25, n. 9, p. 1264-1271, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/mpmi-09-11-0240>. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/MPMI-09-11-0240>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MATOS, K. S.; CARVALHO, I. F. de; ARAÚJO, D. V. de; SILVA, M. L. da; FARIAS, T. N. Estudo *in vitro* da potencialidade de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Fusarium guttiforme*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 2234-2243, 2014. Trimestral. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/CIENCIAS%20BIOLOGICAS/Estudo%20in%20vitro.pdf>. Acesso em: 26 maio 2021.

MEDEIROS, F. H. V. de; SILVA, J. C. P. da; PASCHOLATI, S. F. Controle biológico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; B. FILHO, A. (ed.). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino, MG: Agronômica Ceres Ltda., 2018. cap. 17. p. 261-274.

MELO, T. A. de; SERRA, I. M. R. S.; NASCIMENTO, I. T. V. S. do. Efeito do extrato hidroalcoólico e do óleo de nim (*Azadirachta indica*) sobre o fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* e na resistência induzida de quiabeiros à fusariose. **Research, Society And Development**, v. 10, n. 2, p. 1-19, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12357>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MENTEN, J. O. M.; MINUSSI, C. C.; CASTRO, C.; KIMATI, H. Efeito de alguns fungicidas no crescimento micelial de *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid. "in vitro". **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 57-66, 1976.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. **Trichoderma**: uso na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 538 p.

MIELNICZUK, E.; SKWARYŁO-BEDNARZ, B. *Fusarium head blight*, mycotoxins and strategies for their reduction. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 509, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/4/509/htm>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MILANESI, P. M.; BLUME, E.; ANTONIOLI, Z. I.; MUNIZ, M. F. B.; SANTOS, R. F. dos; FINGER, G.; DURIGON, M. R. Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, p. 347-356, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260772332_Biocontrole_de_Fusarium_spp_com_Trichoderma_spp_e_promocao_de_crescimento_em_plantulas_de_soja. Acesso em: 27 maio 2021.

OLIVEIRA, J. A.; MACHADO, J. C. **Efeito do tratamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) e pimentão (*Capsicum annum* L.)**. 1991. Dissertação - Universidade

Federal de Lavras, Lavras. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/33483>. Acesso em: 19 abr. 2021.

RIBEIRO, M. S. **Estudo funcional do gene gluc31 que codifica uma β -1,3-glucanase da família GH16 de *Trichoderma harzianum***. 2017. 90 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO, 2017. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/7346/5/Tese%20-%20Marcela%20Suriani%20Ribeiro%20-%202017.pdf>. Acesso em: 26 maio 2021.

SÁ, M. N. F.; LIMA, J. S.; JESUS, F. N.; PEREZ, J. O.; GAVA, C. A. T. Seleção in vitro de agentes de biocontrole visando o controle de *Fusarium* sp. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 14-16, 2019. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/157/56>. Acesso em: 26 maio 2021.

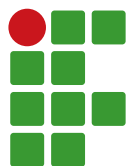
SOARES, M. G. O.; CEZAR, M. A.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; PEREIRA, F. H. F.; CARDOSO, T. A. de L. Antagonismo de *Trichoderma* spp. a *Fusarium solani* e os efeitos na atividade fotossintética da melanciaira. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17, n. 2, p. 1-11, ago/dez. 2019. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/5017>. Acesso em: 25 maio 2021.

SOUSA, I. A. L. de; BENCHIMOL, R. L.; SILVA, C. M. da; SANTOS, A. K. A.; SANTOS, A. K. A. Potencial de Biocontrole de *Rhizoctonia solani* do Feijão-Caupi. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 1, p. 86-89, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/2863/v7n1p86-89.pdf>. Acesso em: 25 maio 2021.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J. Doenças fúngicas. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L. de; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. (org.). **Hortaliças-fruto**. 21. ed. Maringá: Eduem, 2018. Cap. 8. p. 296-313.

VIEIRA, B. A. H.; PRADO, J. S. M.; NECHET, K. L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. **Defensivos agrícolas naturais**: uso e perspectivas. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 853 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1059897>. Acesso em: 10 jun. 2021.

WONG, L. C.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; SOUZA, N. L. de. Sobrevivência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Raça 2 submetido à técnica da solarização associada à incorporação de folhas de mandioca. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 2, p. 129-133, jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/4FrWXd9wLJTtkcnL6DQZhw/?lang=pt>. Acesso em: 08 jun. 2021.



The effect of anthropic fires on ant assemblage in the Cerrado of Southeastern Brazil

Tamires Camila Talamonte de Oliveira¹, Kenia Aparecida dos Santos²,
Gabriela Bandejas do Nascimento³, Grazielle Santos Santiago⁴

¹ Universidade Federal de Lavras (UFLA), Programa de Pós-Graduação em Entomologia, discente. tamires_talamonte@hotmail.com

² UFLA, Programa de Pós-Graduação em Entomologia, discente. keniasantos.mf@gmail.com

³ UFLA, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, discente. gabrielabandeira.nascimento@gmail.com

⁴ UFLA, Programa de Pós-Graduação em Entomologia, discente. graziellesantiago@hotmail.com.

Received in: 01/10/2021 | Accepted in: 06/01/2022

Abstract

The Cerrado is the second largest biome in South America and due to its great species richness, and environmental degradation, is considered a biodiversity hotspot. Fires in Cerrado can occur both naturally and through anthropic influence. However, due to the latter, the occurrence of fires has been increasingly frequent, as well as its impact on biotic communities. Ants' colonies are widely used in studies of environmental impacts because of their responsiveness to environmental changes and easiness for their data to be analyzed. Here, the structure of the ants' community in Cerrado environments at different areas post-fire times (two and four months, and a control area) in Itumirim, Minas Gerais, Brazil, was evaluated. Attractive baits were used as sampling methods, and found 48 species of ants belonging to 18 genera. Species richness was the same in all areas, showing that both two and four months after the fire occurrences seem to be enough to recover the ant population of these areas. Regarding ant composition, there were important differences, especially between the control area and the four months post-fire area. Moreover, vegetal biomass and vegetation covers only influenced ant composition. Here, it was found that species composition seems to be a better indicator of the responses of ant communities to post-fire effects, and can be used as a tool in monitoring programs.

Keywords: Bioindicators. Attractive Baits. Environmental Disturbance. Species Turn Over.

Introduction

The Cerrado (Brazilian Savanna) is the second-largest biome in Brazil, after the Amazonian rainforest, and the largest one in South America. It accounts for 25 % of its national territory (RIBEIRO; WALTER, 1998; CARVALHO *et al.*, 2009; DURIGAN; RATTER, 2016). The Cerrado is considered a hotspot due to its enormous biodiversity, high degree of endemism, and high susceptibility to human activities (MITTERMEIER *et al.*, 2005; STRASSBURG *et al.*, 2017). The occurrence of fires in Cerrado happens both naturally and anthropically, either influencing directly or indirectly the characteristics of vegetation and consequently other biotic factors.

Natural fires are common in the Savannas, and it is mainly caused by lightning reaching dry trees during the rainy season (RAMOS-NETO;

PIVELLO, 2000). However, the recent increase in fire frequency regimes, caused by both human occupation and agricultural practices in such areas (MISTRY, 1998; CARVALHO *et al.*, 2009; GANEM *et al.*, 2013), leads to community simplification and loss of biodiversity (HIROTA *et al.*, 2011). In that regard, the presence or absence of certain organisms can give valuable information about the environmental situation of different habitats, which is the reason why bioindicators have been used to monitor the changes and evaluate the impacts of anthropic activities (NIEMI; MCDONALD, 2004).

Invertebrates are widely used as bioindicators (SIDDIG *et al.*, 2016) and, in particular, ants have been used for the same purpose when it comes to impacts caused by fires (SANTOS *et al.*, 2008; CANEDO-JÚNIOR *et al.*, 2016; PAOLUCCI *et al.*, 2017; SEMENOV; RAN'KOVA, 2018; TIBCHERANI *et al.*, 2018). Ants are considered

to be good environmental bioindicators because they are found in high richness and abundance, they can be easily sampled and separated into morphospecies, and, most importantly, they are very responsive to environmental changes (MAJER, 1983; FRIZZO *et al.*, 2011; TIBCHERANI *et al.*, 2018).

Fire events in the Savanna ecosystem can promote a high biodiversity of ants by changing the structure of vegetation (MARAVALHAS; VASCONCELOS, 2014). The vegetation has been proved to have an important role in the recovery and restoration of communities, especially herbaceous cover and their biomass (ARAÚJO; RIBEIRO, 2005; FRIZZO *et al.*, 2012; CANEDO-JÚNIOR *et al.*, 2016). After a fire, some species can be resilient and resistant and their diversity is quickly restored (COSTA *et al.*, 2010), and others can be susceptible, and be replaced by others, which is called turnover of species (FAGUNDES *et al.*, 2018). This may happen because different groups of ants may show different responses to fire, depending, for instance, if their nest is vulnerable or not to the direct effect of fire (HOFFMANN, 2013; FRIZZO *et al.*, 2012; MARAVALHAS; VASCONCELOS, 2014). The recovery of the ant community was previously related to the post-fire time, in which it was shown that the longer after the fire event, the greater the similarity with the unburned area (CANEDO-JÚNIOR *et al.*, 2016).

Thus, considering the growing environmental problems due to habitat loss in Brazilian savannas (Cerrado biome), and the necessity to understand the role of environmental structure and the response of ants at different post-fire times, this work was developed to evaluate the richness and composition of ant communities in a control area and two post-fire areas (two and four months after fire) in an area of Cerrado. The following hypotheses were tested: (i) The longer the post-fire period, the greater the ant

richness; (ii) Ant species composition will differ depending on the post-fire period; (iii) Ant species richness and composition will be influenced by environmental variables such as vegetation cover and plant biomass.

Material and methods

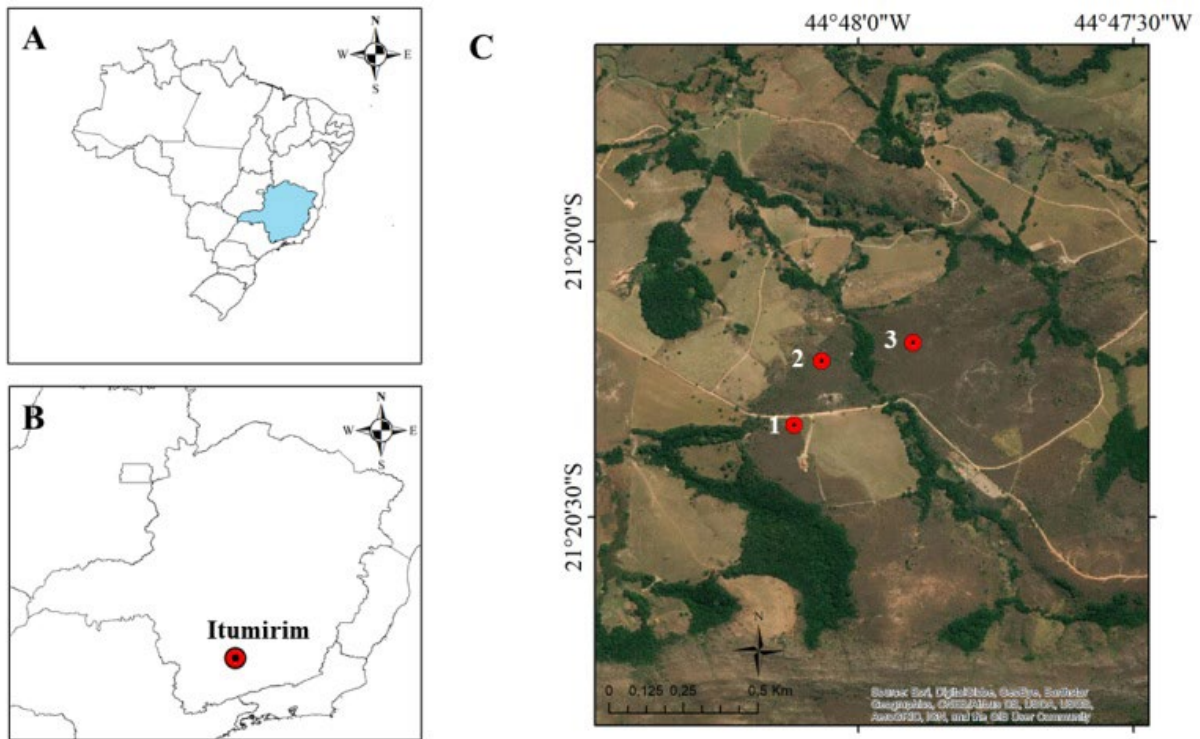
Study area

The present study was carried out in Itumirim – MG, at the coordinates 21°16'30" S and 44°50'0"W, in the Southern region of Minas Gerais, Brazil. Its average altitude is 880 m and the climate is characterized by the transition between Cwa and Cwb according to the Köppen classification (ANTUNES, 1986). The average temperature and annual rainfall are, respectively, 18°-20°C and 1.530 mm. The original vegetation of the region was composed of a transition forest and *Savanna stricto sensu* (MINAS GERAIS, 1980; CARVALHO, 1992), which were replaced by pasture and agricultural crops, leaving small fragments only (LOSCHI *et al.*, 2013).

Sampled design

In order to evaluate the influence of different post-fire times on ant structure composition, three Cerrado areas were used at least 500 meters away from each other. The first area was burned in 2013, being used as a control reference in this study. The two other areas were burned in October and December of 2016, respectively (personal information of the owner of the areas) (FIGURE 1). In each of these areas three 100 m equidistant transects, containing five sampling points with attractive baits, were established. The baits were positioned 30 m apart, ensuring the independence of the samples. Ants were sampled at three different periods (morning, afternoon, and evening), totaling 15 sampling points per time period, and 45 samples per area.

Figure 1 – A: Minas Gerais highlighted in the map of Brazil. B: Itumirim highlighted in the map of Minas Gerais. C: Location of the sampling sites (Cerrado areas) from where we collected ant species. In Figure 1C, numbers 1, 2 and 3 respectively represent the control area (2013), and the areas burned in October 2016 (four months ago), and in December 2016 (two months ago)



Source: elaborated by the authors (2021).

Ant collection

Ants and environmental variables were sampled in February of 2017. Attractive baits were used in order to measure ant richness and composition. The traps consisted of 18 cm disposable edgeless plates (which facilitate the arrival of smaller ants) filled with a portion of 10 g of animal protein (sardines with oil) and 15 g of carbohydrate (honey) placed at the ground level (SCHMIDT *et al.*, 2005).

The baits were checked three times a day: in the morning (10:30 am to 12:00 pm), in the afternoon (2:00 pm to 4:00 pm), and in the evening (6:00 pm to 7:30 pm). All baits were replaced before each collection (three times a day). Five minutes were spent collecting the ants that were in and around the baits. After the collection, the ants were taken to the Federal University of Lavras (UFLA) Ant Ecology

Laboratory, where they were sorted and identified to genus level according to Baccaro *et al.* (2015). This procedure was followed by morphospeciation according to the repository acronym of the Ant Ecology Laboratory.

To measure the environmental variables, 33 cm x 33 cm plots were delimited next to each sample unit, where all soil herbaceous layer cover was removed and later taken to the laboratory. Then, this material was heated and dried at 70 °C for 72 h and weighed with analytical digital scales. The canopy cover of each area was estimated using hemispheric digital photographs which were taken using a camera equipped with 0.20 mm fisheye objective lenses. The camera was positioned at ground level near the attractive bait. Later, using these photos, it was possible to indirectly calculate the vegetation cover (ENGELBRECHT; HERZ, 2001). The images

were analyzed using Gap Light Analyzer software, which provides the percentage of vegetation coverage (FRAZER *et al.*, 1999). Therefore, two environmental variables were used in the further analysis: plant biomass and vegetation cover.

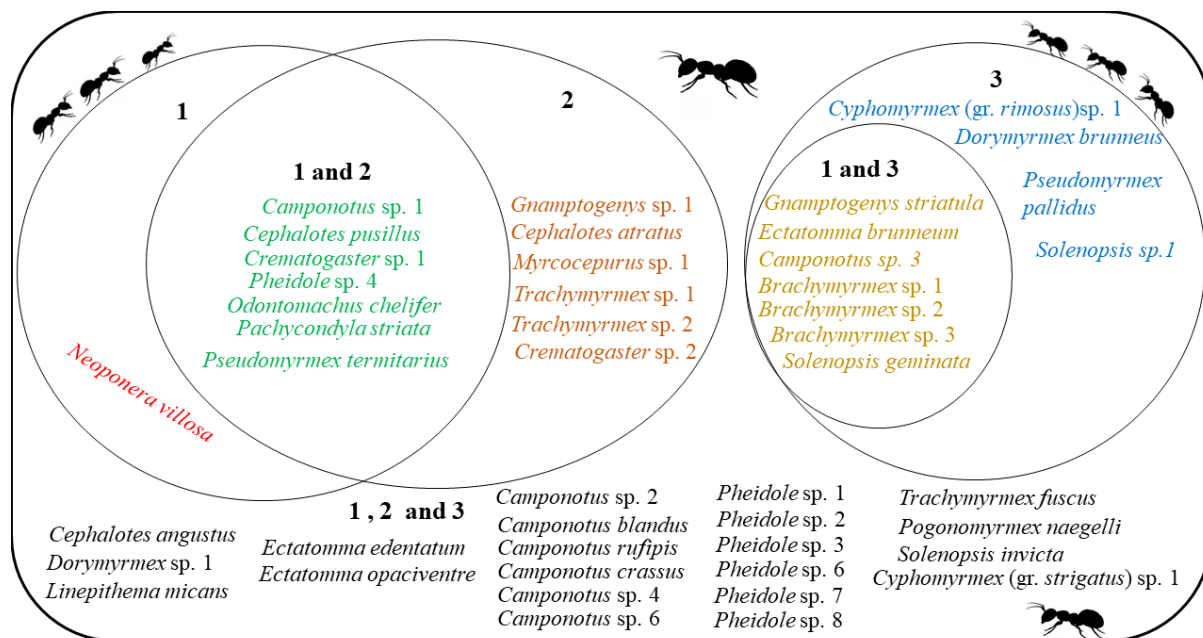
Data analysis

A species accumulation curve was performed to verify if the sampling effort was sufficient to use ant community diversity parameters in the studied areas (GOTELLI, 2009). The observed number of species was compared with the expected number of species found using the Jackknife 1, Jackknife 2, Chao and Bootstrap species richness estimator.

Generalized linear models (GLM) were used to assess differences in species richness at different post-fire recovery times. In this model, species richness was used as the dependent variable and post-fire times as the independent

one. Beyond that, in order to identify the relationship of environmental variables with ant species richness, another GLM was built with plant biomass and vegetation cover (and their interaction) as independent variables. We used Poisson error distribution in both GLMs. These analyses were performed in an R environment (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016). To verify differences in ant species composition and evaluate similarities among sampled areas, we performed a similarity analysis (ANOSIM) using the Jaccard similarity index as a distance measure with Primer 6 and Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA), considering the presence or absence of species (CLARKE; GORLEY, 2005). To measure the possible influence of environmental variables (vegetation cover and plant biomass) on ant species composition among areas at different post-fire times, we used multivariate analysis based on distances for linear models (DISTLM) with Jaccard similarity index on Primer 6 (CLARKE; GORLEY, 2005).

Figure 2 – Ant species collected by area, Areas 1, 2, 3 respectively correspond to the presence of ants in the burned areas in 2013, October 2016 and December 2016, different colors were applied for species collected in different places. Red color represent the species sampled only in area 1, brown only in area 2, blue only in area 3, Green represents species that were found both in areas 1 and 2, yellow both in areas 1 and 3, and black in all areas 1, 2 and 3.



Source: elaborated by the authors (2021).

Results

It was collected 48 ant species, distributed in 18 genera (FIGURE 2), being the genera *Camponotus* (Mayr, 1861) and *Pheidole* (Westwood, 1839) the largest number of species found during the experiment (nine and eight respectively) (TABLE 1).

Richness estimations of ant species (TABLE 2) show that the area burnt in October 2016 was the one that had the highest sampling efficiency regardless of the estimators used (varying from 80.18 % to 93.5 %), while the control area burnt in 2013 was the one that had the lowest sampling efficiency fluctuating from 62.13 % to 83.40 %. Lastly, an intermediate

efficiency in the area burnt in December was measured, differing from 67.06 % to 86.71 % depending on the estimator used.

Ant species richness did not differ in the studied areas ($p > 0.05$). After the occurrences of fires in 2013 and 2016 (in October and December), 37, 34, and 34 ant species were respectively found. On the other hand, we found differences in ant compositions among Cerrado areas with different post-fire times (ANOSIM, $R = 0.169$; $p < 0.001$). The composition of ant species in the burnt area in December 2016 was different from the areas burnt in October 2016 and in 2013. However, no significant difference was obtained between the burnt area in October 2016 and the control area in 2013 (TABLE 3).

Table 1 – Ant species collected in areas with different post-fire times in the municipality of Itumirim – MG, Brazil.

Areas 1, 2, 3 respectively correspond to the presence of ants in the burned areas in 2013, October 2016 and December 2016

Subfamily	Tribe	Species	Areas	
Dolichoderinae	Leptomyrmecini	<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	3	
		<i>Dorymyrmex</i> sp. 1	1, 2, 3	
		<i>Linepithema micans</i> (Forel, 1908)	1,2,3	
Ectatomminae	Ectatommini	<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, F., 1858	1,3	
		<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	1,2,3	
		<i>Ectatomma opaciventre</i> (Roger, 1861)	1,2,3	
		<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	1,3	
		<i>Gnamptogenys</i> sp. 1	2	
Formicinae	Camponotini	<i>Camponotus blandus</i> (Smith, F., 1858)	1,2,3	
		<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	1,2,3	
		<i>Camponotus rufipis</i> (Fabricius, 1775)	1,2,3	
		<i>Camponotus</i> sp. 1	1,2	
		<i>Camponotus</i> sp. 2	1,2,3	
		<i>Camponotus</i> sp. 3	1,3	
		<i>Camponotus</i> sp. 4	1,2,3	
		<i>Camponotus</i> sp. 5	1,2	
	<i>Camponotus</i> sp. 6	1,2,3		
	Myrmelachistini		<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	1,3
			<i>Brachymyrmex</i> sp. 2	1,3
<i>Brachymyrmex</i> sp. 3			1,3	

Subfamily	Tribe	Species	Areas	
Myrmecinae	Attini	<i>Cephalotes angustus</i> (Mayrs, 1862)	1,2,3	
		<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	2	
		<i>Cephalotes pusillus</i> (Klung, 1824)	1,2	
		<i>Cyphomyrmex</i> (gr. <i>rimosus</i>) sp. 1	3	
		<i>Cyphomyrmex</i> (gr. <i>strigatus</i>) sp. 1	1,2,3	
		<i>Myrcocepurus</i> sp. 1	2	
		<i>Pheidole</i> sp. 1	1,2,3	
		<i>Pheidole</i> sp. 2	1,2,3	
		<i>Pheidole</i> sp. 3	1,2,3	
		<i>Pheidole</i> sp. 4	1,2	
		<i>Pheidole</i> sp. 5	3	
		<i>Pheidole</i> sp. 6	1,2,3	
		<i>Pheidole</i> sp. 7	1,2,3	
		<i>Pheidole</i> sp. 8	1,2,3	
		<i>Trachymyrmex fuscus</i> Emery, 1834	1,2,3	
		<i>Trachymyrmex</i> sp. 1	2	
		<i>Trachymyrmex</i> sp. 2	2	
		Crematogastrini	<i>Crematogaster</i> sp. 1	1,2
			<i>Crematogaster</i> sp. 2	2
	Pogonomyrmecini	<i>Pogonomyrmex naegelli</i> Forel, 1878	1,2,3	
Solenopsidini	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	1,3		
	<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	1,2,3		
	<i>Solenopsis</i> sp.1	3		
Ponerinae	Ponerini	<i>Neoponera villosa</i> (Fabricius, 1804)	1	
		<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	1,2	
		<i>Pachycondyla striata</i> Smith, F., 1858	1,2	
Pseudomyrmecinae		<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, F., 1855)	1,2,3	
		<i>Pseudomyrmex pallidus</i> (Smith, F., 1855)	3	
6	9	48		

Source: elaborated by the authors (2021).

Table 2 – Estimates of ants captured using attractive bait in areas of Cerrado in Itumirim – MG, Brazil, using the richness estimates Jackknife 1, Jackknife 2, Chao and Bootstrap with their respective sample efficiency in percentage.

Estimators of Ant Richness					
Areas	Nº of ants species observed	Jackknife 1	Jackknife 2	Chao	Bootstrap
Control (2013)	37	52.86 (70.23 %)	59.55 (62.13 %)	50.48 (73.29 %)	44.36 (83.40 %)
October (2016)	34	42.4 (80.18 %)	37.32 (91.10 %)	36.36 (93.30 %)	39.22 (86.69 %)
December (2016)	34	45.2 (75.22 %)	50.7 (67.06 %)	45.2 (72.22 %)	39.21 (86.71 %)

Source: elaborated by the authors (2021).

Table 3 – Dissimilarity among ant composition (R values) in burnt Cerrado areas in 2013, October and December of 2016, obtained with ANOSIM analysis. The greater the R value, the greater the dissimilarity among groups

Dissimilarity of ant composition among the Cerrado areas		
Areas	Cerrado 2013	Cerrado October 2016
Cerrado October 2016	0.023(-)	
Cerrado December 2016	0.089 (*)	0.399(**)

P values: (-) $p > 0.05$; (*) $p < 0.05$; (**) $p < 0.0001$.

Source: elaborated by the authors (2021).

Table 4 – P values obtained from the Generalized Linear Model (GLM) assessing the effect of environmental variables on ant richness in Cerrado areas with different post-fire times in Itumirim – MG

Effect of Environmental variables on Ant Richness	
Variables	P values
PB	0.16
VC	0.13
PB*VC	0.086

PB– Plant biomass; VC – Vegetation cover; PB*VC – Interaction between the variables.

Source: elaborated by the authors (2021).

Table 5 – Results of the DistLM analysis used to evaluate the contribution of environmental variables to differences in ant composition among Cerrado areas with different fire times in Itumirim – MG

Environmental variables effect on Ant Composition		
Variables	P Value	Proportion
PB	0.028*	3.58E-02
CV	0.029*	3.58E-02

PB – plant biomass; VC – Vegetation cover; * $p < 0.005$ (significant results).

Source: elaborated by the authors (2021).

The environmental variables (plant biomass, vegetation cover and their interaction) evaluations are not significantly associated with the ant species richness in the sampled areas ($p > 0.05$) (TABLE 4). However, the DistLM test showed that environmental variables were associated with ant composition, but with little explanatory relevance (TABLE 5).

Discussion

The present study assessed the response of ant communities impacted by fire in Cerrado after two and four months of ecosystem recovery and showed that ant compositions have a better

potential to predict impacts caused by fire than ant species richness. Besides, the same was true for environmental variables that, even with little weight, were important in explaining differences in ant communities and had no effect on ant species richness. Furthermore, this study evaluated the response of the ants' community at different fire recovery times, in which it was observed that after two and four months after the last burn, the ant species richness didn't change. This may occur due to the resistance of some ant species to fire caused by natural selection, and also the rapid colonization of more generalist species that are better adapted to changes in environmental structure in damaged areas (ANDERSEN *et al.*, 2006).

The most abundant genera found in Cerrado areas were *Camponotus* and *Pheidole*, this result was expected since these genera are the most representative in the world and have characteristics that facilitate their dispersion such as wide geographical distribution, flexible diet, high colonization ability, and large local abundance (WILSON, 1976).

In the same way, this result corroborates those found in previous studies, in which were observed ants' rapid recovery after fire disturbances (RODRIGO; RETANA, 2006; PARR; ANDERSEN, 2008; CANEDO-JÚNIOR *et al.*, 2016). The rapid recovery of these insects may be related to the fact that fire has been present for thousands of years in the Savannas (SALGADO-LABOURIAU *et al.*, 1997) and, for this reason, some animals, such as ant species, are adapted to fire regime. There are two different ways in which ants can recover from a fire impact: the first way is avoiding lethal temperatures by building their nests in the ground, since it is already known that there is no change in soil temperature below five cm in Savanna-like environments (ANJOS *et al.*, 2018). The second way, for winged species, is dispersing through flight (ANDERSEN; YEN, 1985).

Ant composition changed depending on the post-fire period, confirming our second hypothesis, in which we observed that four months were sufficient for a total recovery of the ant composition in the area burnt in October of 2016, whereas two months seems not enough to fully recover the ant composition in the area burnt in December of 2016.

The similarity in ant composition between the control area (2013) and the burned area in October 2016 may possibly have been caused by the proximity of the two areas, which probably allowed the recolonization of ant species present in the control area to the area burned four months ago (October 2016). Also, the longer post-fire recovery time (4 months) compared to

the area burned in December of 2016, that had less time to recover (2 months) and was further from the control area. In contrast, the greater dissimilarity of ant composition between the areas burnt four and two months (October and December of 2016) may be related to both the physical barrier between the two areas caused by a stream (which would make it difficult for ant species to recolonize), as well as the environmental structure of each area, since fire may have stimulated seed germination (RAVEN *et al.*, 2007), increasing the complexity of the environment. This may have allowed the arrival of other fire-resistant ant species, which would lead to greater dissimilarity in ant composition in these areas.

Regarding ant composition, it is important to note that although most species are common in the three areas, like *Pseudomyrmex pallidus* (Smith, F., 1855), *Trachymyrmex fuscus* Emery, 1834 and *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908, for example, occurred only in area 3, which indicates that these species have a high resistance to impacts such as the fire in the Cerrado. Indeed, the genus *Dorymyrmex* Mayr, 1866 was previously associated with disturbed areas and with little vegetation cover (CUEZZO; GUERRERO, 2012; ARCUSA, 2017), while there are no records for the other species (TABLE 1). Moreover, in the area, 2 the occupancy of some generalists genera such as *Mycocepurus*, *Crematogaster*, *Odontomachus*, and *Pachycondyla*, indicates a recovery of the previous conditions of this habitat after four months of the disturbance, since these species need specific resources such as fruits, nectar, carcasses, and seed arils to survive (BACCARO *et al.*, 2015). In area 1, we had only one exclusive species, which could indicate this individual is not tolerant to the impact caused by fire. This species, *Neoponera villosa* (Fabricius, 1804), has arboreal habits, nesting in trees. It forages on the ground or in trees, looking for extrafloral nectaries (PAUL; ROCES, 2003). The colonies use hollow logs and epiphytes for its establishment

(OLIVA-RIVERA *et al.*, 1990; DEJEAN; OLMSTED, 1997), and for this reason, could not be found in the other two areas with little vegetation cover.

The similarity in ant composition between the control area (2013) and the burned area in October 2016 may possibly have been caused by the proximity of the two areas, which probably allowed the recolonization of ant species present in the control area to the area burned four months ago (October 2016), and also the longer post-fire recovery time (4 months) compared to the area burned in December of 2016, that had less time to recover (2 months) and was further from the control area.

In contrast, the greater dissimilarity of ant composition between the areas burnt four and two months (October and December of 2016) may be related to both the physical barrier between the two areas caused by a stream (which would make it difficult for ant species to recolonize), as well as the environmental structure of each area, since fire may have stimulated seed germination (RAVEN *et al.*, 2007), increasing the complexity of the environment. This may have allowed the arrival of other fire-resistant ant species, which would lead to greater dissimilarity in ant composition in these areas.

The environmental variables tested (plant biomass, vegetation cover) showed no influence on ant species richness. On the opposite, they showed an influence on ant composition, indicating that even though such variables are among those in which ants respond the most (PACHECO; VASCONCELOS, 2012; QUEIROZ *et al.*, 2013; SCHMIDT *et al.*, 2013), there are probably other unmeasured variables that could explain to a greater extent of differences in ant composition among these areas, such as fire intensity, landscape, phytophysiognomy characteristics, and the proximity to rural roads observed in our studied area, which are not possible to measure in this study. While for richness, environmental variables may have had

no influence due to the arrival of more generalist and fire-tolerant species after the disturbance and consequently the turnover of ant species.

Conclusions

In Conclusion, it was observed that fire has an influence on the ant community; the sampling method using attractive baits is efficient to compare the richness and composition of ants in the Cerrado with different post-fire times. Furthermore, it is evident that ant composition has the potential to better predict the impact of fires in the Cerrado than ant species richness. Therefore, ant composition can be used as a potential bioindicator of impacts caused by fire, helping in the conservation and management of such an important biome. In addition, although the fire did not have an obvious effect on ant richness, the difference in composition between the evaluated areas indicates that there was a species turnover, which may have led to a loss of important ecological functions to maintain the ecosystem's structure. Despite the short post-fire period among the areas, we found a change in species composition, but we suggest further studies to better understand the effect of fire on biological communities in the Cerrado, especially long-term studies. Making it possible to predict the reestablishment of communities in fire-affected areas.

References

- ANDERSEN, A. N.; HERTOOG, T.; WOINARSKI, J. C. Z. Long-term fire exclusion and ant community structure in an Australian tropical savanna: congruence with vegetation succession. **Journal of Biogeography**, New York, v. 33, n. 5, p. 823-832, 2006.
- ANDERSEN, A. N.; YEN, A. L. Immediate effects of fire on ants in the semi-arid mallee region of north-western Victoria. **Austral Ecology**, Alice Springs, v. 10, n. 1, p. 25-30, 1985.

- ANJOS, D.; DÁTILLO, W.; DEL-CLARO, K. Unmasking the architecture of ant–diaspore networks in the Brazilian Savanna. **PloS one**, v. 13, n. 8, p. e0201117, 2018.
- ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 138, p. 9-13, 1986.
- ARAÚJO, E. A.; RIBEIRO, G. A. Impactos do fogo sobre a entomofauna do solo em ecossistemas florestais. **Natureza & Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 75-85, 2005.
- ARCUSA, J. M.; CICCHINO, A. C. **New locality record of *Discothyrea neotropica* (Bruch, 1919) (Hymenoptera, Formicidae) for Argentina and remarks on its distribution.** 2017.
- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; FERNANDES, I. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil.** Manaus: Editora INPA, 2015. 388 p.
- CANEDO-JÚNIOR, E. O.; CUISSI, R. G.; CURI, N. H. A.; DEMETRIO, G. R.; LASMAR, C. J.; MALVES, K.; RIBAS, C. R. Can anthropic fires affect epigaeic and hypogaeic Cerrado ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in the same way? **Revista de Biología Tropical**, v. 64, n. 1, p. 95-104, 2016.
- CARVALHO, D. A. Flora fanerogâmica de campos rupestres da Serra da Bocaina, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. **Ciência & Prática**, v. 16, n. 1, p. 97-122, 1992.
- CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO, P.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, Boston, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. **Primer v6: user Manual/Tutorial.** Plymouth: Primer-E Ltda., 2005.
- COSTA, C. B.; RIBEIRO, S. P.; CASTRO, P. T. Ants as bioindicators of natural succession in savanna and riparian vegetation impacted by dredging in the Jequitinhonha river basin, Brazil. **Restoration Ecology**, v. 18, p. 148-157, 2010.
- CUEZZO, F.; GUERRERO, R. J. The ant genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) in Colombia. **Psyche: a Journal of Entomology**, v. 2012, p. 1-24, 2012.
- DEJEAN, A.; OLMSTED, I. Ecological studies on *Aechmea bracteata* (Swartz) (Bromeliaceae). **Journal of Natural History**, v. 31, n. 9, p. 1313-1334, 1997.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 1, p. 11-15, 2016.
- ENGELBRECHT, B. M. J.; HERZ, H. M. Evaluation of different methods to estimate understorey light conditions in tropical forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, n. 2, p. 207-224, 2001.
- FAGUNDES, R.; LANGE, D.; ANJOS, D. V.; DE LIMA, F. P.; NAHAS, L.; CORRO, E. J.; GOMES SILVA, P. B.; DEL-CLARO, K.; RIBEIRO, S. P.; DÁTILLO, W. Limited effects of fire disturbances on the species diversity and structure of ant-plant interaction networks in Brazilian Cerrado. **Acta Oecologica**, v. 93, p. 65-73, 2018.
- FRAZER, G. W.; CANHAM, C. D.; LERTZMAN, K. **Gap Light Analyzer (GLA):** imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true colour fisheye photographs, users manual and program

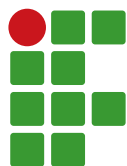
- documentation. [s.l.] Burnaby: Simon Fraser University/ Millbrook: Institute of Ecosystem Studies, 1999. 40 p.
- FRIZZO, T. L. M.; BONIZARIO, C.; BORGES, M. P.; VASCONCELOS, H. Revisão dos efeitos do fogo sobre a fauna de formações savânicas do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 2, p. 365-379, 2011.
- FRIZZO, T. L. M.; CAMPOS, R. I.; VASCONCELOS, H. L. Contrasting effects of fire on arboreal and ground-dwelling ant communities of a neotropical savanna. **Biotropica**, v. 44, n. 2, p. 254-261, 2012.
- GANEM, R. S.; DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A. Conservation policies and control of habitat fragmentation in the Brazilian Cerrado biome. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 99-118, 2013.
- GOTELLI, N. J. **Ecologia**. Londrina: Planta, 2009. 81 p.
- HIROTA, M.; HOLMGREN, M.; VAN NES, E. H.; SCHEFFER, M. Global resilience of tropical forest and savanna to critical transitions. **Science**, v. 334, n. 6053, p. 232-235, 2011.
- HOFFMANN, B. D. Responses of ant communities to experimental fire regimes on rangelands in the Victoria River District of the Northern Territory. **Austral Ecology**, Alice Springs, v. 28, n. 2, p. 182-195, 2003.
- LOSCHI, R. A.; PEREIRA, J. A. A.; MACHADO, E. L. M.; CARLOS, L.; GONZAGA, A. P. D.; CARMO, I. P.; GOMES, D. J. S. Variações estruturais e ambientais em um contínuo de mata de galeria/ cerrado stricto sensu em Itumirim, MG. **CERNE**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 213-227, 2013.
- MAJER, J. D. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 7, n. 4, p. 375-383, 1983.
- MARAVALHAS, J.; VASCONCELOS, H. L. Revisiting the pyrodiversity–biodiversity hypothesis: long-term fire regimes and the structure of ant communities in a Neotropical savanna hotspot. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 6, p. 1661-1668, 2014.
- MINAS GERAIS – SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA. **Zoneamento agroclimático do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Epamig, 1980. 114 p.
- MISTRY, J. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 22, n. 4, p. 425-448, 1998.
- MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. A Brief history of biodiversity conservation in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 601-607, 2005.
- NIEMI, G. J.; MCDONALD, M. E. Application of ecological indicators. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, n. 1, p. 89-111, 2004.
- OLIVA-RIVERA, J.; CORBARA, B.; DEJEAN, A. Mise en évidence d’une forme d’apprentissage dans le comportement de capture des proies chez *Pachycondyla* (= *Neoponera*) *villosa* (Formicidae, Ponerinae). **Behaviour**, v. 115, n. 3-4, p. 175-187, 1990.
- PACHECO, R.; VASCONCELOS, H. L. Habitat diversity enhances ant diversity in a naturally heterogeneous Brazilian landscape. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 3, p. 797-809, 2012.

- PAOLUCCI, L. N.; SCHOEREDER, J. H.; BRANDO, P. M.; ANDERSEN, A. N. Fire-induced forest transition to derived savannas: cascading effects on ant communities. **Biological Conservation**, v. 214, p. 295-302, 2017.
- PARR, C. L.; ANDERSEN, A. N. Fire resilience of ant assemblages in long-unburnt savanna of northern Australia. **Austral Ecology**, v. 33, n. 7, p. 830-838, 2008.
- PAUL, J.; ROCES, F. Fluid intake rates in ants correlate with their feeding habits. **Journal of Insect Physiology**, v. 49, n. 4, p. 347-357, 2003.
- QUEIROZ, A. C. M. DE; RIBAS, C. R.; FRANÇA, F. M. Microhabitat characteristics that regulate ant richness patterns: the importance of leaf litter for epigeaic ants. **Sociobiology**, v. 60, n. 4, p. 367-373, 2013.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R a Language and Environment for Statistical Computing Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing, 2016. R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing. 2016**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 1º out. 2021.
- RAMOS-NETO, M. B.; PIVELLO, V. R. Lightning fires in a Brazilian Savanna National Park: rethinking management strategies. **Environmental management**, v. 26, n. 6, p. 675-684, 2000.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 856 p. 2007.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma do cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 87-166.
- RODRIGO, A.; RETANA, J. Post-fire recovery of ant communities in Submediterranean Pinus nigra forests. **Ecography**, v. 29, n. 2, p. 231-239, 2006.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L.; CASSETI, V.; FERRAZ-VICENTINI, K. R.; MARTIN, L.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 128, n. 1-4, p. 215-226, 1997.
- SANTOS, J. C.; DELABIE, J. H. C.; FERNANDES, G. W. A 15-year post evaluation of the fire effects on ant community in an area of Amazonian forest. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 1, p. 82-87, 2008.
- SCHMIDT, F. A.; RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H. How predictable is the response of ant assemblages to natural forest recovery? Implications for their use as bioindicators. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 158-166, 2013.
- SCHMIDT, K.; CORBETTA, R.; CAMARGO, A. J. A. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Ilha João da Cunha, SC: composição e diversidade. **Biotemas**, v. 18, n. 1, p. 57-71, 2005.
- SEMENOV, S. M.; RAN'KOVA, E. Y. The features of multiyear changes and seasonal variability of present-day background concentrations of CO₂, CH₄, and N₂O at the global monitoring stations. **Fundamental and Applied Climatology**, v. 4, p. 105-120, 2018.
- SIDDIG, A. A. H.; ELLISON, A. M.; OCHS, A.; VILLAR-LEEMAN, C. How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change? Insights from 14 years of publication in Ecological Indicators. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 223-230, 2016.

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, Cambridge, v. 1, n. 4, article number 0099, 2017.

TIBCHERANI, M.; NACAGAVA, V. A. F.; ARANDA, R.; MELLO, R. L. Review of ants (Hymenoptera: Formicidae) as bioindicators in the Brazilian Savanna. **Sociobiology**, v. 65, n. 2, p. 112-129, 2018.

WILSON, E. Which are the most prevalent ant genera. **Studia Entomologica**, v. 19, n. 1-4, p. 187-200, 1976.



Morphoanatomical characterization of *Brassavola tuberculata* Hook's (Orchidaceae) leaf and root upon the rocky outcrop

Fernanda Maria Trindade da Silva¹, Wellington Marota Barbosa², Walnir Gomes Ferreira Júnior³

¹ Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Machado, Brasil. Laboratório de Botânica e Ecologia - Herbário GERAES, graduada em Ciências Biológicas. fermaria.silva63@gmail.com

² Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Machado, Brasil. Laboratório de Biotecnologia, docente. wellington.barbosa@ifsuldeminas.edu.br

³ Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Machado, Brasil. Laboratório de Botânica e Ecologia - Herbário GERAES, docente. walnir.ferreira@gmail.com

Received in: 17/09/2021 | Accepted in: 14/01/2022

Abstract

Orchids have morphological and anatomical adaptations that make them able to occupy the most different environments with the most varied conditions. These adaptations, together with the physiological attributes are essential for the establishment, growth, reproduction, and colonization of orchids. Therefore, this study was developed to describe the leaf and root anatomy of *Brassavola tuberculata* Hook found in a phorophyte located on a rocky outcrop in Campestre, southern Minas Gerais. The collected leaf and root samples were freehand cut and stained with astra blue and safranin. The histochemical tests applied were: sudan III for lipids and lugol for starch. The leaves are subulate, succulent and grooved containing a continuous longitudinal cannula. The epidermis has a thick cuticle, stomata with a suprastomatal chamber on both leaf faces and the mesophyll is homogeneous with aquifer parenchyma in the central portion. In the root, the velamen and cortical tissue are composed of several cell layers that allow it to store water. There were starch grains in the leaf and root. These xeromorphic characters found allow to the species to survive in the restricted conditions found in the phorophyte on rocky outcrops.

Keywords: Plant anatomy. Ecological Anatomy. Leaf anatomy. Root anatomy. Orchid.

Introduction

The Orchidaceae family is home to 7 % of the planet's flora species, with 26,454 species cataloged and distributed in 735 genera (CHASE *et al.*, 2015). In Brazil, the family is represented by 217 genera and 2,443 species, of which more than 60 % are endemic (FLORA DO BRASIL, 2021). The species of this family are distributed in almost all regions of the planet with the exception of the polar and desert regions, concentrated in humid forests within tropical and subtropical regions, mainly in Asian and American tropical forests (DRESSLER, 2005). They have terrestrial, rupicolous, epiphytic, or saprophytic habits (MATTIUZ; RODRIGUES; MATTIUZ, 2006).

The family is recognized for its flowers that display a uniform arrangement along their floral whorls among most species. However, they vary in

terms of size, shape, and color (PABST; DUNGS, 1975). In addition, they exhibit highly specialized characteristics that serve to attract insects and favor cross-pollination (DRESSLER, 1993). Unlike flowers, the organization of its vegetative parts is notoriously diverse (DRESSLER, 1993), favoring the variety of growth forms (PABST; DUNGS, 1975) and providing ample adaptive power for different environments to this family, mainly aerial (BENZING *et al.*, 1982).

All plant species basically use the same resources: light, carbon dioxide (CO₂), water, and nutrients. Therefore, ecological differences between species arise from different ways of acquiring and using the same resources (WESTOBY *et al.*, 2002). This difference is only possible due to the functional traits that are anatomical determined and physiological characteristics. They can command the organism's responses to the environment (STERCK *et al.*,

2011). Safe to say, the considerable richness of species and wide distribution find explanations in the various specialized strategies that these plants have developed.

The genera *Maxillaria* (FOLDATS, 1970), *Vanda*, and *Epidendrum* (OLIVEIRA; SAJO, 2001), for example, developed pseudobulbs, which are water and carbohydrate storage organs and are generally associated with highly developed floral organs. The genus *Pleurothallis* (OLIVEIRA; SAJO, 1999) does not have pseudobulbs and its leaves are responsible for water and nutrient storage functions. In addition to these reserve structures, orchids have other adaptations to xeric environments such as the velamen which has the ability to absorb water and nutrients, reduce transpiration, and provide mechanical protection (PRIDGEON, 1986). They have associations with endomycorrhizal fungi and Crassulacean Acid Metabolism (CAM) (OLIVEIRA; SAJO, 2001). Such attributes favor survival in limiting conditions (NOGUERA-SAVELLI; JÁUREGUI, 2012).

The genus *Brassavola*, originated in America, is among the main ones in the Orchidaceae family. Its distribution occurs from northern Mexico to northern Argentina (NOGUERA-SAVELLI; JÁUREGUI, 2011). This genus is characterized by having epiphytic plants, cylindrical stems (FIGURE 1B) with a single subulate succulent leaf and inflorescences, and racemose with one to three flowers. Most plants have similar aspects in their vegetative and floral characteristics which has caused conflicts in the delimitation of species and in the proposed classification systems (NOGUERA-SAVELLI; JÁUREGUI, 2011).

The *Brassavola tuberculata* Hook species, popularly known as “silver rain, chives, mouse tail, and lady-of-the-night orchid” has abundant and lasting blooms (June to September). Thus, have a high ornamental value. Its inflorescences of five to seven flowers are white, slightly yellow (FIGURE 1C), and exude a slightly sweet odor at

dusk (RECH; ROSA; MANENTE-BALESTIERE, 2010). This plant has epiphytic or rupicolous habits and a wide geographic distribution occurring in the five regions of Brazil's geographic division. We find them in the phytogeographic domains of the Caatinga, Cerrado, and Atlantic Forest and are components of the Cerrado vegetation (lato sensu), Riparian Forest, Semideciduous Seasonal Forest, Ombrophilous Forest, Restinga and of the Rocky Outcrops vegetation (FLORA DO BRASIL, 2021).

Rock outcrops, also known as inselberg (“rock island”) are territorial fragments that present geographic isolation, peculiar soil and climate conditions, and a relative degree of specific endemism (POREMBSKI; BARTHLOTT, 2000). Rocky outcrops are frequent in Brazil (ESGARIO *et al.*, 2008) and have severe environmental characteristics, such as poor soil, high insolation, and large temperature fluctuations between day and night (POREMBSKI *et al.*, 1998). Low water and nutrients retention, few alternatives for fixing seeds, propagules, or roots of adult plants tend to accentuate exposure to wind, light, and heat (LARSON *et al.*, 2005). This set of environmental characteristics makes the present flora within the peculiar and distinct environment surroundings (LIMA, 2018).

The anatomical characterization of plants acquired great importance for taxonomy over time (NOGUERA-SAVELLI; JÁUREGUI, 2012). Along with morphological and/or molecular characterization, it provides a better basis for unraveling phylogenetic relationships and understanding how environmental factors influence the distribution and functioning of plants (BENZING, 2000).

It is known that environmental factors can influence the morphology, anatomy, and physiology of plants. Thus, anatomical and ecophysiological studies contribute to understanding the dynamics of species and the strategies they present that enable them to survive in certain environments. Such information

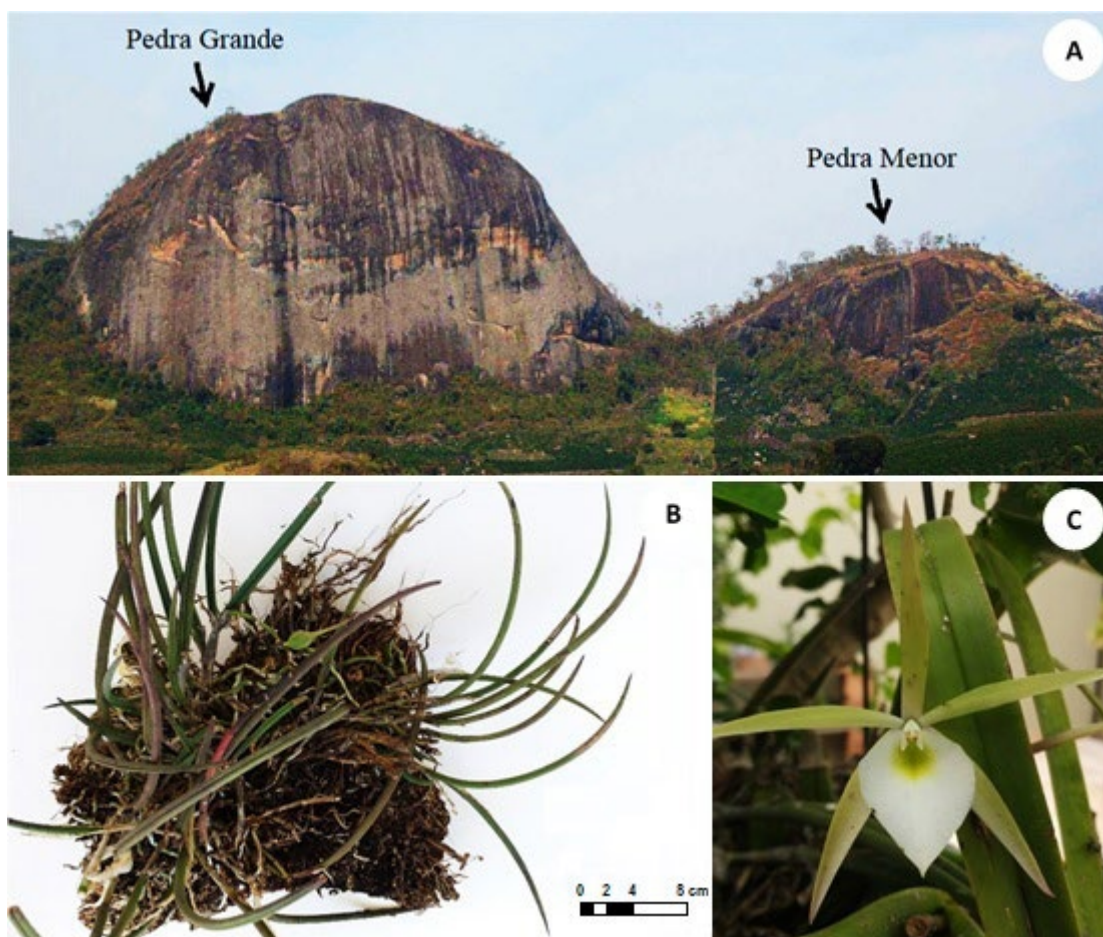
is of great importance for the conservation of plant biodiversity as it allows the expansion of knowledge about the mechanisms adopted by the species, in the face of environmental changes increasing the possibilities of preserving them. Therefore, this developed work has the objective of describing the leaf and root anatomy of *Brassavola tuberculata* Hook found in a rocky outcrop of Serra da Pedra Grande in Campestre-MG serving as a basis for future ecophysiological studies on the adaptive strategies of this species.

Material and methods

We collected leaf and root samples of the *Brassavola tuberculata* Hook species belonging

to the Orchidaceae family. The samples were obtained from a phorophyte located on the rocky outcrop called Pedra Menor (FIGURE 1A). A component of the small mountain range, Serra da Pedra Grande, which is located on the banks of the Vital Brasil/BR-267 highway, 15 km from the municipality of Campestre that flows towards the municipality of Machado, in the south of Minas Gerais, Brazil. The region is part of the Atlantic Forest biome (IBGE, 2004) and the local landscape is predominantly agricultural and severely fragmented, with only 9 % covering the original forest and 51 % of pastures (OLIVETTI, 2015). The vegetation in the region is classified as Montana Seasonal Semideciduous Forest (IBGE, 2004).

Figure 1. Characterization of the studied area and species. **A.** Work area, Pedra Menor, seen from the side of the Vital Brasil highway; **B.** Leaves and roots on periderm of the phorophyte of *Brassavola tuberculata* Hook and **C.** Flower of *Brassavola tuberculata* Hook.



Source: Prepared by the authors (2021).

After collection, the leaf blade samples were subjected to measuring the length with the aid of a ruler using a caliper. The smallest and largest diameters of the regions of the base, middle third, and 5 cm from the apex were measured. After the measurements, the slides were mounted to perform the anatomical analyzes of the leaf and root. All procedures were performed at the Biotechnology Laboratory of the Federal Institute of the South of Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Machado.

The samples were selected from the root and the middle portion of the leaf blade of adult leaves and fixed in FAA 70 (JOHANSEN, 1940) for 48 hours and then stored in 70 % ethanol. Freehand histological sections and paradermal sections stained with Astra Blue and Safranin were obtained from these samples (ROESER, 1962). The histochemical tests performed were lugol for starch (BÜCHERL, 1962) and Sudam III for lipids (JOHANSEN, 1940). The results were recorded using photomicrographs, obtained using a Leica EC3 photomicroscope and Leica LAS EZ software.

Results and discussion

Leaf characterization

The studied *Brassavola tuberculata* leaf is subulate, succulent, and furrowed, having a continuous longitudinal cannula (FIGURE 1B), whose limb has the following average dimensions: 22.3 cm long, base diameter 0.50 cm x 0.39 cm (largest and smallest diameters, respectively); middle third diameter 0.52 cm x 0.41 cm (larger and smaller diameter, respectively); and its apex 0.34 cm x 0.26 cm (larger and smaller diameter, respectively).

Anatomical analysis revealed that the leaves are amphistomatic (FIGURES 2C, 2D), with most stomata of the tetracytic type, randomly distributed in the epidermis, with ostioles (pores) always aligned parallel to the largest axis of the leaf

(FIGURE 2E). When considering the subgroups of the Orchidaceae family, generally, the leaves are hypostomatic, having stomata only on the abaxial face (SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004), but some species of *Neuwiedia* and *Apostasia*, considered primitive within the family, also have amphistomatic leaves (STERN *et al.*, 1993). In the study by Noguera-Savelli and Jáuregui (2011), on the genus *Brassavola*, all the species studied had amphistomatic leaves. As for the arrangement of subsidiary cells, Withner *et al.* (1974) concluded that the typical stomata of Orchidaceae are anomocytic. But the results observed is consistent with those of Stern and Carlswald (2009), who pointed out the tetracytic type as the most common in Laeliinae.

No type of trichome was observed in *B. tuberculata*, corroborating the study by Noguera-Savelli and Jáuregui (2011) who did not find trichomes in any of the species of the genus. The analysis of the cross-sections showed that the dermal system is composed of isodiametric, unistratified, rectangular epidermal cells with straight, and thin anticlinal walls, slightly convex and thin external periclinal walls (FIGURE 2C).

On the leaf epidermis of *B. tuberculata* there is a thick smooth cuticle (FIGURE 2D). This characteristic, in most species, is considered a xeromorphic character (FAHN; CUTLER, 1992) and is determined by the degree of exposure of the organ to the sun, which is, then, one of the characteristics of orchids in sunny environments (WITHNER *et al.*, 1974; OLIVEIRA; SAJO, 1999; SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004).

Analyzes of cross-sections of the leaf of *B. tuberculata* showed that the cuticle forms an expressive prominence over the stomatal pore contributing to the formation of a suprastomatic chamber (FIGURE 2D) similar to those observed by Oliveira and Sajo (1999) and Silva and Milaneze-Gutierrez (2004). For Rasmussen (1987), this chamber is common in epiphytic orchids that face high temperatures and low

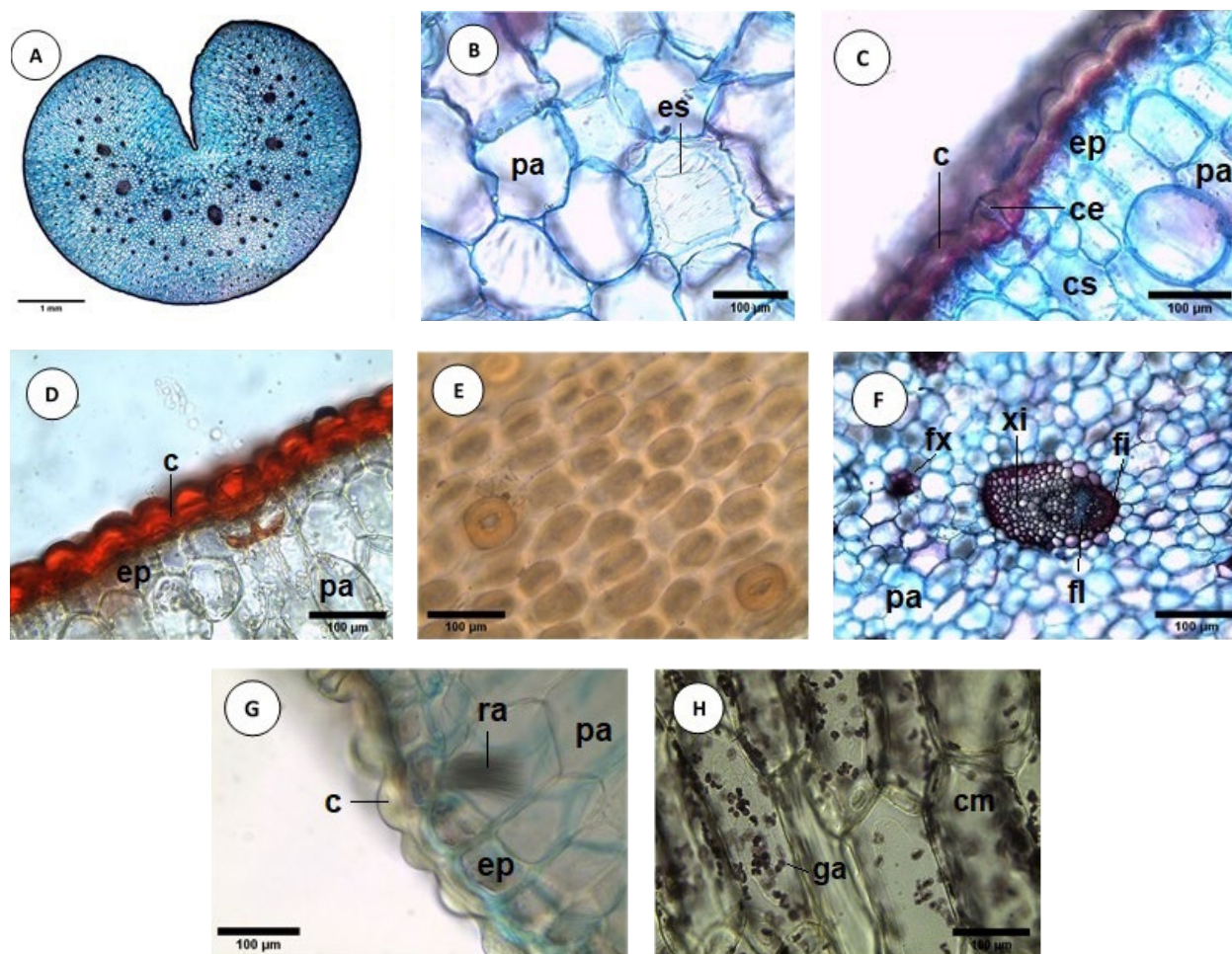
water availability contributing to the reduction of leaf transpiration.

The leaf has a homogeneous mesophyll composed of 4-8 layers of polyhedral parenchyma cells and 18-22 layers of isodiametric parenchyma cells (FIGURE 2A). Some of these cells have thickening bars (FIGURE 2B). According to Pridgeon (1986), thickened cells are common in orchids and do not have pseudobulbs. They have the function of storing water and preventing tissue collapse during drought, thus characterizing the

occurrence of aquifer parenchyma. Noguera-Savelli and Jáuregui (2012) observed this adaptation in several species of *Brassavola* (*B. acaulis* Lindl. & Paxton, *B. ceboletta* Rchb.f. and *B. grandiflora* Lindl.), however, they did not find it in *B. tuberculata*.

The mesophyll is also transpassed by a large number of bundles of extravascular fibers (FIGURE 2F) arranged both on the abaxial and adaxial sides of the leaf. Noguera-Savelli and Jáuregui (2012) also observed that the 11 species

Figure 2. Anatomical sections of a leaf of *Brassavola tuberculata* Hook located in an arboreal phorophyte on a rocky outcrop in Serra da Pedra Grande, Campestre, Minas Gerais.



Abbreviations: A. Entire leaf limb; B. Mesophyll aquifer parenchyma cells with thickening; C. Epidermis showing stomata; D. Cuticle stained with Sudam III; E. Stomata in paradermal section, stained with Sudam III; F. Mesophyll and vascular bundle; G. Raphides; H. Lugol-stained starch grains; pa = aquifer parenchyma; es = thickening; c = cuticle; ep = epidermis; ce = suprastomatal chamber; cs = substomatic chamber; fx = extravascular fiber; fi = fibers; xi = xylem; fl = phloem; ra = raphides; cm = mesophyll cell; ga = grain of starch.

Source: Prepared by the authors (2021).

of *Brassavola* had bundles of extravascular fibers on both leaf surfaces, differing from the present study in terms of quantity and arrangement. These sclerified cells, together with the others, provide mechanical resistance in case of dehydration (OLIVEIRA; SAJO, 1999), contributing to the leathery appearance of the leaves, exerting the function of supporting the leaf blade (SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004).

The vascular system is composed of closed collateral bundles arranged in a central arch. The main bundles and the four arches of secondary vascular bundles from which three are subjacent and one overlying the central arch are zig-zag spread across the mesophyll (FIGURE 2A). The xylem is oriented towards the adaxial surface and the abaxial phloem, and fiber sheath developed more next to the phloem (FIGURE 2F). This type of vascular bundle, surrounded by fibers is also commonly found in many orchid species observed by Pridgeon (1982), Oliveira and Sajo (1999), Stern and Judd (2001), and Silva and Milaneze-Gutierrez (2004).

Cellular inclusions of the calcium oxalate crystals type present in the raphids form were observed in cells close to the epidermis (FIGURE 2G). According to Silva and Milaneze-Gutierrez (2004), this is another very common feature among orchids, but its functions are still unknown and it is believed that the crystals act as a protection mechanism against animals or, alternatively, as a removal mechanism of oxalic acid excess from the plant system.

The lugol test showed the presence of starch in the mesophyll parenchyma cells (FIGURE 2H). Viera (2005) in his study observed this same characteristic in orchids of the genus *Pleurothallis* found in similar conditions.

Root characterization

The studied root is adherent and has an irregular surface (FIGURE 3A). The roots

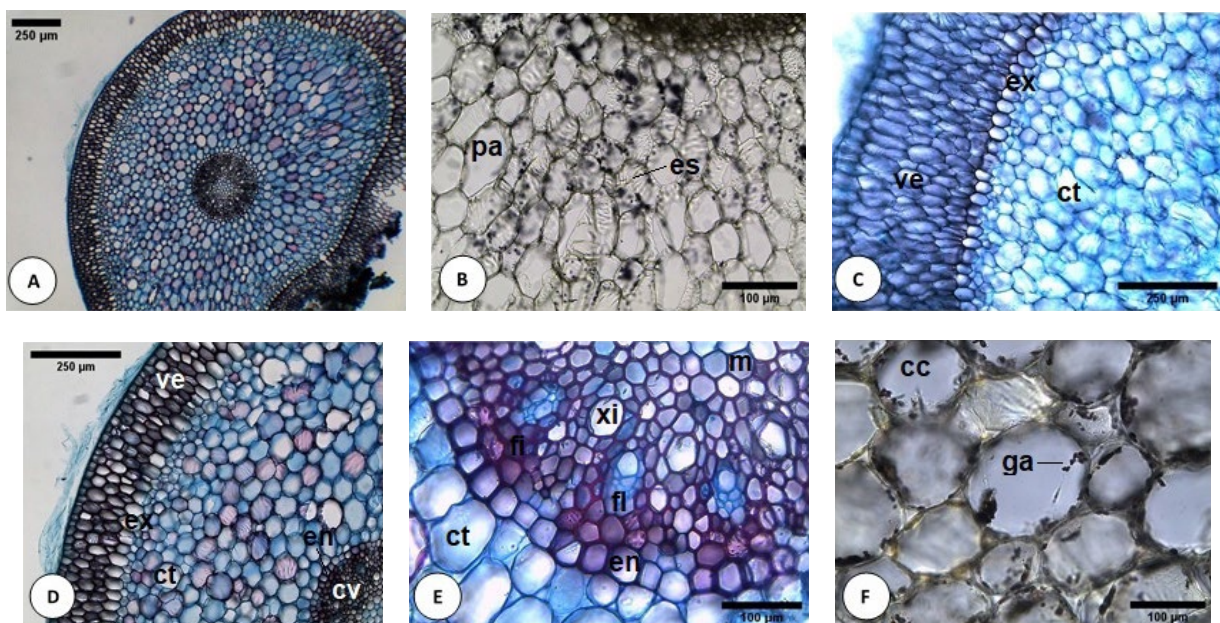
are relatively long, thick and very branched (FIGURE 1B). From the periphery to the central portion, the root of *B. tuberculata* is composed of: i) velamen, ii) cortex with clearly differentiated exoderm and endoderm, and iii) central cylinder surrounded by the pericycle, which was also differentiated (FIGURE 3A). This tissue organization is common to other orchid species, as verified by Benzing *et al.* (1982), Pridgeon (1987), and Morales *et al.* (2002).

The root velamen of *B. tuberculata* is made of 4 to 5 cell layers with irregularly thickened walls, thus configuring the longitudinal and sometimes intertwined striations (FIGURE 3C), common to many orchid species (POREMBSKI; BARTHLOTT, 1988). Just below the velamen, the exodermis is formed by longitudinally elongated cells with thickening in the anticlinal and external periclinal walls forming a thickening wall in the shape of a "U" (FIGURE 3C). This velamen-exodermis complex has the function of mechanical protection of the roots and prevention of water loss by the cortex (DYCUS; KNUDSON, 1957). Benzing *et al.* (1982) evidenced the contribution of this complex in mineral nutrition in epiphytic species when they reported the velamen's ability to imbibe with solutions deposited on the roots. The solutes are able to pass through the cells and through the exodermis.

Below the exodermis, forming the cortex, there are 10 to 13 layers of rounded cells of varying sizes with thin walls (FIGURE 3D). Some of these cells have cellulose-thickening bars (FIGURE 3B). Using the Lugol test, the presence of starch in cortical cells was detected (FIGURE 3F), thus evidencing the reserved character of the root. Vieira *et al.* (2010) in their thesis also describe this character in *Acianthera teres* (Lindl.) Borba and *Epidendrum xanthinum* Lindl, which are found in the altitude field of Serra do Brigadeiro State Park (MG).

The endoderm is formed by groups of 4 to 5 cells with "O" thickening, alternating with

Figure 3. Anatomical sections of the root of *Brassavola tuberculata* Hook located in an arboreal phorophyte on a rocky outcrop in Serra da Pedra Grande, Campestre, Minas Gerais.



Abbreviations: **A.** Whole root; **B.** Cells with thickening bars; **C.** Velamen; **D.** Cortex; **E.** Vascular cylinder; **F.** Lugol stained starch grains; pa = aquifer parenchyma; es = thickening; ve = velamen; ex = exoderm; ct = cortex; in = endoderm; cv = vascular cylinder; fi = fibers; xi = xylem; fl = phloem; m = marrow; cc = cortical cell; ga = grain of starch.

Source: Prepared by the authors (2021).

2 to 3 thin-walled cells, called endodermal passage cells (SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004), positioned on the pericycle cells which are also non-sclerified, and on xylem elements (FIGURE 3E). Morales *et al.* (2002) diagnosed this alternating pattern of cells around the central cylinder in all orchid species analyzed. However, they emphasized that secondary wall depositions can also occur in the passage cells with the maturation of the roots, thus preventing their distinction from the others.

The central cylinder of *B. tuberculata* roots has 12 to 15 groups of phloem cells interspersed with xylem cells, thus configuring a polyarch root. In the central portion of the root the medullary tissue is formed by thin-walled cells (FIGURE 3E). Orchids are characterized by polyarch roots (SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004). Therefore, the roots of *B. tuberculata* contribute to the economy of water by viewing the various layers of velamen and cortical tissue.

Final considerations

The following xeromorphic characteristics were observed in the leaf and root of *B. tuberculata*: succulent leaf, stoma with suprastomatal chamber, thick cuticle, large amount of fiber bundles in the mesophyll, aquifer parenchyma with thickening in the leaf and root, vascular bundles involved by fibers and the pluristratified velamen.

These characteristics allow the survival of *B. tuberculata* in the restricted environmental conditions of the rocky outcrop.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais – IFSULDEMINAS, for technical structure and financial support for publication. Financial support was provided

by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

References

- BENZING, D. H. **Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation**. Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- BENZING, D. H.; OTT, D. W.; FRIEDMAN, W. E. Roots of *Sobralia macrantha* (Orchidaceae): structure and function of the velamen-exodermis complex. **American Journal of Botany**, v. 69, p. 608-614, 1982.
- CHASE, M. W.; CAMERON, K. M.; BARRETT, R. L.; FREUDENSTEIN, J. V.; PRIDGEON, A. M.; SALAZAR, G.; VAN DEN BERG, C.; SCHUITEMAN, A. An updated classification of Orchidaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 177, n. 2, p. 151-174, 2015.
- DRESSLER, R. L. **Phylogeny and classification of the orchid family**. Dioscorides Press, Portland, 1993.
- DRESSLER, R. L. How many orchids species? **Selbyana**, v. 26, n. 1, p. 155-158, 2005.
- DYCUS, A. M.; KNUDSON, L. The role of the velame of aerial roots orchids. **Botanical Gazette**, v. 119, n. 2, p. 78-87, 1957.
- ESGARIO, C. P.; RIBEIRO, L. F., SILVA, A. G. O Alto Misterioso e a vegetação sobre rochas em meio à Mata Atlântica, no Sudeste do Brasil. **Natureza on line**, v. 6, n. 1, 55-62, 2008.
- FAHN, A.; CUTLER, D. F. **Xerophytes**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1992.
- FLORA DO BRASIL 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 1º maio 2021.
- FOLDATS, E. *Catasetum*. Flora de Venezuela. **Instituto de Botanica**, v. 15, n. 4, p. 8-109, 1970.
- IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil**: primeira aproximação. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2004.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. 1st ed. McGraw-Hill, New York, 1940.
- LARSON, D. W.; MATTHES, U.; KELLY, P. E. **Cliff Ecology**: Pattern and Process in Cliff Ecosystems. 2ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- LIMA, D. O. C. **Florística da vegetação rupícola da Serra da Pedra Grande, Campestre, Minas Gerais e o endemismo florístico nos inselbergues brasileiros**. 2018. 121 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro / Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2018.
- MATTIUZ, C. F. M.; RODRIGUES, T. J. D.; MATTIUZ, B. Aspectos fisiológicos de orquídeas cortadas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 12, n. 1, p. 21-30, 2006.
- MORALES, S. TAKEDA, G. M.; MILANEZE-GUTIERRE, M. A. Anatomia das raízes de sessenta e cinco espécies de orquídeas nativas do Brasil. **Arquivos da APADEC**, v. 6, n. 2, p. 116, 2002.
- NOGUERA-SAVELLI, E.; JÁUREGUI, D. Anatomía foliar comparada y relaciones filogenéticas de 11 especies de Laellinar con énfasis en *Brassavola* (Orchidaceae). **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n. 3, p. 1047-1059, 2011.
- NOGUERA-SAVELLI, E.; JÁUREGUI, D. **Anatomía foliar comparada de *Brassavola* y *Rhynchoaelia* (Orchidaceae)**. Saarbrücken: Editorial Académica Española, 2012.

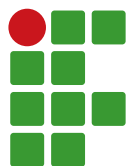
- OLIVEIRA, V. C.; SAJO, M. G. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 363-374, 1999.
- OLIVEIRA, V. C.; SAJO, M. G. Morfo-anatomia caulinar de nove espécies de Orchidaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 177-188, 2001.
- OLIVETTI, D.; MINCATO, R. L.; AYER, J. E. B.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. Modelagem espacial e temporal da erosão hídrica em Latossolo vermelho distrófico com uso agropecuário numa sub-bacia hidrográfica do sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, p. 58–67, 2015.
- PABST, G. F. J.; DUNGS, F. **Orchidaceae Brasiliensis**. Hildesheim: I. Kurt Schmiersow, 1975.
- POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. Velamen radicum micromorphology and classification of Orchidaceae. **Nordic Journal of Botany**, v. 8, n. 2, p. 117-137, 1988.
- POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. **Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions**. 1ed. Berlin: Springer-Verlag, 2000.
- POREMBSKI, S.; MARTINELLI, G.; OHLEMÜLLER, R.; BARTHLOTT, W. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. **Diversity and Distributions**, v. 4, p. 107-119, 1998.
- PRIDGEON, A. M. Anatomical adaptations in Orchidaceae. **Lindleyana**, v. 1, p. 90-101, 1986.
- PRIDGEON, A. M. Diagnostic anatomical characters in the Pleurothallidinae (Orchidaceae). **American Journal of Botany**, v. 69, p. 921-938, 1982.
- PRIDGEON, A. M. The velamen and exodermis of orchids roots. In: ARDITTI, J. (ed). **Orchids biology: reviews and perspectives IV**. New York: Cornell University Press, 1987. p. 139-192.
- RASMUSSEN, H. Orchid stomata – structure, differentiation, function and phylogeny. In: ARDITTI, J. (Ed.). **Orchid biology: reviews and perspectives IV**. New York: Cornell University Press, 1987. p. 105-138.
- RECH, A. R.; ROSA, Y. B. C. J.; MANENTE-BALESTIERE, F. C. L. Aspects of the reproductive biology of *Brassavola cebolleta* Rchb.f. (Orchidaceae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 32, n.4, p. 335-341, 2010.
- ROESER, K.R. Die nadel der schwarzkiefer und kunstwerk der natur. **Mikrokosmos**, v. 61, p. 33-36, 1962.
- SILVA, C. I.; MILANEZE-GUTIERRE, M. A. Caracterização morfo-anatômica dos órgãos vegetativos de *Cattleya walkeriana* Gardner (Orchidaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, n. 1, p. 91-100, 2004.
- STERCK, F.; MARKESTEIJN, L.; SCHIEVING, F.; POORTER, L. Functional traits determine trade-offs and niches in a tropical forest community. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 51, 20627-20632, 2011.
- STERN, W. L.; CHEADLE, V. I.; THORSCH, J. Apostasiads, systematic anatomy, and the origins of Orchidaceae. **Botanical Journal of Linnean Society**, London, v. 111, n. 4, p. 411-455, 1993.
- STERN, W. L.; JUDD, W. S. Comparative anatomy and systematics of Catasetinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of Linnean Society**, v. 136, n. 2, p. 153-178, 2001.

STERN, W.; CARLSWARD, B. Comparative vegetative anatomy and systematic of Laeliinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of Linnean Society**, v.160, n. 1, 21-41, 2009.

VIEIRA, I. S.; MEIRA, R. M. S. A.; AZEVEDO, A. A. Anatomia de raízes de espécies de Orchidaceae do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais. **Hoehnea**, v. 37, n. 1, p. 147-161, 2010.

WESTOBY, M.; FALSTER, D. S.; MOLES, A. T.; VESK, P. A.; WRIGHT, I. J. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual Review in Ecology and Systematics**, v. 33, p. 125-159, 2002.

WITHNER, C. L.; NELSON, P. K.; WEJKSNORA, P. J. **The Anatomy of Orchids**. In: the Orchids: scientific studies (C.L. Withner, ed.). New York: John Wiley, 1974, p. 267-334.



Estimation of failures in soybean crops from aerial images obtained by RPA

Jadson Maximiano da Silva¹, José Luiz de Andrade Rezende Pereira², João Edson Costa Ferreira da Silva³, Ângelo Marcos Santos Oliveira⁴, Taiane Aparecida Fernandes Carvalho⁵

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), discente. jadsonsilva2014.js@gmail.com

² IFSULDEMINAS, docente. joseluz.pereira@ifsuldeminas.edu.br

³ IFSULDEMINAS, docente. jaoedsoncosta@hotmail.com

⁴ IFSULDEMINAS, docente. angelo.oliveira@ifsuldeminas.edu.br

⁵ IFSULDEMINAS, discente. taianeapcarvalho@gmail.com

Received in: 28/07/2021 | Accepted in: 22/01/2022

Abstract

The dissemination of Remotely Piloted Aircraft (RPA) in the agricultural sector made it possible to map crop failures and disease incidence. This work aims to estimate crop failures. For that purpose, we conducted three experiments with a soybean crop at the IFSULDEMINAS school farm - Inconfidentes Campus, by carrying out an aerial survey with an RPA, which generated an orthophoto of the area of interest. To quantify the failures existing in the experiments, we carried out a supervised classification to distinguish the soybean plants of the exposed soil. After the classification, the kappa index was calculated to verify whether the classification was satisfactory. With this, it was possible to calculate the percentage of failures obtained in each plot of the experiment. Finally, we analyzed the variance to verify if the percentage of failures of each plot had significant differences between them. We observed that in two experiments, there was a statistical difference in the number of failures, and in one experiment there was no difference.

Keywords: Crop failures. Aerophotogrammetry. Supervised classification.

Introduction

Currently, Remotely Piloted Aircraft (RPA) has been adopted in photogrammetry/remote sensing studies, as it has proved to be a low-cost way of obtaining high spatial and spectral resolution data compared to human-crewed aircraft or orbital satellites. Another advantage of collecting data with RPA platforms is their excellent temporal resolution, as they can be obtained at any time, including being repeated more than once on the same day, unlike images obtained from orbital satellites (CHAVES; LA SCALEA, 2015).

In Brazil, the RPAs have been increasingly used in farming, especially in geotechnology. This sector has been using RPAs with high spatial and temporal resolution images that can accurately map crop failures and incidence of diseases and compare the plant distribution patterns in the images, among other applications (CATANI, 2018).

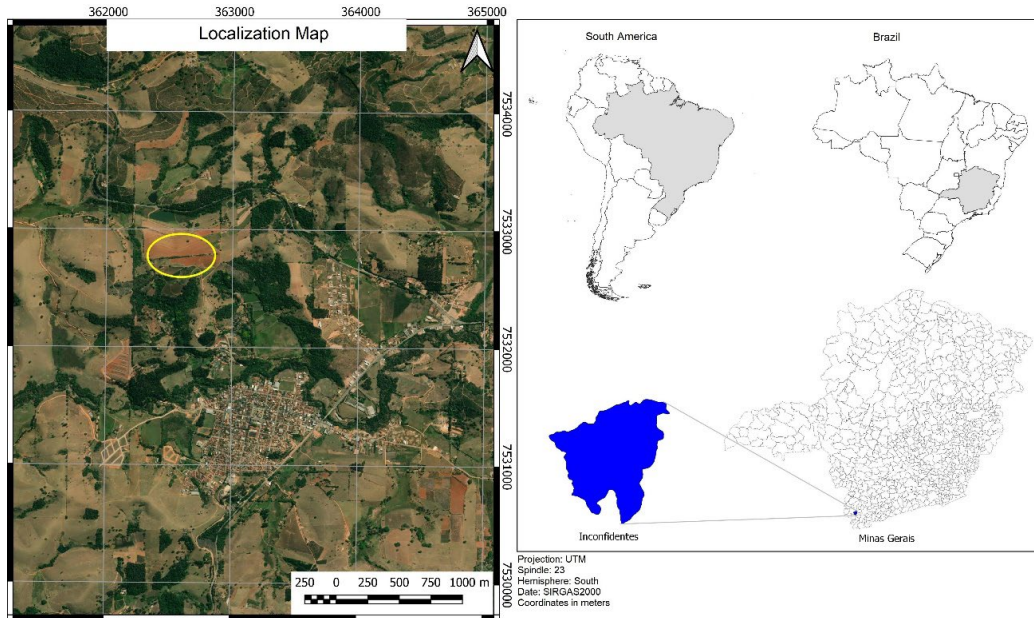
Identifying crop failures helps the rural producers determine the number of existing plants and consequently estimate the production. The quantity of plants per hectare is an important component of productivity. Furthermore, the high spatial resolution makes it possible to identify diseases and invasive plants that contribute to those failures. This work was developed to quantify failures present in three experiments in soybean cultivation.

Material and methods

Study area

We selected an area containing the soybean crop from the IFSULDEMINAS school farm, Inconfidentes/MG Campus, with its central location at coordinates 22° 18' 21" S and 46° 20' 3" W (FIGURA 1).

Figure 1 - Study Area Location Map



Source: Prepared by the authors (2021).

Base Experimentation

We analyzed three experiments with soybean: VCU1 – Precocity, VCU2 – Precocity, and VCU2 – Productivity.

The VCU1 – Precocity experiment contained 12 commercial varieties F3:6 PREC 10, F3:6 PREC 15, F3:6 PREC 9, F3:6 PREC 13, F3:6 PREC 17, F3:6 PREC 14, F3:6 PREC 8, F3:6 PREC 95R51, F3:6 PREC M 5947 IPRO, F3:6 PREC M 6410 OPRO, F3:6 PREC TMG 7067 IPRO, F3:6 PREC BMX Desafio RR.

The VCU2 – Precocity experiment contained 16 commercial varieties S0:3 Prec 1, S0:3 Prec 2, S0:3 Prec 4, S0:3 Prec 5, S0:3 Prec 6, F3:5 Prec 27, F3:5 Prec 28, F3:5 Prec 31, F3:5 Prec 33, F3:5 Prec 45, Test ANTA 82, Test 95R51, Test M6410, Test NS 7300, Test M5917, Test M5947.

The VCU2 - Productivity experiment contained 16 commercial varieties S0: 3 PROD 1, S0: 3 PROD 2, S0: 3 PROD 3, S0: 3 PROD 5, S0: 3 PROD 10, F3: 5 PROD 73, F3: 5 PROD 85, F3: 5 PROD 97, F3: 5 PROD 98, F3: 5 PROD 139, Test CZ 48B 32 IPRO, Test P98Y30,

Test P98Y12, Test P98Y11, Test TMG2185, Test M8210.

The experimental design used was randomized blocks (RBD) with three replications, consisting of four rows of five meters in length and spacing of 0.50 meters between rows.

Aerial survey

We planned the aerial survey with the following flight parameters: height of 60 m, a longitudinal cover of 85%, a lateral cover of 75%, and a speed of 15 m/s. The aircraft used was the Phantom 4 Pro V2 drone provided by the Land Surveying and Cartography Sector of IFSULDEMINAS – Inconfidentes Campus.

Besides the flight parameters, we also defined four control points intended to provide external guidance. According to Coelho and Brito (2009), the primary objective of external orientation is to obtain the position and attitude of the camera at the time of the capture. Using the spatial resection through the collinearity equations (equations 1 and 2), it is possible to

define the six elements of the external orientation of a photograph ($X_0, Y_0, Z_0, k, \varphi, \omega$) from at least three non-collinear control points.

$$x' = -c \frac{m11(X-X_0)+m12(Y-Y_0)+m13(Z-Z_0)}{m31(X-X_0)+m32(Y-Y_0)+m33(Z-Z_0)} \quad (01)$$

$$y' = -c \frac{m21(X-X_0)+m22(Y-Y_0)+m23(Z-Z_0)}{m31(X-X_0)+m32(Y-Y_0)+m33(Z-Z_0)} \quad (02)$$

In which:

- c: camera constant – focal length (image space);
- X, Y, Z: coordinates of points in object space;
- X_0, Y_0, Z_0 : coordinates of the perspective center in object space;
- Mij: elements of the rotation matrix (k, φ, ω)
- x', y' : coordinates of the points in the image space;

Then, we positioned four control points (TABELA 1- points 1 to 4) in the study area and two checkpoints (TABELA 1- points 5 and 6). Control points were placed at the ends of the terrain. Checkpoints were positioned between the control points. The control and checkpoints (TABELA 1) are in the UTM projection system in the time zone 23 and the southern hemisphere, using SIRGAS2000 as a reference system.

After the aerial survey, we used Agisoft Photoscan Version 1.42 for the orthophoto. The control points were used to process the images (TABLE 1). Then, the homologous points present in the photographs were aligned and triangulated, generating the digital surface model and, later, the orthophoto of the study area.

Supervised classification

Subsequently, the supervised classification was carried out in the QGIS 3.10.0 software using the minimum distance method, making it possible to identify crop failures.

For the learning of the supervised algorithm, 20 samples were collected for classification, and 12 samples were taken to check the classes of interest. We selected two classes, one of them for the identification of the soybean crop and the other for the failures. The failures correspond to the exposed soil since the plants were in the final growth stage; so, we could not visualize the soil between the planting rows, as shown in Figure 2.

To validate the classification performed, we generated the confusion matrix and, using equations 3 and 4, we calculated the Kappa index and global accuracy. The coefficients calculated by the Kappa index are qualified based on the table developed by Landis and Koch in 1977 (MOREIRA, 2001) (TABELA 2).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (3)$$

in which:

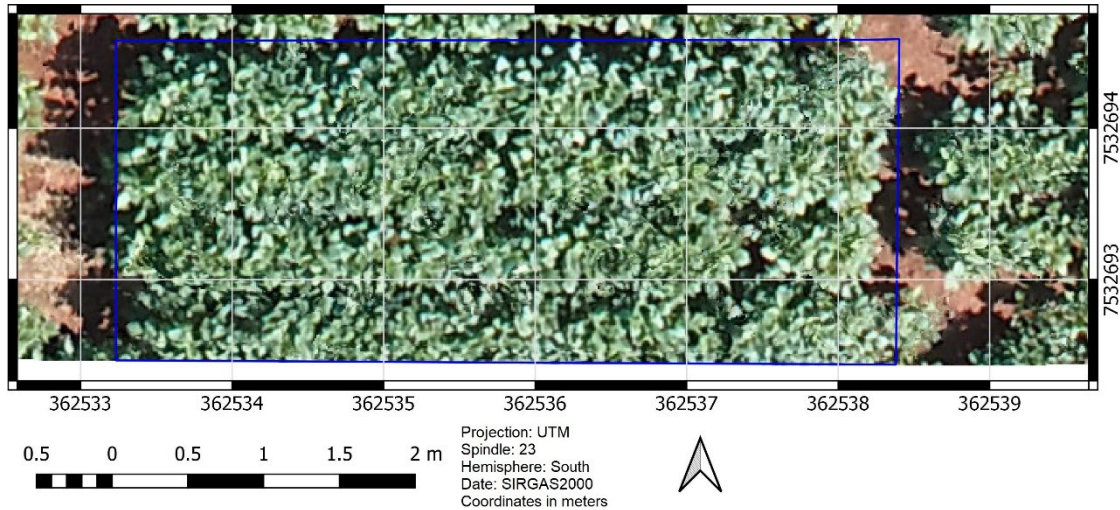
- K = Kappa coefficient;
- N = Number of observations (sample points);
- r = Number of rows in the error matrix;
- X_{ii} = Observations in row i and column i;
- X_{i+} = Marginal total of row i;
- X_{+i} = Marginal total of column i.

TABLE 1 – Control and Checkpoints

Point	West (m)	North (m)	Geometric altitude (m)	Standard deviation E (m)	Standard deviation N (m)	Standard deviation h (m)
1	362615.326	7532686.034	938.651	0.003	0.004	0.007
2	362528.377	7532687.702	938,621	0.004	0.004	0.006
3	362594.085	7532761.747	929.264	0.003	0.003	0.008
4	362503.832	7532751.198	930.503	0.002	0.006	0.011
5	362583.128	7532686.661	938.645	0.004	0.004	0.009
6	362564.280	7532756.762	929.477	0.003	0.004	0.006

Source: Prepared by the authors (2021).

Figure 2 – Verification of vegetation cover



Source: Prepared by the authors (2021).

$$EG = \frac{A}{N} * 100 \quad (4)$$

in which:

EG = Global accuracy;

A = Overall hit (Sample points with hit);

N = Number of sampling points.

Table 2 – Kappa index adapted from Moreira (2001)

Kappa Index Variation	Concordance
Less than 0.20	Poor, Bad
Between 0.21 and 0.40	Weak, Reasonable
Between 0.41 and 0.60	Moderate, Good
Between 0.61 and 0.80	Very Good
Between 0.81 and 1.00	Excellent

Source: Prepared by the authors (2021).

Failure identification

At the end of the classification, we divided the classified image. An image was created for each plot of the three experiments (VCU1 – Precocity, VCU2 – Precocity, and VCU2 – Productivity).

We then developed an algorithm using the Octave software, version 6.3.0, which scanned the images of the plots of each experiment, identifying the number of pixels classified as soy, and the number of pixels classified as a failure.

This identification allows us to generate the percentage of failures present in each plot.

Analysis of Variance (ANOVA)

After the quantification of failures in each plot for each experiment, we performed an analysis of variance (ANOVA), comparing the means by the Scott-Knott test (1974) at 5 % probability, using SISVAR 4.3 software (FERREIRA, 2011).

Results and discussion

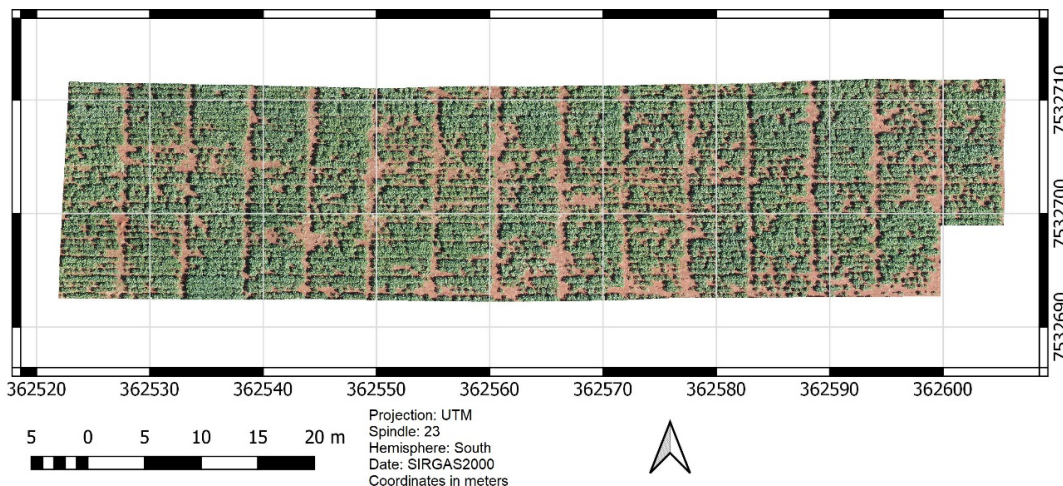
Aerial survey

An orthophoto with a spatial resolution of 1.15 cm was generated at the end of the aerial survey (FIGURE 3).

In this way, it was possible to perform the supervised classification by the proposed method. With the classification completed, we verified, for the entire study area, that the class with soybean (FIGURE 4– Green Color) is in 74.84 % of the area, and the other 25.16 % have failures (FIGURE 4 - Red Color).

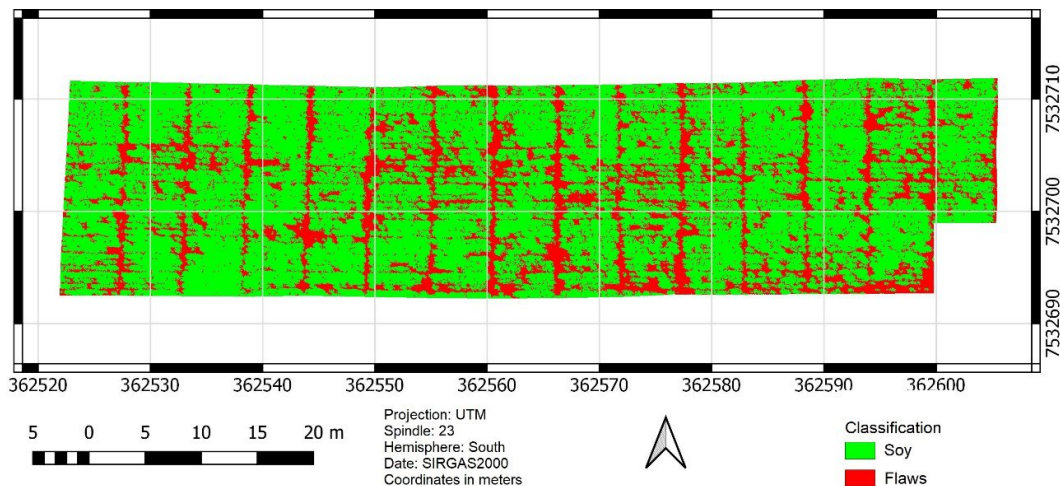
However, seeking to consolidate the results and validate the orthophoto classification, we

Figure 3 – Study area



Source: Prepared by the authors (2021).

Figure 4 – Classified Study Area (Green: Soy; Red: Failures)



Source: Prepared by the authors (2021).

generated the confusion matrix (TABELA 3) and, consequently, the kappa index and the global coefficient.

The kappa index resulting from the classification was 0.9777. According to Moreira

(2001), Kappa values between 0.8 and 1.0 are considered excellent. The global coefficient that indicates the classification accuracy was 98.92%, which was also coherent and satisfactory, and the closer to 100%, the better the global coefficient.

Table 3 – Confusion Matrix (Values in pixels)

	Soybean Probing	Soil Probing	Total
Soybeans	90.487	87	90.574
Soil	1.618	65.015	66.633
Total	92.105	65.102	157.207

Source: Prepared by the authors (2021).

Failure identification

After performing the classification and validation of the classification, the classified orthophoto was subdivided into three blocks (FIGURA 5), the red color represents the VCU1 experiment – Precocity, the magenta color represents the VCU2 experiment – Precocity, and the blue color represents the VCU2 experiment – Productivity, so the percentage of failures was counted for each of the plots of each experiment.

Analysis of Variance (ANAVA)

When evaluating the percentage of failures for the VCU1 - Precocity experiment, we found significant differences (TABELA 4). There was a variation of 24.18 % in failures. The varieties F3:6 PREC 95R51, F3:6 PREC M 6410 OPRO, F3:6 PREC 10, F3:6 PREC 13, F3:6 PREC BMX Desafio PR, F3:6 PREC TMG 7067 IPRO, F3:6 PREC 8, F3:6 PREC 15, F3:6 PREC 17 and F3:6 PREC 9 had the lowest percentage of failures. Varieties F3:6 PREC M 5947 IPRO and F3:6 PREC 14 had the highest percentage of failures.

When evaluating the percentage of failures for the VCU1 - Precocity experiment, we found

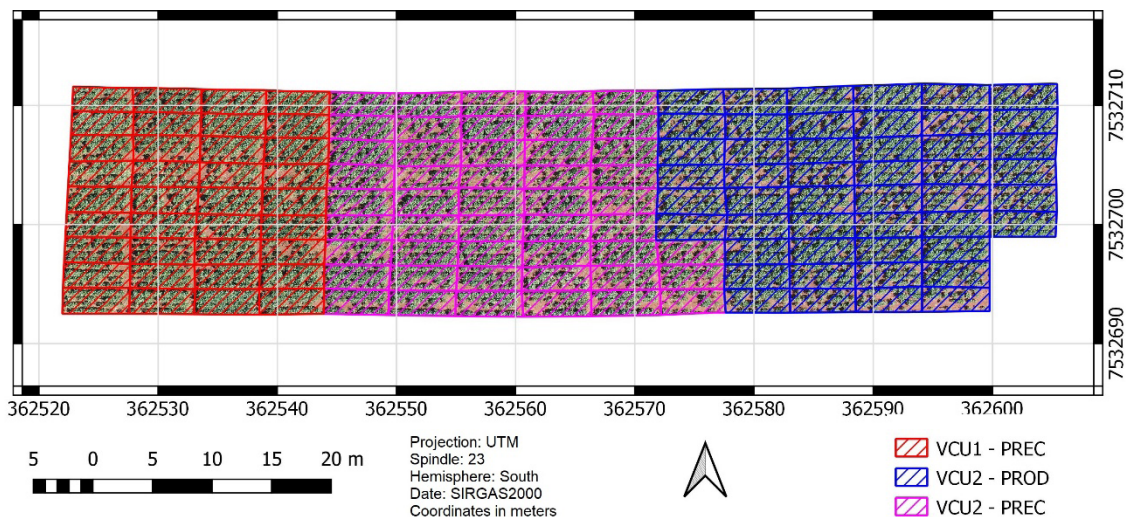
significant differences (TABELA 5). There was a variation of 27.19%. The varieties S0:3 Prec 2, F3:5 Prec 33, F3:5 Prec 27, F3:5 Prec 45, and S0:3 Prec 4 showed a lower percentage of failures, and varieties Test M6410, F3:5 Prec 31, Test M5917, Test 95R51, Test ANTA 82, S0:3 Prec 1, F3:5 Prec 28, Test M5947, Test NS 7300, S0:3 Prec 6 and S0:3 Prec 5 had a higher percentage of failures.

When evaluating the percentage of failures for the VCU2 – Productivity experiment, no significant differences were found between them (TABELA 6). There was a variation of 26.08 %.

Conclusion

Experiment VCU1 – Precocity had the lowest means of failures when compared to the other experiments, having a percentage of failures of 19.66 %, while experiment VCU2 – Productivity had an intermediate percentage of 26.05 %, and experiment VCU2 – Precocity had a percentage of 28.25 %, being the largest of the three experiments. However, the VCU2 – Productivity experiment was the only one that did not present significant differences between the plots.

Figure 5 – Study Area Division (Red: VCU1 – PREC; Magenta: VCU2 – PREC; Blue: VCU2 – PROD).



Source: Prepared by the authors (2021).

Table 4 – Means of the percentage of failures for the VCU1 experiment – Precocity

Treatments	Means	Test results
F3:6 PREC 95R51	14.07 %	A
F3:6 PREC M 6410 OPRO	14.12 %	A
F3:6 PREC 10	14.70 %	A
F3:6 PREC 13	15.40 %	A
F3:6 PREC BMX Desafio RR	15.44 %	A
F3:6 PREC TMG 7067 IPRO	16.09 %	A
F3:6 PREC 8	16.62 %	A
F3:6 PREC 15	19.95 %	A
F3:6 PREC 17	20.63 %	A
F3:6 PREC 9	22.58 %	A
F3:6 PREC M 5947 IPRO	31.64 %	B
F3:6 PREC 14	34.65 %	B
General Mean	19.66 %	
CV (%)	30.20	

*Means followed by the same letters in the columns do not differ from each other at the 5 % probability level by the Scott-Knott test (1974).

Source: Prepared by the authors (2021).

Table 5 – Means of the percentage of failures for the VCU2 experiment – Precocity

Treatments	Means	Test results
S0:3 Prec 2	15.71 %	A
F3:5 Prec 33	15.95%	A
F3:5 Prec 27	19.62%	A
F3:5 Prec 45	20.37 %	A
S0:3 Prec 4	21.04 %	A
Test M6410	26.44 %	B
F3:5 Prec 31	27.19 %	B
Test M5917	28.13 %	B
Test 95R51	28.80%	B
Test ANTA 82	29.41 %	B
S0:3 Prec 1	29.81%	B
F3:5 Prec 28	32.94%	B
Test M5947	36.11%	B
Test NS 7300	38.29%	B
S0:3 Prec 6	39.21%	B
S0:3 Prec 5	42.90%	B
General Means:	28.25%	
CV (%) =	28.53	

*Means followed by the same letters in the columns do not differ from each other at the 5% probability level by the Scott-Knott test (1974).

Source: Prepared by the authors (2021).

Table 6 – Means of the percentage of failures for the VCU2 experiment – Productivity

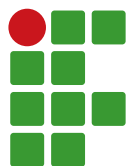
Treatments	Means	Test results
Test P98Y30	15.16%	A
Test TMG2185	20.07%	A
Test P98Y11	20.68%	A
Test P98Y12	20.94%	A
F3: 5 PROD 139	21.46%	A
F3: 5 PROD 85	21.55%	A
F3: 5 PROD 73	21.85%	A
Test CZ 48B 32 IPRO	22.99%	A
S0: 3 PROD 1	25.53%	A
Test M8210	25.80%	A
S0: 3 PROD 2	27.66%	A
F3: 5 PROD 97	28.63%	A
S0: 3 PROD 10	29.12%	A
F3: 5 PROD 98	33.90%	A
S0: 3 PROD 3	40.25%	A
S0: 3 PROD 5	41.24%	A
General Means:	26.05%	
CV (%) =	36.33	

*Means followed by the same letters in the columns do not differ from each other at the 5 % probability level by the Scott-Knott test (1974).

Source: Prepared by the authors (2021).

References

- CATANI, R. **Monitoramento temporal da cultura da soja através do sensoriamento remoto com a utilização de um RPA**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- CHAVES, A. A.; LA SCALEA, R. A. Uso de VANTs e processamento digital de imagens para a quantificação de áreas de solo e de vegetação. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, 17, João Pessoa-PB, Brasil, **Anais...** João Pessoa: 2015, v. 25.
- COELHO, L.; BRITO, J. N. (Ed.). **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2007. 196 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v. 30, n.3, p.507-512, 1974.



Nitrogen fertilization on topdressing and soil water replacement levels on carrot crop yield

Márcio José de Santana¹, Ana Paula Leite de Mendonça², Marcos Vinicius Pires Silva³, Acácio Gomes Xavier⁴, Maria Eduarda Rocha Rossi André⁵

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *Campus* Uberaba, professor doutor. marciosantana@iftm.edu.br.

² Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestranda em Agricultura. anapleite13@gmail.com

³ IFTM *Campus* Uberaba, bolsista CNPq. marcos.vps21@gmail.com

⁴ IFTM *Campus* Uberaba, bolsista CNPq. acaciogomes05@gmail.com

⁵ IFTM *Campus* Uberaba, bolsista PET MEC. mariaeduardaiftm@outlook.com

Received in: 17/11/2021 | Accepted in: 31/01/2022

Abstract

Nitrogen is a fundamental nutrient required in large quantities for carrots, which raises concerns about the right time and doses to be used. Although irrigation is also an essential practice for crop success, the deficit or excess of water can provide unfavorable conditions for the development of carrots. This work was carried out aiming at evaluating the effect of nitrogen fertilization on topdressing and soil water replacement levels on carrot yield. The experiment was conducted at Federal Institute of Education, Science, and Technology of the Triângulo Mineiro (IFTM) – Uberaba Campus, MG, Brazil, in a 4 × 4 factorial and randomized blocks involving four nitrogen doses applied to the topdressing (0 kg ha⁻¹, 42 kg ha⁻¹, 84 kg ha⁻¹, and 126 kg ha⁻¹) and four water replacement levels (70 %, 100 %, 130 %, and 160 %) based on the estimated values of the ETC of the crop. The interaction was significant only for the root diameter variable. Among the results, we can see that the N dose for the 119.4 kg ha⁻¹ topdressing was the one that provided the maximum number of commercial roots, while soil water replacement of 86.94 % induced maximum total productivity.

Keywords: *Daucus carota*. Irrigation management. Production.

Introduction

The carrot (*Daucus carota*) is a vegetable of the Apiaceae family, belonging to the tuberous roots group. It has much food importance due to its high nutritional value, being an important source of vitamin A. In addition, it has a large amount of vitamin C, vitamin E, vitamin B1, vitamin B2, fiber, and minerals such as potassium, phosphorus, calcium, magnesium, and iron (NICK; BORÉM, 2016).

In Brazil, the main producers are the states of Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Bahia, and Goiás, which, together, are responsible for 90 % of the national production, equivalent to approximately 760 thousand tons in an area of 24 thousand hectares and average productivity of 30 t ha⁻¹. These results show the great importance of culture to the Brazilian horticultural sector (IBGE, 2017).

Due to the interest in supplying the market and the consumer's demands, the cultural management of vegetables has been increasingly improving, a fact that also occurs in the carrot culture, highlighting the management of fertilization (LIGHT *et al.*, 2009).

Nitrogen appears as a fundamental nutrient among those required by the culture, being used in large quantities, which worries producers as to the moment and the correct doses to apply to the crop. This nutrient has an essential character and is a constituent of many components of the plant cell; hence, its deficiency impacts directly on the inhibition of plant growth (TAIZ *et al.*, 2017).

Besides fertilization, irrigation is an essential practice for crop success since the development of carrots is strongly influenced by soil moisture, which can affect both the increase in productivity and the quality of the roots. However, the deficit or

excess of water can provide unfavorable conditions for the development of carrots and cause a drop in productivity (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2011).

In Brazil, particularly in the regions where this vegetable is grown in Minas Gerais, information on carrot production, especially the ideal time and amount of irrigation and fertilization, are still quite controversial.

That said, this work was carried out with the objective of evaluating the effect of nitrogen fertilization on the topdressing and soil water replacement levels on carrot yield.

Material and methods

This research was developed at the Fruticulture sector of the Federal Institute of Education, Science, and Technology of the Triângulo Mineiro, located in the municipality of Uberaba/MG, at 795 meters above sea level, latitude 19° 39' 19" S and longitude 47° 57' 27" W, average annual rainfall of 1,600 mm, average annual temperature of 23.2 °C, and average relative humidity of 68 % (VALLE JUNIOR *et al.*, 2010). The climate is classified according to Köppen as AW, hot tropical, with cold and dry winters.

The soil of the experimental area was classified as dystrophic red latosol (EMBRAPA,

2006), with a sandy loam texture, whose chemical characteristics are shown in Table 1.

The experiment was arranged in a 4 × 4 factorial in randomized blocks (RBD), with four replications, the treatments were the combination of four doses of nitrogen in topdressing (0 kg ha⁻¹, 42 kg ha⁻¹, 84 kg ha⁻¹, and 126 kg ha⁻¹) and four levels of water replacement in the soil (70 %, 100 %, 130 %, and 160 %) from the estimated values of the ET_c of the crop), in a total of 64 plots. Each plot consisted of two beds of 1.1 meters × 3.0 meters each, containing two planting rows spaced 0.20 meters apart. The useful plot was constituted by the central meter of each bed of the plot, in a total of 2.2 m².

The cultivar used was Natuna, a winter cultivar widely distributed in the producing regions of Minas Gerais. Its cycle lasts from 125 to 135 days, and has extremely smooth and cylindrical roots, an orange color, and excellent tip closure. Its good foliar architecture facilitates cultural treatments and mechanized harvesting (BEJO, 2019).

The sowing was on July 9, 2019, with a density of 80 seeds per meter. During the development of the culture, we thinned the bed to reduce the density to 20 plants per meter. Harvest took place on October 26, 2019, 110 days after sowing.

Table 1. Results of the chemical analysis of the soil used in the experiment.

pH in H ₂ O	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + AL	SB	t	T
cmol _c .dm ⁻³							
6.5	0.0	2.7	0.8	1.4	3.9	3.9	5.3
K	P	P _{rem}	V	m	M.O	Sand	Clay
mg.dm ⁻³		mg.L ⁻¹	(%)		dag.kg ⁻¹	(%)	
145	49.9	29.8	73.4	0.0	1.7	73.0	17.0

*Analysis performed by the EPAMIG Soil Analysis Laboratory. SB is the sum of exchangeable bases; t is the effective CTC; T is the CTC at pH 7.0; V is base saturation; m is the aluminum saturation.

Source: Elaborated by the authors (2019).

The planting fertilization was carried out before sowing with 36 kg ha⁻¹ of nitrogen, 64 kg ha⁻¹ from K₂O is 240 kg ha⁻¹ from P₂O₅. We fertilized the topdressings using doses of 42 kg ha⁻¹, 84 kg ha⁻¹, and 126 kg ha⁻¹ of nitrogen (treatments) and 96 kg ha⁻¹ from K₂O, both divided at 20 and 40 days after crop emergence.

We collected meteorological data with a digital thermohygrometer and a São Izidro model rain gauge installed at the experiment site. Irrigation was carried out by four micro-sprinklers installed in each plot, with an application intensity of 8.32 mm h⁻¹. The reference evapotranspiration was estimated using the Hargreaves model (Equation 1) and the evapotranspiration of the crop and raw water blade was obtained through equations 2 and 3.

$$ET_o = 0.0023 (T_{med} + 17.8) \times (T_{max} - T_{min})^{0.5} \times Ra \times 0.408 \quad (1)$$

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_s \quad (2)$$

$$LB = \frac{ET_c}{E_a \times CUD} \quad (3)$$

at which:

ET_o = reference evapotranspiration (mm day⁻¹); T_{min} = minimum temperature (°C); T_{max} = maximum temperature (°C); T_{med} = mean temperature (°C) and Ra = radiation at the top of the atmosphere (MJ m⁻²day⁻¹); ET_c = crop evapotranspiration (mm day⁻¹); K_c = crop coefficient; K_s = moisture coefficient; LB = gross irrigation depth (mm); E_a = system application efficiency (decimal) and CUD = system uniformity coefficient (decimal).

The radiation values at the top of the atmosphere were obtained following the recommendation of Doorenbos and Pruitt (1975). The adopted crop coefficient was proposed by Oliveira *et al.* (2002). During the entire experiment period, a value of 1 was assumed for the soil moisture coefficient; for the parameters of application efficiency and coefficient of uniformity of the system, values of 0.90 and 0.78 were adopted, respectively.

Table 2 shows the total values of the blade applied in each treatment. It is also possible to observe the daily values of reference evapotranspiration (ET_o) and crop evapotranspiration (ET_c) until the end of the experiment (FIGURE 1).

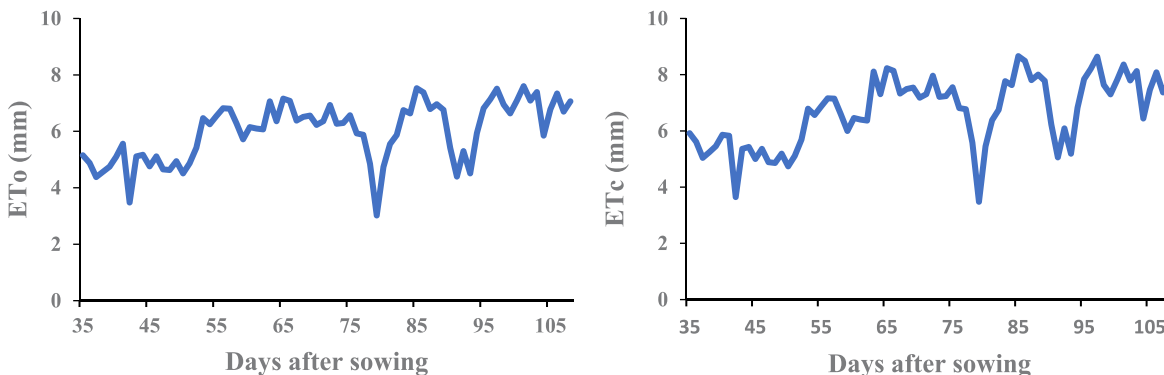
In a study carried out by Santos *et al.* (2009) in the Pernambuco agreste, a total blade value of 811.84 mm was found for a 98-day cycle.

Table 2. Values of the total blade applied in each treatment

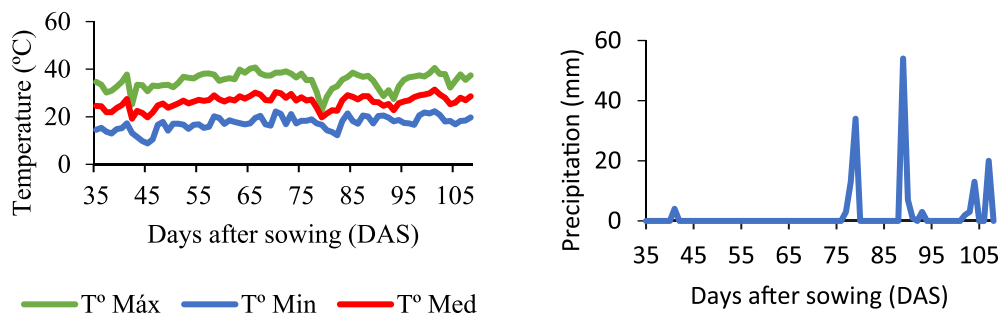
Levels of water replacement (%)	Blade Applied (mm)
70	486.18
100	694.54
130	902.90
160	1111.3

Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 1. Daily values of ET_o and ET_c



Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 2. Maximum, minimum, and average temperature values and precipitation

Source: Elaborated by the authors (2019).

During the application of the treatments, there was accumulated precipitation of 157 mm. At 89 days after the sowing, there was a precipitation of 54 mm, and the precipitations were more frequent at the end of the crop cycle. On rainy days, the precipitation was discounted from irrigation management values. In the period evaluated, the temperature ranged from 8.8 °C to 40.7 °C, with an average of 26.25 °C. Vieira and Pessoa (2008) recommend temperatures between 10 °C and 15 °C to help root elongation. Temperatures above 21 °C stimulate the formation of short roots. Also according to the authors, temperatures above 30 °C reduce the vegetative cycle of the crop, a fact that occurred in the experiment, showing a reduction from 125 to 135 days to 108 days (FIGURE 2).

The characteristics evaluated were: diameter and length of the roots; the total number of roots; the number of commercial roots; total productivity; commercial productivity; commercial classification of roots; pH and shoot dry mass.

We measured the diameter and the length, and identified the commercial classification of the roots using 20 randomly selected roots per plot. The diameter was measured with the aid of a digital caliper with millimeter precision, the length was measured with the aid of a ruler, and the commercial classification of the roots was performed according to Table 3 as per CEAGESP (2019).

For the total number of roots, we considered all roots harvested from the useful area of each plot. For the number of commercial roots, we considered all the roots of the useful area of each plot that was longer than 10 cm and free from cracks, bifurcations, mechanical damage, rot, and green shoulder.

Total productivity was expressed in t ha⁻¹ and was constituted by the mass of all the roots harvested from each plot. Commercial productivity was also expressed in t ha⁻¹ and consisted of all the commercial roots of each plot.

The dry mass of the aerial part was obtained by 20 plants randomly selected from the useful plot at the time of harvest. We got the pH variable by taking the same 20 roots we used to obtain root diameter and length in the laboratory.

All parameters were submitted to analysis of variance through the statistical program Sisvar version 5.6 (FERREIRA, 2014). Treatment effects, when significant at 5 % probability, were studied by regression analysis.

Table 3. Commercial classification of carrots in terms of length

Class	Length (cm)
10	10 to 14
14	14 to 18
18	18 to 22
22	22 to 26

Source: Adapted from CEAGESP (2019).

Results and discussion

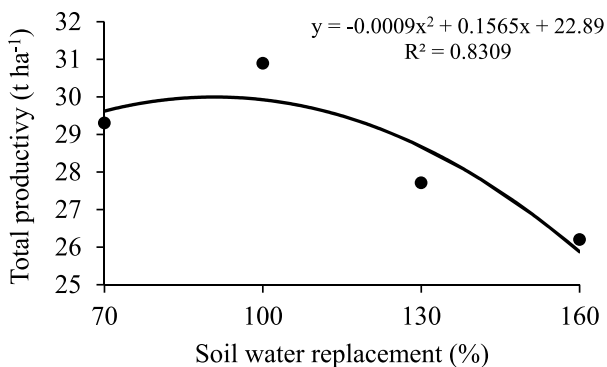
For the variables: total productivity, commercial productivity, root length, root diameter, and numbers of commercial roots, there was a statistical difference ($p < 5\%$). There was an interaction between the levels of soil water replacement and the nitrogen doses only for the root diameter variable. The total number of roots, shoot dry mass, and pH did not show any significant difference between the treatments studied.

Total productivity was influenced by soil water replacement levels and nitrogen doses when studied separately. The water replacement level of 86.94 % provided the highest total productivity, 29.69 t ha⁻¹ (FIGURE 3).

In work conducted by Silva *et al.* (2011) with irrigation levels of 30 %, 60 %, 90 %, 120 %, 150 %, and 180 %, we found that the level of 180 % provided the best productivity result (67.4 t ha⁻¹). Silva (2016), adopting irrigation levels of 60 %, 80 %, 100 %, and 120 %, found that the replacement level that provided the highest total productivity value was 120 %, obtaining an average increase of 48 % to more in productivity.

For topdressing nitrogen doses, a linear increase in total productivity was observed as a function of the increase in the doses (FIGURE 4).

Figure 3. Total productivity as a function of soil water replacement levels



Source: Elaborated by the authors (2019).

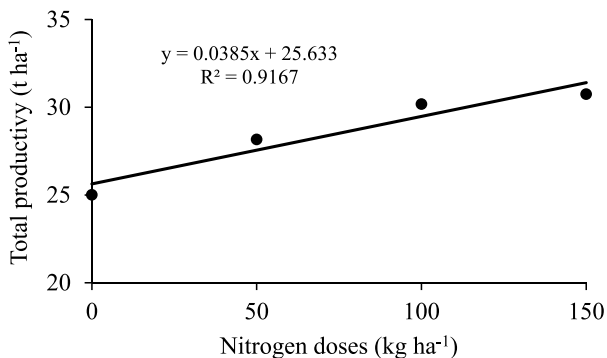
For each kilogram of nitrogen applied, there was an increase of 38.5 kg ha⁻¹ in the total yield of carrots.

When evaluating the effect of nitrogen dose in the topdressing in summer carrots, Ávila *et al.* (2016) found that 73 kg ha⁻¹ reached maximum productivity of 36.7 t ha⁻¹. According to the authors, a higher dose had a deleterious effect.

Colombari *et al.* (2018), when evaluating different doses and forms of splitting, found that 102 kg ha⁻¹ and 138 kg ha⁻¹ doses caused the highest yields of 107.7 t ha⁻¹ and 117.66 t ha⁻¹, respectively.

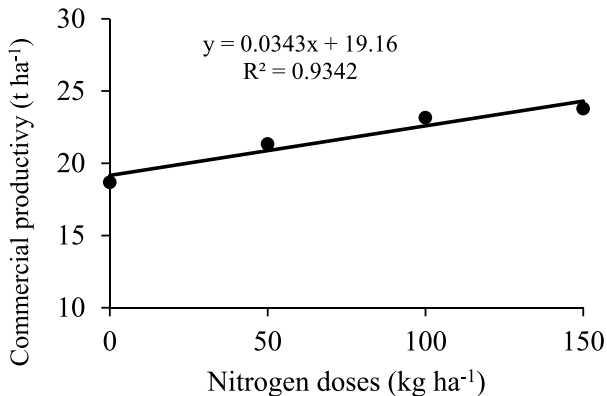
Commercial productivity was influenced only by the topdressing nitrogen doses, showing a linear increase as a function of the nitrogen addition (FIGURE 5). For each kilogram of

Figure 4. Total productivity as a function of topdressing nitrogen doses



Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 5. Commercial productivity as a function of nitrogen doses applied to topdressing



Source: Elaborated by the authors (2019).

nitrogen applied, there was an increase of 34.3 kg ha⁻¹ in commercial productivity.

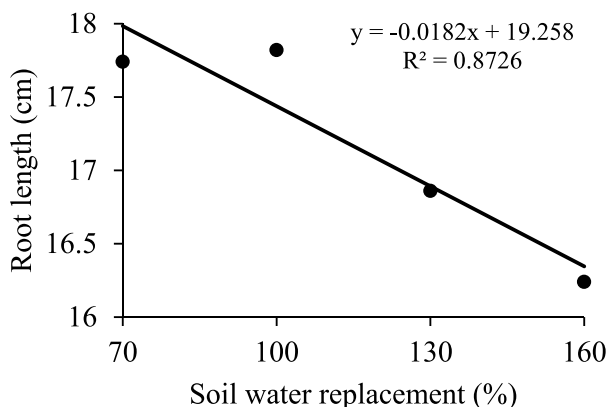
When testing doses of NPK 20-0-20 fertilizer on topdressing, Light *et al.* (2009) observed that 229.1 kg ha⁻¹ showed maximum productivity of 27.5 t ha⁻¹, which is higher than the result found in this work, in which the maximum commercial productivity found was 23.78 t ha⁻¹.

The root length variable was influenced only by the soil water replacement levels, observing a linear decrease as a function of the increase in replacement levels (FIGURE 6). For each unit increase in the soil water replacement level, there was a 0.1 % reduction in root length.

Palharin *et al.* (2012), in Cascavel/PR, observed an increase in commercial root length in response to increasing water replacement. This result differed from that found by Cunha *et al.* (2016), for whom replacement levels of 50 %, 75 %, 100 %, and 125 % did not significantly influence root length.

Regarding the commercial classification of the roots, we verified that the plants irrigated with the water replacement levels studied produced class 14 roots (14 cm to 18 cm), with lower levels producing greater length values and greater levels producing smaller length values.

Figure 6. Root length as a function of soil water replacement levels



Source: Elaborated by the authors (2019).

According to Lana and Vieira (2000), the Brazilian market prefers roots from 15 cm to 22 cm in length; therefore, the average length of 17.16 cm obtained in this work is within the standards of carrot marketing in Brazil.

For the variable root diameter, there was an interaction between the levels of water replacement in the soil and the doses of nitrogen on topdressing. This result was significant for replacement levels when evaluated at 0 kg ha⁻¹ dose and for topdressing nitrogen doses when studied at the replacement level of 160 %.

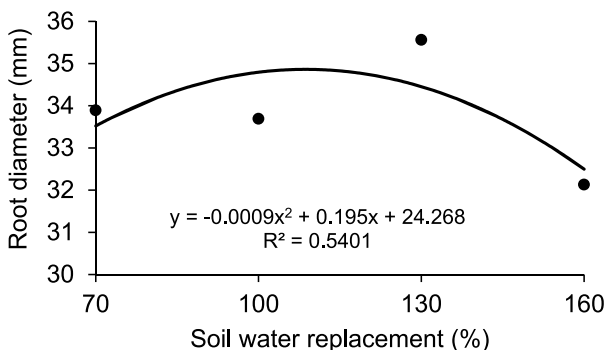
At a dose of 0 kg ha⁻¹, the replacement level of 108.33 % provided a maximum root diameter of 34.83 mm (FIGURE 7).

At the water replacement level of 160 %, we can observe a linear increase in the diameter of the roots as a function of the increase in the nitrogen doses in topdressing (FIGURE 8).

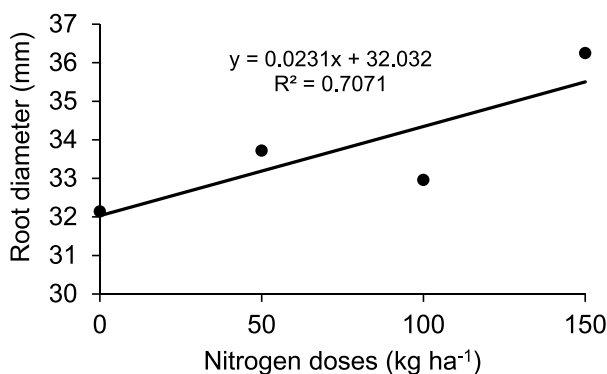
When studying nitrogen doses and soil water tensions in the sweet pepper crop, Santos (2019) observed that the fruit diameter variable showed a significant difference only for soil water tensions.

The number of commercial roots was also influenced only by topdressing nitrogen doses, and the rate of 119.4 kg ha⁻¹ provided a maximum number of commercial roots of 54.8

Figure 7. Root diameter as a function of soil water replacement levels at a dose of 0 kg N ha⁻¹



Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 8. Root diameter as a function of topdressing nitrogen doses at 160 % soil water replacement level

Source: Elaborated by the authors (2019).

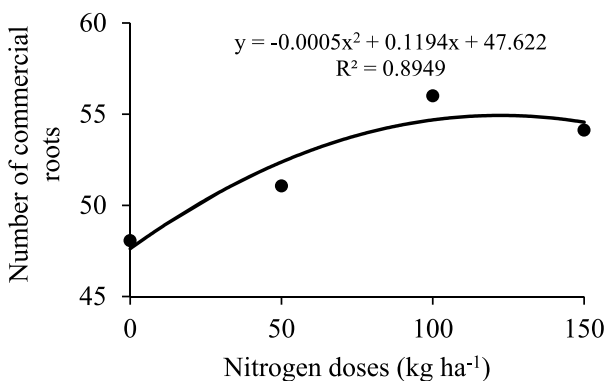
(FIGURE 9). From this dose onwards, there was a decrease in the number of commercial roots.

Light *et al.* (2009), testing doses of NPK 20-0-20 fertilizer in topdressing, reported a linear growth in the number of marketable roots as a function of increasing doses of fertilizer.

Just like the one found by Luz *et al.* (2009), who tested doses of NPK 20-0-20 fertilizer in topdressing, in the present work, there was no effect of topdressing fertilization on the total number of carrot roots.

The variable dry mass of the aerial part was not significantly influenced by the treatments studied, with an average of 7.50 g plant⁻¹. Colombari *et al.* (2018), evaluating splitting and topdressing nitrogen doses, found similar results, obtaining maximum values of 6.77 g and 9.42 g per plant at the highest rates of the splitting used. Different results were obtained by Silva *et al.* (2011) who, studying soil water replacement levels of 30 %, 60 %, 90 %, 120 %, 150 %, and 180 %, found an increase in shoot dry matter with increasing water replacement levels.

The pH also did not change depending on the treatments studied, with an average of 6.14. Colombari *et al.* (2018), when evaluating the splitting and doses of nitrogen in topdressing, in

Figure 9. Number of commercial roots as a function of topdressing nitrogen doses

Source: Elaborated by the authors (2019).

the splitting 1/3 + 1/3 + 1/3, also did not find a significant difference in pH as a function of the doses, with an average of 6.22.

Conclusion

Commercial productivity showed a linear increase as a function of the increase in nitrogen doses, and 119.4 kg ha⁻¹ was the dose that provided the maximum number of commercial roots.

The replacement level of 86.94 % provided maximum total productivity, and the length of the roots increased linearly with the addition of water replacement levels.

References

- ÁVILA, J.; LIMA, S. F.; VENDRUSCOLO, E. P.; ALVAREZ, R. C. F.; CONTARDI, L. M. Adubação nitrogenada e uso de bioestimulante em cenoura. **Magistra**, v. 28, n. 3/4, p. 360-368, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/251/278pdf>.
- BEJO. **Cenoura Natuna**. 2019. Disponível em: <https://www.bejo.com.br/cenoura/natuna-conventional>. Acesso em: 13 out. 2021.

- CEAGESP – COMPANHIA DE ENTREPOSTO E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Normas de classificação de cenoura**. 2019. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/cenoura.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.
- COLOMBARI, L. F.; LANNA, N. B. L.; GUIMARÃES, L. R. P.; CARDOSO, A. I. I. Production and quality of carrot in function of split application of nitrogen doses in top dressing. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 306-312. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/jjBbqC9nNTfTFqWnPtmj6Wq/?lang=en>. Acesso em: 9 jun. 2021. DOI 10.1590/S0102-053620180304.
- CUNHA, F. F.; MAGALHAES, F. F.; SANTOS, O. F. dos; SILVA, T. R.; SOUZA, E. J.; GODOY, A. R. Características agronômicas de cultivares de cenoura submetidas a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 84-95, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319532357_Caracteristicas_agronomicas_de_cultivares_de_cenoura_submetidas_a_diferentes_laminas_de_irrigacao. Acesso em: 9 jun. 2021. DOI 10.30612/agrarian.v9i31.4238.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, **Irrigation and Drainage**. Paper 24, 179p, 1975.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006, 412 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112. 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- LANA, M. M.; VIEIRA, J. V. Fisiologia e manuseio pós-colheita de cenoura. Brasília, **Embrapa Hortaliças**. 15p. 2000.
- LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P.; GERDHANES, M.; GUEDES, M.; Avaliação da qualidade de raízes de cenoura em função do manejo da irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12. 2011.
- LUZ, J. M. Q.; ZORZAL FILHO, A.; RODRIGUES, W. L.; RODRIGUES, C. R.; QUEIROZ, A. A. Adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e cálcio na produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**. v. 27, n. 4, p. 543-548. 2009.
- NICK, C.; BORÉM, A. **Cenoura: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 176 p, 2016.
- OLIVEIRA, R. A.; ROCHA, I. B.; SEDIYAMA, G. C.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; SILVEIRA, S. F. R. Coeficiente de cultura da cenoura irrigada por pivô central, nas condições edafoclimáticas do Alto Paranaíba. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002.
- PALHARIM, D.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; CARPINSKI, M. BISNELLA, L. SANTOS, C. J.; FICAGNA, F. Irrigação da cenoura através do mini evaporímetro. **Cultivando o Saber**. v. 5, n. 1, p. 117-128. 2012.
- SANTOS, F. X.; MONTEIRO, A. A. A.; SILVA, J. R.; SOUZA, E. R. Determinação do consumo hídrico de cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 4, n. 3, p. 304-310, 2009.
- SANTOS, H. C. A. **Nutrição nitrogenada na cultura do pimentão fertirrigado, em função de tensões de água no solo**. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em

Agronomia, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

SILVA, V. J.; TEODORO, R. E. F.; CARVALHO, H. P.; MARTINS, A. D.; LUZ, J. M. Q. Resposta da cenoura à aplicação de diferentes lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**. v. 27, n. 6, p. 954-963. 2011.

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

VALLE JUNIOR, R. F.; PASSOS, A. O.; ABDALA, V. L.; RAMOS, T. R. Determinação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG, utilizando o sistema de informação geográfica (SIG). **Global Science and Technology**. v. 3, n. 1 p. 19-29, 2010.

VIEIRA, J. V.; PESSOA, H. B. S. V. Cenoura (*Daucus carota*): Clima. Brasília - DF: **Embrapa Hortaliças**, 2008. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cenoura/Cenoura_Daucus_Carota/clima.html. Acesso em: 12 jun. 2021.



Evaluating the conditions of family farming maize storage in Mahelane, Mozambique

Arsénio Daniel Ivo Mulhanga¹, Dade Rebocho², Dionatas Alex Garcia³,
Domingos Armando Soquir Jeque⁴, Ivan Natividade Júlio Zevo⁵

¹ Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas. arseniomulhanga92@gmail.com.

² Universidade Unizambeze. Orientador. email: rebocho001@yahoo.com.br.

³ UFLA. Mestrando em Fitotecnia. dionatas.garcia10@gmail.com.

⁴ UFLA. Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas. domyjeque@gmail.com.

⁵ UFLA. Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas. ivanzevo@gmail.com.

Received in: 30/11/2021 | Accepted in: 31/01/2022

Abstract

The problems of storage of agricultural products are an object of permanent study. The objective of this work was to survey some stages of production, mainly storage, by interviewing producers in Mahelane, Namaacha district, in Mozambique. We conducted semi-structured interviews with 40 producers, selecting those who work with the District Services of Economic Activities - SDAE, in a total area of 44 ha of production of various crops, especially corn. Respondents were selected through a non-probabilistic sampling, the “snowball” technique. The parameters evaluated were: the interviewees’ characterization, mean grain moisture, number of weevils, grain mass, and primary post-harvest operations run by small producers. Women represent the largest percentage of labor in the maize production fields in the Mahelane area. The stored maize moisture rate ranges between 14.5 % and 16.4 %, and storage time is between 9 months and 12 months. The maize in Mahelane is mostly stored on the cob, 65 %, and with straw, 75 %. The interviewed producers have several problems regarding the post-harvest of maize, requiring technical assistance and training, especially the local population, who need guidance on the best way to store the grain and the seed.

Keywords: Grain/cob. Moisture. Weevil. Family farming.

Introduction

In family farming, post-harvest, especially in the storage phase, is seen as one of the most important and indispensable phases, as the annual rate of loss of agricultural products at this stage can reach 100 % of total production (SILVA *et al.*, 2021).

In many cases, family producers have created their own methods to store and conserve agricultural products (SILVA *et al.*, 2021). Some of those traditional methods are quite efficient, often requiring only minor improvements (FAO, 2014).

Most of the time, however, traditional methods cannot eliminate the high rates of storage losses, requiring new tools. Therefore, in searching for reduced losses of stored products, it is important that farmers use new technologies to help traditional techniques (RODRIGUES *et al.*, 2018).

In Mozambique, the traditional knowledge about managing its local seeds in the post-harvest phases and during storage is dispersed among small farmers. Most storage structures are traditional and built with low-cost local materials (FAO, 2014). Therefore, there are several materials used in construction in different provinces because, in all structures, the fundamental objective is to ensure the longevity of the grains (PINTO, 2000).

On the other hand, the surplus of the crop, together with changes at the market level, increases the need to adopt other storage methods to reduce losses (ANDRADE *et al.*, 2020). It is extremely important to know the optimal environmental conditions for the storage of each product, to avoid the favoring and proliferation of pests (LORINI, 2015).

The storage problems of agricultural products are an object of permanent study, aiming to

maximize the quality of the stored products, whether seeds or grains, avoiding unnecessary losses in stored grains, which could greatly minimize hunger worldwide (LORINI, 2015).

In this context, it is opportune to investigate the traditional methods that are still being applied, reproduced, and valued since they tend to be lost if they are not strengthened. Thus, this work surveyed some stages of production, mainly maize storage, through interviews with producers in Mahelane, Namaacha district, Mozambique.

Material and methods

The research was conducted in the geographic region of Mahelane, the administrative post of Changalane, in Namaacha district, southern Mozambique. The place is at the altitude: 376 m, latitude: 26°20'46.12"S, and longitude: 36°15'39.9"L (GOOGLE EARTH, 2017). The prevailing climate is dry tropical, with an average annual temperature of 21 °C and an annual rainfall of 751.1 mm (MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL – MAE, 2005).

The region was chosen based on the maize crop, cultivated by the local population for several years, and its agricultural history (IIAM, 2009).

Semi-structured interviews were carried out "through a previously prepared script" (MANZINI, 2004) with 40 producers that work at the District Services of Economic Activities (SDAE), in a total area of 44 ha of several crops, with emphasis on maize.

The interviews began in April and ended in May 2017, coinciding with the availability of maize in the barns. Respondents were selected using a non-probabilistic "snowball" sampling technique, which consisted first of interviewing group representatives or key informants, who, in turn, indicated others who fitted into the intended profile for interviews in this study (BALDIN; MUNHOZ, 2011).

The parameters evaluated were: the interviewees' characterization, average grain moisture, number of weevils, grain mass, and primary post-harvest operations run by small producers.

To characterize the small producers, the following variables were measured: gender participation in agriculture and level of education (TOMAS *et al.*, 2012).

We made three repetitions of moisture measurement with a moisture meter in a sample of corn grain. The grains were introduced into the meter, which provided the moisture content of the sample. After that, we counted the number of weevils after we threshed the corn cobs. Finally, we weighed 1,000 grains (ABICHANDEO, 2002).

Information on the primary post-harvest operations run by small producers and the main causes of post-harvest losses in storage were obtained through questionnaires applied to 40 small producers in the locality (ABICHANDE, 2002).

For data analysis, we used the following analysis methods: content analysis and inductive analysis. By means of statistical packages for data processing, the SPSS 13.0 software was used.

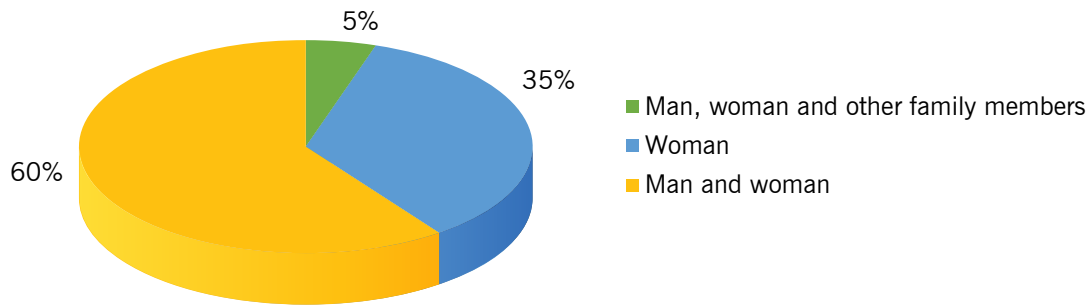
Results and discussion

Characteristics of the interviewed producers

According to the results of the interviewees' characterization, the informants' profile in the category of gender participation in agriculture can be seen in Figure 1.

The gender category was subdivided according to its link to farming, in which: men and women represented 60 %; men, women, and other family members, 5 %; women, 35 %. The research also found that the men did not participate in farming activities. In the work carried out in Angola by Tomas *et al.* (2012),

Figure 1. Gender participation in farming, in Mahelane



Source: Elaborated by the authors (2017).

research data showed that gender participation in agricultural activities was divided into men, 12 %; men and women, 41 %; men, women, and children, 15 %; women, 32 %.

Both surveys showed a large percentage of women’s participation in farming in different regions of the African continent.

The profile of respondents in the education level category is shown in Figure 2.

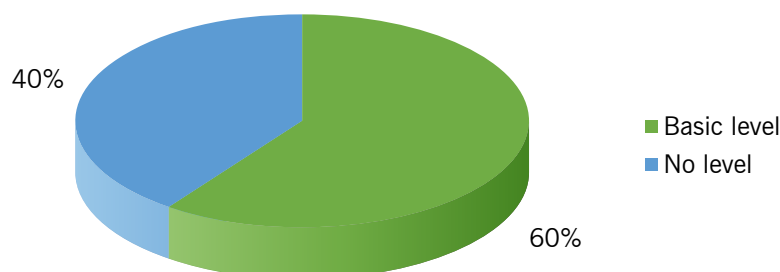
The level of education in the region was low. As shown in the figure above, 40 % of the respondents do not have any level of education, and the other 60 % are at the elementary level of education, while no data about the secondary level of education was found. Those data are similar to Come and Cavani’s (2014) research in Manhiça District, in Mozambique, where the range of small producers interviewed was: non-educated: 30 %; elementary education: 61.5 %.

In general, the low level of education of the population in the place is due to the local conditions of teaching and learning, which are still very precarious. This scenario could be mitigated through government policies.

According to Figure 1 - Gender participation and Figure 2 - Level of education, women participate more in farming than men, which can be explained by the low insertion of women in schools, which contributes to their low level of schooling. Another important issue that must be taken into account is the culture of the place, which preaches that women should be responsible for household chores and work in the fields.

This scenario can also be seen in other countries, such as Brazil, where we can affirm the presence of sexist ideas, according to which men and women do not have the same mental capacities (STASCXAK; SALES, 2020).

Figure 2. Level of education of the producers in Mahelane



Source: Elaborated by the authors (2017).

Analysis of corn grain samples

Mean moisture (MU), the number of weevils (NG), and grain mass (MG) can be seen in Table 1.

The corn stored by the interviewed family farmers has mean moisture between 14.5 % and 16.4 %. In Abichande's (2002) research done in the village of Muecate, in Nampula province, in Mozambique, the percentages ranged from 11.1 % to 12.9 %, showing that, in our work, the moisture percentages for Mahelane are above those recommended, which may imply a greater susceptibility to pests and diseases of corn stored in granaries (TABLE 1).

The same results for grain moisture were found in the work by Tembe (2000) in Namapa, in Nampula province, in Mozambique.

The stored grain moisture must be 13 % over one year and 14.5 % for the range of 6 months to 9 months (BOXALL *et al.*, 1997).

The number of weevils was between 12 and 98, and the mass of 1,000 grains was 204 g to 239 g. Similar data were found in Tembe's work (2000).

Corn drying methods

The results showed that about 100 % of the interviewed family farmers dry the corn in the field while still in the plant to prevent them from rotting, losing germination power, and being attacked by insects. Respondents stated that this kind of drying is not very safe because production is subject to pest attacks while still in the field. These results are comparable to the researches from Abichande (2002) and Boxall *et al.* (1997), conducted in the village of Muecate district, Nampula province, in Mozambique, and in India, in which about 93 % and 94 % dry their products in the field.

Reasons for drying corn

The respondents mentioned several reasons for choosing to dry their products. All of them said they dry their production. Of these, 47 % answered that they dry the maize to prevent it from rotting, about 18 % dry the crop to avoid the attack of insects, 15 % dry it to avoid the attack of weevils, and about 20 %, to have the seed better preserved and maintain the germinative power of the seeds (FIGURE 3). These results are similar to Abichande's (2002) data, in work done in the

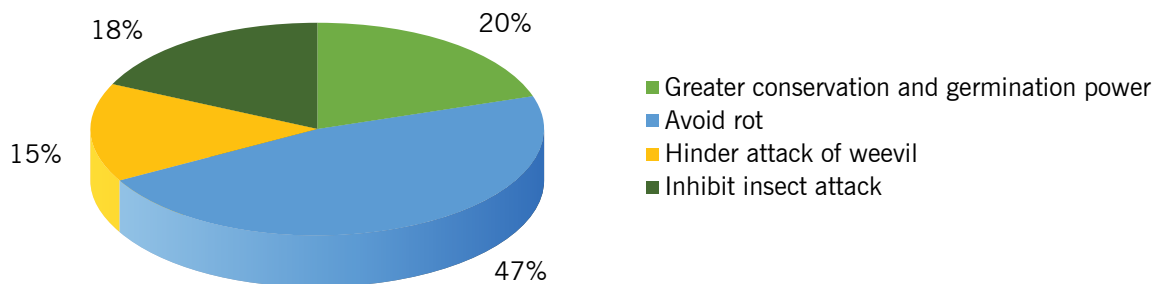
Table 1. Means of moisture (MU), numbers of weevils (NG), and grain mass (MG), in Mahelane

Number of corn cobs	MU (%)	NG (uni)	MG (g)
1	14.7	12	236
2	14.5	23	239
3	14.5	46	206
4	16.0	78	207
5	14.9	30	210
6	16.0	98	204
7	14.6	48	230
8	16.2	81	220
9	15.4	17	212
10	16.4	39	222

N=40.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Figure 3. Reasons for drying corn, according to the interviewed producers in Mahelane



Source: Elaborated by the authors (2017).

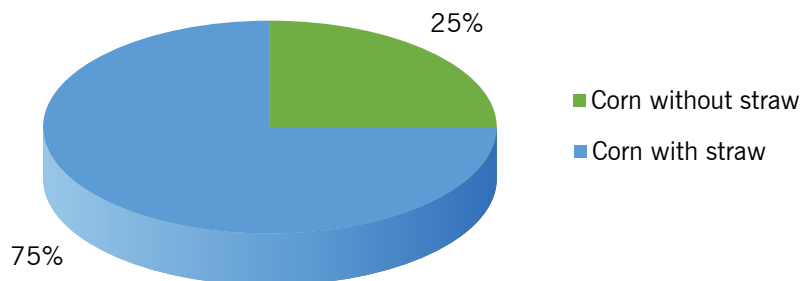
village of Muecate District, in Nampula province, in Mozambique, where most smallholders store the maize to prevent it from rotting, while about 82 % let the maize dry in the field.

so that the grains are not susceptible to insect attack and are not affected by environmental conditions, such as precipitation and light, which can damage the grain and impair seed germination when exposed outside the warehouse (FIGURE 4; FIGURE 5). Family farmers store their production with unthreshed corn cobs, as they consider that the grain stored in this condition is less prone to pest attack (GWINNER *et al.*, 1997).

Corn storage method

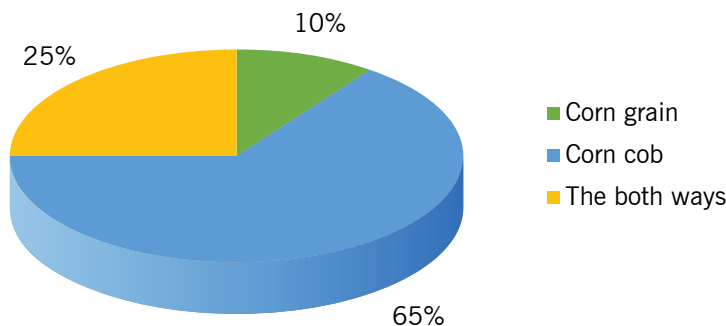
The results reveal that the interviewed family producers store more corn on the cob with straw: 75 %, than without straw: 25 %, so that the grains are not susceptible to insect attack and are not affected by environmental conditions, such as precipitation and light, which can damage the grain and impair seed germination when exposed outside the warehouse (FIGURE 4; FIGURE 5). Family farmers store their production with unthreshed corn cobs, as they consider that the grain stored in this condition is less prone to pest attack (GWINNER *et al.*, 1997).

Figure 4. Maize storage method by the interviewed producers in Mahelane

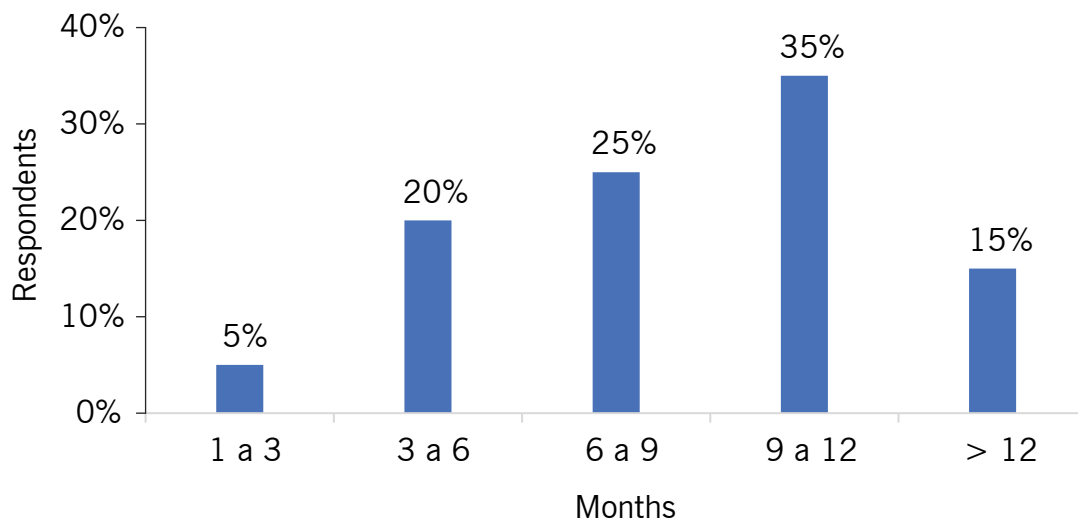


Source: Elaborated by the authors (2017).

Figure 5. Maize storage method by the interviewed producers in Mahelane



Source: Elaborated by the authors (2017).

Figure 6. Storage period at Mahelane

Source: Elaborated by the authors (2017).

Corn storage period

According to the results, about 5 % of family producers store their products between 1 and 3 months and approximately 20 %, from 3 to 6 months, 25 % from 6 to 9 months, 35 % from 9 to 12 months, and 15 % more than 12 months (Figure 6). These data are similar to Abichande's (2002), in a study carried out in the village of Muecate, in Nampula province, Mozambique, which also obtained the same results for maize storage in a range from 3 to 12 months and over 12 months. In Gustafsson and Ljungberg's (1998) study carried out in the districts of Boane and Marracuene in Mozambique, the cereals resulted in a range from 2 to 12 months. The storage period at the small farm level generally lasts between 6 and 12 months (GEWINNER *et al.*, 1997).

Conclusions

Women represent the largest percentage of the labor force in the maize production fields in Mahelane area.

The stored maize moisture rate ranges between 14.5 % and 16.4 %.

Maize storage time in Mahelane ranges from 9 and 12 months.

The maize in Mahelane is mainly stored with cob, 65 %, and straw, 75 %, which is the best form of storage.

The interviewed producers have several problems related to the post-harvest of maize, requiring technical assistance and training, especially for the local population, who need guidance on the best way to store the grain and the seed.

Acknowledgments

To the interviewed producers, for having provided the data to carry out the work.

To the employees of SDAE-Namaacha, especially Engineer Manuelito, and extension worker Chelton da Costa.

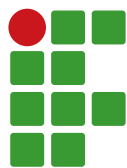
References

ABICHANDE, N. D. **Métodos de armazenagem de grão de cereais e leguminosas em aldeias do Distrito de Muecate na província de**

- Nampula**. 2002. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, FAEF, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2002.
- ANDRADE, J. G.; SILVA, M. G.; OLIVEIRA FILHO, F. S.; FEITOSA, S. S. Diagnóstico das técnicas de produção e armazenamento de sementes crioulas em assentamentos rurais de Aparecida, Paraíba, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. e130953147-e130953147, 2020.
- BALDIN, N.; MUNHOZ, E. M. B. Snowball (bola de neve): uma técnica metodológica para pesquisa em educação ambiental comunitária. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - EDUCERE, 10., 2011, Curitiba. **Anais...**, Curitiba: PUCPR, 2011.
- BOXALL, R.; GOLOB, P.; TAYLOR, R. **Pest management in farm granaries**: with special reference to Africa. 1997.
- COME, S. F.; CAVANE, E. A extensão rural pública: percepções dos produtores das associações agrícolas de Manhiça Sede, Moçambique. **Revista de extensão e estudos rurais**, 2014.
- FAO. **Sistema apropriados de armazenamento de sementes e cereais para pequenos agricultores**: prática fundamentais para implementadores de RRC. 2014. (Ajuda Humanitárias e Proteção Civil).
- GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>, 2017.
- GUSTAFSSON, Y.; LJUNGBERG, D. **Storage systems for cereals and legumes used by small-scale farmers in Maputo Province**, Mozambique. 1998.
- GWINNER, J.; HARNISCH, R.; MUCK, O. **Manual sobre a prevenção das perdas de grãos depois da colheita**. Eschborn, GTZ, 1997.
- INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA DE MOÇAMBIQUE (IIAM). **Ministério da Agricultura**. Edição Trimestral jul.-out., n. 12. 2009.
- LORINI, I. Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10 % da produção nacional. **Visão agrícola**, v. 13, p. 127-129, 2015.
- MANZINI, E. J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. **Seminário internacional sobre pesquisa e estudos qualitativos**, v. 2, p. 10, 2004.
- MINISTÉRIO DE ADMINISTRAÇÃO ESTATAL (MAE). **Perfil do Distrito de Namaacha, Província da Maputo**. Maputo, 2005.
- PINTO, P. M. Z.; MORAIS, A. M. M. B. Boas práticas para a conservação de produtos hortofrutícolas. **AESBUB—Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica**, v. 33, 2000.
- RODRIGUES, M. H. B. S.; SOUSA, V. F. O.; SANTOS, G. L.; NOBREGA, E. P.; ANDRADE, F. E. Armazenamento de grãos em pequenas propriedades de São Francisco, Paraíba, Brasil. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. p. 35-47. 2018.
- SILVA, A. O.; SILVA, A. O.; GOMES, J. A.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, D. A.; VIÉGAS, I. J. M. Armazenamento de grãos na agricultura familiar: principais problemáticas e formas de armazenamento na região nordeste paraense. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2021.
- STASCXAK, F. M.; SALES, M. J. F. S. Educação feminina no Brasil: o que dizem as pesquisas publicadas no Portal da Capes (2015-2019). **Práticas Educativas, Memórias e Oralidades-Rev. Pemo**, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2020.

TEMBE, A. A. **Análise da liderança da descoberta de preços e previsão de preços: o caso do grão de milho banco em Moçambique.** 2000. 140 f. (Dissertação) – Curso de Agronomia, FAEF, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2000.

TOMÁS, D. F. **Caracterização dos sistemas informais de armazenamento de variedades locais de milho (*Zea mays* L.) das regiões do Huambo e Huíla de Angola e influência na conservação in situ on-farm.** 2012. 179 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.



Medicinal plants used by urban and rural inhabitants of Luziânia, Goiás, Brazil

Marina Neves Delgado¹, Jessica Pinto Gomes², Raphaela Braz de Castro³, Judite Araújo de Sousa⁴

¹ Instituto Federal de Brasília, *Campus Planaltina*, professora EBTT. marina.delgado@ifb.edu.br

² Instituto Federal de Goiás, *Campus Luziânia*, egressa do curso Técnico Integrado em Mecânica. jessicapngomes@gmail.com

³ Instituto Federal de Goiás, *Campus Luziânia*, egressa do curso Técnico Integrado em Mecânica. raphaelabrazdecastro@gmail.com

⁴ Instituto Federal de Brasília, *Campus Planaltina*, egressa do curso Tecnólogo em Agroecologia. sousajudy@yahoo.com.br

Received in: 08/11/2021 | Accepted in: 31/01/2022

Abstract

The Brazilian flora is highly diverse, with the Cerrado biome featuring as the savanna with the highest richness of species in the world. Furthermore, the use of medicinal plants is a common and traditional practice among the Brazilian population. In that regard, it is expected that the populations of historical cities located in the Cerrado should have vast ethnobotanical knowledge. From this perspective, this study aimed to record the medicinal plants used by the inhabitants of Luziânia (GO), Brazil, and evaluate their socio-economic profiles. The inhabitants (18 from the urban area and 20 from the rural area) were selected by the 'snowball' technique and underwent semi-structured interviews that addressed socio-economic and ethnobotanical aspects. Among the interviewees, 74.4 % were women, with adults and older adults constituting the main connoisseurs, and 71 % had incomplete primary education. Most interviewees cultivated medicinal plants in their backyards and cited using leaves as the main plant organ for medicinal purposes. The interviewees from the urban and rural areas differed with regard to the form of obtaining knowledge ($\chi^2 = 10,367$; $p < 0,05$) since its origin was attributed to family transmission, reading, and from third parties in the urban area, whereas the rural inhabitants reported mainly family transmission. The interviewees cited 95 species, with no statistical difference between exotic and native species. However, the mentioned species were predominantly exotic. Lamiaceae, Asteraceae, and Fabaceae were the most representative families, and herbs were the most common type of medicinal plant. The most used species were *Lippia alba* (lemon balm), *Mentha arvensis* (mint), *Dysphania ambrosioides* (mastruz), and *Plectranthus barbatus* and *Plectranthus grandis* (boldo). The main health problems treated with medicinal plants were cold, indigestion, stress, and respiratory problems.

Keywords: Cerrado. Family knowledge. Backyard cultivation. Exotic medicinal plants.

Introduction

Medicinal plants can promote health (ANTONIO *et al.*, 2013) and are used as an alternative treatment for various diseases (MIRANDA, 2021). A large part of the world population (70 % to 80 %) meets their basic health needs by administering different plant species, with around 53 thousand species having been used to treat diseases since the early times of human history until the present days (QADIR; RAJA, 2021).

The use of medicinal plants is a traditional practice in Brazil as its indigenous peoples already used them to cure diseases even before the arrival of the Portuguese (AMOROZO, 2002). With colonization, the Europeans brought their medicinal species to be cultivated in Brazil and

tested native Brazilian species with uses similar to European species. Finally, the Africans also incorporated their plants into the list of medicinal species used in Brazil (LORENZI; MATOS, 2011).

In addition to the historical context, which justifies the vast diversity of medicinal plants used in the country, Brazil contains the largest plant diversity in the world (BFG, 2015). Therefore, the possibility of identifying products with potential medicinal use among the native vegetation is gigantic since plants constitute the primary source of active ingredients, with 11 % of the 252 drugs considered essential by the World Health Organization (OMS) being acquired only from plants (BRAGA *et al.*, 2021). However, the intensive deforestation observed in Brazil (GONÇALVES-SOUZA *et al.*, 2021) causes a significant loss in biodiversity

(BLUM *et al.*, 2019), with excessive plant extraction and the destruction of natural habitats resulting in high risks to the perpetuation of medicinal species (RASHID *et al.*, 2021). In this scenario, the degradation of the Amazon rainforest in Brazil is one example of an intervention that has reduced the availability of some medicinal plant species (SHANLEY; LUZ, 2003).

Approximately 10.9 % of the Brazilian territory covered by natural vegetation (939.050 km²) has been already devastated, with about a third of this loss (338.774 km²) occurring in Cerrado, which is proportionately the most impacted Brazilian biome (GONÇALVES-SOUZA *et al.*, 2021). Even though, there is significant devastation, Cerrado is classified as an area of high priority for conservation since it comprises a large number of species and endemism (MEYERS *et al.*, 2000). Furthermore, Cerrado shows many plant species with food, ornamental, and medicinal potential, many of which are still unknown to science (SOUZA *et al.*, 2018). Therefore, ethnobotanical surveys are essential to know the native medicinal flora used by Cerrado communities (SOUZA *et al.*, 2020, given the significant number of species traditionally used for that purpose, e.g., pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), baru (*Dipteryx alata*), jurubeba (*Solanum* spp.), mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*), and ipecacuanha (*Carapichea ipecacuanha*) (SOUZA *et al.*, 2018).

The municipality of Luziânia is located in the Cerrado, in western Goiás, and has 174,531 inhabitants, according to the last census of 2010 (IBGE, 2017), distributed in the urban area (formed mostly by houses and a few buildings) (CODEPLAN DF, 2014) and in the rural area (formed mostly by small farms). The urbanization rate of Luziânia is high (93.28 % in 2010), above the average of the state of Goiás (90.29 %). The local economy is mainly based on the service sector (57.2 %), the industrial sector (34 %),

and the agricultural sector (8.8 %). Furthermore, Luziânia is one of the oldest cities of Goiás, dating from the 18th century, where gold was initially mined and with several colonial buildings, e.g., mansions on Rosário Street, the church of Our Lady of the Rosary, and the Andorinhas Palace (IMB, 2016). From this perspective, inventorying the medicinal plants used by the inhabitants of Luziânia is a promising endeavor that could assist in bioprospecting native species still little referenced in the literature, considering the location of the municipality in the Cerrado, with colonial origins and whose inhabitants live mostly in houses with domestic backyards.

Therefore, the hypotheses tested in this study were: (1) the inhabitants of the urban and rural areas of Luziânia should have similar socio-economic profiles and ethnobotanical knowledge since most of them work in the services sector and the industry and live-in houses; (2) the inhabitants of Luziânia should have significant knowledge about medicinal plants, both exotic and native, since they live in a colonial and traditional city inserted in the Cerrado. From this perspective, this study was developed to assess the socio-economic profile of connoisseurs of medicinal plants in Luziânia (Goiás) and list the medicinal plant species used by them.

Material and methods

Ethnobotanical research

Before beginning data acquisition for the research through interviews, the project was submitted to the Brazil Platform and the Research Ethics Committee of the Federal University of Goiás, which approved it and allowed the research to proceed (Presentation Certificate for Ethical Appreciation - CAAE: 17284013.7.0000.5083).

Potential interviewees were determined by the 'snowball' technique, according to which the connoisseurs of medicinal plants indicated

other connoisseurs (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010). In order to participate in the research, the interviewees had to sign the free consent term (TCLE), one copy of which was delivered to the interviewees, and the other was stored by the researchers. There were 38 interviewees in total, all over eighteen years of age, 18 of whom lived in the urban area and 20 in the rural area. The urban interviewees came from different neighborhoods, and the rural interviewees came from different regions since the survey aimed to encompass the largest geographic area possible in the municipality of Luziânia.

The inhabitants were interviewed using semi-structured interviews with open and closed questions that addressed socioeconomic questions (place of birth, level of education, etc.) and questions about ethnobotanical knowledge (origin of the knowledge, common names of medicinal plants already used by the interviewees, forms of use etc.) (SOUSA *et al.*, 2020). The interviews also had an interactive nature and were subject to deepening if the interviewee wanted to elaborate on the responses or talk about some life experience (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010). Some interviewees also took the researchers to their backyards, where they cultivated medicinal plants.

Data analysis

The data of the interviews conducted in urban and rural areas of Luziânia were analyzed separately. Then, two lists of medicinal plants were prepared, containing their indications for each area. Based on the two lists, the species and family of the medicinal plants cited were identified using their common names, pictures, field observations (backyards visited), therapeutic indication, and the scientific literature (LORENZI; MATOS, 2011). Subsequently, the origin of the species, the correct binomial writing, their authors, their families, and growth habits was checked in

the Flora do Brasil 2020 website of the Rio de Janeiro Botanic Gardens (2020, 2021).

All statistical analyses were run with the software Past 3.18 (HAMMER *et al.*, 2001) using a 5 % significance level (α). Chi-squared (c^2) tests were performed to evaluate differences between interviewees from urban and rural areas with regard to (1) the number of men and women; (2) the place of origin; (3) the age range; (4) the level of education; (5) the occupation; (6) the origin of the medicinal knowledge; (7) the organ or part of the medicinal plant most used to obtain the therapeutic ingredient (root, stem, bark, leaf, flower, seed, fruit, or whole plant). The Chi-squared (χ^2) test and the Kruskal-Wallis test (H), jointly encompassing both the urban and rural areas, were performed to compare the number of native and exotic species cited and the different locations where the medicinal plants were acquired.

Finally, the most referenced species and medicinal indications were determined by summing the number of citations made by the interviewees.

Results and discussion

Through this study, it was possible to detect that the inhabitants of the urban and rural areas of Luziânia had similar socio-economic profiles and ethnobotanical knowledge and they were connoisseurs of medicinal plants, both exotic and native. However, the interviewees used mainly exotic plants originated from the colonization process and brought to Brazil by the Europeans and Africans. The backyards were the main areas where the species were obtained even though the interviewees lived closed to Cerrado areas and could obtain native species for medicinal use.

Among the people who had ethnobotanical knowledge in Luziânia, 74.4 % were females (TABLE 1). This result was also observed in the urban and rural areas separately, as the gender

distribution with regard to knowledge about medicinal plants was uneven in the two areas ($\chi^2 = 3.70$; $p > 0.05$). Sousa *et al.* (2020) also highlighted the dominance of women with regard to ethnobotanical knowledge in the city of Sobradinho (Federal District), agreeing with Arnous *et al.* (2005) and Zeni (2017). According to Budó *et al.* (2008), domestic chores and family care (feeding and health) have been considered female work since the early beginnings of human civilization.

Both in urban and rural areas, most of the interviewees were born in other cities and then migrated to Luziânia, with no difference between the place of birth in the two areas ($\chi^2 = 0.867$;

$p > 0.05$). This fact demonstrates that the knowledge about medicinal plants in Luziânia was enriched by the knowledge from other states, including Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Sergipe, Ceará, Paraíba, and Maranhão, which was also observed by SOUSA *et al.* (2020).

Adults (50 % of the interviewees) and older adults (42 % of the interviewees) had more ethnobotanical knowledge than the younger people (8 % of the interviewees), with no difference with regard to age between the urban and rural interviewees of Luziânia (TABLE 1) ($\chi^2 = 1.371$; $p > 0.05$). The higher concentration of medicinal knowledge among adults and older adults, respectively, refuted the common-sense

Table 1 – Social data of the interviewees in the urban and rural areas of Luziânia-GO obtained in the interviews. N= 38 people, 18 from the urban area and 20 from the rural area

Social data		Urban area	Rural area	Luziânia
Sex	Man	2	7	9
	Woman	16	13	29
Place of birth	Luziânia (GO)	6	4	10
	Other places	12	16	28
Age range	Young (18 to 30)	3	1	4
	Adults (31 to 60)	8	10	18
	Elderly (over 60)	7	9	16
Education	Illiterate	0	1	1
	Incomplete primary school	7	16	23
	Complete primary school	1	0	1
	Incomplete high school	2	0	2
	Complete high school	7	3	10
	University degree	1	0	1
Occupation	Civil servant	2	0	2
	CLT employee	7	0	7
	Student	1	0	1
	Homemaker	2	8	10
	Retired	6	8	14
	Farmer/herb seller	0	4	4
Origin of the knowledge	Family member	17	16	33
	Books and magazines	11	1	12
	Self-experience	11	1	12
	Third party	13	6	19

Source: Elaborated by the authors (2021).

idea that older people are the main connoisseurs of medicinal plants (PRADEICZUK *et al.*, 2017) and corroborated the observations reported for Sobradinho (Distrito Federal) (SOUSA *et al.*, 2020), a city close to Luziânia, since the ethnobotanical knowledge was effectively transmitted from the older to the intermediate generations in Luziânia. However, this fact was not observed for the youngest generation.

Among the interviewees, 71 % had not completed primary school, although they were older than 18 years and were not within the appropriate age range for regular primary or high school (TABLE 1). Furthermore, the level of education was similar between the people from the two areas ($\chi^2 = 10.044$; $p > 0.05$), although there were more interviewees with complete primary education in the urban area than in the rural area, whereas most of the rural residents had incomplete primary education (TABLE 1). The scarcity of formal education had already been observed in the population of Luziânia in the survey conducted by CODEPLAN DF (2014).

The interviewees showed different types of occupation that strongly differed between rural and urban inhabitants ($\chi^2 = 17.83$; $p < 0.05$) since most were professionals in the services sector or retirees living in the urban area. In contrast, many rural interviewees were farmers and homemakers, and one of them was an herb seller. With regard to the urban area, no pattern could be established between ethnobotanical knowledge and the type of occupation. However, in rural area, homemakers verified the history that women always had a crucial role in agriculture and the therapeutic care of the family. According to Budó *et al.* (2008), both in rural and urban areas (data obtained in the present study), the women are responsible for family care and transmit this knowledge to their daughters and granddaughters. Furthermore, since farmers had daily contact with plants, they had more

interest in learning and valuing ethnobotanical knowledge (SOUSA *et al.*, 2020). Finally, being an expert on medicinal plants is essential for the herb seller role since this individual manages the preparation and use of medicinal plants for health promotion purposes.

The interviewees from the rural and urban areas of Luziânia differed with regard to the form of obtaining ethnobotanical knowledge ($\chi^2 = 10.367$; $p < 0.05$), although the level of knowledge was similar among them, respectively citing 61 and 60 species. The primary origin of knowledge for rural residents was family transmission (TABLE 1). According to Guerra and Nodari (2003), ethnobotanical knowledge is primarily generational. In addition to the family origin, many urban interviewees reported using books and magazines, their own experiences, and sharing information with third parties, which was also described by Messias *et al.* (2015) and Sousa *et al.* (2020). It should also be noted that, of the six interviewees in the rural area who signaled third parties as one of the origins of ethnobotanical knowledge, one was the herb seller who claimed to have learned his skills with the indigenous people of the state of Mato Grosso.

Medicinal plants were primarily obtained in domestic backyards rather than in nature, commerce or other places ($H = 37.95$; $p < 0.01$), as observed in Ouro Verde (GO) by Silvia and Proença (2008) and in the islands of the São Francisco River in Petrolina (PE) and Juazeiro (BA) by Pio *et al.* (2019). The predominance of domestic cultivation to the detriment of other forms of acquisition is probably because Luziânia is mainly formed by houses (CODEPLAN DF, 2014), small rural properties, and a few buildings, although vertical growth can also be observed. Domestic backyards are areas around the house where valuable species are grown, e.g., fruit trees, medicinal plants, ornamental plants, and some other species cultivated for food purposes (SALES, 2008).

Therefore, urban backyards are essential for the conservation of the native flora and cultivation spaces of the agrobiodiversity (WINKLERPRINS, 2002) and play an important role in maintaining cultural diversity since they are family coexistence sites (PASA *et al.*, 2005). It should be noted that the interviewees also cited nature, markets, open fairs, pharmacies, and other places (public or private gardens, wastelands, and anthropized places with ruderal plants) as forms of obtaining medicinal plants.

Most of the interviewees from the rural and urban areas of Luziânia cited the leaves as the main plant organ used, with no difference between areas ($\chi^2 = 8.063$; $p < 0.05$). Leaves have also been cited as the most used plant part in other studies (ZENI *et al.*, 2012; GOMES *et al.*, 2015; COSTA; MARINHO, 2016; PIO *et al.*, 2019; SOUSA *et al.*, 2020). According to Sousa *et al.* (2020), leaf extraction is less harmful to plants since it rarely causes the death of the organism, unlike the extraction of barks and roots. Moreover, the balanced removal of leaves also allows plant growth and reproduction (PILLA *et al.*, 2006). The leaves commonly cited in this study were usually obtained from exotic medicinal plants grown in backyards and used to prepare teas, e.g., rosemary, lemongrass, anise, and mint. The use of teas is also reported as the most common way of administering medicinal plants in other studies (AMOROZO, 2002; GOMES *et al.*, 2015; ZENI *et al.*, 2017).

Bark, oils, resins, roots, flowers, fruits, and seeds were also cited by the interviewees but in lower numbers, which could be considered positive with regard to the conservation of medicinal species that undergo that form of extraction. The inappropriate collection of barks, oil, resin or gums can cause plant death through girdling or large injuries that serve as entry points for pathogens and pests (FILIZOLA; SAMPAIO, 2015). Therefore, this type of extraction can bring conservationist problems to

native species (FELFILI; BORGES-FILHO, 2004) since many species are collected from nature, e.g., *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão - bark), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (purple trumpet tree - bark), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico - bark), and *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaiba – oil) (data obtained in the present study).

Therefore, according to Filizola and Sampaio (2015), barks, oils, gums, and resins are suggested to be extracted from the branches of species that accept pruning or, if pruning is not possible, the recommendation is to collect a small and vertical bark fragment in relation to the stem (i.e., the incision should always be longer than wider), using a healing agent immediately after collection. This healing can be performed with beeswax, clay, mineral oils, and resins from other trees. In that regard, the study conducted by Filizola and Sampaio (2015) is recommended for information about good management practices (FILIZOLA; SAMPAIO, 2015).

The excessive collection of fruits, seeds, and flowers/inflorescences is also harmful to the population since it negatively influences the recruiting of new individuals (AQUINO *et al.*, 2008), e.g., in *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá) for fruits, *Pterodon emarginatus* Vogel (sucupira), in *Dipteryx alata* Vogel (baru) for seeds, and in *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. (macela do campo) for inflorescences (data obtained in the present study). Therefore, collecting only 25 % of the seed production is recommended for each parent plant to maintain the species in nature (MEDEIROS; NOGUEIRA, 2006). Also, the partial collection of inflorescences and fruits should be performed in order to maintain the sexual propagation of the species of interest as well as other ecological processes, e.g., feeding of the wild fauna, which is often the dispersing agent of plant species (AQUINO *et al.*, 2008).

The interviewees cited 95 medicinal plant species in Luziânia (GO) (TABLE 2). Since it is a city consisting mainly of houses with small backyards, medicinal knowledge is conveniently maintained in the city, as already observed by Pradeiczuk *et al.* (2017) and Sousa *et al.* (2020). Furthermore, the population of Luziânia is considerably traditional in its habits since it is a colonial city dating from the 18th century (IBGE, 2017). The high number of species cited in Luziânia was similar to the observed in Ouro Verde de Goiás, with 98 species (SILVA; PROENÇA, 2008), Alto Paraíso de Goiás, with 103 species (SOUZA; FELFILI, 2006), and Jataí, where 112 species were mentioned (SOUZA *et al.*, 2016).

Among the cited species, 42.11 % are native to Brazil and 57.89 % are exotic, with no statistical difference between the origin of the species ($\chi^2 = 0.405$; $p > 0.05$), highlighting the richness of local knowledge with regard to both Brazilian and exotic species. Our results differed from those found by Souza & Felfili (2006) in the community of Alto Paraíso de Goiás, which predominantly used the native biodiversity since 69 % of the cited species were Brazilian. On the other hand, the results were similar to those found by Silva and Proença (2008) since the exotic species grown in backyards stood out in absolute numbers in Ouro Verde (GO), similar to Luziânia. However, that difference did not imply a statistical difference in the present survey.

The 95 medicinal plant species in the city of Luziânia were classified into 37 botanical families, with 36 in the Phylum Anthophyta (Angiosperms) and 1 in the Phylum Monilophyta. Among the 10 most representative families, Lamiaceae, Asteraceae, and Fabaceae were the most cited, with 16, 14, and 10 species, respectively (TABLE. 2). These families are often mentioned in ethnobotanical studies (GUARIMNETO; MORAIS, 2003; OLIVEIRA; LUCENA, 2015; SOUSA *et al.*, 2020) since they comprise

a large number of species and favor colonization and cultivation (SOUZA *et al.*, 2016). In the family Lamiaceae, the 16 species cited were exotic to Brazil. In Asteraceae, 8 were native and 6 were exotic. In Fabaceae, 9 were native and 1 was exotic. Therefore, the results highlight the importance of the European (ex: mint, lavender, rosemary) and African flora (e.g., boldo and lemongrass) for Brazilian ethnobotany, especially with regard to the introduction of Lamiaceae species, and the potential of the Brazilian flora for bioprospecting medicinal active ingredients, mainly the families Asteraceae and Fabaceae.

The predominance of the family Lamiaceae, the most cited in Luziânia, was confirmed to the genus level since the following taxa were mentioned more than once for the genus category: *Mentha* L. (Lamiaceae), with four species, and *Ocimum* L. and *Plectranthus* L'Hér. (Lamiaceae), with three species each. The results also contained indications of Alliaceae, Amaranthaceae, Myrtaceae, and Rutaceae in the ten most recorded families (TABLE 2): *Allium* L. (Alliaceae), with three species, and *Alternanthera* Forssk. (Amaranthaceae), *Syzygium* Gaertn. (Myrtaceae), and *Citrus* L. (Rutaceae), with two species each.

The exotic medicinal species were the most used by the population of Luziânia (Central-West Region of Brazil), both in the urban and rural areas (TABLE 3), despite the eventual use of many native species. Mint (hortelã) and lemongrass (capim-santo): 22 citations; boldo: 20 citations; lemon balm (erva-cidreira): 18 citations; aloe (babosa): 18 citations; mastruz: 13 citations; and rosemary (alecrim): 12 citations were also among the most cited plants in the city of Sobradinho, in the Federal District (Central-West Region) (SOUSA *et al.*, 2020). Mint: 21 citations; lemon balm: 20 citations; and aloe: 17 citations were also the most cited plants in the city of Abaetetuba, in Pará (North Region) (GONÇALVES; LUCAS, 2017). Boldo: 24

Table 2 – Medicinal plant species cited by the inhabitants of Luziânia (Goiás) and shown in ascending alphabetical order per family

Medicinal plant species	Common name	Family	Habit	Origin
<i>Sambucus australis</i> Cham. & Schltldl.	sabugueiro	Adoxaceae	shrub	native
<i>Allium sativum</i> L.	alho	Alliaceae	herb	exotic
<i>Allium fistulosum</i> L.	cebolinha	Alliaceae	herb	exotic
<i>Allium cepa</i> L.	cebola	Alliaceae	herb	exotic
<i>Alternanthera brasiliiana</i> (L.) Kuntze	terramicina	Amaranthaceae	subshrub	native
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	dipirona	Amaranthaceae	subshrub	native
<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants	mastruz	Amaranthaceae	herb	native
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira	Anacardiaceae	tree	native
<i>Anethum graveolens</i> L.	endro	Apiaceae	herb	exotic
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	erva doce	Apiaceae	herb	exotic
<i>Pimpinella anisum</i> L.	erva doce	Apiaceae	herb	exotic
<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss	salsinha	Apiaceae	herb	exotic
<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. f.	babosa	Asphodelaceae	herb	exotic
<i>Solidago chilensis</i> Meyen	arnica	Asteraceae	subshrub	native
<i>Cynara scolymus</i> L.	alcachofra	Asteraceae	herb	exotic
<i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng.) Less.	assa peixe	Asteraceae	shrub	native
<i>Chamomilla recutita</i> (L.) Rauschert	camomila	Asteraceae	herb	exotic
<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	carqueja	Asteraceae	subshrub	native
<i>Stevia rebaudiana</i> (Bertoni) Bertoni	estévia	Asteraceae	herb	native
<i>Helianthus annuus</i> L.	girassol	Asteraceae	herb	exotic
<i>Mikania glomerata</i> Spreng.	guaco	Asteraceae	climber	native
<i>Artemisia absinthium</i> L.	losna	Asteraceae	subshrub	exotic
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	macela	Asteraceae	herb	native
<i>Egletes viscosa</i> (L.) Less.	macela	Asteraceae	subshrub	native
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	mentraste	Asteraceae	herb	native
<i>Achillea millefolium</i> L.	mil folhas	Asteraceae	herb	exotic
<i>Bidens pilosa</i> L.	picão	Asteraceae	herb	exotic
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê roxo	Bignoniaceae	tree	native
<i>Bixa orellana</i> L.	urucum	Bixaceae	tree	native
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	agrião	Brassicaceae	herb	exotic
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	amescla	Burseraceae	tree	native
<i>Monteverdia truncata</i> (Nees) Biral	folha santa	Celastraceae	tree	native
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	mangue	Clusiaceae	tree	native
<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	cana do brejo	Costaceae	herb	exotic
<i>Diospyrus kaki</i> L.f.	caqui	Ebenaceae	tree	exotic
<i>Croton antisiphiliticus</i> Mart.	pé-de-perdiz	Euphorbiaceae	tree	native
<i>Euphorbia tirucalli</i> L.	avelós	Euphorbiaceae	shrub	exotic
<i>Equisetum giganteum</i> L.	cavalinha	Equisetaceae	subshrub	native
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	imburana	Fabaceae	tree	native
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenam.	angico	Fabaceae	tree	native
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaiba	Fabaceae	tree	native
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	barú	Fabaceae	tree	native

Medicinal plant species	Common name	Family	Habit	Origin
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	jatobá	Fabaceae	tree	native
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.F.	balsamo	Fabaceae	tree	native
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	sucupira	Fabaceae	tree	native
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	fedegoso	Fabaceae	subshrub	native
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	barbatimão	Fabaceae	tree	native
<i>Tamarindus indica</i> L.	tamarindo	Fabaceae	tree	exotic
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	alfazema	Lamiaceae	herb	exotic
<i>Melissa officinalis</i> L.	erva-cidreira	Lamiaceae	subshrub	exotic
<i>Mentha arvensis</i> L.	hortelã	Lamiaceae	herb	exotic
<i>Mentha pulegium</i> L.	poejo	Lamiaceae	herb	exotic
<i>Mentha X villosa</i> Huds.	hortelã	Lamiaceae	herb	exotic
<i>Mentha spicata</i> L.	alevante	Lamiaceae	herb	exotic
<i>Ocimum carnosum</i> (Spreng.) Link & Otto ex Benth.	alfavaca	Lamiaceae	subshrub	exotic
<i>Ocimum basilicum</i> L.	manjeirão	Lamiaceae	herb	exotic
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	alfavaca	Lamiaceae	subshrub	exotic
<i>Origanum vulgare</i> L.	manjerona	Lamiaceae	subshrub	exotic
<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng.	malva do reino	Lamiaceae	subshrub	exotic
<i>Plectranthus barbatus</i> Andrews	boldo	Lamiaceae	subshrub	exotic
<i>Plectranthus grandis</i> (Cramer) R. Willemse	boldo	Lamiaceae	subshrub	exotic
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	alecrim	Lamiaceae	subshrub	exotic
<i>Salvia officinalis</i> L.	sálvia	Lamiaceae	herb	exotic
<i>Tetradenia riparia</i> (Hochst.) Codd	mirra	Lamiaceae	shrub	exotic
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume	canela	Lauraceae	tree	exotic
<i>Laurus nobilis</i> L.	louro	Lauraceae	tree	exotic
<i>Persea americana</i> Mill.	abacate	Lauraceae	tree	exotic
<i>Linum usitatissimum</i> L.	linhaça	Linaceae	herb	exotic
<i>Punica granatum</i> L.	romã	Lythraceae	shrub	exotic
<i>Malpighia emarginata</i> DC.	acerola	Malpighiaceae	tree	exotic
<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench	quiabo	Malvaceae	shrub	exotic
<i>Cochlospermum regium</i> (Mart. ex Schrank) Pilg.	algodãozinho do campo	Malvaceae	shrub	native
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	algodão	Malvaceae	shrub	exotic
<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	hibisco	Malvaceae	subshrub	native
<i>Waltheria communis</i> A.St.-Hil.	douradinha do campo	Malvaceae	herb	native
<i>Dorstenia cayapia</i> Vell.	carapiá	Moraceae	herb	native
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	eucalipto	Myrtaceae	tree	exotic
<i>Psidium guajava</i> L.	goiaba	Myrtaceae	tree	exotic
<i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	cravo	Myrtaceae	tree	exotic
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	jambolão	Myrtaceae	tree	exotic
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	quebra pedra	Phyllanthaceae	herb	native
<i>Plantago major</i> L.	trançagem	Plantaginaceae	herb	exotic
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	capim-santo	Poaceae	herb	exotic
<i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx.	erva de bicho	Polygonaceae	herb	native

Medicinal plant species	Common name	Family	Habit	Origin
<i>Rubus sellowii</i> Cham. & Schtdl.	amora	Rosaceae	tree	native
<i>Morinda citrifolia</i> L.	noni	Rubiaceae	tree	exotic
<i>Uncaria guianensis</i> (Aubl.) J.F. Gmel.	unha de gato	Rubiaceae	shrub	native
<i>Citrus aurantium</i> L.	laranja	Rutaceae	tree	exotic
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	limão	Rutaceae	tree	exotic
<i>Ruta graveolens</i> L.	arruda	Rutaceae	subshrub	exotic
<i>Camellia sinensis</i> (L.) Kuntze	chá preto	Theaceae	shrub	exotic
<i>Lippia alba</i> (Mill.) N. E. Br.	erva-cidreira	Verbenaceae	subshrub	native
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C. E. Jarvis	insulina	Vitaceae	climber	native
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	gengibre	Zingiberaceae	herb	exotic
<i>Curcuma longa</i> L.	açafrão	Zingiberaceae	herb	exotic

Source: Elaborated by the authors (2021).

Table 3 – The most cited medicinal plant species by the inhabitants of Luziânia (GO)

The 10 most cited medicinal plants	Urban	Rural	Urban + Rural	Occurrence
<i>Lippia alba</i> (lemon balm)	11	8	19	native
<i>Mentha arvensis</i> (mint)	13	6	19	exotic
<i>Dysphania ambrosioides</i> (mastruz)	13	3	16	native
<i>Plectranthus barbatus</i> and <i>P. grandis</i> (boldo)	9	6	15	exotic
<i>Rosmarinus officinalis</i> (rosemary)	11	2	13	exotic
<i>Aloe vera</i> (aloe)	7	5	12	exotic
<i>Cymbopogon citratus</i> (lemongrass)	5	7	12	exotic
<i>Ocimum carnosum</i> (alfavaca)	2	6	8	exotic
<i>Gossypium hirsutum</i> (upland cotton)	8	2	10	exotic
<i>Foeniculum vulgare</i> (common fennel)	5	4	9	exotic
<i>Mentha pulegium</i> (pennyroyal)	5	4	9	exotic

Source: Elaborated by the authors (2021).

citations; mint: 14 citations, and common fennel (erva-doce): 11 citations were also largely cited in the city of Ascurra, in Santa Catarina (South Region) (ZENI *et al.*, 2012). Furthermore, mint, boldo, common fennel, lemongrass, rosemary, and pennyroyal (poejo) had the highest relative frequency values in the city of Ouro Preto, in Minas Gerais (Southeast Region) (MESSIAS *et al.*, 2015). Therefore, there is a common everyday use of the same medicinal plant species in different regions of Brazil.

Herbs were the predominant type of medicinal plant cited (TABLE 4) since they are traditionally grown in backyards. This type of

grown habit comprises several easily managed herbs that occupy small spaces, as observed by Zeni *et al.* (2017). Furthermore, among the 10 most-cited medicinal species (TABLE 3), six were herbs: common fennel, mastruz, lemongrass, mint, pennyroyal, and aloe. Trees were also widely mentioned since many were exotic fruit species grown in domestic backyards (avocado, West Indian Cherry, persimmon, orange, and lemon) (LORENZI; MATOS, 2011), in addition to larger native trees collected in the Cerrado (angico, diesel tree, barbatimão, baru, jatobá, purple trumpet tree, and pink trumpet tree) (FLORA DO BRASIL 2020, 2021).

Table 4 – Growth habits observed in the medicinal plant species mentioned by the population of Luziânia (Goiás)

Habit	Percentage of the habit type
Herb	35.79 %
Tree	30.53 %
Subshrub	20.00 %
Shrub	11.58 %
Climber	2.11 %

Source: Elaborated by the authors (2021).

According to the interviewees, several of the native tree species used in Luziânia were mainly collected from nature, highlighting the importance of cultivating medicinal tree species of the Cerrado and providing training courses to (1) teach sustainable extraction methods and (2) share forms of cultivating and using medicinal plants native to the Cerrado by the population of Luziânia.

The main symptoms treated using medicinal plants in Luziânia (TABLE 5) were those considered less severe or quick diseases, e.g., cold and digestive problems (FIGUEREDO *et al.*, 2014). Allied to those health problems, other symptoms were also cited: insomnia, stress, and respiratory problems (asthma, bronchitis, and cough). Cold symptoms and digestive and respiratory problems are usually treated in the domestic environment, as already reported in other surveys conducted in several regions of Brazil (ALMEIDA; ALBUQUERQUE, 2002; PILLA *et al.*, 2006; ZENI *et al.*, 2017; SOUSA *et al.*, 2020), unlike the ethnobotanical survey conducted in the islands of the São Francisco River (PE and BA), in which intestinal infections, diarrhea, and worms were the most common problems treated with medicinal plants (PIO *et al.*, 2019).

Finally, the socio-economic profile of connoisseurs of medicinal plants in Luziânia (most with low education levels, several retirees, and homemakers) corroborates the wide use of

Table 5 – Main use indications for medicinal plants in Luziânia (Goiás)

Use indications	Percentage of the use indication
Cold	16.2 %
Indigestion	15.49 %
Stress and insomnia	12.44 %
Respiratory problems	8.22 %
Sore throat	4.93 %
Urinary tract infection and kidney stone	4.69 %
External wounds	3.76 %

Source: Elaborated by the authors (2021).

medicinal species to treat common diseases since this is a less expensive treatment than purchasing pharmaceutical drugs (FIGUEREDO, 2013). Therefore, this study demonstrated the social importance of this ethnobotanical knowledge in treating common diseases.

Final considerations

The present study demonstrated the importance and tradition of medicinal plants used by the population of Luziânia (GO) as both urban and rural inhabitants were connoisseurs of medicinal plants, especially women, people with less formal education, and homemakers or retirees. These results are probably related to the fact that family care is a traditionally female activity, and Luziânia is a city whose population has low education levels, and treatment with medicinal plants is less expensive than purchasing pharmaceutical drugs.

Furthermore, most inhabitants cultivated medicinal plants in their backyards, which is directly related to the type of plant used, predominantly species of easy maintenance and small size. The inhabitants of Luziânia also knew several native medicinal species even though they used more exotic species to treat symptoms and health improvement, e.g., lemongrass, mint, mastruz, and boldo. Finally, the frequent use of

medicinal species to treat the most common health problems, e.g., colds, digestive problems, stress, and insomnia highlights the social importance of ethnobotanical knowledge for the population of Luziânia.

Acknowledgements

The authors thank the population of Luziânia (GO) for sharing their knowledge, the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for the scholarships granted to the first and second authors of this manuscript, the Federal Institute of Goiás, *Campus* Luziânia, for the logistical support in the rural area of Luziânia, and the anonymous reviewers, who contributed to improving this study through their valuable suggestions.

References

ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; ALENCAR, N. L. Métodos e técnicas para a coleta de dados. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; CUNHA, L. V. F. C. (Ed.). **Métodos e Técnicas na Pesquisa Etnobotânica**. Recife: NUPEEA, p. 40-64, 2010.

ALMEIDA, C. F.C. B. R.; ALBUQUERQUE, U. P. Uso e conservação de plantas e animais medicinais no Estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil): um estudo de caso. **Interciência**, v. 26, n. 7, p. 276-285, 2002.

AMOROZO, M. C. M. Uso e diversidade de plantas medicinais em Santo Antônio do Leverger, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, p. 189-203, 2002.

ANTONIO, G. D.; TESSER, C. D.; MORETTI-PIRES, R. O. Contribuições das plantas medicinais para o cuidado e promoção da saúde na atenção primária. **Interface**, v. 17, n. 46, p. 615-633, 2013.

AQUINO, F. G.; RIBEIRO, J. F.; GULIAS, A. P. S. M.; OLIVEIRA, M. C.; BARROS, C. J. S.; HAYES, K. M.; SILVA, M. R. Uso sustentável das plantas nativas do Cerrado: oportunidades e desafios. In: PARON, L.; AGUIAR, L. M. S.; DUBOC, E.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; CAMARGO, A. J. A.; AQUINO, F. G. (Ed.). **Cerrado: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 95-123.

ARNOUS, A. H.; SANTOS, A. S.; BEINNER, R. P. C. Plantas medicinais de uso caseiro: Conhecimento popular e interesse por cultivo comunitário. **Espaço para a Saúde**, v. 6, p. 1-6, 2005.

BFG - The Brazil Flora Group. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, p. 1085-1113, 2015.

BLUM, S.; COLLINS, M.; HANCOCK, K.; MILLER, K.; YADAV, S. 2019. **Deforestation in Brazil**. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/38535a937f82494a8e37094d9efc6121>. Acesso em: 14 fev. 2022.

BRAGA, F. C. Brazilian traditional medicine: Historical basis, features and potentialities for pharmaceutical development. **Journal of Traditional Chinese Medical Sciences**, v. 8, Supplement 1, p. S44-S50, 2021.

BUDÓ, M. L. D.; RESTA, D. G.; DENARDIN, J. M.; RESSEL, L. B.; BORGES, Z. N. Práticas de cuidado em relação à dor: a cultura e as alternativas populares. **Escola Anna Nery Revista Enfermagem**, v. 12, n. 1, p. 90-96, 2008.

CODEPLAN-DF. 2014. **PMAD – Pesquisa metropolitana por amostra de domicílio - 2013 Luziânia**. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Luzi%C3%A2nia-2013.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2021.

- COSTA, J. C.; MARINHO, M. G. V. Etnobotânica de plantas medicinais em duas comunidades do município de Picuí, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, n. 1, p. 125-134, 2016.
- FELFILI, J. M.; BORGES-FILHO, H. C. **Extrativismo racional da casca do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville)**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2004.
- FIGUEREDO, C. A. **A implementação da fitoterapia no SUS de João Pessoa – PB**. 2013. 208 f. Tese (Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2013.
- FIGUEREDO, C. A.; GURGEL, I. G. D.; GURGEL-JÚNIOR, G. D. A. Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos: construção, perspectivas e desafios. **Physis Revista de Saúde Coletiva**, v. 24, n. 2, p. 381-400, 2014.
- FILIZOLA, B. C.; SAMPAIO, M. B. **Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável de Cascas**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2015. 108 p. Disponível em: <https://ispn.org.br/site/wp-content/uploads/2018/10/BoasPraticasCascas.pdf>. Acesso em: 31 out. 2021.
- FLORA DO BRASIL 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 30 out. 2021.
- GUARIM-NETO, G.; MORAIS, R. G. Recursos medicinais de espécies do cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 4, p. 561-584, 2003.
- GOMES, J. P.; CLEMENTE, A. D.; OLIVEIRA, R. C.; PINTO, M. A. B.; DELGADO, M. N. Plantas medicinais usadas pelas comunidades tradicionais e por moradores das áreas rurais da cidade de Luziânia - GO. **Em formação. Cadernos de Iniciação Científica e Tecnologia do IFG _ Destaques 2013/14**. Goiânia: IFG, 2015. p. 65-77.
- GONÇALVES, J. P.; LUCAS, F. C. A. Agrobiodiversidade e etnoconhecimento em quintais de Abaetetuba, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 3, p. 119-134, 2017.
- GOLÇALVES-SOUZA, D.; VILELA, B.; PHALAN, B.; DOBROVOLSKI, R. The role of protected areas in maintaining natural vegetation in Brazil. **Science Advances**, v. 7, eabh2932, 2021.
- GUERRA, P. G.; NODARI, R. O. Biodiversidade: aspectos biológicos, geográficos, legais e éticos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Ed.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, p. 13-28, 2003.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeo Electronica**, v. 4, p. 1-9, 2001.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Luziânia**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/luziania/panorama>. Acesso em: 05 nov. 2021.
- IMB. Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Painéis municipais Luziânia**. 2016. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/paineis-municipais/luziania-201612.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2021.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2011.

- MEDEIROS, A. C. S.; NOGUEIRA, A. C. Planejamento da Coleta de Sementes Florestais Nativas. **Circular Técnica 126**. Colombo: EMBRAPA Florestas. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/293956/1/circtec126.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2021.
- 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.
- MEYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- MIRANDA, J. J. M. Medicinal plants and their traditional uses in different locations. In: BHAT, R. A.; HAKEEM, K. R.; DERVASH, M. A. (Eds.). **Phytomedicine - A Treasure of Pharmacologically Active Products from Plants**. London: Academic Press, p. 207-223, 2021.
- OLIVEIRA, D. M. S.; LUCENA, E. M. P. O uso de plantas medicinais por moradores de Quixadá-Ceará. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 407-412, 2015.
- PASA, M. C.; SOARES, J. J.; GUARIM-NETO, G. Estudo etnobotânico na Comunidade de Conceição-Açu (Alto da Bacia do Rio Aricá Açu, MT, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 195-207, 2005.
- PILLA, M. A. C.; AMOROZZO, M. C. M.; FURLAN, A. Obtenção e uso das plantas medicinais no distrito de Martim Francisco, Município de Mogi-Mirim, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 789-802, 2006.
- PIO, I. D. S. L.; LAVORB, A. L.; DAMASCENO, C. M. D.; MENEZES, P. M. N.; SILVA, F. S.; MAIA, G. L. A. Traditional knowledge and uses of medicinal plants by the inhabitants of the islands of the São Francisco River, Brazil and preliminary analysis of *Rhaphiodon echinus* (Lamiaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 1, p. 87-99, 2019.
- PRADEICZUK, A.; EICHEMBERG, M. T.; KISSMAN, C. Urban ethnobotany: a case study in neighborhoods of different ages in Chapecó, Santa Catarina State. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 2, p. 276-285, 2017.
- QADIR, S. U.; RAJA, V. Old practice and modern perspectives. In: BHAT, R. A.; HAKEEM, K. R.; DERVASH, M. A. (Eds.). **Phytomedicine - A Treasure of Pharmacologically Active Products from Plants**. London: Academic Press, 2021, p. 149-180.
- RASHID, S.; MAJEED, L. R.; NISAR, B.; NISAR, H.; BHAT, A. A.; GANAI, B. A. Phytomedicines: Diversity, extraction, and conservation strategies. In: BHAT, R. A.; HAKEEM, K. R.; DERVASH, M. A. (Eds.). **Phytomedicine - A Treasure of Pharmacologically Active Products from Plants**. London: Academic Press, 2021, p. 1-33.
- SALES, J. P.; NODA, S. N.; MENDONÇA, M. A. F.; BRANCO, F. M. C. A pecuária no sistema de produção familiar na microrregião do alto Solimões, Amazonas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 1, p. 20-27, 2008.
- SHANLEY, P.; LUZ, L. The Impacts of Forest Degradation on Medicinal Plant Use and Implications for Health Care in Eastern Amazonia, **BioScience**, v. 53, n. 6, p. 573-584, 2003.
- SILVA, C. S. P.; PROENÇA, C. E. B. Uso e disponibilidade de recursos medicinais no município de Ouro Verde de Goiás, GO, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 22, n. 2, p. 481-492, 2008.

SOUSA, J. A.; SILVA, Y. S.; ROQUE, F. C.; FERNANDES, S. D. C.; DELGADO, M. N. Use of medicinal plants and socioeconomic evaluation of urban and rural populations of Sobradinho (DF - Brazil). **Revista Agrogeoambiental**, v. 12, p. 50-63, 2020.

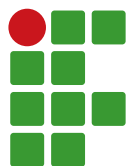
SOUZA, L. F.; DIAS, R. F.; GUILHERME, F. A. G.; COELHO, C. P. Plantas medicinais referenciadas por raizeiros no município de Jataí, estado de Goiás. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 2, p. 451-461, 2016.

SOUZA, C. D.; FELFILI, J. M. Uso de plantas medicinais na região de Alto Paraíso de Goiás, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, n. 20, p. 135-142, 2006.

SOUZA, V. C.; FLORES, T. B.; COLLETTA, G. D.; COELHO, R. L. G. **Guia das Plantas do Cerrado**. Piracicaba: Taxon Brasil Editora e Livraria, 2018.

WINKLERPRINS, A. M. G. A. House-lot gardens in Santarém, Pará, Brazil: linking rural with urban. **Urban Ecosystems**, v. 6, n. 1, p. 43-65, 2002.

ZENI, A. L. B.; PARISOTTO, A. V.; MATTOS, G.; SANTA-HELENA, E. T. Utilização de plantas medicinais como remédio caseiro na Atenção Primária em Blumenau, Santa Catarina, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 8, p. 2703-2712, 2017.



Impact of forest–pasture conversion on soil physical and chemical properties

Denilson Dortzbach¹, Arcangelo Loss², Marcos Gervasio Pereira³, Antonio Paz Gonzalez⁴, Otavio Augusto Queiroz dos Santos⁵, Marisa de Cássia Piccolo⁶

¹ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, SC, Brazil, pesquisador. denilson@epagri.sc.gov.br

² Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brazil, docente. arcangelo.loss@ufsc.br

³ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brazil, docente. mgervasiopereira01@gmail.com

⁴ Universidade da Coruña, Coruña, Galicia, Espanha, docente. tucho@udc.es

⁵ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brazil, doutorando. otavioqueiroz7@hotmail.com

⁶ Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, SP, Brazil, docente. mpiccolo@cena.usp.br

Received in: 18/10/2021 | Accepted in: 18/04/2022

Abstract

The objective of this paper is to assess the changes in soil physical and chemical properties resulting from the conversion of native forest to pasture and pasture to secondary forest in the state of Santa Catarina, Brazil. Seven forest–pasture successional stages were identified using aerial photographs and satellite images acquired in 1957, 1978, and 2008. Successional stages were coded as FFF, FPF, PFF, PPF, FPP, FFP, and PPP, where the first, second, and third letters refer to the land uses (P, pasture; F, forest) practiced in 1957, 1978, and 2008, respectively. Soil samples were collected by layer at depths of 0–10, 10–20, 20–40, 40–60, 60–80, and 80–100 cm. Clay contents, soil bulk density (D_b), macroporosity (MP), microporosity (mP), pH, Aluminum (Al), cation exchange capacity (CEC), calcium (Ca), potassium (K), phosphorus (P), total organic carbon (TOC) content, carbon stock, and $\delta^{13}\text{C}$ abundance were quantified. Conversion of forest to pasture increased soil P, K, Ca, D_b , and mP; and reduced MP, TOC content, and carbon stocks. The largest carbon stocks occurred in sites occupied by forests but previously used as pastures. Forest and pasture age influenced $\delta^{13}\text{C}$ values, resulting in different isotopic signatures for different sites, confirming the transition from C_3 to C_4 plants. In 50-year-old pastures, about 66 % of soil TOC is still derived from the primary forest biomass.

Keywords: Carbon stocks. Soil use conversion. ^{13}C natural abundance. Soil fertility.

Introduction

Alterations in ecological systems previously in equilibrium, such as the replacement of native vegetation by pasture or the succession from meadow to secondary forest, imply changes in soil properties. Such changes are influenced by several factors, including climate, soil type, crop cultivation, and land management practices. Because soil chemical, physical, and biological properties may vary greatly, soils under native vegetation are commonly used as a reference in the study of local soil quality. And the soil quality assessment should specify the functions and ecosystem services (BÜRGI *et al.*, 2017; BÜNEMANN *et al.*, 2018).

Soil's physical and chemical properties are important indicators of changes resulting from land conversion. Degradation of soil physical

properties is one of the major processes leading to the loss of soil structural quality and increased water erosion. In view of its importance for the sustainability of agricultural systems, soil physical quality needs to be closely monitored. Each soil-health goal requires a different set of parameters to be monitored, compared with reference states when appropriate and managed (LEHMANN *et al.*, 2020; ALAWAMY *et al.*, 2022).

Several studies have assessed soil chemical properties to identify which types of land use have the least impact on the environment. It is expected that changes in land use and management or application of agricultural waste will affect carbon (C) stocks in soil, but their effects are limited (TORU *et al.*, 2019; ALAWAMY *et al.*, 2022). There is a limit to C saturation and loss in soil, as losses or gains occur until the system achieves

C stock stabilization. That is, soil carbon stocks depend on the inputs and outputs of C in the soil. (DIGNAC *et al.*, 2017).

Natural isotopic tracers can be used to better understand the complexity of landscape transformations. For instance, ^{13}C natural abundance measurements can reveal the origins of soil organic C and the plant material from which is derived (BALLESDENT *et al.*, 1987; VOLK *et al.*, 2018). ^{13}C variations can be used to examine the effects of time on the structure of anthropic ecosystems (SENA-SOUZA *et al.*, 2019; SMITH; CHALK, 2021).

Isotopic analyses have also been used to study organic matter cycling in the medium term in tropical regions where forests (C_3 photosynthetic cycle) have been replaced by crops (C_4 photosynthetic cycle) (MACHADO *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2020). Compared with C_3 plants, C_4 plants discriminate less between C isotopes and are more enriched in ^{13}C ; as a result, $\delta^{13}\text{C}$ values range from -6 to -19‰ (mean of -13‰) in C_4 plants and from -20 to -34‰ (mean of -27‰) in C_3 plants (SMITH; CHALK, 2021). C isotope ratios were used to study changes in soil caused by alterations in the Amazon forest cover (SILVA *et al.*, 2021).

Based on the above considerations, this paper aimed to assess the changes in soil physical and chemical properties resulting from the conversion of native forest to pasture and pasture to secondary forest in Santa Catarina state, Brazil.

Material and methods

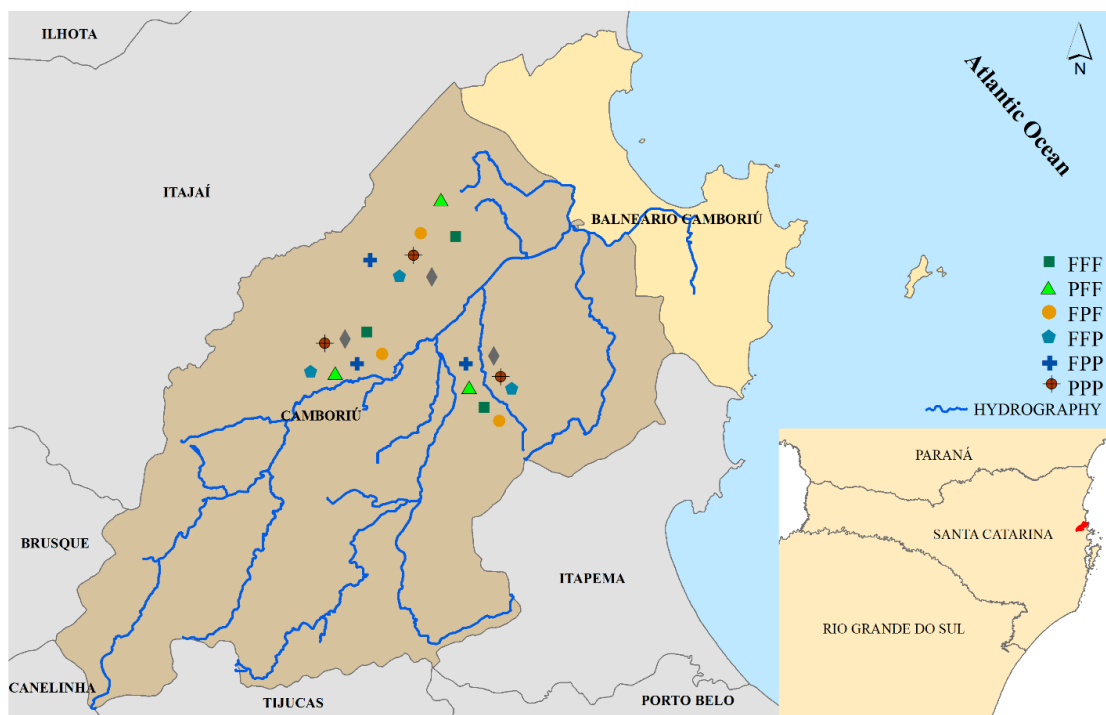
This study was conducted in an area of 25,824.83 ha located in the Camboriú River Basin (between geographic coordinates $26^{\circ}57'15''$ and $27^{\circ}9'20''\text{S}$ and $48^{\circ}33'30''$ and $48^{\circ}48'45''\text{W}$), in the municipalities of Camboriú and Balneário Camboriú, coastal region of Santa Catarina, Brazil (FIGURE 1). The local climate is

humid subtropical with hot summers (Cfa in the Köppen system). The area belongs to the Dense Ombrophilous Forest region, Submontane Forest Formation, with a vegetation cover characterized by a large number of plant species that develop in four distinct strata (SANTA CATARINA, 1986). The dominant soils in the region are Acrisols, Cambisols, and Gleysols (WRB, 2015). In the Brazilian Soil Classification System (EMBRAPA, 2018), the soils are Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, Cambissolo Háplico Distrófico típico, and Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico. However, for this study, three areas were selected, all in the middle third of the slope and under the same soil class (Acrisol – Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico), as described in Dortzbach (2015). The decimal coordinates and altitude of the collection points are shown in Table 1.

Changes in land use and cover were analyzed using georeferenced panchromatic aerial photographs taken in 1957 and 1978 at a 1:25,000 scale and orthorectified synoptic satellite images acquired by QuickBird in 2008 with a spatial resolution of 60 cm. Sites were represented by polygons generated by vectoring.

Crosstab analysis of thematic images on consecutive dates was performed using ArcGIS®. Combinations were performed among all uses and dates to select the most representative successional stages. Seven successions related to forest and pasture use were selected (FFF, FPF, PFF, PPF, FPP, FFP, and PPP), which together represented more than 75 % of the changes in land use during the studied period. Sites were coded with three letters, where the first, second, and third letters denote respectively the land uses practiced in 1957, 1978, and 2008 (FIGURE 2). F represents forest, and P indicates cattle pasture sites with a mean stocking density of 1.5 animal units ha^{-1} throughout the year. FFF represents areas with Submontane Dense Ombrophilous Forest, either non-degraded or in

Figure 1. Location of the municipalities of Balneário Camboriú (SC) and Camboriú (SC), and collection points of soils



Source: Elaborated by the authors (2021).

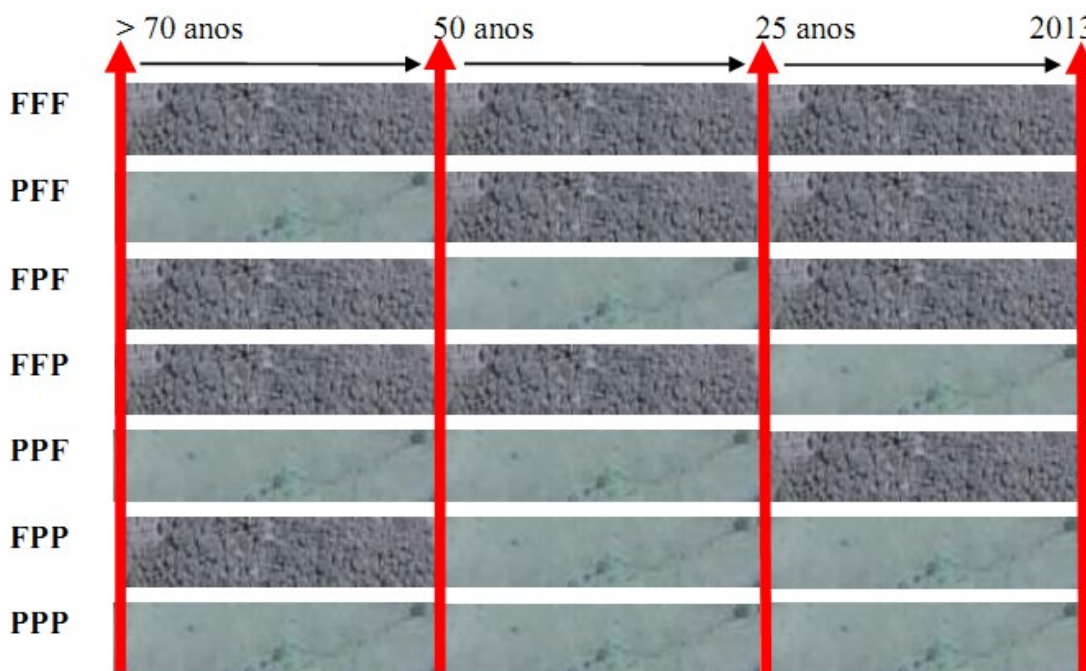
Table 1. Location and altitude of collection sites in each of the areas evaluated in Camboriú (SC)

Sample		Site 1	Site 2	Site 3
FFF	Latitude (°)	-27,124223	-27,073517	-27,108475
	Longitude (°)	-48,696132	-48,727235	-48,787928
	Altitude (m)	31	44	33
PFF	Latitude (°)	-27,100626	-27,092556	-27,065794
	Longitude (°)	-48,713436	-48,699781	-48,718768
	Altitude (m)	31	32	33
FPF	Latitude (°)	-27,094953	-27,070376	-27,070374
	Longitude (°)	-48,735210	-48,729755	-48,729753
	Altitude (m)	79	25	25
FFP	Latitude (°)	-27,068070	-27,094953	-27,054437
	Longitude (°)	-48,729538	-48,735210	-48,681542
	Altitude (m)	24	79	28
PPF	Latitude (°)	-27,082313	-27,107025	-27,105217
	Longitude (°)	-48,733386	-48,773840	-48,770616
	Altitude (m)	47	60	109
FPP	Latitude (°)	-27,067879	-27,069620	-27,105010
	Longitude (°)	-48,723862	-48,729646	-48,745899
	Altitude (m)	25	24	44
PPP	Latitude (°)	-27,092311	-27,092556	-27,079366
	Longitude (°)	-48,701035	-48,699781	-48,729220
	Altitude (m)	31	32	37

F=forest, P=pasture.

Source: Elaborated by the authors (2021).

Figure 2. Representation of the composition of the treatments FFF, PFF, FPF, FFP, PPF, FPP and PPP in relation to time of use of land, > 70 years, 50 years, 25 years, until the year 2013 (year of soil collection)



Source: Elaborated by the authors (2021).

an advanced stage of regeneration. In other sites coded with an F, the original forest vegetation was completely cleared for pasture implementation.

Land use successions were considered as treatments, mapped, and plotted for identification in the field. Three sample collection points (repetitions) were defined for each treatment on the basis of map observation and interviews with local residents. In secondary forest sites (FPF, PFF, and PPF), collections were performed in areas of intermediate succession (FIGURE 2).

Disturbed and undisturbed soil samples were collected by layers at depths of 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm, 40–60 cm, 60–80 cm, and 80–100 cm. Disturbed samples were a composite of three individual samples for each soil depth. After collection, samples were identified, packed in plastic bags, and transported to the laboratory. Then, samples were air-dried, ground, and passed through a 2 mm mesh sieve to obtain air-dried fine earth (ADFE) for analysis. The following chemical properties were evaluated: pH in water, Ca^{2+} , Mg^{2+} ,

K^+ , P, Al^{3+} , and cation-exchange capacity (CEC) at pH 7.0 (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Undisturbed soil samples were collected using metallic volumetric rings (5 cm height and 6 cm diameter). Soil bulk density, total porosity, microporosity, macroporosity, and granulometry (clay fractions) were determined by the pipette method (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Total organic carbon (TOC) and isotopic abundance ($\delta^{13}\text{C}$) analyses were performed at the Center for Nuclear Energy in Agriculture (CENA) of the University of São Paulo (USP), Piracicaba, Brazil. $\delta^{13}\text{C}$ values were determined in 300 mg of ADFE, previously milled and sieved through a 100-mesh sieve. Measurements were performed with a precision of 4 decimal places. Then, samples were packed in tin capsules and subjected to continuous-flow isotope-ratio mass spectrometry using a Finnigan Delta Plus mass spectrometer coupled to Carlo Erba EA 1108 elemental analyzer. Isotopic results are expressed in relation to the Pee Dee Belemnite (PDB) standard.

Organic C stocks were calculated by layer using the equation proposed by Veldkamp (1994) (EQUATION 1):

$$CS = TOC \times D_b \times L \div 10 \quad (1)$$

at which: CS is the organic C stock ($Mg\ ha^{-1}$) in the soil layer, TOC is the total organic C content ($g\ k^{-1}$) in the soil layer, D_b is the soil bulk density ($Mg\ m^{-3}$) of the soil layer, and L is the thickness (cm) of the soil layer.

After calculation, C stocks were corrected for soil equivalent mass (SISTI *et al.*, 2004), using FFF soil as a reference. This procedure was necessary because, after compression, pasture soil samples, for example, cannot be directly compared with forest soil samples collected at the same depth. Correction for soil equivalent mass is used to minimize the effects of soil use and management on soil bulk density, according to Ellert and Bettany (1995).

The percentage of C derived from pasture (C_p) and forest (C_f) was obtained by calculating the isotopic dilution, as shown in Equations 2 and 3:

$$C_p = \frac{\delta - \delta_o}{\delta_c - \delta_o} \times 100 \quad (2)$$

$$C_f = 100 - C_p \quad (3)$$

at which: δ is the $\delta^{13}C$ value of the soil sample, δ_c is the $\delta^{13}C$ value of C_4 plants (-12.4%), (BALBINOT, 2009), and δ_o is the $\delta^{13}C$ value of forest soil.

Means were compared at $p < 0.05$ by Tukey's test. Pearson correlation analysis and linear regression were performed. Statistical analyses were conducted using Assisat version 7.7 beta (2011) and Microsoft Excel.

Results and discussion

Clay contents did not differ significantly between sites (FIGURE 3a), with a tendency to higher levels in pasture sites. It is probable that pasture sites were subjected to intense erosion, facilitated by the land slope. Therefore, coarse

grains were carried off from surface horizons and fine grains remained in subsurface layers. In landscape points with greater slope, surface water runoff is intensified, leading to selective removal (loss) of clay particles from surface horizons by erosion, characterizing the specific pedogenetic process of elutriation, which results in a relative increase in clay content in depth (KÄMPF; CURI, 2012). In all areas evaluated, there was a significant increase in the clay content at depth (Figure 3a), which is due to the pedogenetic process of Argiluviation, with subsequent formation of the textural diagnostic horizon B (KÄMPF; CURI, 2012). In all areas of this study, we have the class of Acrisols (Argissolos).

Soil bulk density varied significantly between sites and soil depths (FIGURE 3b). At the 0–10 cm depth layer, the bulk density of sites that were last covered by forest (FFF, PFF, FPF, and PPF) was significantly lower than that of sites last covered by pasture (FFP, FFP, PPP). In forest sites, bulk density ranged from $0.79\ Mg\ m^{-3}$ to $0.92\ Mg\ m^{-3}$; and in pasture sites, from $1.12\ Mg\ m^{-3}$ to $1.20\ Mg\ m^{-3}$. The higher density in the latter is likely due to mechanical pressures from cattle trampling (FIGURE 3b). Similar results for pasture sites were observed by Freitas *et al.* (2012). The authors assessed the bulk density of orthic Quartzarenic Neosol under four land uses: native forest, pasture, agroforest, and cropland (recently converted). Pasture sites were shown to have the highest soil bulk density, attributed to long-term grazing by cattle and horses at a stocking rate of $1.30\ animal\ units\ ha^{-1}$.

Machado *et al.* (2019) evaluated the soil bulk density in three areas of Seasonal Semideciduous Forest, with different successional stages (initial-stage forest – ISF, medium-stage forest – MSF, and advanced stage forest – ASF), located in areas of the middle third of slopes in Pinheiral (RJ). The authors found lower values of bulk density in the ASF area, and these results are

due to the constant deposition of plant residues on the soil surface in this area. Prior to the use of forest, all areas were used for pasture. These results corroborate those found in the present study, in which 25 years of forest cover following pastureland use (FPF and FFF) led to reductions in soil bulk density.

At the 10–20 cm depth layer, differences between pasture and forest sites became less evident. The highest bulk density was observed in PPP, which differed from the other sites, except PFF. PPP had the highest bulk density at all depths, but no differences were observed between sites in the 80–100 cm depth layer.

The lower values of soil bulk density in the Forest areas are due to the fact that this area is in good edaphic conditions, with greater biological diversity, and higher content of organic matter, which is characterized as one of the factors responsible for maintaining the physical conditions of the soil, and which also has more influence on the reversal of the state of soil compaction. The higher values of soil bulk soil for the surface layers of pasture areas are a consequence of animal traffic, poor soil management due to overgrazing, and other forms of pressure, which favored greater compaction (Santos *et al.*, 2020).

There is a progressive increase in soil bulk density values with increasing depth for all areas evaluated (FIGURE 3b). This pattern was also observed for clay values (FIGURE 3a), which suggests that this increase in soil bulk density may be associated with the soil type (Acrisol), which presents a block structure in the subsurface horizons, and an increase in the clay content due to the clay translocation process. This usually causes higher soil density values. As reported by Padua *et al.* (2015), the eluviation of clay particles and the presence of a block or prismatic structure tend to favor the highest values of soil bulk density at depth. And this is due to the lower macroporosity, under similar texture and

mineralogy conditions. These results corroborate the highest values of the micro/macroporosity ratio in areas with pasture (3d).

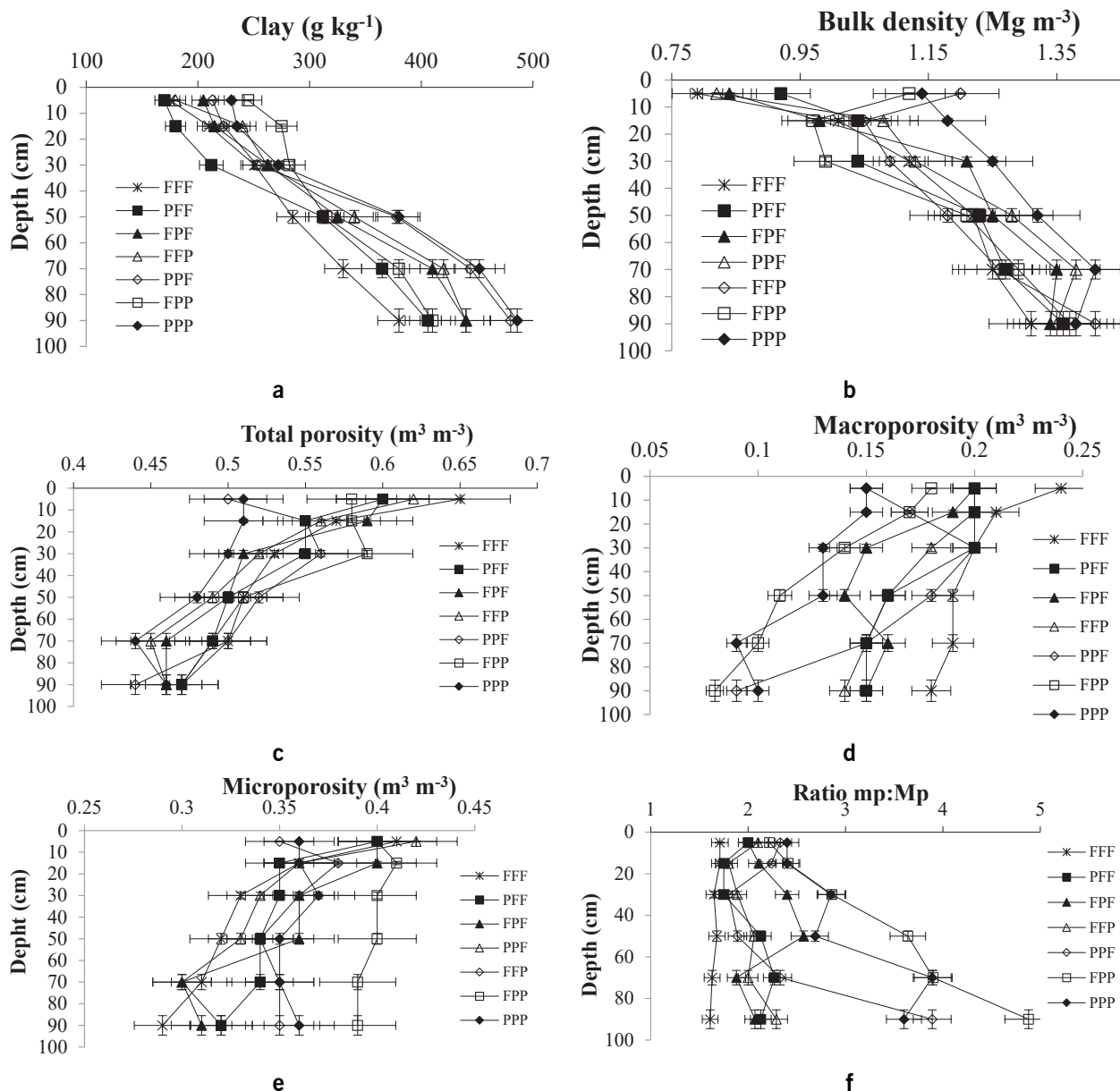
The total porosity of surface layers (FIGURE 3c) at all sites was in accordance with the considered ideal for most crops, i.e., above 50 %. According to Camargo and Alleoni (1997), for most non-irrigated crops, soils should ideally have a pore volume of 50 %, of which, at field capacity, 33.5 % is occupied by water and 16.5 % by air. The higher total porosity observed in FFF is probably due to the environmental balance made possible by the lack of anthropogenic disturbances. In addition, the contribution of soil organic matter and biological activity in the soil aggregation process is added, as reported by Machado *et al.* (2019) and Toru *et al.* (2019).

FFF had a higher macroporosity than FPP and PPP in surface layers, although the differences were not significant (FIGURE 3d). All values were higher than the minimum required for good air and water flow, $0.10 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ (HILLEL, 1998). Pore volume to microporosity was higher than macroporosity (FIGURE 3e). Clay soils tend to have a predominance of micropores, whereas sandy soils have a predominance of macropores (BRADY; WEIL, 2013). In the surface layer, the micropore volume of PPP and FFP was significantly lower than that of other sites. In the deepest layers, the highest values were found in FPP (FIGURE 3e).

Microporosity/macroporosity ratios indicated that, in most sites, soil conditions were adequate for agricultural crops; that is, the ratio was close to 2:1 (BRADY; WEIL, 2013). PFF, FPP, and PPP had less favorable soil properties, particularly in the deepest layers (FIGURE 3f). According to Kiehl (1979), under ideal conditions, two-thirds of the pore volume should be formed by micropores and one-third by macropores.

The results show that the conversion of forest to pasture had negative effects on soil's physical

Figure 3. Values of the physical properties of the soil at depths of 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60, 60-80 and 80-100 cm, in treatments FFF, PFF, FPF, FFP, PPF, FPP and PPP



Source: Elaborated by the authors (2021).

properties. The reduction in macroporosity and total porosity and increase in microporosity and soil density can alter the flow of water and nutrients in the soil, affecting crop development and erosion processes. In addition to the effect of converting the forest to pasture, the increase in microporosity and soil density, with a consequent decrease in macroporosity and total pore volume, may also be related to the increase in clay content at depth (FIGURE 3a), due to the eluviation

process. It is also due to the decrease in organic carbon contents at depth (FIGURE 5a), which causes a decrease in biological activity.

Soil chemical properties varied greatly between sites because of the differences in soil management systems. For instance, pasture sites are fertilized and limed. Nevertheless, the changes in soil properties resulting from land-use conversion were evident.

Soil pH was higher on the surface horizon of FFP and FPP than of sites last covered by forest (FIGURE 4a). This result can be attributed to lime application, used to increase pasture productivity. Secondary forest sites converted from pasture (PFF, FPF, PPF) and FFF had similar pH levels, indicating that, with time and without anthropogenic activity, soil pH levels decrease and tend toward levels found in non-degraded soils. The differences in pH between sites became less prominent in deeper layers. Below the 60 cm depth, no differences were found between pasture and forest sites.

Soils with high pH also had low Al levels, although no significant differences were found between sites (FIGURE 4b). In surface layers, Al content was highest in FFF and lowest in FFP and FPP. In general, Al levels increased with depth, surpassing $4 \text{ mol}_c \text{ dm}^{-3}$, a concentration that is toxic to plants.

Cation exchange capacity (CEC) levels had similar behavior to pH levels: values were higher in surface layers and decreased with depth, except for the PPP site (FIGURE 4e). This result may be related to the presence of organic matter, as the highest total organic carbon (TOC) values are found in the surface layer, with a consequent decrease in-depth (FIGURE 5a). Ca levels were much higher in FPP, followed by PPF and PPP, than in FFF and PFF (FIGURE 4c). The high levels of Ca in pasture sites were due to the application of lime, a major source of Ca. The highest levels were found in the 0–10 cm depth layer in all sites.

All sites had higher K levels than FFF, resulting from soil fertilization. This shows that K is persistent in soil, as, even in sites with more than 50 years of secondary forest cover (PFF), the levels of K were much higher than those in FFF (FIGURE 4d). However, significant differences between FFF and PPP and FPF were only observed in the 0–10 cm depth layer. Overall, K levels did not differ significantly with depth.

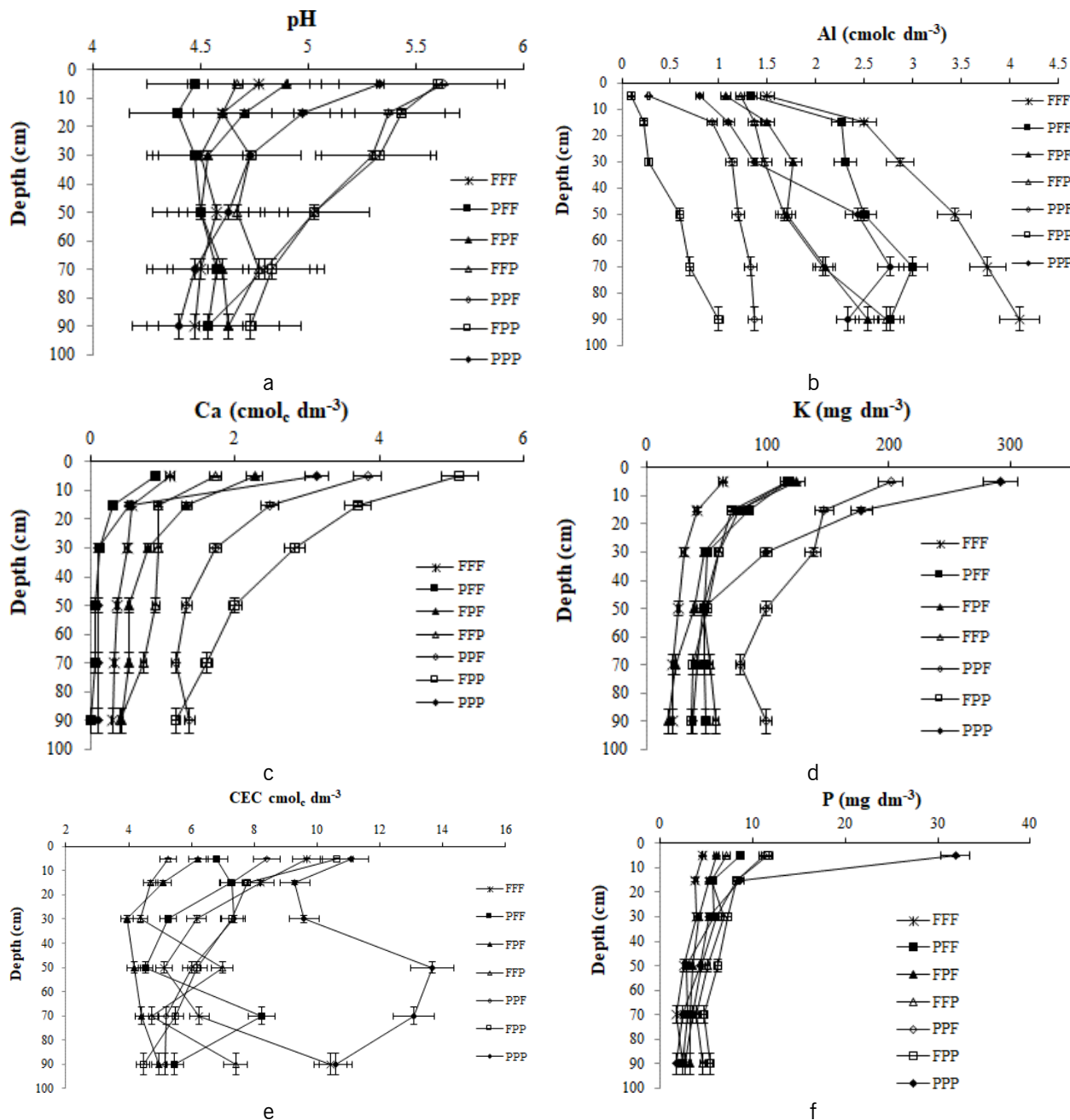
The highest P level was found in the surface layer of PPP (FIGURE 4f), which differed significantly from other sites. Low values were observed in secondary forest sites with a history of pastureland use (PFF, FPF, PPF), but P contents were higher than that in FFF. Even after long periods of land abandonment and the establishment of secondary vegetation, P levels did not decrease to levels found in sites without anthropogenic disturbances (FFF), although differences were not significant.

The PPP area stands out from the others in relation to the highest levels of P and K in the surface layer of the soil (FIGURES 4d; 4f). In addition to the effect of fertilization, forage grasses are efficient in cycling nutrients, as well as favoring soil aggregation, which favors soil fertility. Added to these factors, there is the deposition of bovine feces and urine on the surface of the pasture soil, which also favors the contribution of P and K (ZIN BATTISTI *et al.*, 2018). The higher values of CEC in the PPP site in depth are due to the high values of Al (FIGURE 4b).

Sites differed in TOC content only in the surface layer. The highest values were observed in PFF, FFF, and PPF (FIGURE 5a), demonstrating that forest cover increased organic matter deposition, except in FPF, which had lower TOC contents. The results for PFF and PPF suggest that regeneration for more than 25 years can favor TOC recovery after deforestation. However, TOC recovery was not observed in FPF, in which pasture was maintained for 25 years, followed by secondary forest development. It is possible to assume that FPF sites had low natural fertility or another impediment, which consequently affected pasture crop productivity and organic matter input, leading to land abandonment.

Other studies have shown that TOC content is higher in forest sites than in pasture sites (Cardoso *et al.*, 2010; Machado *et al.*, 2019), as the organic matter input is higher in the former. The highest levels of TOC in PFF and

Figure 4. Values of the chemical properties of the soil at depths of 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm, in treatments FFF, PFF, FPF, FFP, PPF, FPP and PPP. 4a. pH; 4b. Aluminum ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); 4c. Calcium ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); 4d. Potassium (mg dm^{-3}); 4e. cation exchange capacity – CEC ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); 4f. Phosphorus (mg dm^{-3})



Source: Elaborated by the authors (2021).

PPF indicate that, as a function of the forest succession time, there is an increase in the C, which can be attributed to the structural complexity of the vegetation, mainly in terms of density and basal area, which in turn may

influence the deposition and accumulation of litter (Machado *et al.*, 2019). However, contradictory results are found in the literature with regard to soil C stocks in forest and pasture, because this parameter depends on the initial C stock and the

soil management strategies adopted in pasture systems. The results of this study do not agree with those of Guo and Gifford (2002), who found that the conversion of forest to pasture increased C stocks by 8 %. Alves *et al.* (2008) argued that the TOC content of pasture soil may be close to or even higher than that of forest soil, mainly in surface layers. C stocks generally increase with depth in forest soil.

The low TOC content observed in pasture sites is likely due to soil degradation and lack of adequate management. According to Carvalho *et al.* (2011) and LAPIG (2021), in Brazil, more than half of the pastures used for livestock grazing are at some stage of degradation, resulting in low production of plant biomass and organic waste and, consequently, TOC contents. Conant *et al.* (2001), in an extensive review of the literature comprising more than 100 studies conducted in 17 countries, reported the importance of soil management strategies aimed at carbon buildup in pasture sites. The authors concluded that fertilization and the use of adequate animal stocking rates can increase C sequestration by up to 0.3 Mg C ha⁻¹ year⁻¹.

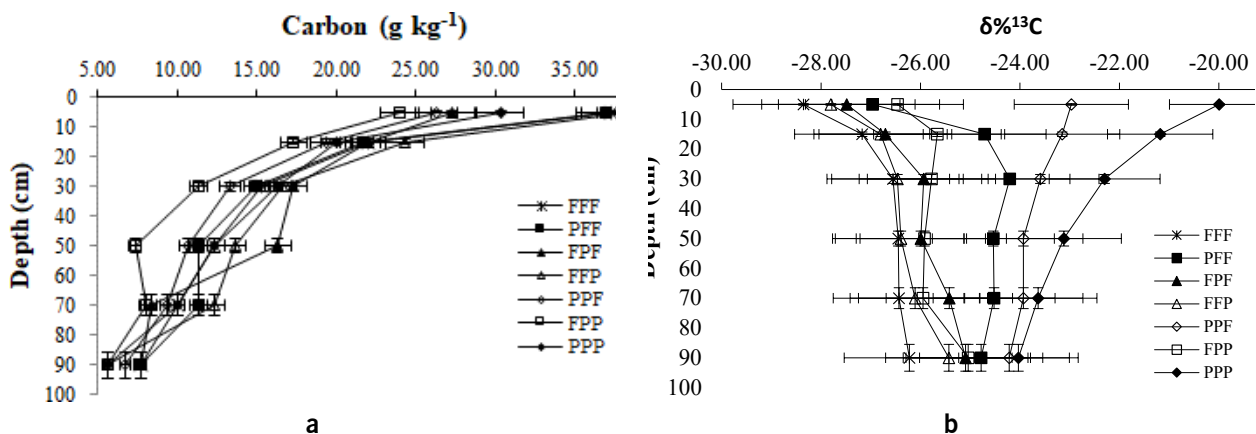
In general, TOC content was lower in deeper horizons, as the organic matter input is normally greater in surface layers (FIGURE 5a). In 50–100 cm depth layers, no differences were observed between sites, showing that organic

matter deposition has a higher effect on TOC content in surface layers.

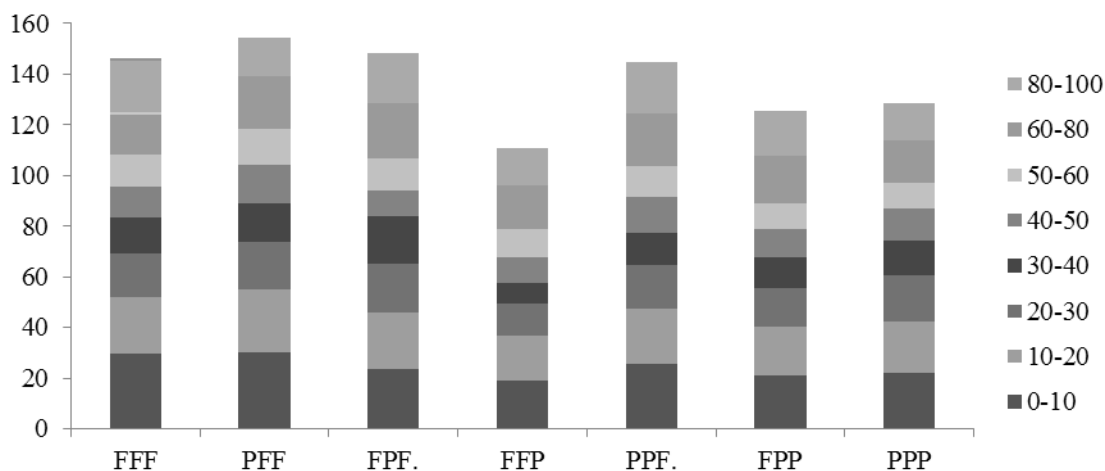
The conversion of natural systems to cropland alters soil C dynamics, generally resulting in decreased C stocks. In surface horizons, FFF, PFF, and FPF differed significantly from other sites (FIGURE 6). C stocks were higher in the 0–10 cm depth layer (18.97–30.31 Mg C ha⁻¹) than in deeper layers, in accordance to the fact that organic matter is deposited at higher concentrations on the soil surface. In the 10 – 20 cm depth layer, C stocks decreased by up to 25 % (in FFF) in relation to the levels of C on the surface horizon, and significant differences were observed between PFF (24.71 Mg C ha⁻¹) and FFP and FPP. No differences between sites were observed in the 50–60 cm depth layer. In the deepest layer (60–80 cm), FFF, FPF, and PPF differed significantly from PFF, PPP, and FFP. In 80–100 cm depth soil, C stocks were higher in PFF (154 Mg C ha⁻¹) than in FFF (148 Mg C ha⁻¹), and the lowest C stocks were observed in FFP (112 Mg C ha⁻¹).

FFF had the lowest $\delta^{13}\text{C}$ values, varying from -28.35‰ in the 0–10 cm depth layer to -26.20‰ in the 60–80 cm depth layer (FIGURE 5b). This result indicates a predominance of C₃ plants (FIGURE 4f).

Figure 5 – Values of the carbon (g kg⁻¹, 5a) and natural abundance of $\delta^{13}\text{C}$ (‰, 5b)



Source: Elaborated by the authors (2021).

Figure 6. Soil carbon stocks (Mg C ha⁻¹) for the treatments FFF, PFF, FPF, FFP, PPF, FPP and PPP at different depths

Means followed by the same letter in the column do not differ by Tukey's test ($p < 0.05$).

Source: Elaborated by the authors (2021).

Similar findings were reported for Atlantic Forest sites (MACHADO *et al.*, 2019) and other Brazilian biomes (LOSS *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2020).

$\delta^{13}\text{C}$ became enriched with depth in all sites, corroborating literature data. According to Balesdent *et al.* (1987) and Smith and Chalk (2021), the enrichment of $\delta^{13}\text{C}$ with depth is due to the following factors: microbial decomposition of organic substrates may involve a normal isotope effect; thus, microbial products may become more enriched in $\delta^{13}\text{C}$ than substrates; the $\delta^{13}\text{C}$ of plants and organisms may have inter- and intramolecular variations; global and local climatic variations may modify $\delta^{13}\text{C}$ over time; and humification increases soil organic matter $\delta^{13}\text{C}$ values.

In sites other than the native forest, soil organic matter was composed of two types of residues of plant material, that of C_3 plants (-21 to -35 %) and that of C_4 plants (-9 to -17 %). When comparing the $\delta^{13}\text{C}$ values of FFF and PPP, it is possible to observe the influence of land use on the predominant vegetation. $\delta^{13}\text{C}$ values were much higher in PPP, covered by C_4 plants, than in FFF, covered by C_3 plants. Differences between

sites were more expressive in the surface layer (8.36 %) but remained detectable up to the 80–100 cm depth layer (2.19 %). In the site used for pasture for more than 50 years (PPP), 48 % of the C content in the surface horizon, 60 % in the 10–20 cm depth layer, and up to 84 % in the deepest layer originated from previous forest cover (TABLE 2).

In PFF, FPF, and FFP, all of which had a short history of pastureland use, no significant differences in C composition were observed in any depth. No differences were observed in $\delta^{13}\text{C}$ signature between PFF, covered by secondary forests for the past 50 years, and FPF, covered by secondary forest for the past 25 years (TABLE 2). These results indicate that a 25-year period of pasture interspersed with periods of forest cover is not sufficient to afford significant differences in the $\delta^{13}\text{C}$ signature, mainly because of the presence of native forest C. The storage of C in soil may be due to the low rate of C loss observed in forest remnants, the physical characteristics of soil (texture and structure), and the low rate of soil organic matter decomposition resulting from low microbial activity. Therefore, only long periods of pastureland use promote significant

Table 2 – Percentage of C from forest (F) and pasture (P) at different depths

Depth	FFF		PFF		FPF		FFP		PPF		FPP		PPP	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
cm	----- % -----													
0-10	100	0	97	3	95	5	88	12	91	9	66	34	48	52
10-20	100	0	98	2	97	3	90	10	83	17	73	27	60	40
20-40	100	0	99	1	96	4	95	5	85	15	80	20	73	27
40-60	100	0	98	2	93	7	95	5	87	13	83	17	80	20
60-80	100	0	96	4	94	6	93	7	93	7	86	14	83	17
80-100	100	0	94	6	92	8	92	8	90	10	86	14	84	16

Source: Elaborated by the authors (2021).

differences in the $\delta^{13}\text{C}$ of soil organic matter, especially if periods of pasture are interposed between long periods of forest cover. In such cases, the isotopic signature will reflect values from old C_3 plants, C_4 plants, and new C_3 plants.

Stable C isotope analysis of soil is an important tool for the detection of C isotopes from different systems, such as forest and pasture (TARRÉ *et al.*, 200; PEREIRA *et al.*, 2020). However, pasture age is not solely responsible for changes in $\delta^{13}\text{C}$ values; soil management techniques, predominant vegetation, and environmental characteristics must also be considered.

Conclusions

Forest conversion to pasture increased soil P, K, and Ca levels, pH, soil bulk density, and microporosity, while decreasing macroporosity and soil C stocks. After more than 50 years of pasture use, 48 % of the TOC content in the soil surface layer is still derived from the original forest vegetation.

References

ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M. Dinâmica do carbono em solos sob pastagem. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O

(eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole. p.561-569. 2008.

ALAWAMY, J. S.; BALASUNDRAM, S. K.; HANIF, A. H.; TEH BOON, C. Response of Potential Indicators of Soil Quality to Land-Use and Land-Cover Change under a Mediterranean Climate in the Region of Al-Jabal Al-Akhdar, Libya. **Sustainability**, 14, 162, 2022.

BALLESDENT, J.; MARIOTTI, A.; GUILLET, B. Natural ^{13}C abundance as a tracer for studies of Soil organic-matter dynamics. **Soil Biol. Biochem.**, 19, p. 25-30. 1987. DOI: 10.1016/0038-0717(87)90120-9.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos.** 3. ed. PortoAlegre: Bookman, 2013. 704p.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G.; GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, W.; SUKKELE, W.; GROENIGEN, J. W. V.; BRUSSAARD, L. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, 120, 105-125. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>.

- BÜRGI, M.; ÖSTLUND, L.; MLADENOFF, D. J.; Legacy Effects of Human Land Use: Ecosystems as Time-Lagged Systems. **Ecosystems**, 20, p. 94–103. 2017. <https://doi.org/10.1007/s10021-016-0051-6>.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ. 132p. 1997.
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solos sob florestas nativas e pastagens do bioma Pantanal. **Pesq. Agropec. Bras.** 9, p. 1028-1035. 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000900013.
- CARVALHO, A. J.; CARNEIRO, J. E. S.; FERREIRA, L. R.; CECON, P. R.; SANTOS, M. V. Efeito da época de semeadura de *Brachiaria decumbens* e de dessecantes em pré-colheita sobre o rendimento de grãos do feijoeiro e a biomassa forrageira em cultivo consorciado. **Ci. Agrotec.** 35, p. 893-899. 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000500005.
- CONANT, R.T.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. **Ecol. Appl.** 11, p. 343-355. 2001. DOI: 10.1890/1051-0761.
- DIGNAC, M. F.; DERRIEN, D.; BARRÉ, P.; BAROT, S.; CÉCILLON, L.; CHENU, C.; CHEVALLIER, T.; FRESCHET, G. T.; GARNIER, P.; GUENET, B.; HEDDE, M.; KLUMPP, K.; LASHERMES, G.; MARON, P.-A.; NUNAN, N.; ROUMET, C.; BASILE-DOELSCH, I. Increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A review. **Agron. Sustain. Dev.** 37, 14. 2017. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0421-2>.
- DORTZBACH, D. **Dinâmica da paisagem e alterações dos atributos do solo em uma Bacia Hidrográfica na região Sul do Brasil**. 2015. 197 F. Tese (Doutorado), Universidade da Coruña, La Coruña, GA, Espanha, 2015. Disponível em: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14545/Dortzbach_Denilson_TD_2015.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Access on: 18 oct. 2021.
- ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Can. J. Soil Sci.** 75, p. 529-538. 1995. DOI: 10.4141/cjss95-075.
- FREITAS, I. C.; SANTOS, F. C. V.; CUSTODIO FILHO, R. O.; SILVA, N. R.; CORRECHEL, V. Resistência à penetração em Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes formas de manejo. **R. Bras. Eng. Agric. Amb.** 16, p. 1275-1281. 2012. DOI: 10.1590/S1415-43662012001200003.
- GUO, L. B.; GIFFORD, R. M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis, **Global Change Biol.** 8, p. 345-360. 2002. DOI: 10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x.
- HILLEL, D. **Flow of water in unsaturated soil**. In: HILLEL, D. Environmental soil physics. New York: Academic Press, p. 203-241. 1998.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: Relações solo planta**. São Paulo, Agronômica Ceres, 262p. 1979.
- LAPIG – Laboratório De Processamento De Imagens E Geoprocessamento. **Atlas Digital das Pastagens Brasileiras**. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <https://lapig.iesa.ufg.br/p/38972-atlas-das-pastagens>. Access on: 06 nov. 2021.
- LEHMANN, J.; BOSSIO, D. A.; KÖGEL-KNABNER, I.; RILLIG, M. C.; The concept and future prospects of soil health. **Nat Rev Earth Environ**, 1, p. 544–553, 2020. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>.

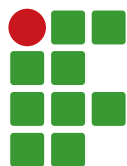
- LIMA, H. N. B.; COELHO, J. J.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, E. R. S.; CUNHA, M. V.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F. Soil chemical changes and resemblances in a chronosequence rainforest-sugarcane-pastureland in the Atlantic forest biome. **Cerne**, 26, p. 444-455, 2020.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Abundância natural de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em sistemas de manejo conservacionista no Cerrado. **Bioscience Journal**, 30, p. 604-615, 2014.
- MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, L. L.; DINIZ, A. R.; GUARESCHI, R. R. Organic matter and soil fertility in different successional stages of seasonal semideciduous forest. **Caatinga**, 2, p. 245-259, 2019.
- PÁDUA, E. J.; GUERRA, A. R.; ZINN, Y. L. Modelagem da Densidade do Solo em Profundidade sob Vegetação Nativa em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39, p. 725-736, 2015.
- PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; GUARESCHI, R. F.; BARROS, F. C.; PICCOLO, M.C.; PERIN, A. SHIGAKI, F.; SANTOS, O.A.Q. Physical attributes, total carbon and ^{13}C natural abundance in ferralsol under different agricultural systems. **International Journal of Research - GRANTHAALAYAH**, 8, p. 266-276, 2020.
- Santa Catarina - Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. 1986. **Atlas de Santa Catarina**. Florianópolis. 173p.
- SANTOS, C.; MACHADO, L. N.; LOSS, A.; DORTZACH, D. Soil density and carbon stocks under different soil use systems in Guarujá do Sul, Santa Catarina State, Brasil. **International Journal Of Development Research**, 10, p. 36420-36425, 2020.
- SENA-SOUZA, J. P.; COSTA, F. J. V. C.; NARDOTO, G. B. Background and the use of isoscapes in the Brazilian context: essential tool for isotope data interpretation and natural resources anaging. **Ambiente & Água**, 14, p. 234-246, 2019.
- SENA-SOUZA, J. P.; HOULTON, B. Z.; MARTINELLI, L. A.; NARDOTO, G. B. Reconstructing continental-scale variation in soil $\delta^{15}\text{N}$: a machine learning approach in South America. **Ecosphere**, v. 11, n. 8,: e03223. 2020. 10.1002/ecs2.3223.
- SILVA, L. C. R.; CORRÊA, R. S.; WRIGHT, J. L.; BOMFIM, B.; HENDRICKS, L.; GAVIN, D. G.; MUNIZ, A. W.; MARTINS, G. C.; MOTTA, A. C. V.; BARBOSA, J. Z.; MELO, V. F.; YOUNG, S. D.; BROADLEY, M. R.; SANTOS, R. V. A new hypothesis for the origin of Amazonian Dark Earths. **Nature Communications**, 12, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20184-2>.
- SMITH, C. J.; CHALK, P. M. Carbon (d^{13}C) dynamics in agroecosystems under traditional and minimum tillage systems: a review. **Soil Research**, 2021, 59, p. 661–672. Review . <https://doi.org/10.1071/SR21056>.
- SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil Till. Res.** 76, p. 39-58. 2004. DOI: 10.1016/j.still.2003.08.007.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; WENCESLAU, A. F.; TEIXEIRA, G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 573p. 2017.
- TORU, T.; KIBRET, K. Carbon stock under major land use/land cover types of Hades sub-watershed, eastern Ethiopia. **Carbon Balance Manage**, v. 14, n. 7, 2019. <https://doi.org/10.1186/s13021-019-0122-z>.

TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant Soil**, 234, p. 15-26. 2001. DOI: 10.1023/A:1010533721740.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, 58, p. 175-180. 1994. DOI: 10.2136/sssaj1994.03615995005800010025x.

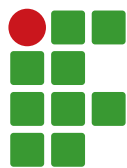
VOLK, M.; BASSIN, S.; LEHMANN, M. F.; JOHNSON, M. G.; ANDERSEN, C. P. 13C isotopic signature and C concentration of soil density fractions illustrate reduced C allocation to subalpine grassland soil under high atmospheric N deposition. **Soil biology & biochemistry**, 125, p. 178–184. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.07.014>

ZIN BATTISTI, L. F.; SCHMITT FILHO, A. L.; LOSS, A.; ALMEIDA SINISGALLI, P. A. Soil chemical attributes in a high biodiversity silvopastoral system. **Acta Agronomica**, 67, p. 486-493, 2018.



Sumário

Espécies arbóreas e ecologia de áreas verdes urbanas no município de Campestre, Minas Gerais	737
Lilian Martins Sobral; Diego Pereira Marcelini; Miguel Gama Reis; Walnir Gomes Ferreira Júnior	
Crescimento e produção de bananeira nanica em resposta ao superfosfato simples e fosfato monoamônico aplicados em área irrigada com água calcária	750
Edinon Manoel Nascimento; Dilermando Dourado Pacheco; Tatiane Carla Silva; Walisson Fagunde Jacome; Sérgio Ferreira Alcântara; Rafael Montanari	
Inibição do crescimento micelial de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> por isolados de <i>Trichoderma</i> spp.	762
Ítalo Vilar Fernandes; Hebe Perez de Carvalho; Ana Carolina Perez de Carvalho dos Santos; Yuri José Galvão Chagas	
Caracterização morfoanatómica da folha e raiz de <i>Brassavola tuberculata</i> Hook (Orchidaceae) em afloramento rochoso	772
Fernanda Maria Trindade da Silva; Wellington Marota Barbosa; Walnir Gomes Ferreira Júnior	
Estimativa de falhas em plantio de soja a partir de imagens aéreas obtidas por ARP	782
Jadson Maximiano da Silva; José Luiz de Andrade Rezende Pereira; João Edson Costa Ferreira da Silva; Ângelo Marcos Santos Oliveira; Taiane Aparecida Fernandes Carvalho	
Adução nitrogenada em cobertura e níveis de reposição de água no solo no rendimento da cultura da cenoura	791
Márcio José de Santana; Ana Paula Leite de Mendonça; Marcos Vinicius Pires Silva; Acácio Gomes Xavier; Maria Eduarda Rocha Rossi André	
Avaliação das condições do milho armazenado no setor familiar na localidade de Mahelane	801
Arsênio Daniel Ivo Mulhanga; Dade Rebocho; Dionatas Alex Garcia; Domingos Armando Soquir Jeque; Ivan Natividade Júlio Zevo	
Plantas medicinais usadas pelos moradores das áreas urbana e rural de Luziânia, Goiás, Brasil	809
Marina Neves Delgado; Jessica Pinto Gomes; Raphaela Braz de Castro; Judite Araújo de Sousa	



Espécies arbóreas e ecologia de áreas verdes urbanas no município de Campestre, Minas Gerais

Lilian Martins Sobral¹, Diego Pereira Marcelini², Miguel Gama Reis³, Walnir Gomes Ferreira Júnior⁴

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Machado, graduada em Ciências Biológicas. liliansobralmartins@gmail.com.

²IFSULDEMINAS - Campus Machado, graduado em Ciências Biológicas. diegomarcelini@yahoo.com.br.

³Universidade Federal de Lavras (UFLA) – Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, mestrando. miguel_greis@yahoo.com.br.

⁴IFSULDEMINAS - Campus Machado. Laboratório de Botânica e Ecologia - Herbário GERAES, docente. Autor para correspondência: walnir.ferreira@gmail.com.

Submetido em: 24/09/2021 | Aceito em: 29/11/2021

Resumo

As áreas verdes urbanas produzem benefícios como redução da poluição do ar, amenização climática, diminuição da ação dos ventos, minimização da poluição sonora, abrigo para a fauna e aumento da captação e infiltração de água no solo. Este trabalho foi executado com o objetivo de realizar o levantamento florístico, a diversidade e a caracterização quanto ao hábito, à dispersão e à origem das espécies existentes em quatro praças do município de Campestre, Minas Gerais. Desta forma, foi realizado o levantamento florístico e de aspectos ecológicos das árvores e arbustos em quatro áreas verdes urbanas do município. Todos os indivíduos arbóreos e arbustivos foram marcados e identificados. Cada espécie identificada foi classificada segundo o hábito, a dispersão e a origem. No total, foram registrados 313 indivíduos arbóreos, arbustivos e palmeiras, distribuídos em 73 espécies, 62 gêneros e 30 famílias botânicas. Considerando todas as praças, a diversidade de Shannon foi de 3,72 e o coeficiente de equabilidade de Pielou foi 0,87. Valores menores de diversidade e equabilidade foram observados para as praças isoladamente. Verificou-se maior riqueza e número de indivíduos de espécies nativas comparadas às exóticas. O ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*) foi a única espécie presente em todas as praças estudadas. A sassafrás (*Ocotea odorifera*) e o pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) são espécies ameaçadas de extinção e pouco representadas. As formas de dispersão mais representadas foram a zoocoria e a anemocoria.

Palavras-chave: Arborização urbana. Ecologia Urbana. Paisagismo. Plantas ornamentais. Florística.

Introdução

A arborização urbana é uma ciência, algumas vezes tratada como arte, que trabalha o manejo de árvores, incluindo aspectos econômicos, fisiológicos, sociais e estéticos, visando ao bem-estar da população urbana, refletindo em melhoria da qualidade de vida (ELIAS, 2020).

Em um contexto global, com a revolução industrial do século XVIII, iniciou-se o acelerado e desordenado crescimento urbano, levando ao reconhecimento da importância dos espaços verdes e do bom uso do espaço público sobre a qualidade de vida da população urbana. O marco para a arborização urbana foi a reforma urbana de Paris no século XIX que serviu como exemplo para as outras cidades do mundo de como realizar intervenção urbana e planejamento de arborização (ARAÚJO, 2020).

Hoje, porém, as cidades ainda possuem poucos espaços verdes. No Brasil, a população urbana de, aproximadamente, 180.000.000 habitantes somada ao crescimento desordenado provocado pelo êxodo rural nas décadas de 50 e 60 e continuado nas décadas seguintes transformaram as cidades em grandes blocos de concreto, com perda da qualidade de vida oriunda da degradação ambiental de seus espaços públicos. Sendo assim, promover a adequada gestão socioambiental e o desenvolvimento sustentável dos espaços urbanos tornou-se desafio urgente no Brasil (BORGES *et al.*, 2020).

De acordo com Buckeridge (2015), as árvores existentes nas áreas verdes urbanas podem diminuir a incidência de luz sobre o solo em até 90 %, regular o fluxo de água entre solo e atmosfera via transpiração e, com a evaporação de água a partir de superfícies livres,

formar fluxos atmosféricos de umidade por meio dos quais o vapor de água se desloca de uma região para a outra melhorando o microclima e proporcionando melhores condições ambientais para a população.

A qualidade ambiental em áreas urbanas está conectada à qualidade de vida, uma vez que é impossível promover melhorias em uma sem que a outra também melhore. A preocupação do contato das pessoas com áreas verdes em cidades vem ganhando força a partir do conceito de sustentabilidade, que vai além do aspecto econômico, priorizando o uso racional dos recursos naturais e, quando possível, a busca de maneiras de recompô-los. A temática do verde e sua recomposição aparecem nas Leis de Parcelamento do Solo Urbano, nas quais é previsto um espaço para área verde no perímetro urbano, mas que muitas vezes são confundidas com a criação de jardins ou áreas livres. Ademais, em alguns planos diretores são definidas áreas de proteção ambiental ou taxa de permeabilidade, mas que nunca são garantias de criação de áreas verdes (ROCHA, 2019).

Áreas urbanas desprovidas de edificações que mantenham seus recursos paisagísticos e ecológicos preservados oferecem local de recreação e convívio social, pois, normalmente, são espaços pertencentes ao poder público com acesso irrestrito para a população, onde podem ser realizadas atividades individuais ou em grupo. Como área de lazer, oferecem oportunidade de bem-estar físico e mental além de realizações de atividades cívicas ao agregarem ao ambiente urbano melhores condições de funcionalidade, salubridade e sociabilidade (MENEZES, 2019).

Segundo Vidal *et al.* (2020), pessoas que possuem acessibilidade e proximidade a espaços verdes e contato com a natureza apresentam melhora na saúde mental (redução do estresse e dos sintomas de depressão, melhora do humor

etc.) quando comparadas a grupos não expostos a essas áreas, fato que é amplificado quando o espaço é construído de maneira satisfatória, permitindo a realização de diversas atividades. Sendo assim, este trabalho foi executado com o objetivo de realizar o levantamento florístico, a diversidade e a caracterização quanto ao hábito, à dispersão e à origem das espécies existentes em quatro praças do município de Campestre (MG), fornecendo informações que possam subsidiar a gestão adequada dessas áreas verdes urbanas da região.

Material e métodos

Área de estudo

O município de Campestre está situado no sul de Minas Gerais, latitude 21°42'40" S e longitude 46°14'47" W, altitude variando de 1.076 m a 1.300 m e área de 578,7 km². A região integra o domínio da Floresta Estacional Semidecídua, dentro do bioma Mata Atlântica (IBGE, 2004). A temperatura média anual do município é de 19,1 °C; a média mensal máxima, de 21,4 °C; a média mensal mínima, de 15,9 °C, o índice pluviométrico médio anual, de 1.730 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).

O estudo foi realizado em quatro Áreas Verdes Urbanas (Praças) da cidade, sendo elas: Praça Delfim Moreira (21°42'39,4"S/46°14'51,47"W; 1.075 m de altitude e 6.200 m² de área), Praça Brasil (21°42'42,4"S/46°14'44,27"W; 1.081 m de altitude e 1.600 m² de área), Praça Nossa Senhora Aparecida (21°42'51,4"S/46°14'27,17"W; 1.112 m de altitude e 1.100 m² de área) e, por último, Praça Ana Simão Zenum (21°42'48,91"S/46°14'26,19"W; 1.113 m de altitude e 980 m² de área), conforme pode ser observado na Figura 1. Todas as praças estão situadas no bairro Centro e são utilizadas pela comunidade como espaço de lazer.

Figura 1. Localização das Áreas Verdes Urbanas no município de Campestre, sul de Minas Gerais.



Legendas: **A.** Praça Delfim Moreira; **B.** Praça Brasil; **C.** Praça Ana Simão Zenum e **D.** Praça Nossa Senhora Aparecida.
Fonte: Elaborado pelos autores com uso de imagens do Google Earth e Google Maps de junho de 2017.

Levantamento florístico e informações ecológicas das espécies

Todos os indivíduos arbóreos e arbustivos foram marcados e identificados. Foi adotado o sistema de classificação de plantas APG IV (2016). Para a identificação taxonômica foram utilizadas literaturas especializadas e consultas a herbários on-line. As sinonímias botânicas foram atualizadas de acordo com o site da Flora do Brasil 2020 do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (FLORA DO BRASIL 2020, 2021).

Para análise da diversidade das áreas verdes urbanas estudadas foram calculados para cada área o Índice de Diversidade de Shannon (H') (BROWER; ZAR, 1984) e o Coeficiente de Equabilidade de Pielou (J) (PIELOU, 1975), que medem a proporção da diversidade observada em relação à máxima diversidade esperada.

As espécies foram classificadas quanto i) ao desenvolvimento; ii) à síndrome de dispersão e iii) à origem. Para tanto, foram utilizadas literaturas especializadas, como o site da Flora do Brasil 2020 (2021), Lorenzi (2002 a, b) e observação de estruturas reprodutivas (frutos e sementes) presentes nos indivíduos amostrados durante

a realização do estudo. Foram considerados os tipos de desenvolvimento árvore, arbusto e palmeira registrados em Vidal e Vidal (2000).

Em relação às síndromes de dispersão, foram considerados os tipos descritos por Vidal e Vidal (2000), que são: anemocoria (dispersão pelo vento), autocoria (dispersão pela deiscência explosiva do fruto), barocoria (dispersão pela força que a gravidade exerce sobre o fruto ou semente) e zoocoria (dispersão por animais).

Resultados e discussão

No total, foram registrados 313 indivíduos arbóreos, arbustivos e palmeiras, distribuídos em 73 espécies, 62 gêneros e 30 famílias botânicas (TABELA 1). Cinco espécies são pertencentes ao grupo das Gymnospermae: os ciprestes (*Chamaecyparis lawsoniana*, *C. pisifera*, *Cupressus sempervirens*), o sagu-de-jardim (*Cycas revoluta*) e o pinheiro-budista (*Podocarpus macrophyllus*).

Quanto à análise da diversidade da arborização das praças estudadas (TABELA 2), a diversidade de Shannon (H') foi de 3,72 e a equabilidade de Pielou (J'), de 0,87. Entre as

Tabela 1. Lista das espécies e famílias botânicas contendo informações ecológicas (hábito, dispersão e origem) das espécies amostradas nas Áreas Verdes Urbanas (Praças) do município de Campestre, Minas Gerais.

FAMÍLIA / Espécie	Nome popular	Des	Disp	Origem	Praças			
					1	2	3	4
ANACARDIACEAE								
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schot	gonçaleiro	Arv	Ane	Brasil	1	2		
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	aroeira-branca	Arv	Zoo	Brasil				1
<i>Mangifera indica</i> L.	mangueira	Arv	Zoo	Ásia	2			
<i>Schinus molle</i> L.	chorão	Arv	Zoo	Brasil	12	1		
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	pau-pombo	Arv	Zoo	Brasil				1
ANNONACEAE								
<i>Annona cacans</i> Warm.	araticum-cagão	Arv	Baro / Zoo	Brasil		1		
APOCYNACEAE								
<i>Nerium oleander</i> L.	espirradeira	Arb	Ane	Mediterrâneo	6			
ARALIACEAE								
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	morototó	Arv	Zoo	Brasil	2			
ARECACEAE								
<i>Archontophoenix cunninghamiana</i> (H.Wendl.) H.Wendl. & Drude	drude	Pal	Zoo	Austrália	8	1		
<i>Dypsis decaryi</i> (Jum.) Beentje & J. Dransf.	palmeira triangular	Pal	Zoo	África e Madagascar	2			
<i>Dypsis lutescens</i> (H.Wendl.) Beentje & J. Dransf.	areca-bambu	Pal	Ane	Madagascar	13	1		
<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F.Cook	palmeira-imperial	Pal	Zoo	Caribe, Venezuela e Colômbia	2	6		
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	jerivá	Pal	Zoo	Brasil	11		5	1
<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	washingtônia	Pal	Zoo	Estados Unidos e México		3		
ASPARAGACEAE								
<i>Dracaena arborea</i> (Willd.) Link	dracena	Arb	Zoo	África	4	4		
BIGNONIACEAE								
<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	ipê-amarelo	Arv	Ane	Brasil		1		
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê amarelo	Arv	Ane	Brasil	18	3		12
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-rosa	Arv	Ane	Brasil	7			
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	ipê-amarelo	Arv	Ane	Brasil	1	2	2	2
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	caroba	Arv	Ane	Brasil	3		2	2
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipê-branco	Arv	Ane	Brasil	2			
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	ipê-mirim	Arb	Ane	Américas (exceto Brasil)	1			
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	bolsa-de-pastor	Arv	Ane	Brasil				1
COMBRETACEAE								
<i>Terminalia catappa</i> L.	amendoeira	Arv	Zoo	Ásia	2	4		

CUPRESSACEAE						
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. Murr.) Parl.	cipreste	Arv	Zoo	Estados Unidos	1	
<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold & Zucc.) Endl.	cipreste	Arv	Zoo	Japão	2	
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	cipreste	Arv	Zoo	Mediterrâneo e Ásia	1	
CYCADACEAE						
<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	sagu-de-jardim	Arb	Zoo	Japão e China	1	2
ERYTHROXYLACEAE						
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	cocão	Arv	Zoo	Brasil	2	
EUPHORBIACEAE						
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	tamanqueiro	Arv	Zoo	Brasil	1	
LAURACEAE						
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	sassafrás	Arv	Zoo	Brasil	1	
LEGUMINOSAE						
<i>Bauhinia variegata</i> L.	pata-de-vaca	Arv	Auto	Índia	4	
<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	pau-brasil	Arv	Auto	Brasil	1	
<i>Cenostigma pluviosum</i> var. <i>peltophoroides</i> (Benth.) Gagnon & G.P.Lewis	sibipiruna	Arv	Auto / Ane	Brasil	14	5
<i>Cassia fistula</i> L.	cássia-imperial	Arv	Ane	Índia		2
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	araribá	Arv	Ane	Brasil		1
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	flamboyant	Arv	Auto / Zoo	Madagascar	1	
<i>Inga edulis</i> Mart.	ingá-de-metro	Arv	Zoo	Brasil		1
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	falso-timbó	Arv	Auto	Brasil	11	1
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	jacarandá-do-campo	Arv	Ane	Brasil	1	
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafistula	Arv	Auto / Ane	Brasil	12	1
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	guapuruvu	Arv	Auto / Ane	Brasil		1
LYTHRACEAE						
<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.	resedá-gigante	Arv	Ane	China e Índia	2	2
MALVACEAE						
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	paineira-rosa	Arv	Ane	Brasil	1	1
<i>Dombeya wallichii</i> (Lindl.) Baill.	astrapéia	Arv	Ane	Mediterrâneo	1	
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	castanheira	Arv	Zoo	Guianas	2	
MELASTOMATACEAE						
<i>Pleroma granulatum</i> (Desr.) D.Don	quaresmeira	Arv	Ane	Brasil	10	3
MELIACEAE						
<i>Azadirachta indica</i> A.Juss.	neem	Arv	Zoo	Asiática	1	
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro	Arv	Ane	Brasil	2	

MORACEAE						
<i>Ficus benjamina</i> L.	figueira-benjamina	Arv	Zoo	Índia e Filipinas	4	
<i>Ficus enormis</i> Mart. ex Miq.	gameleira	Arv	Zoo	Brasil, Paraguai e Argentina	1	
MYRTACEAE						
<i>Callistemon salignus</i> (Sm.) Colv. ex Sweet	escova-de-garrafa	Arv	Ane	Austrália e Oceania	4	
<i>Eugenia</i> sp.	-	Arv	Zoo	Brasil	1	
<i>Eugenia</i> sp. 1	-	Arb	Zoo	Brasil		1 10
<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitanga	Arv	Zoo	Brasil		2
<i>Melaleuca leucadendra</i> (L.) L.	melaleuca	Arv	Ane	Austrália	3	
<i>Myrcia</i> sp.	-	Arb	Zoo	Brasil		1
<i>Myrciaria</i> sp.	-	Arb	Zoo	Brasil	1	
<i>Myrciaria</i> sp. 1	-	Arv	Zoo	Brasil	1	
<i>Psidium guajava</i> L.	goiabeira	Arv	Zoo	América do Sul e Central	1	
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	jamelão	Arv	Zoo	Índia	1	
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	jambo-amarelo	Arv	Zoo	Índia e Malásia	1	
OLEACEAE						
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	alfeneiro	Arv	Zoo	Ásia, China, Japão e Coréia	2	1
PITTOSPORACEAE						
<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.	pau-incenso	Arv	Zoo	Austrália	12	1 1
PODOCARPACEAE						
<i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) Sweet	pinheiro-budista	Arv	Zoo	Japão e China	1	
POLYGONACEAE						
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	pau-formiga	Arv	Ane	Brasil	1	
PRIMULACEAE						
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	capororocão	Arv	Zoo	América do Sul	1	
ROSACEAE						
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	nêspera	Arv	Zoo	China e Japão	2	2
RUBIACEAE						
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	bate-caixa	Arb	Zoo	Brasil	3	
RUTACEAE						
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	laranja-doce	Arv	Zoo	Ásia e China		1
<i>Zanthoxylum</i> sp.	-	Arv	Zoo	Brasil		1
SALICACEAE						
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	guaçatonga	Arv	Zoo	Brasil	1	
SAPINDACEAE						
<i>Cupania</i> sp.	-	Arv	Zoo	Brasil	1	1
Total de Árvores por Praça	189	45	29	50		

Legendas: Des = Desenvolvimento; Disp = Dispersão; Arv = Arbóreo; Arb = Arbustivo; Pal = Palmeira; Ane = Anemocórica; Auto = Autocórica; Baro = Barocórica; Zoo = Zoocórica; 1 = Praça Delfim Moreira; 2 = Praça Brasil; 3 = Praça Nossa Senhora Aparecida e 4 = Praça Ana Simão Zenum.

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

praças, a maior diversidade foi registrada na Praça Delfim Moreira ($H' = 3,47$) e a menor na Praça Nossa Senhora Aparecida ($H' = 1,72$). A baixa diversidade observada na Praça Nossa Senhora Aparecida é determinada pela baixa riqueza de espécies e pela concentração de indivíduos em uma única espécie, no caso a sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides*), que possui 14 dos 29 indivíduos da praça, reduzindo o valor observado da equabilidade de Pielou (0,75). A maior diversidade foi registrada na praça com maior área (Praça Delfim Moreira) e a menor diversidade, na menor praça (Praça Nossa Senhora Aparecida) (TABELA 2), indicando existir relação entre a área da praça e a diversidade de espécies.

Cabral *et al.* (2020), ao estudar a arborização urbana de Diamantina/MG, registraram diversidade de Shannon de 3,70, concluindo que a arborização da cidade possui boa diversidade florística e alta frequência de espécies nativas, sendo esses aspectos recomendados para arborização urbana. Em Gurupi (TO), Santos *et al.* (2013) encontraram $H' = 2,37$ nas praças centrais da cidade, muito em função da alta densidade de uma única espécie, a sibipiruna, que apresentava cerca de 40 % dos indivíduos. Essa diversidade observada em Gurupi (TO) é bem próxima da observada nas Praças Brasil e Ana Simão Zenum (TABELA 2). Por outro lado, Almeida e Rondon Neto (2010) encontraram para áreas verdes urbanas de municípios do norte de

Mato Grosso baixos valores de diversidade, entre 1,17 (município de Carlinda) e 1,76 (município de Alta Floresta), valores próximos do observado no presente estudo na Praça Nossa Senhora Aparecida (TABELA 2).

No geral, as famílias de maior riqueza de espécies foram: Leguminosae e Myrtaceae (11 espécies, cada), Bignoniaceae (8), Arecaceae (6) e Anacardiaceae (5), representando 55 % de toda a riqueza amostrada (TABELA 1). No estudo de Eisenlohr *et al.* (2008), realizado no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, Leguminosae foi registrada como a família de maior riqueza específica. De acordo com Azevedo *et al.* (2007), a família Leguminosae sempre é encontrada na arborização urbana devido aos seus benefícios, sendo que o principal benefício é a fixação do nitrogênio do ar que é assimilado pelos vegetais, isto devido à associação dessas plantas com os microrganismos fixadores de nitrogênio. Por outro lado, Lombardi e Morais (2003), em um estudo realizado na Universidade Federal de Minas Gerais, registraram as famílias Bignoniaceae (13 espécies) e Myrtaceae (11 espécies) como as mais diversas.

Na Praça Delfim Moreira (Praça 1), foram registradas 53 espécies entre árvores, arbustos e palmeiras e um total de 189 indivíduos. As espécies com maior número de indivíduos foram: chorão (*Schinus molle*) (12 indivíduos), palmeira-areca (*Dypsis lutescens*) (13), ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*) (18),

Tabela 2. Índices florísticos e de diversidade das Áreas Verdes Urbanas do município de Campestre, Minas Gerais.

Áreas Verdes Urbanas	A	S	N	H'	J'
Praça Delfim Moreira	5.520	53	189	3,47	0,87
Praça Brasil	1.550	20	45	2,82	0,94
Praça Nossa Senhora Aparecida	975	10	29	1,72	0,75
Praça Ana Simão Zenum	1.255	19	50	2,48	0,84
Total	-	73	313	3,72	0,87

Legendas: A = Área em m²; S = Riqueza de espécies; N = Número de árvores; H' = Índice de diversidade de Shannon e J' = Coeficiente de equabilidade de Pielou.

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

cássia-amarela (*Peltophorum dubium*) (12), pau-incenso (*Pittosporum undulatum*) (12) (TABELA 1; TABELA 2).

Na Praça Brasil (Praça 2), foram registradas 20 espécies, totalizando 45 indivíduos (TABELA 1; TABELA 2). A espécie com maior número de indivíduos é a palmeira-imperial (*Roystonea oleracea*) com seis. Essa espécie teve seu primeiro indivíduo plantado no Brasil pelo Príncipe Regente Dom João VI em 1809, daí a origem do nome popular de palmeira imperial, sendo também ícone do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (NEPOMUCENO, 2008).

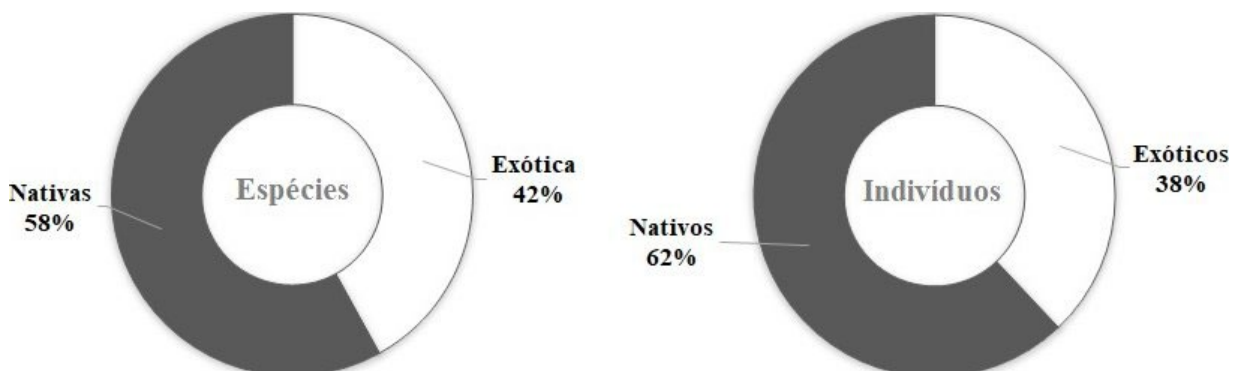
Na Praça Nossa Senhora Aparecida (Praça 3), foi registrada baixa riqueza em relação às outras praças, provavelmente devido às suas reduzidas dimensões. Nessa praça, foram registradas 10 espécies de árvores, totalizando 29 indivíduos (TABELA 1; TABELA 2). A espécie mais abundante é a sibipiruna (*C. pluviosum* var. *peltophoroides*) com 14 indivíduos. Em uma pesquisa realizada no Cerrado Goiano, Ferreira e Herrman (2016) mostraram que essa espécie tem enorme influência no microclima do entorno, uma vez que é arbórea pioneira, possuindo copa com alta densidade, entre outras características que proporcionam grande sombreamento. Essas características em conjunto atenuam as variáveis ambientais, proporcionando maior conforto térmico.

Na Praça Ana Simão Zenum (Praça 4), foram registradas 19 espécies agrupadas em 50 indivíduos (TABELA 1; TABELA 2). A espécie com maior densidade foi o ipê-amarelo (*H. chrysotrichus*) (12 indivíduos). *H. chrysotrichus* é planta nativa do Brasil e está relacionada com o comércio de exploração de madeira para produção de mobília de alta qualidade e até mesmo artigos de esporte, podendo ser encontrada em outras localidades do país em diferentes estados (ANDRADE, 2015). O outro ipê-amarelo (*H. serratifolius*) foi a única espécie presente nas quatro áreas verdes urbanas estudadas.

Das 73 espécies amostradas, 31 (42 %) são exóticas enquanto 42 (58 %) são nativas. Dos 313 indivíduos amostrados, 119 (38 %) são de espécies exóticas e os outros 194 (62 %) indivíduos pertencem a espécies nativas (FIGURA 2). As espécies exóticas mais abundantes (14 indivíduos cada) são a palmeira-areca (*D. lutescens*) e o pau-incenso (*P. undulatum*) enquanto as nativas mais abundantes foram o coco-babão (*Syagrus romanzoffiana*) (16 indivíduos), ipê-amarelo (*H. chrysotrichus*) (33) e a sibipiruna (*C. pluviosum* var. *peltophoroides*) (19) (TABELA 1).

Em estudo realizado por Dantas e Souza (2004), conduzido em Campina Grande (PB), foram registradas mais espécies exóticas (51,2 %) do que nativas (48,8 %) e menos

Figura 2. Porcentagem de espécies e de indivíduos nativos e exóticos das plantas amostradas nas Áreas Verdes Urbanas do município de Campestre, Minas Gerais.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

indivíduos de espécies nativas (32,8 %) do que exóticas (67,2 %). Em estudo realizado por Albertin *et al.* (2011) em Nova Esperança (PR), os autores registraram 75 espécies diferentes na arborização viária e afirmaram que, quando comparado com outras cidades do mesmo porte, a cidade de Nova Esperança possui considerável riqueza de espécies em suas áreas verdes urbanas. Biondi e Lima Neto (2011) relataram que na arborização urbana da maioria das cidades brasileiras foi verificado que as espécies exóticas representam, geralmente, 70 % das espécies utilizadas, contrariamente ao recomendado, que é o plantio, preferencial, de espécies nativas.

O uso de espécies exóticas deve ser evitado uma vez que a invasão biológica é tida como a segunda maior causa de perda de biodiversidade no planeta, dificultando a recuperação de ecossistemas naturais, alterando os ciclos ecológicos e promovendo a extinção local de espécies nativas, causando prejuízos ao ambiente natural, à economia e à saúde (RAI; SINGH, 2020). Assim sendo, as espécies nativas devem ser usadas em detrimento das exóticas, pois se adaptam muito bem aos fatores climáticos e físicos da localidade, trazendo benefícios para os ecossistemas locais (MATOS; QUEIROZ, 2009). Adicionalmente, Paiva *et al.* (2010) salientaram ser recomendável o uso de espécies nativas para garantir a manutenção das relações ecológicas coevolutivas e genéticas, entre plantas e animais, de dispersão de diásporas (pólen, frutos e sementes) no espaço urbano, bem como para a conservação de material genético autóctone.

Quanto ao desenvolvimento, 226 (72 %) indivíduos são árvores, 53 (17 %) são palmeiras e 34 (11 %) são arbustos. No trabalho de Cabreira e Canto-Dorow (2016), realizado no *campus* da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), foi relatada dominância das espécies arbóreas (64,1 %), sendo que as arbustivas representaram 35,9 %. Em áreas verdes urbanas, como praças,

recomenda-se que exista diversidade de plantas, mas, em canteiros menores do que 1,50 m de largura, devem-se utilizar palmeiras ou até mesmo arbustos pois suas raízes profundas e de menor volume dificilmente irão causar problemas às estruturas físicas desses espaços, como calçadas e passeios, por exemplo (PIVETTA, 2002).

As espécies pau-brasil (*P. echinata*) e sassafrás (*Ocotea odorifera*) foram registradas com apenas um indivíduo na Praça Delfim Moreira. Ambas são espécies ameaçadas de extinção segundo Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção (MMA, 2008) e, portanto, devem receber cuidados na manutenção desses indivíduos, principalmente na realização de podas, além de ser recomendado o plantio de mais indivíduos das espécies visando ao aumento populacional e consequente aumento da diversidade genética das espécies. Outra planta com apenas um representante foi a aroeira-branca (*Lithraea molleoides*), que normalmente é utilizada para o paisagismo de centros urbanos e jardins, porém seu uso em arborização urbana requer cuidados por possuir substâncias que podem causar reações alérgicas graves (LORENZI, 2002a).

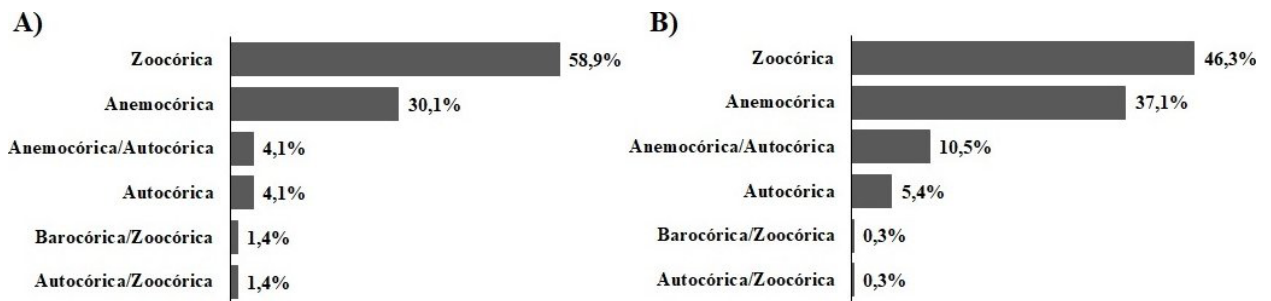
Considerando a síndrome de dispersão, 43 (58,9 %) espécies são zoocóricas, 22 (30,1 %) são anemocóricas, três (4,1 %) são anemocóricas/autocóricas, três são autocóricas, uma (1,4 %) é autocórica/zoocórica e uma é bacórica/zoocórica (FIGURA 3A). Quanto aos indivíduos, 145 (46,3 %) são de espécies zoocóricas, 116 (37,1 %) de anemocóricas, 33 (10,5 %) de anemocóricas/autocóricas, 17 (5,4 %) de autocóricas, um (0,3 %) de autocórica/zoocórica e um de bacórica/zoocórica (FIGURA 3B).

Quando observada a distribuição da síndrome de dispersão entre os indivíduos amostrados, cada uma das praças estudadas possuíam um ou dois tipos de dispersão predominante. A Praça Delfim Moreira (FIGURA 4A) possuía

predominância de indivíduos de espécies zoocóricas (44 %) e anemocórica (41 %). Na Praça Brasil (FIGURA 4B), foi observada predominância de dispersão zoocórica (67 %) e anemocórica (31 %) entre os indivíduos. A Praça Nossa Senhora Aparecida (FIGURA 4C) tem predomínio da dispersão anemocórica/autocórica (52 %). Na Praça Ana Simão Zenun (FIGURA 4D), verificou-se dominância da zoocoria e da anemocoria (50 % e 38 %, respectivamente) entre seus indivíduos.

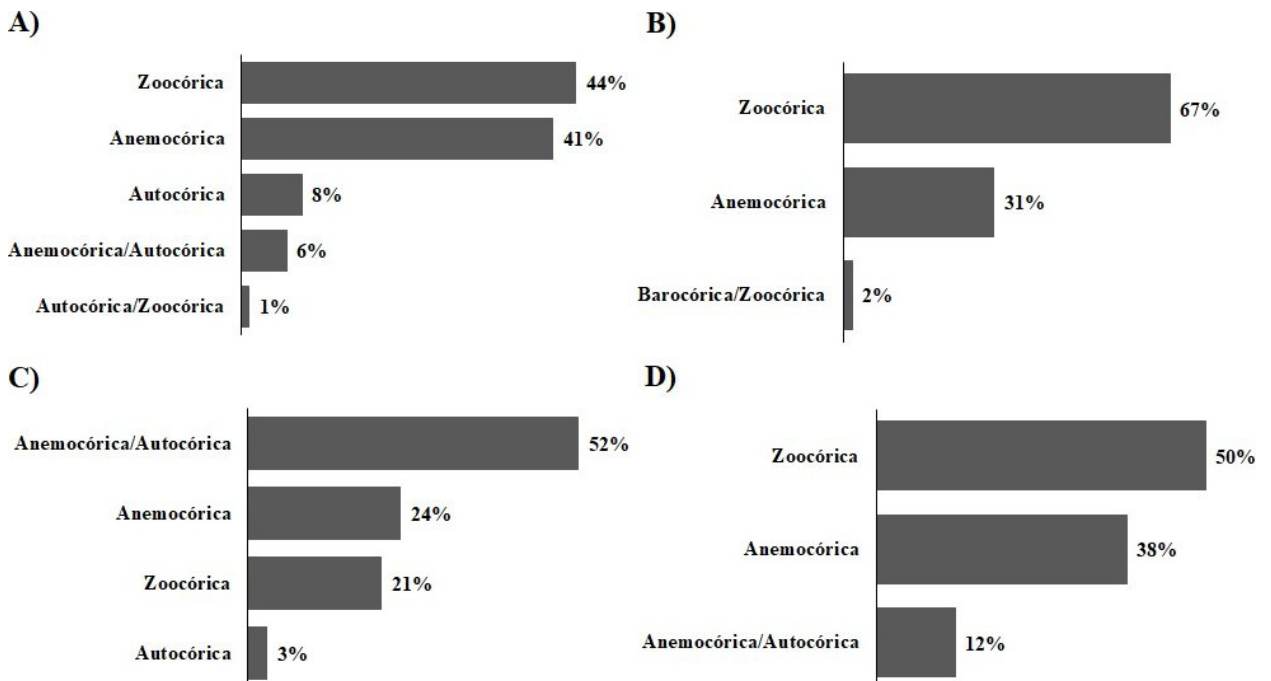
Deminicis *et al.* (2009) afirmaram que a dispersão das plantas é um fato importante para o ciclo reprodutivo delas e que essa dispersão minimiza a predação próximo aos indivíduos adultos, aumentando as chances de novas germinações e também a colonização de novos habitats. De acordo com os autores Oliveira e Moreira (1992), a anemocoria é normalmente observada em regiões abertas e, em vegetações fechadas, a zoocoria predomina.

Figura 3. Percentual de espécies (A) e de indivíduos (B) distribuídas entre os tipos de dispersão das plantas amostrados em áreas verdes urbanas no município de Campestre, Minas Gerais.



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Figura 4. Porcentagem de indivíduos por tipo de dispersão das árvores, palmeiras e arbustos amostrados na Praça Delfim Moreira (A), Praça Brasil (B), Praça Nossa Senhora Aparecida (C) e Praça Ana Simão Zenun (D) no município de Campestre, Minas Gerais.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No presente estudo, a dispersão zoocórica é recorrente em função de existir nessas praças árvores frutíferas, como a mangueira (*M. indica*), a amendoeira (*Terminalia catappa*), a laranja-doce (*Citrus sinensis*), a goiabeira (*Psidium guajava*), a nêspera (*Eriobotrya japonica*), a pitanga (*Eugenia uniflora*) e o coco-babão (*S. romanzoffiana*), que representam importante recurso alimentar e de abrigo para a avifauna urbana que atua como importante agente dispersor de frutos e sementes (BIAGOLINI; LOURENÇO, 2018). Oliveira (2013) relatou a importância dos animais na dispersão de frutos e sementes em florestas tropicais onde a zoocoria é predominante, ocorrendo entre 50 % e 75 % das espécies. Freitas *et al.* (2015) relataram importantes serviços ambientais oriundos das relações mutualísticas existentes entre plantas e animais, como o consumo e a dispersão de frutos e sementes e a realização da polinização.

Muito embora a utilização de espécies frutíferas em arborização urbana seja um assunto controverso (MATOS; QUEIROZ, 2009), a possibilidade da oferta de frutos comestíveis para a população local torna-se elemento capaz de despertar vínculo de pertencimento e de cuidado das pessoas para com as plantas, desde que cuidados mínimos no planejamento sejam tomados, como evitar uso de plantas que produzam frutos médios e grandes, como a mangueira (*M. indica*), e que possam ocasionar ferimentos em virtude da queda dos frutos, distanciando essas plantas dos passeios e calçadas, onde há maior circulação de pessoas, bem como frutos com pigmentos capazes de provocar manchas em roupas e veículos, como o jamelão (*Syzygium cumini*) (PAIVA *et al.*, 2010).

Considerações finais

Foi observada alta diversidade quando considerada a totalidade das praças. A diversidade aumenta com o aumento da área das praças.

As espécies nativas possuem maior riqueza e número de indivíduos se comparado às exóticas.

A zoocoria e a anemocoria foram as síndromes de dispersão predominantes.

Recomenda-se que outras árvores das espécies ameaçadas de extinção sejam introduzidas nas demais áreas verdes urbanas do município e que sejam realizados plantios de novos indivíduos de diferentes espécies nativas nas praças Brasil, Ana Simão Zenum e Nossa Senhora Aparecida para aumento da diversidade de espécies.

Agradecimentos

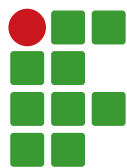
Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS pelo apoio financeiro para publicação.

Referências

- ALBERTIN, R. M.; ANGELIS, R.; ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B. L. D. Diagnóstico qualitativo da arborização viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 3, p. 128-148, 2011.
- ALMEIDA, D. N.; RONDON NETO, R. M. Análise da arborização urbana de três cidades da região norte do Estado de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 4, p. 647-656, 2010.
- ANDRADE, V. H. F. **Modelos de crescimento para *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose em floresta de terra firme utilizando análise de anéis de crescimento**. 2015. 86 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society** v. 181, p. 1-20, 2016.

- ARAÚJO, E. C. **Arborização urbana: relação entre as espécies arbóreas e o sistema viário: uma análise em Patos de Minas, MG.** 2020. 200 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- AZEVEDO, R.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão Guandu: Uma Planta Multiuso. **Revista da Fapese**, v. 3, n. 2, p. 81-86, jul./dez. 2007.
- BIAGOLINI, C. H.; LOURENÇO, R. W. Relação entre avifauna e plantas frutíferas em 10 parques lineares da cidade de São Paulo, (Brasil). **Conhecimento Interativo**, v. 12, n. 2, p. 70-81, 2018.
- BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. **Pesquisas em Arborização de Ruas.** Curitiba: O Autor, 2011. 150p.
- BORGES, I. M. S.; LIMA, C. A. O.; FERNANDES, A. C. G.; NUNES, E. A. C. O processo de urbanização e seus impactos ambientais na Cidade de Fagundes, Paraíba: recortes históricos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020.
- BROWER, J. E.; E ZAR, J. H. Community similarity. In: BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field & Laboratory for General Ecology.** Dubuque: Win C. Brown Publishers, 1984. p. 161-164.
- BUCKERIDGE, M. **Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água.** Estudos avançados, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil. 2015.
- CABRAL, G. S. R.; MACHADO, E. L. M.; AZEVEDO, M. L.; SANTOS, A. C. Arborização urbana de Diamantina, Minas Gerais: que árvores temos? **Revista Espinhaço**, v. 9, n. 2, p. 61-70, 2020.
- CABREIRA, T. N.; CANTO-DOROW, T. S. Florística dos componentes arbóreo e arbustivo do campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 09-23, 2016.
- CLIMATE-DATA.ORG (2018). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/25005>. Acesso em: 04 jan. 2018.
- DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande – PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2, p. 23-39, 2004.
- DEMNICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; ARAÚJO, S. A.; JARDIM, C., J. G.; PÁDUA, F. T.; CHAMBELA NETO, A. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 1, p. 35-58. 2009.
- EISENLOHR, P. V.; CARVALHO-OKANO, R. M.; VIEIRA, M. F.; LEONE, F. R.; STRINGHETA, A. C. O. Flora fanerogâmica da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 317-326, 2008.
- ELIAS, G. A.; CITADINI-ZANETTE, V.; DOS SANTOS, R. Árvores nativas para a arborização urbana: um estudo de caso no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 5, p. 250, 2020.
- FERREIRA, R. C.; HERRMAN, C. R. A. Influência de espécies arbóreas no microclima e conforto térmico de seu entorno imediato sob condições climáticas do cerrado goiano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 1, p. 14-33, 2016.
- FLORA DO BRASIL 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 02 jul. 2021.
- FREITAS, W. K.; PINHEIRO, M. A. S.; ABRAHÃO, L. L. F. Análise da Arborização de Quatro Praças no Bairro da Tijuca, RJ, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 23-31, 2015.

- IBGE. Mapa de vegetação do Brasil. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE**, Rio de Janeiro, 2004.
- LOMBARDI, J. A.; MORAIS, P. O. Levantamento florístico das plantas empregadas na arborização do campus da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG. **Lundiana**, v. 4, n. 2, p. 83-88, 2003.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras, manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v. 2. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002b.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. v. 1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002a.
- MATOS, E.; QUEIROZ, L. P. **Árvores para cidades**. Salvador: Solisluna Design Editora, 2009.
- MENEZES, M.; COSTA, C. S. **Neighbourhood & City - Between digital and analogue perspectives**. Lisboa: Edições Universitárias Lusófonas, 2019.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução normativa do Ministério do Meio Ambiente nº 6, de 23 de setembro de 2008**. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-6-2008_77052.html. Acesso em: 02 jul. 2021.
- NEPOMUCENO, R. **O jardim de D. João**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2008.
- OLIVEIRA P. E. A. M.; MOREIRA, A. G. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília - DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 15, n. 2, p. 163-174, 1992.
- OLIVEIRA, B. R.; OLIVEIRA, M. L.; BOTI, J. B. Levantamento das espécies frutíferas do IFES campus Santa Teresa e sua fauna dispersora. **Natureza on line**, v. 11, n. 3, p. 139-146, 2013.
- PAIVA, A. V.; LIMA, A. B. M.; CARVALHO, A.; JUNIOR, A. M.; GOMES, A.; MELO, C. S.; FARIAS, C. O.; REIS, C.; BEZERRA, C. Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de Rio Branco, AC. **REVSBAU**, v.5, n.1, p.144-159, 2010.
- PIELOU, E. C. **Ecology diversity**. New York: John Wiley & Sons, 1975.
- PIVETTA, K. F. L; SILVA FILHO, D. F. **Arborização urbana**. Boletim Acadêmico, Jaboticabal, São Paulo. 2002.
- RAI, P. K.; SINGH, J. S. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. **Ecological Indicators**, v. 111, p. 1-20, 2020.
- ROCHA, N. A. **Geoprocessamento na parametrização de áreas verdes urbanas: Contribuições ao Plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana**. 2019. 174 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SANTOS, A. F.; JOSÉ, A. C.; SOUSA, P. A. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas das praças centrais do município de Gurupi-TO. **REVSBAU**, v.8, n.4, p.36-46, 2013.
- VIDAL, D. G.; FERNANDES, C.; VITERBO, L. M. F.; BARROS, N.; MAIA, R. L. Espaços verdes urbanos e saúde mental: uma revisão sistemática da literatura. In: 13º CONGRESSO NACIONAL DE PSICOLOGIA DA SAÚDE: "MELHORAR O BEM-ESTAR GLOBAL ATRAVÉS DA PSICOLOGIA DA SAÚDE". 2020, Covilhã. **Actas do 13º Congresso Nacional de Psicologia da Saúde**. Covilhã: 2020, p. 427-436.
- VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica: organografia. Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2000. 114 p.



Crescimento e produção de bananeira nanica em resposta ao superfosfato simples e fosfato monoamônico aplicados em área irrigada com água calcária

Edinon Manoel Nascimento¹, Dilermando Dourado Pacheco², Tatiane Carla Silva³,
Walisson Fagunde Jacome⁴, Sérgio Ferreira Alcântara⁵, Rafael Montanari⁶

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG), – Campus Januária, engenheiro agrônomo. edinonmanoelagro@yahoo.com.br

² IFNMG – Campus Januária, professor associado. ddpacheco.agro@gmail.com

³ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), doutoranda em Agronomia. tatiane.carla@unesp.br

⁴ IFNMG – Campus Januária, engenheiro agrônomo. wfagundesj@gmail.com

⁵ IFNMG – Campus Januária, engenheiro agrônomo. sergio.agro@yahoo.com.br

⁶ UNESP, professor livre-docente. r.montanari@unesp.br

Submetido em: 16/10/2021 | Aceito em: 29/11/2021

Resumo

A oferta de água com adequada qualidade para fins de irrigação tem sido cada vez mais escassa, obrigando os produtores ao uso daquelas restritivas, como as contendo elevadas concentrações de bicarbonato de cálcio, de forte abrangência no Norte de Minas Gerais, o que resulta em severos desequilíbrios químicos no solo e nas plantas, reduzindo a longevidade das explorações agrícolas consideravelmente. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento e a produção de bananeira Nanica, ao longo de um ciclo produtivo, em resposta à adubação fosfatada à base de superfosfato simples e fosfato monoamônico (MAP) em solo irrigado com água calcária. As doses testadas foram 0 g, 5 g, 10 g, 20 g e 30 g de P_2O_5 a partir dos fertilizantes superfosfato simples (18 % P_2O_5) e MAP (48 % P_2O_5), totalizando nove tratamentos veiculados a cada três meses. Utilizou-se na adubação mensal de sulfato de amônio e cloreto de potássio; na adubação trimestral, de ácido bórico, sulfato de magnésio, sulfato de zinco, esterco bovino curtido comum a todas as plantas. De acordo com os resultados obtidos, o adubo superfosfato simples, comparado ao MAP, permitiu maior resposta produtiva da bananeira Nanica na maioria das doses testadas. Desse modo, o hipotético desequilíbrio químico induzido por irrigação com água de natureza calcária e potencializado com adubo superfosfato simples não foi observado no primeiro ciclo de cultivo da bananeira Nanica.

Palavras-chave: *Musa paradisiaca* L. Qualidade de água de irrigação. Adubação fosfatada.

Introdução

A bananeira (*Musa* spp.) é uma das fruteiras mais cultivadas nos países tropicais e seu fruto um dos mais consumidos no mundo. O Brasil é atualmente o quarto maior produtor de bananas do mundo, com área de 466 mil hectares e produção estimada de 6,7 milhões de toneladas. É a fruta mais consumida no Brasil e a segunda mais produzida, perdendo somente para a laranja (FAO, 2020).

A produtividade nacional é muito baixa comparada com muitos países produtores, devido às grandes diferenças tecnológicas entre os estados produtores e o grau de exigência dos consumidores locais (NOMURA *et al.*, 2020). O Norte de Minas Gerais produz banana irrigada

em razão da baixa precipitação anual e da alta taxa de evapotranspiração, sendo esta cultura a de maior importância econômica em perímetros irrigados da região (VIANA *et al.*, 2020). Ainda na região, a bananicultura predomina em Latossolos, solos naturalmente muito deficientes em P-disponível, pois esse elemento tem alta capacidade de adsorção, em consequência da acidez e dos elevados teores de óxido de ferro e de alumínio presentes nesses solos (SILVA *et al.*, 2011).

Quanto à irrigação, a escassez de água de superfície no norte de Minas Gerais levou à necessidade de explorar água proveniente de poços tubulares, e essas normalmente dispõem de altas concentrações de bicarbonato de cálcio, oriundo de formações cársticas no Norte de

Minas Gerais (VIANA *et al.*, 2020). No entanto, o uso de águas de irrigação ricas em carbonato de cálcio promove alterações nas características químicas dos solos, com elevação do pH e dos teores de cálcio, como relatado por Nunes *et al.* (2008), o que desencadeia precipitação do P, pois íons de $H_2PO_4^-$ formam compostos de baixíssima solubilidade com o Ca (BROGGI, 2004).

A maioria dos fertilizantes fosfatos utilizados na agricultura nacional é à base de fosfato biácido de cálcio $Ca(H_2PO_4)_2$, cujas fontes comerciais mais comuns são o superfosfato simples e o superfosfato triplo. Tais fontes de P podem aumentar o desequilíbrio promovido pelo excesso de cálcio. Sabendo ou não disso, os técnicos da região insistem em recomendar supersimples ou supertriplo como fonte de P (ALCÂNTARA *et al.*, 2021).

Deste modo, faz-se necessário minimizar as quantidades veiculadas de cálcio em áreas irrigadas com água calcária. Uma das alternativas a serem adotadas é a utilização de fosfato de cálcio como fonte de fósforo. Ele é comercialmente conhecido como MAP (Fosfato monoamônico) e não possui cálcio em sua formulação.

Estudos para avaliar os benefícios que esse fertilizante pode gerar são necessários. Objetivou-se com este trabalho comparar o efeito de doses e fontes de adubos fosfatados à base de superfosfato simples e de MAP ao longo de um ciclo produtivo de bananeira “Grand Naine” irrigada com água de natureza calcária.

Material e métodos

O experimento foi realizado em 2016, na área experimental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, no *campus* de Januária, latitude $15^{\circ}27'S$, longitude $44^{\circ}22'W$ e altitude de 474 m. Essa região está sob um clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (MOREIRA, 1985), e apresenta temperatura média anual de $27^{\circ}C$, umidade relativa de 60 % e precipitação de 850 mm.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com 6 repetições e 9 tratamentos, sendo que cada parcela foi constituída de quatro famílias de bananeira Nanica. O solo da área experimental foi um Latossolo Vermelho Amarelo, cuja caracterização física e química antes da implantação da cultura encontra-se na Tabela 1.

Os tratamentos foram constituídos conforme os adubos superfosfato simples ou fosfato monoamônio (MAP), aplicados trimestralmente, nas doses de 5 g, 10 g, 20 g e 30 g de P_2O_5 . Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados com três repetições, em um esquema fatorial incompleto pela matriz experimental Quadrado Duplo. Sendo assim, foram distribuídos os seguintes tratamentos: superfosfato simples (18 % P_2O_5) nas doses de 27,78 g; 55,67 g; 111,11 g e 166,67 g; MAP (48 % P_2O_5) nas doses de 10,42 g; 20,83 g; 41,67 g e 62,50 g e um tratamento sem adubação fosfatada. Essas doses foram utilizadas baseando-se na recomendação de Borges e Souza (2004).

Tabela 1. Características químicas e físicas das amostras coletadas nas camadas de 0 cm - 20 cm e de 20 cm - 40 cm de profundidade, antes da implantação do experimento. IFNMG, *Campus* Januária, MG.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila
	dag/kg	mg/dm ³		cmolc/dm ³				mg/dm ³					dag/kg		
7,43	0,9	97,6	63	3,1	0,6	0,0	0,73	0,2	0,8	20,0	27,6	6,4	75	15	11
7,47	0,3	31,9	38	2,1	0,4	0,0	0,74	0,2	1,0	22,1	17,5	2,1	74	13	14

Extratores: pH: H_2O (1:2,5); P, K, Zn, Mn, Fe e Cu: Mehlich-1x; Ca^{2+} , Mg^{2+} : KCl 1 mol L⁻¹. H+Al: pH SMP ; M.O (Matéria Orgânica): colorimetria.

Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

Utilizou-se também, em todas as parcelas, do sulfato de amônio (125 g) e do cloreto de potássio (97 g), aplicados mensalmente; ácido bórico (5 g), sulfato de magnésio (18,75 g), sulfato de zinco (10 g) e esterco bovino curtido (5 L), aplicados trimestralmente com o adubo fosfatado. Todas essas recomendações de acordo com Ribeiro *et al.* (1999).

Para o plantio, foram utilizadas mudas de rizomas oriundas de bananeira adulta da cultivar “Nanica” (AAA) adquiridas de um bananal comercial localizado na Fazenda Triunfo no município de Pedras de Maria da Cruz (MG). O solo foi preparado por meio de aração e gradagem, e as covas foram abertas com dimensões de 50 cm x 50 cm x 50 cm, espaçando-as em 3,0 m x 2,5 m. No plantio foram utilizadas as doses de P_2O_5 conforme tratamento, bem como os adubos sulfato de amônio, cloreto de potássio e esterco bovino curtido, nas doses anteriormente indicadas. Utilizou-se de irrigação localizada por microaspersão, com um microaspersor com vazão de 45 litros de água por hora, para quatro plantas, com água proveniente de poço artesiano.

O experimento foi realizado no primeiro ciclo de produção e os dados foram obtidos no momento do florescimento e da colheita. No florescimento, entre a emissão da inflorescência até a abertura da terceira bráctea, mediu-se a circunferência da planta nas alturas de 30 cm e 130 cm, a altura da planta, o número de folhas verdes, a largura e o comprimento da terceira folha e a data do florescimento. Na colheita, mensurou-se a massa total do cacho, o número de pencas, o número de frutos, os frutos na segunda penca (a partir da inserção do cacho), a massa da segunda penca, a data da colheita e a amostra fresca da segunda penca com três frutos centrais.

A amostra fresca da segunda penca foi seca à sombra e em seguida desidratada em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C até massa constante (72 horas). Após, obtiveram-se as massas secas dos frutos e de pencas.

Diante da heterogeneidade das variâncias, os dados referentes às variáveis número de folhas, pencas, frutos na segunda penca e frutos totais do cacho foram transformados em $\sqrt{X + 0,5}$. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os modelos de regressão foram selecionados com base na significância dos coeficientes dos parâmetros de regressão até o nível de 5 % de probabilidade pelo teste t, com o auxílio do software Sistema de Análise Estatísticas e Genéticas da Universidade Federal de Viçosa (SAEG v.9.1).

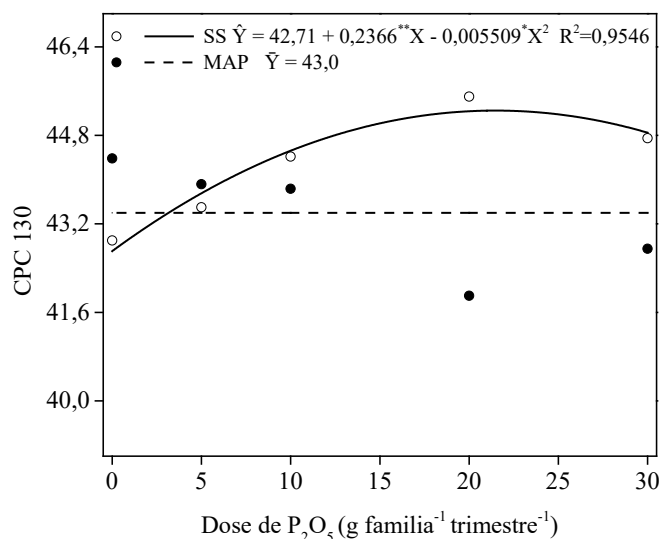
Resultados e discussão

Todas as características estudadas não foram influenciadas pela dose de MAP.

O efeito do superfosfato simples (SS) deu-se de forma quadrática à circunferência do pseudocaule a 130 cm, com máximo estimado igual a 45,25 cm na dose 21,47 g família⁻¹ trimestre⁻¹ (20,61 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P_2O_5), valor 5,6 % superior ao da testemunha (FIGURA 1). Na maior dose de SS (30 g família⁻¹ trimestre⁻¹ de P_2O_5), as bananeiras Grand Naine diminuíram o crescimento, mas ainda com circunferência do pseudocaule 5 % superior comparado à testemunha. A partir de doses próximas a 5 g família⁻¹ trimestre⁻¹ de P_2O_5 , a fonte SS superou o MAP como principal meio de o P aumentar a circunferência de pseudocaule das bananeiras.

A resposta da circunferência do pseudocaule a 130 cm do solo no primeiro ciclo da bananeira Grand Naine às doses de P encontra respaldo em Robinson e Saúco (2010), que informam que a bananeira absorve a maior parte do P entre três meses e nove meses após o plantio e reduz a absorção do nutriente em 80 % na fase reprodutiva. Hoffmann *et al.* (2010) verificaram que a plantamãe da bananeira ‘Prata Anã’ acumula em torno de 22 kg ha⁻¹ de P, o qual é translocado para os demais membros da “família”, podendo um percentual de 78 % ser restituído ao solo por meio dos restos culturais.

Figura 1 – Circunferência do pseudocaule a 130 cm (CPC130) de bananeira Grand Naine irrigada no Norte de Minas Gerais em função das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . * e **, significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t. IFNMG, campus Januária, MG-2014.



Fonte: Elaborada pelos autores (2016).

Os sintomas de deficiência de P em bananeira são incomuns no campo, uma vez que a planta perde relativamente pouco por exportação pelo cacho (ROBINSON; SAÚCO, 2010). Além disso, eles indicam que o nutriente é facilmente redistribuído para as brotações mais novas da família após a colheita de cacho na planta mãe.

A circunferência do pseudocaule a 30 cm teve resposta linear positiva ao SS, com valor máximo igual a 59 cm estimado na dose de 30 g família⁻¹ trimestre⁻¹ de P_2O_5 (FIGURA 2). Semelhante à característica avaliada a 130 cm, a partir de doses próximas a 5 g família⁻¹ trimestre⁻¹ de P_2O_5 , a fonte SS superou o MAP como principal fonte de P ao aumentar a circunferência de pseudocaule das bananeiras a 30 cm.

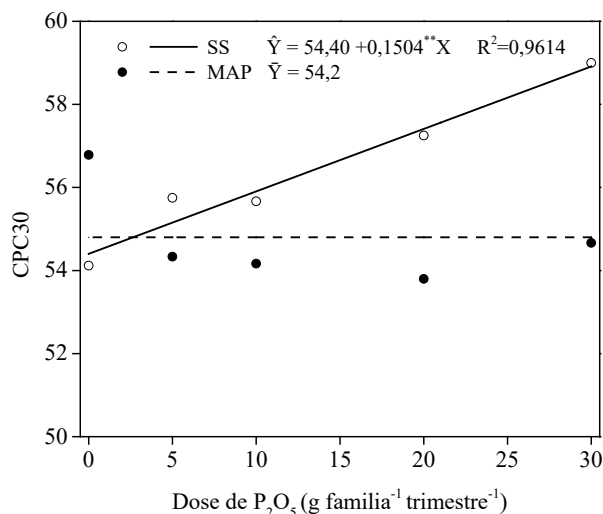
Melo *et al.* (2006) não verificaram resposta da circunferência do pseudocaule a 30 cm do solo às doses de P, atribuindo tal efeito à elevada disponibilidade inicial de P, a qual possivelmente supriu as necessidades da planta durante o primeiro ciclo mesmo na ausência de adubação fosfatada. Por outro lado, Silva e Rodrigues

(2013), avaliando a adubação fosfatada em bananeira “Prata anã” irrigada com água calcária no Norte de Minas Gerais observaram resposta linear à circunferência do pseudocaule a 30 cm no primeiro ciclo de produção. Silva *et al.* (2011) também encontraram resposta positivas à aplicação de doses de P em mudas de bananeira “Prata anã”, com aumento no diâmetro do pseudocaule em solos com baixo teor de P disponível, variando entre 3,3 mg dm⁻³ e 2,4 mg dm⁻³.

Damatto Junior *et al.* (2011) relatam a importância de altos valores de circunferência do pseudocaule de bananeira para que ela resista à ação destrutiva dos ventos, principalmente no período de reprodução no qual a planta deve sustentar o cacho. Soto Ballester (2000) observou correlação significativa entre a circunferência do pseudocaule e da superfície foliar e o número de frutos e de pencas, o que demonstra a importância de maior valor de comprimento ou diâmetro do pseudocaule a fim de ganhos mais expressivos de produção.

A massa seca do terceiro fruto teve resposta de forma quadrática à adubação fosfatada,

Figura 2 – Circunferência do pseudocaule a 30 cm de bananeira Grand Naine irrigada no Norte de Minas Gerais em função das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . * e **, significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t. IFNMG, Campus Januária, MG-2014.



Fonte: Elaborada pelos autores (2016).

com máxima estimativa igual a 112,56 g na dose 23,04 g família⁻¹ trimestre⁻¹ de SS (22,11 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P_2O_5) (FIGURA 3). Em todas as doses, a massa seca do terceiro fruto foi superior ao utilizar o adubo SS comparado ao MAP. Na melhor dose de SS, o incremento produtivo foi de 11,15 % em relação à testemunha. Resultados diferentes foram encontrados por Crisostomo *et al.* (2008), que não detectaram efeito significativo da adubação fosfatada sobre a produção de bananeira Pacovan, muito embora existisse influência positiva dela sobre os teores de açúcares (reduzidor e total) e acidez.

A massa fresca total de pencas teve resposta de modo linear positivo às doses de SS (FIGURA 4). Na maior dose desta fonte, a bananeira Grand Naine produziu 22,88 kg de pencas. As respostas ao SS tornaram-se mais efetivas, comparado ao MAP, a partir de doses próximas de 8 g família⁻¹ trimestre⁻¹ de P_2O_5 . Maia *et al.* (2003b) não obtiveram efeito significativo da adubação fosfatada sobre os componentes da produção e da qualidade de bananeira 'Prata anã' em Jaíba (MG).

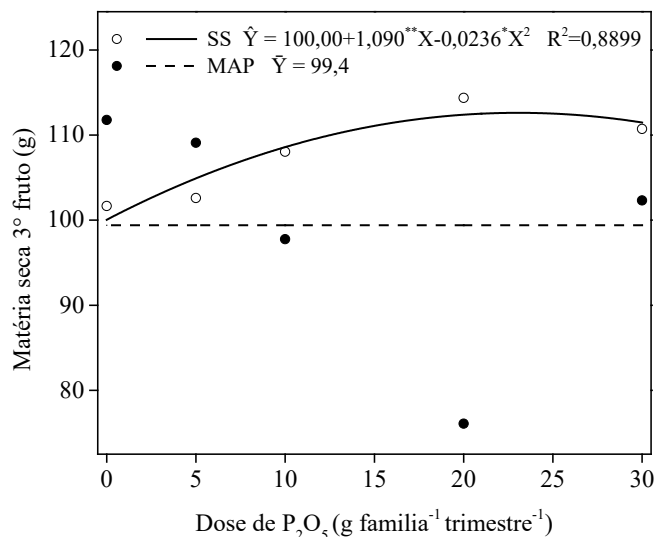
O comprimento da terceira folha de bananeira Grand Naine exibiu resposta linear positiva ao

SS, atingindo 196,99 cm com a aplicação de 30 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P_2O_5 (FIGURA 5). Em todas as doses testadas, a fonte SS superou o MAP como medida de vigor das plantas.

A massa fresca do cacho respondeu de forma quadrática às doses de P, com máxima estimativa igual a 24,29 kg na dose 19,46 g família⁻¹ trimestre⁻¹ de SS (18,68 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P_2O_5) (FIGURA 6). O incremento produtivo com a referida dose foi de 13 % em relação à testemunha. Melo *et al.* (2006) não obtiveram efeito de doses de P sobre a massa fresca de cacho de bananeira "Grand Naine", explicando isso pela alta concentração de P extraída do solo com o extrator P-Resina, 25 mg dm⁻³. Entretanto, Silva e Rodrigues (2013), avaliando adubação fosfatada em bananeira "Prata anã" irrigada com água calcária no Norte de Minas Gerais, detectaram resposta linear da massa fresca de cacho no primeiro ciclo de produção.

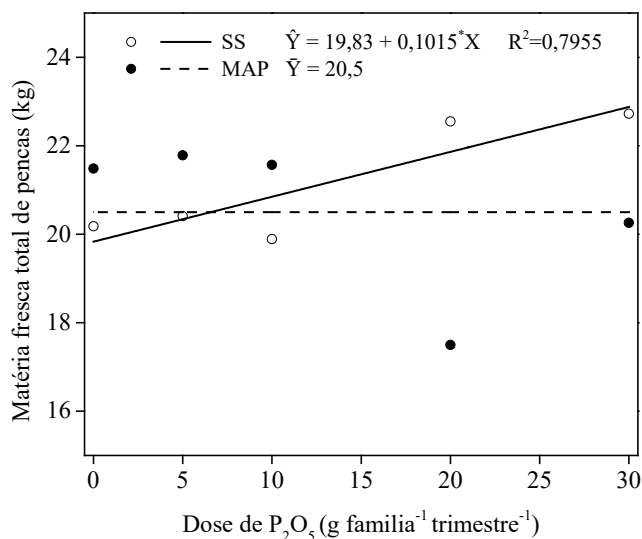
O efeito de SS apresentou-se de forma quadrática sobre o número total de frutos por cacho (FIGURA 7), com a máxima estimativa igual a 137,2 frutos, na dose 20,03 g família⁻¹ trimestre⁻¹ (19,22 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P_2O_5). Tal produção foi 9,7 % superior àquela obtida sem

Figura 3 – Massa seca do terceiro fruto de banana Grand Naine irrigada no Norte de Minas Gerais em função das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . * e **, significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t. IFNMG, Campus Januária, MG-2014.



Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

Figura 4 – Massa fresca total de pencas de bananeira Grand Naine irrigada no Norte de Minas Gerais em função das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . * e **, significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t. IFNMG, Campus Januária, MG-2014.



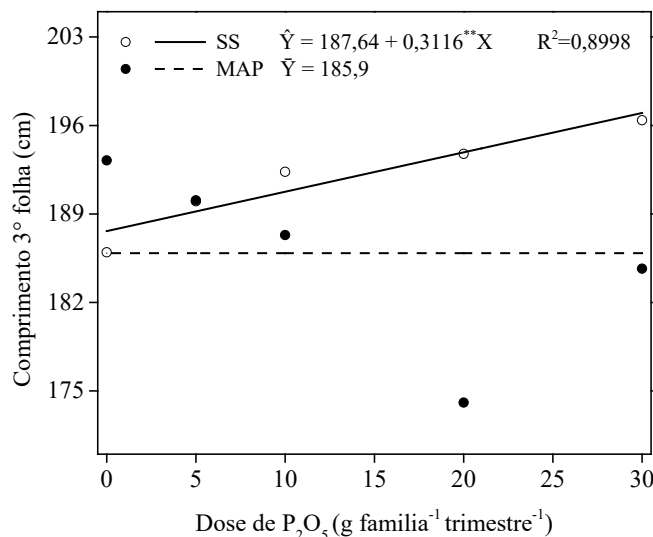
Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

adubação. Silva e Rodrigues (2013) também obtiveram efeito da adubação fosfatada sobre o número de frutos por cacho no primeiro ciclo de produção. No entanto, Maia *et al.* (2003b) não observaram efeito significativo das doses de P.

O número de pencas por cacho teve resposta linear positiva ao SS (FIGURA 8). Na maior

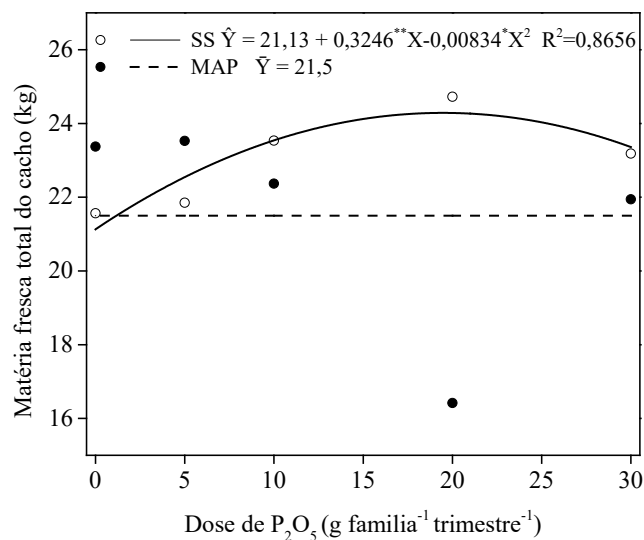
dose, as plantas produziram 8,65 pencas por cacho. Silva e Rodrigues (2013), avaliando adubação fosfatada em bananeira “Prata anã” irrigada com água calcária no Norte de Minas Gerais, não obtiveram resposta significativa ao número de pencas no primeiro ciclo de produção. Crisostomo *et al.* (2008) e Maia *et al.* (2003b)

Figura 5 – Comprimento de terceira folha de bananeira Grand Naine irrigada no Norte de Minas Gerais em função das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . * e **, significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t. IFNMG, Campus Januária, MG-2014.



Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

Figura 6. Massa fresca de cacho de bananeira Grand Naine irrigada no Norte de Minas Gerais em função das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . * e **, significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t. IFNMG, Campus Januária, MG-2014.



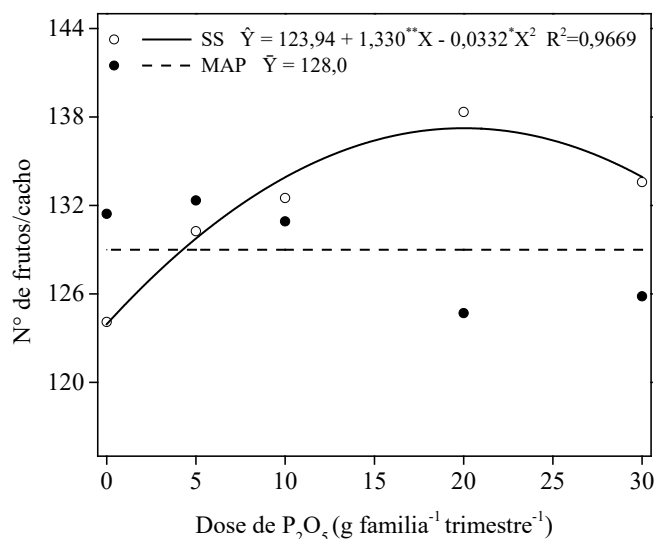
Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

também não encontraram efeito positivo da adubação fosfatada sobre o número de pencas por cacho em bananeiras cv. “Pacovan” e “Prata anã”, respectivamente.

A largura da terceira folha teve resposta linear positiva às doses de SS, atingindo máximo valor igual a 85,58 cm (FIGURA 9). Provavelmente

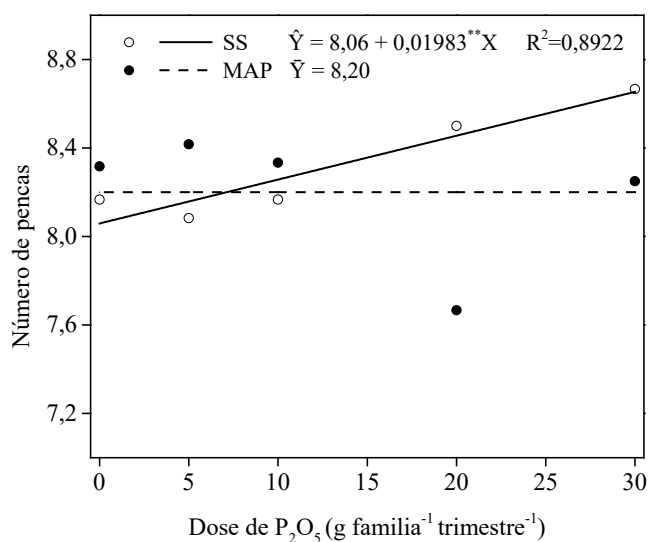
a participação do P na divisão celular indicada por Marschner (1995) explica esse modelo de resposta. Segundo Moreira (1999), a área foliar da bananeira está diretamente relacionada à massa do cacho e, sendo maior, ela aumenta a produção de fotoassimilados. Silva e Rodrigues (2013), avaliando a adubação fosfatada em bananeira “Prata Anã” em quatro ciclos de

Figura 7 – Número de frutos por cacho de bananeira irrigada no Norte de Minas Gerais em função das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . * e **, significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t. IFNMG, Campus Januária, MG-2014.



Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

Figura 8 – Número de pencas de bananeira Grand Naine irrigada no Norte de Minas Gerais em função das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . * e **, significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t. IFNMG, campus Januária, MG-2014.



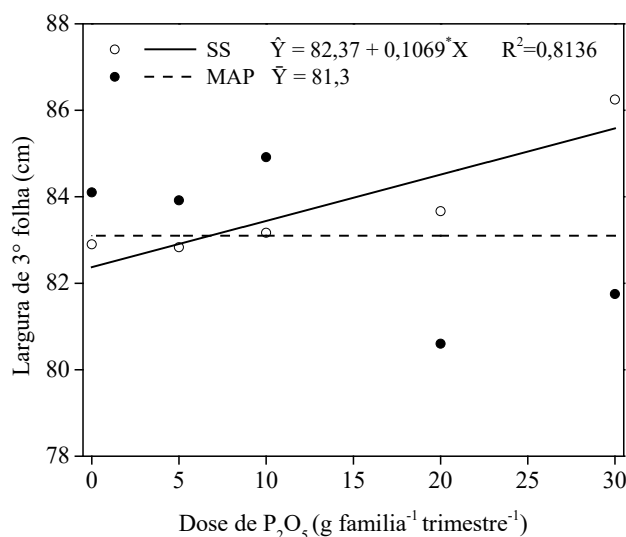
Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

produção, não observaram efeito significativo do nutriente sobre a largura de folha, fato atribuído aos teores desse se encontrar na faixa de suficiência nutricional.

As características altura de plantas, número de folhas, ciclo do florescimento à

colheita em dias, número de frutos da segunda penca, massa fresca do engajo, massa fresca da segunda penca, massa fresca do terceiro fruto da segunda penca, massa seca total de pencas no primeiro ciclo da bananeira não responderam significativamente às doses de SS, a exemplo de MAP (TABELA 2). A altura

Figura 9 – Largura de terceira folha de bananeira irrigada no Norte de Minas Gerais em função das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . * e **, significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t. IFNMG, Campus Januária, MG-2014.



Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

média das plantas foi de 211 cm e 210 cm respectivamente ao SS e MAP. Semelhante efeito foi detectado por Melo *et al.* (2006) em bananeira “Grand Naine”. No entanto, Silva e Rodrigues (2013) constataram resposta linear dessa característica à adubação fosfatada no primeiro ciclo de produção. Silva *et al.* (2011) também detectaram resposta positiva na altura de “Prata anã” ao fornecimento de P em solos com teores originalmente baixos, entre 2,4 mg dm⁻³ e 3,3 mg dm⁻³.

O número médio de folhas mantidas na bananeira foi de 15, tanto em resposta ao SS quanto ao MAP (TABELA 2), valor que é tido como suficiente para uma produção satisfatória, conforme descrito por Rodrigues *et al.* (2009). Esses autores concluíram a necessidade de ao menos 12 folhas para mais pencas e frutos e, conseqüentemente, uma maior massa de cachos. Ao contrário do presente trabalho, Nunes (2008) obteve resposta linear positiva do número de folhas em resposta às doses de P.

Tabela 2 – Valores médios para altura de plantas, número de folhas, ciclo em dias do florescimento à colheita, número de frutos da segunda penca, massa fresca do engaço, massa fresca da segunda penca, matéria fresca do terceiro fruto e massa seca total de pencas de bananeira “Grand Naine” irrigada no Norte de Minas Gerais das fontes superfosfato simples (SS) e MAP e das doses de P_2O_5 . IFNMG, campus Januária, MG-2014.

Variáveis	SS	MAP
Altura de plantas (cm)	$\bar{Y} = 211,07$	$\bar{Y} = 209,70$
Número de folhas	$\bar{Y} = 14,66$	$\bar{Y} = 14,50$
Ciclo do florescimento-colheita Fruto (dias)	$\bar{Y} = 107,08$	$\bar{Y} = 107,10$
Nº de frutos segunda penca	$\bar{Y} = 19,5$	$\bar{Y} = 19,0$
Massa fresca do engaço (kg)	$\bar{Y} = 1,64$	$\bar{Y} = 1,70$
Massa fresca segunda penca (kg)	$\bar{Y} = 3,49$	$\bar{Y} = 3,50$
Massa fresca terceiro fruto (g)	$\bar{Y} = 538,71$	$\bar{Y} = 534,40$
Massa seca total de pencas (kg)	$\bar{Y} = 4,14$	$\bar{Y} = 4,20$

Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

A massa fresca da segunda penca teve valor médio similar de 3,49 kg e 3,50 kg em resposta aos adubos SS e MAP (TABELA 2). Também o número de frutos da segunda penca não foi afetado significativamente pelas doses de adubação fosfatada, atingindo médias de 19,5 e 19,0 na ordem dos dois adubos. Conforme relatado por Azevedo (2010), a segunda penca é referência para uma série de características na bananeira. Particularmente para cultivares do tipo Cavendish, há relação bem estabelecida entre a massa das pencas com a massa da segunda penca (JARAMILLO, 1982). Maia (2003a) também não encontrou efeito significativo de doses de P em relação ao número de frutos da segunda penca na bananeira 'Prata Anã'. Este autor explicou o fato pelo baixo requerimento de fósforo pela cultura, sendo de 6,3 g por planta, excetuando rizoma e raízes, no primeiro ciclo, evidenciando que uma pequena dose aplicada, somada ao P-disponível no solo, já seria suficiente para uma produção satisfatória.

O ciclo do florescimento à colheita foi de 107 dias em média, tanto para SS quanto para MAP (TABELA 2). Segundo Silva *et al.* (2002) e Rodrigues *et al.* (2006), a duração do ciclo tem reflexo no retorno econômico e além disso uma menor permanência do cacho na planta reduz sua exposição a agentes causadores de danos, com reflexo em menor uso de defensivos agrícolas, melhorando a qualidade biológica da produção.

Como já discutido, também foi hipótese deste trabalho que o uso de águas de irrigação ricas em carbonato de cálcio poderia promover alterações nas características químicas dos solos quando adubados com superfosfato simples. Entretanto, esse efeito não foi observado no primeiro ciclo de cultivo da bananeira Nanica.

Conclusão

O adubo superfosfato simples, comparado ao MAP, permitiu maior resposta produtiva da

bananeira Nanica na maioria das doses testadas. Assim, o mencionado desequilíbrio químico de solo e de plantas, induzido por irrigação com água de natureza calcária e teoricamente potencializado com adubo superfosfato simples, não foi observado no primeiro ciclo de cultivo da bananeira Nanica.

Referências

ALCÂNTARA, S. F.; PACHECO, D. D.; SILVA, T. C.; SILVA, H. R. F.; PASSOS, I. M. dos. Crescimento e Produção de Bananeira 'Nanica' Irrigada com Água Calcária no Norte de Minas Gerais. **Ensaio e Ciência**, v. 25, n. 3, p. 337-345, 2021.

AZEVEDO, V. F. de; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; MAIA, V. M.; OLIVEIRA E SILVA, O. Avaliação de bananeiras tipo prata, de porte alto, no semiárido. **Ciência e Agrotecnologia** [online]. v. 34, n. 6, p. 1372-1380, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000600003>. Acesso em: 15 out. 2021.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

BROGGI, F. Adsorção e disponibilidade de fósforo em solos com diferentes composições mineralógicas. 2004. 54 f. **Dissertação: (Mestrado em Ciência do Solo)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2004.

CRISOSTOMO, L. A.; MONTENEGRO, A. A. T.; SOUSA NETO, J. de; LIMA, R. N. de. Influência da adubação NPK sobre a produção e qualidade dos frutos de bananeira cv. "Pacovan". **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 45-52, jan.-mar., 2008.

DAMATTO JUNIOR, R. E.; BÔAS, V. L. R.; LEONEL, S.; NOMURA, S. E.; FUZITANI, J. E. Crescimento e produção de bananeira prata-anã

adubada com composto orgânico durante cinco safras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, Volume Especial, e. 713-721, outubro/2011.

FERNANDES, L. A.; RAMOS, S. J.; VALADARES, S. V.; LOPES, P. S. N.; FAQUIN, V. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1575-1581, nov. 2008

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. FAO. 2021. **Banana Statistical Compendium 2020**. Rome. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb6637en/cb6637en.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P.; GHEYI, H. R.; SOUZA JÚNIOR, R. F. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 268-275. 2010.

JARAMILLO, R. C. **Lãs principais características morfológicas del frutos de banano, variedade Cavendish Gigante (Musa AAA) em Costa Rica**. Panamá: Upeb-Impretex S.A. 1982. 42p.

MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C. C.; CANTARUTTI, R. B.; VENEGAS, V. H. A.; Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o acúmulo de macronutrientes e a suscetibilidade da banana 'Prata Anã' ao dano mecânico. **Revista Ceres** (online), Viçosa, v. 50, n. 292, p. 753-765, 2003a. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/20503>. Acesso em: 15 out. 2021.

MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C. C.; CANTARUTTI, R. B.; VENEGAS, V. H. A.; COUTO, F. A. D. Efeitos de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre os componentes da produção e a qualidade de bananas no Distrito Agroindustrial de Jaíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2,

p. 319-322, 2003b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000200034>. Acesso em: 15 out. 2021.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2. ed. New York: Academic

MELO, F. B.; CARDOS, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE; RIBEIRO, V. Q. Crescimento e produção de frutos de bananeira cultivar "Grand Naine" relacionados à adubação química. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 246-249, 2006.

MELO, F. B.; CARDOS, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE; RIBEIRO, V. Q. Crescimento e produção de frutos de bananeira cultivar "Grand Naine" relacionados à adubação química. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 246-249, 2006.

MOREIRA, I. A. G. **Geografia Geral e do Brasil**. São Paulo, Moderna, 1985. 230p.

MOREIRA, R. S. **Banana Teoria e Prática de Cultivo**. 2. ed. Fundação Cargill, São Paulo, 299p. 1999.

NOMURA, E. S.; DAMATTO JUNIOR, E. R.; MARUYAMA, I. S.; MENDONÇA, J. C.; SAES, L. A.; PENTEADO, L. A. C.; KOBORI, R. T.; MORAES, W. S. **Cultivo da Bananeira**. Campinas, CDRS, 2020. 178p. (Manual Técnico, 82).

NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; RUIZ, H. A.; BEIRIGO, R. M.; BONCOMPANI, A. L. P. Características químicas de solos da região de Janaúba, MG, irrigados com água de poços tubulares e do Rio Gortuba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 227-236, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

ROBINSON, J. C.; SAÚCO, V. G. **Bananas and plantains**. 2. ed. Oxford: CAB International, 2010. 311p. (Crop production science in horticulture, 19).

RODRIGUES, M. G. V.; DIAS, M. S. C.; PACHECO, D. D. Influência de diferentes níveis de desfolha na produção e qualidade dos frutos da bananeira 'Prata Anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n.3, p. 755-762, set. 2009.

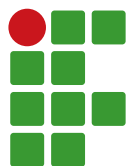
SILVA, A. T. J.; RODRIGUES, V. G. M. Produção da bananeira 'Prata Anã' em função da aplicação de adubo fosfatado, em quatro ciclos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 613-618, jun. 2013.

SILVA, J. T. A. da; SILVA, I. P.; PEREIRA R. D. Adubação fosfatada em mudas de bananeira 'Prata anã'(AAB), cultivadas em dois Latossolos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 238-242, mar./abr., 2011.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; DIAS, M. S. C.; COSTA, E. L.; PRUDÊNCIO, J. M. **Diagnóstico nutricional da bananeira Prata-anã para o Norte de Minas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002, 16 p. (Boletim Técnico, 70).

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. San José: Imprenta Lil, 2000. 1 CD-ROM.

VIANA, A. F.; PACHECO, D. D.; SILVA, T. C.; OLIVEIRA, N. L. C. de; BARBOSA, M. G. Production of banana 'Prata Anã' under potassium and magnesium fertilizations in an area irrigated with limestone in the locality of Januária - MG. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e573986093, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6093.



Inibição do crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* por isolados de *Trichoderma* spp.

Ítalo Vilar Fernandes¹, Hebe Perez de Carvalho², Ana Carolina Perez de Carvalho dos Santos³, Yuri José Galvão Chagas⁴

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, gestor ambiental e discente do curso superior de Engenharia Agrônoma. italovilarf@hotmail.com

² IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, professora EBT. hebe.carvalho@ifsuldeminas.edu.br

³ Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado – Cesepe, gestora ambiental e engenheira agrônoma. perezsantos93@gmail.com

⁴ IFSULDEMINAS – Campus Machado, discente do curso superior de Engenharia Agrônoma. yurijose341@gmail.com

Submetido: 06/07/2021 | Aceito: 19/10/2021

Resumo

A cultura do tomate tem grande importância econômica em nível nacional e mundial. No entanto, seu retorno econômico está associado ao controle de várias doenças. Dentre elas, destaca-se a murcha de *Fusarium*, causada pelo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Para o controle dessa doença, geralmente empregam-se produtos biológicos, que comumente são fabricados com isolados antagonistas de *Trichoderma* sp. Sendo assim, o potencial antagonístico do *Trichoderma* sp. deve ser melhor estudado para outros fitopatógenos, ampliando as opções de biofungicidas no mercado. Deste modo, objetivou-se com o presente trabalho testar o potencial antagonístico de diferentes isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento micelial de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* *in vitro*. Foram testados quatro isolados de *Trichoderma* spp., sendo três isolados coletados em serrapilheira e um isolado comercial (*T. asperellum*). Os isolados de *Trichoderma* spp. foram avaliados quanto ao potencial antagonístico contra *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* por meio da técnica de pareamento de culturas. Foram avaliados: o tamanho médio da colônia (TC), a porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC), o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) do fitopatógeno e o antagonismo dos isolados de *Trichoderma* spp. por meio de escala de notas. Todos os isolados de *Trichoderma* spp. testados reduziram o crescimento micelial de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *in vitro*.

Palavras-chave: Antagonismo. Murcha de *Fusarium*. Controle biológico.

Introdução

O Brasil é responsável pela produção aproximada de 2,2 % de tomate em nível mundial, ocupando a 10^a posição no ranking de principais países produtores, liderado pela China, Índia, Turquia e Estados Unidos da América, que ocupam as primeiras posições, correspondendo a aproximadamente 34 %, 10 %, 7 % e 6 % da produção mundial, respectivamente (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE - FAOSTAT, 2019).

No ano de 2019, o Brasil produziu 3,92 milhões de toneladas de tomate em uma área de 54,54 mil hectares, sendo os estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Bahia os principais produtores, responsáveis por aproximadamente 72 % da produção nacional (INSTITUTO

BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2020).

A cultura do tomate pode ser acometida por várias doenças durante o ciclo da cultura. Os patógenos radiculares estão entre os mais importantes causadores de problemas fitossanitários, uma vez que apresentam estruturas de resistência que asseguram a sua sobrevivência em condições desfavoráveis (WONG; AMBRÓSIO; SOUZA, 2011).

Entre os patógenos radiculares estão os fungos habitantes do solo que se caracterizam por sobreviverem durante anos na ausência de um hospedeiro susceptível (LOPES; MICHÉREFF, 2018). De acordo com Correia e Michereff (2018), dentre os fungos habitantes do solo destacam-se os causadores de murchas vasculares, tais como

Fusarium oxysporum, *Verticillium albo-atrum* e *Verticillium dahliae*.

A murcha do *Fusarium* destaca-se dentre as doenças que mais preocupam o produtor. É causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* e se faz presente em praticamente todas as áreas onde se cultiva o tomateiro (INOUE-NAGATA *et al.*, 2016). A sobrevivência do patógeno ocorre na forma de micélio ou de clamidósporos encontrados geralmente em restos de cultura. O patógeno também pode se desenvolver nos tecidos de várias espécies vegetais, que atuam como hospedeiros alternativos (BEBENDO, 2018).

Segundo Inoue-Nagata *et al.* (2016), a sobrevivência do patógeno pode ser de até oito anos na ausência do hospedeiro, dificultando, de certa forma, medidas relacionadas ao manejo voltado para a redução do inóculo inicial (MELO; SERRA; NASCIMENTO, 2021). A disseminação do patógeno em longas distâncias ocorre pela utilização de mudas e sementes contaminadas, enquanto nas áreas de cultivo onde há a presença do patógeno a disseminação pode ocorrer a partir do deslocamento de propágulos com partículas de solo ocasionados pela aração e gradagem, irrigação ou até mesmo por conta da água da chuva (BEBENDO, 2018).

Os principais sintomas da doença na cultura do tomate provocam desde o amarelecimento até a murcha progressiva da parte aérea, podendo causar morte das plantas, secando-as por completo. Normalmente, a infecção se dá unilateralmente por atingir os feixes vasculares, oriundos do tecido radicular infectado. Plantas que possuem sistema radicular pouco desenvolvido em geral são mais atacadas pelo fungo, contribuindo para a perda progressiva do vigor e redução do ciclo da cultura. Em campo, a doença se manifesta normalmente na forma de reboleiras, principalmente durante as fases de crescimento, floração e maturação dos frutos. Na fase de viveiro ou logo após o transplântio, se

acometida pela doença, as mudas podem sofrer com o tombamento ou *damping-off* (TÖFOLI; DOMINGUES, 2018).

O controle da doença ocasionada pelo *Fusarium oxysporum* pode ser realizado por meio de medidas e práticas culturais envolvendo nutrição adequada e equilibrada das plantas, calagem, uso de cultivares resistentes, rotação de culturas e aração profunda (INOUE-NAGATA *et al.*, 2016; MIELNICZUK; SKWARYŁO-BEDNARZ, 2020). O controle biológico, caracterizado pela utilização de organismos não patogênicos no sítio de infecção, de modo que limite a ação do patógeno ou que aumente a resistência do hospedeiro, também tem sido utilizado (TÖFOLI; DOMINGUES, 2018).

O uso de método biológico no controle de doenças de plantas tem crescido nos últimos anos. Houve um aumento significativo de produtos fabricados à base de microrganismos registrados para diversas culturas (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019). No Brasil esse segmento do agronegócio já representa de 3 % a 5 % das vendas dos produtos químicos (VIEIRA *et al.* 2016). Atualmente, o emprego do método biológico é uma alternativa que não está restrita somente aos agricultores de base agroecológica, sendo os agricultores convencionais os maiores consumidores de produtos biológicos, pois estes minimizam os danos ao ambiente e à saúde, além de os produtores também terem uma maior percepção da necessidade de diversificar as ferramentas para o manejo de doenças (MEDEIROS; SILVA; PASCHOLATI, 2018).

Somente no ano de 2019, foram registrados 21 biofungicidas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, à base de *Trichoderma*, sendo 66 % à base de *Trichoderma harzianum*, 24 % à base de *Trichoderma asperellum*, 5 % à base de *Trichoderma koningiopsis* e 5 % à base de *Trichoderma stromaticum* (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019).

De acordo com Dalacosta (2019), as espécies de *Trichoderma* possuem rápido crescimento em diversos tipos de meios, facilitando sua produção massal, por isso têm sido utilizadas no controle de biológico de doenças fúngicas, principalmente para o controle de fungos de solo, como *Fusarium oxysporum*. As diferentes espécies do fungo podem interferir na vida do fitopatógeno por diversos mecanismos de ação como a competição por espaço e nutrientes, a antibiose, o micoparasitismo, a fungistase e a indução de resistência, além de estimular as plantas a aumentarem sua tolerância a estresses naturais (INFANTE *et al.*, 2011; MASTOURI; BJÖRKMAN; HARMAN, 2012).

Töfoli e Domingues (2018) afirmam que o fungo quando aplicado via solo ou no substrato no caso de produção de mudas pode reduzir significativamente a ocorrência e a severidade de doenças causadas por patógenos dos gêneros *Fusarium*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Verticillium*, *Pythium* e *Phytophthora*.

Sendo assim, a avaliação de novos e potenciais antagonistas de isolados de *Trichoderma* em diferentes fitopatógenos pode possibilitar a obtenção de novos biofungicidas visando aumentar a oferta de produtos de biocontrole.

Desse modo, objetivou-se com o presente trabalho testar *in vitro* o potencial antagonístico de diferentes isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Inconfidentes*.

O isolado de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* utilizado no experimento foi proveniente da micoteca da Empresa Sakata, e

os isolados de *Trichoderma* spp. (I₃, I₄, I₅) foram obtidos por Garcia (2020) em serrapilheira do setor de olericultura, da Fazenda Escola do IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes* e estão armazenados no Laboratório de Fitopatologia – *Campus Inconfidentes*. Utilizou-se também de um isolado obtido do produto comercial Quality® da espécie *Trichoderma asperellum*.

O potencial antagonístico dos diferentes isolados de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* foi avaliado por meio da técnica de confronto direto por meio do pareamento das colônias, conforme metodologia proposta por Dennis e Webster (1971). Para isso, foram utilizados discos com 10 mm de diâmetro obtidos das colônias do fitopatógeno e isolados do antagonista crescidos por 7 dias em meio batata-dextrose-ágar (BDA) e incubados em câmara de crescimento tipo BOD à temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. Na montagem do experimento foram utilizadas placas de Petri de 90 mm de diâmetro contendo 20 mL de meio BDA, pH 5,7. Os discos da colônia de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* foram repicados para a superfície do meio de cultura nas placas de Petri, a uma distância de 0,5 cm da borda da placa, sendo as placas incubadas em câmara de crescimento tipo BOD à temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas por 48 horas, conforme metodologia proposta por Dennis e Webster (1971). Após o crescimento micelial das colônias de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* por 48 horas, foram repicados discos da colônia dos isolados em lados opostos das placas de Petri a 0,5 cm da borda das placas. As placas de Petri contendo colônia do fitopatógeno e do antagonista pareadas foram incubadas em câmara de crescimento tipo BOD à temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas durante o período de condução do experimento.

Cada isolado de *Trichoderma* spp. foi pareado com o fitopatógeno e considerou-se como testemunha somente o fitopatógeno na

placa de Petri sem o antagonista, totalizando 5 tratamentos, sendo eles: T1 – *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* x isolado 3 (I3); T2 – *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* x isolado 4 (I4); T3 – *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* x isolado 5 (I5); T4 – *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* x *T. asperellum*; T5 – *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 7 repetições, sendo cada placa considerada uma parcela.

$$PIC = \frac{\text{tamanho médio da testemunha} - \text{tamanho médio do tratamento}}{\text{tamanho médio da testemunha}} \times 100$$

Determinou-se também o diâmetro médio das colônias em mm e o índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM), expresso em mm dia⁻¹, pela fórmula descrita por Oliveira e Machado (1991):

$$IVCM = \frac{\sum (T - Ta)}{N}$$

em que:

T = tamanho médio atual da colônia;

Ta = tamanho médio da colônia no dia anterior e

N = número de dias após a repicagem.

Para a avaliação do antagonismo dos isolados de *Trichoderma* spp. utilizou-se de uma adaptação da escala de notas proposta por Bell, Wells e Markhan (1982), sendo: nota 1 – o antagonista cresce completamente sobre o patógeno e ocupa toda a placa de Petri; nota 2 – o antagonista cresce por pelo menos 2/3 da placa de Petri, sobrepondo-se sobre o patógeno; nota 2,5 – o antagonista cresce por pelo menos 2/3 da placa de Petri, porém não sobrepõe-se sobre o patógeno; nota; 3 – antagonista e patógeno crescem até a metade da placa; nota 4 – o patógeno cresce pelo menos 2/3 da placa; nota 5 – o patógeno cresce completamente por toda a placa de Petri. O antagonismo dos isolados também foi determinado no 7º e 14º dias de incubação.

As avaliações foram iniciadas 24 horas após a repicagem do *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, sendo realizadas diariamente durante período de 14 dias. Foram feitas medições diárias do crescimento micelial frontal das colônias do fitopatógeno e dos antagonistas, com auxílio de um paquímetro digital. A porcentagem da inibição do crescimento micelial (PIC) foi determinada no 7º dia e 14º dia após a incubação e foi calculada com base na fórmula descrita por Menten *et al.* (1976), em que:

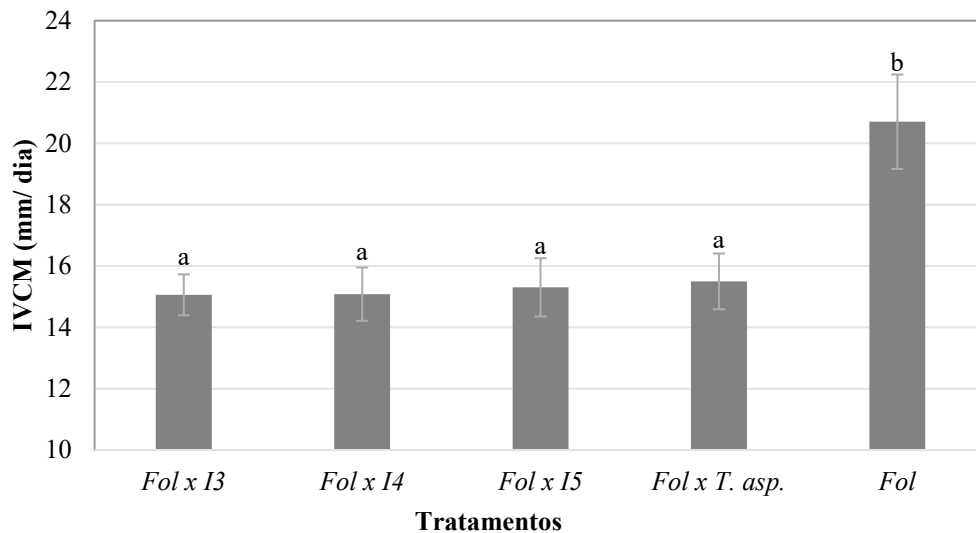
Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 1 % de probabilidade, utilizando o software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Observou-se que mesmo sendo repicados para as placas 48 horas após a transferência do patógeno, os isolados testados de *Trichoderma* (I3, I4, I5 e *T. asperellum*) manifestaram efeito antagônico significativo em relação ao índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) quando comparado com a testemunha, não diferindo entre si (FIGURA 1). A velocidade de crescimento micelial é de extrema importância dentro do controle biológico, uma vez que está relacionada à rápida colonização do substrato quando em competição com o fitopatógeno (MEDEIROS; SILVA; PASCHOLATI, 2018).

O IVCM do patógeno foi de 15,06 mm, 15,08 mm, 15,30 mm e 15,50 mm na presença dos isolados I3, I4, I5 e *T. asperellum*, respectivamente, enquanto na testemunha, sem a presença do antagonista, o crescimento foi de 20,07 mm dia⁻¹, o que demonstra que a presença dos isolados inibiram o crescimento

Figura 1 – Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) em mm dia⁻¹ de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Fol) na presença de isolados de *Trichoderma* spp. (I3, I4, I5 e *Trichoderma asperellum*. Inconfidentes/MG, 2021).



*Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 1 % de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

micelial do patógeno. A porcentagem média de inibição do crescimento micelial de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* pelos isolados foi de 24 %.

Em estudo realizado por Sousa *et al.* (2017), foi demonstrado que 7 dos 9 isolados de *Trichoderma* avaliados tiveram potencial de controle *in vitro* de *R. solani*, 33 % dos isolados estudados tiveram uma redução média de 40 % do IVCM do patógeno e 44 % tiveram uma redução média de 25 % do IVCM. Sá *et al.* (2019) e Soares *et al.* (2019) também confirmaram em seus estudos que *Trichoderma* spp. reduziu o crescimento micelial de *Fusarium* sp. e *Fusarium solani*, causadores de danos na cultura do feijão-caupi e da melancia, respectivamente.

Verificou-se também no 7º dia e no 14º dia após a incubação dos fungos que houve diferença significativa tanto para o tamanho da colônia quanto para o PIC entre os isolados de *Trichoderma* spp. e a testemunha, não sendo observada diferença estatística entre os isolados para ambas as avaliações. Os isolados I3, I4, I5 e *T. asperellum* inibiram o crescimento micelial de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* no 7º

dia de avaliação em 40 %, 48 %, 42 % e 42 % e, aos 14 dias, 62 %, 67 %, 64 % e 64 %, respectivamente (TABELA 1).

Ao comparar as avaliações do 7º dia e 14º dia após a incubação, verificou-se que não houve aumento no tamanho das colônias de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* na presença dos isolados, sendo que os isolados não diferiram entre si para o parâmetro avaliado. Esse resultado pode ser explicado em decorrência do encontro frontal das colônias do patógeno com as colônias do antagonista, denotando de certa forma sua eficiência na inibição do crescimento micelial do patógeno. A redução no crescimento micelial de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* também pode estar ligada à liberação de metabólitos, pela competição de nutrientes no meio de cultura ou por micoparasitismo pelo antagonista (MATOS *et al.*, 2014). Além disso, cada espécie de *Trichoderma* possui seu próprio mecanismo de ação para interagir com cada tipo de fitopatógeno (RIBEIRO, 2017).

Observou-se que, com o passar dos dias, o PIC foi aumentando devido ao crescimento

Tabela 1 – Tamanho médio da colônia (TC) e percentual de inibição do crescimento micelial (PIC) de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Fol) por isolados de *Trichoderma* spp. (I3, I4, I5 e *Trichoderma asperellum*) no 7º dia e 14º dia de incubação. Inconfidentes/MG, 2021.

Tratamentos	TC (mm)		PIC (%)	
	7º dia	14º dia	7º dia	14º dia
<i>Fol</i> x I3	23,18 a	23,18 a	40 a	62 a
<i>Fol</i> x I4	19,97 a	19,97 a	48 a	67 a
<i>Fol</i> x I5	22,22 a	22,22 a	42 a	64 a
<i>Fol</i> x <i>T. asperellum</i>	22,31 a	22,31 a	42 a	64 a
Testemunha	38,77 b	61,66 b	0 b	0 b
CV (%)	11,43	10,53	20,18	8,38

*Médias seguidas com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 1 % de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

contínuo do *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, sem a presença do antagonista. No 7º dia de avaliação, o menor PIC dos isolados em relação à testemunha foi de 40 %, enquanto no 14º dia, de 62 %. Esses valores foram superiores aos encontrados por Fantinel *et al.* (2018), que avaliaram o potencial antagônico de diferentes isolados de *Trichoderma* e *Bacillus thuringiensis* sobre *Colletotrichum siamense*, verificando no 6º dia e 12º dia um PIC máximo de 32 % e 44,2 %, respectivamente. Hoffmann *et al.* (2015) observaram no 7º dia de pareamento que 3 dos 15 isolados tiveram PIC de 38,8 %, 44,4 % e 48,9 % e 12 dos isolados tiveram alto potencial antagônico, inibindo completamente o desenvolvimento do *Fusarium* sp., apresentando percentuais de inibição de crescimento entre 81,2 % e 94,4 %.

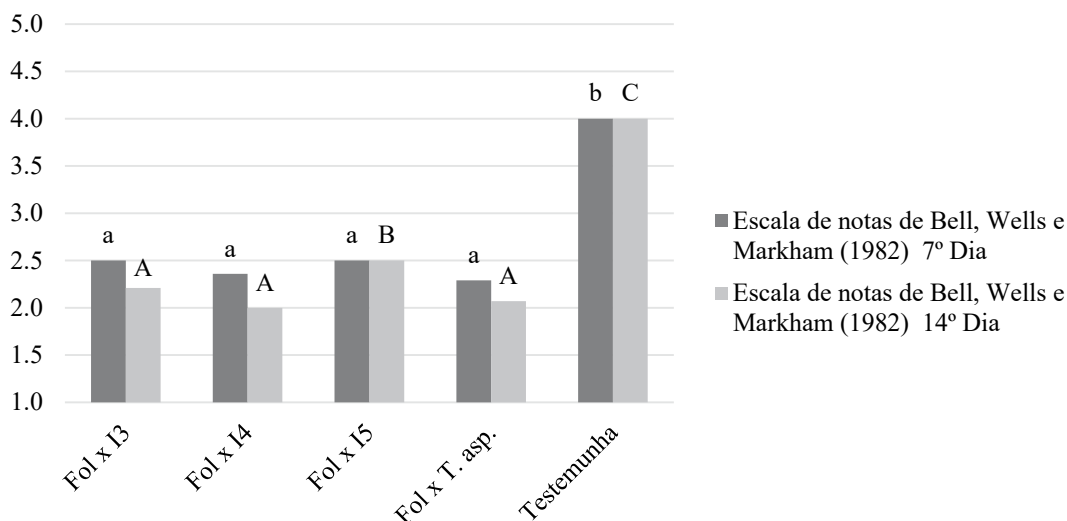
Segundo a escala de Bell, Wells e Markham (1982), no 7º dia, todos os tratamentos que continham os antagonistas diferiram estatisticamente da testemunha, mas não diferiram entre si. Ao final do experimento, os tratamentos que tiveram maior antagonismo foram os que tinham a presença do I3, I4 e *T. asperellum* (FIGURA 2). Portanto, a avaliação do antagonismo por meio da escala de notas possibilitou diferenciar os isolados somente aos 14 dias após a incubação.

Verificou-se que o isolado I5 cresceu por pelo menos 2/3 da placa em todas as repetições, encontrando frontalmente com a colônia de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, sem que fosse observada sobreposição da colônia, enquadrando-se em nota 2,5. O resultado mostrou que o I5, de certa forma, é capaz de inibir o crescimento do patógeno, uma vez que diferiu estatisticamente da testemunha, porém não é tão eficiente quanto o I3, I4 e *T. asperellum*, aos quais foi atribuída nota 2. Os referidos isolados tiveram crescimento micelial que sobrepôs a colônia do patógeno, sugerindo provável micoparasitismo das hifas de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* pelas hifas dos isolados (I3, I4 e *T. asperellum*) de *Trichoderma* spp. De acordo com Meyer, Mazaro e Silva (2019), o micoparasitismo é uma das características mais relevantes do gênero *Trichoderma*.

Diferente desses resultados, Milanesi *et al.* (2013) observaram em seu trabalho 2 isolados de *T. tomentosum* que tiveram nota 1 ao antagonismo de isolados de *Fusarium oxysporum*, ou seja, *in vitro* os isolados de *T. tomentosum* cresceram completamente sobre as colônias do *Fusarium oxysporum*, evidenciando o potencial para o biocontrole dessas espécies.

Cabe ressaltar que, apesar de os resultados terem sido significativos quanto à inibição *in vitro* do *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, pelos

Figura 2 – Média das notas atribuídas ao cultivo pareado de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Fol) com diferentes isolados de *Trichoderma* spp. (I3, I4, I5 e *Trichoderma asperellum*) no 7º dia e 14º dia de avaliação.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 1 % de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

isolados testados de *Trichoderma*, não é possível afirmar que eles seriam eficientes *in vivo*. Grigoletti Júnior, Santos e Auer (2000) afirmam que existem algumas limitações com a execução apenas do teste *in vitro* na avaliação do potencial antagônico de determinado fungo, visto que, na maioria das vezes, os resultados obtidos em condições controladas não coincidem ou, às vezes, são diferentes daqueles obtidos em campo ou em casas de vegetação. Sendo assim, é de extrema importância que se realizem avaliações *in vivo* dos isolados avaliados neste trabalho para confirmar seu potencial antagônico em relação ao *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Conclusão

Todos os isolados de *Trichoderma* spp. testados reduziram o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *in vitro*.

Referências

BEBENDO, I. P. Murchas vasculares. In: AMORIM, L., REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). **Manual de**

fitopatologia: princípios e conceitos. 5. ed. Ouro Fino/MG: Agronômica Ceres, 2018. v. 1, cap. 25. p. 335.

BELL, D. K.; WELLS, H. D.; MARKHAM, C. R. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. **Phytopathology**, v. 72, n. 4, p. 379-382, 1982. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1982Articles/Phyto72n04_379.PDF. Acesso em: 19 abr. 2021.

CORREIA, K. C.; MICHEREFF, S. J. Fundamentos e desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. In: LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. (ed.). **Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos**. Recife, PE: EDUFRPE, 2018. p. 7. Disponível em: http://www.ppgf.ufrpe.br/sites/ww3.ppgf.ufrpe.br/files/lopes_michereff_2018_-_desafios_manejo_doencas_radiculares.pdf. Acesso em: 08 jun. 2021.

DALACOSTA, N. L. **Compatibilidade de *Trichoderma harzianum* associado ao controle**

químico no tratamento de sementes de soja. 2019. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco/PR, 2019. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4069/1/PB_PPGAG_M_Dalacosta%2c%20Nean%20Locatelli_2019.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

DENNIS, C.; WEBSTER, J. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*: III. hyphal interaction. **Mycological Society**, v. 57, n. 3, p. 363-369, 1971.

FANTINEL, V. S.; MUNIZ, M. F. B.; POLETTO, T.; DUTRA, A. F.; KRAHN, J. T.; FAVARETTO, R. F.; SARZI, J. S. Biocontrole *in vitro* de *Colletotrichum siamense* utilizando *Trichoderma* spp. e *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. **Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 43-50, 2018. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/157/56>. Acesso em: 25 maio 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039 – 1042, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001. Acesso em: 19 abr. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE - FAOSTAT. **Rankings**: countries by commodity. Countries by commodity. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 25 jun. 2021.

GARCIA, T. R. **Avaliação *in vitro* do antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. sobre *Colletotrichum* sp.** 2020. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônoma, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, 2020.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SANTOS, Á. F. dos; AUER, C. G. Perspectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais. **Floresta**, v. 30, n. 1/2, p. 155-165, 2000. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2362/1974>. Acesso em: 26 maio 2021.

HOFFMANN, C. A.; CHAGAS, L. F. B.; SILVA, D. P. da; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SCHEIDT5, G. N. Potencial de antagonismo de isolados de *Trichoderma* sp. contra o isolado de *Fusarium* sp., *in vitro*. **Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 236-242, 2015. Trimestral. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3040/0>. Acesso em: 26 maio 2021.

INFANTE, D.; GONZÁLES, N.; MARTINEZ, B.; REYES, Y. Evaluación de la efectividad de doce cepas de *trichoderma asperellum* Samuels sobre tres fitopatógenos en condiciones de campo. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, **Revista de Protección Vegetal**, v. 26, n. 3, p. 194-197, 2011. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522011000300010&lng=en&tlng=en. Acesso em: 21 abr. 2021.

INOUE-NAGATA, A. K.; LOPES, C. A.; REIS, A.; PEREIRA, R. B.; QUESADDO-DURVAL, A. M.; PINHEIRO, J. B.; LIMA, M. F. Doenças do tomateiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. 5. ed. Ouro Fino – MG: Agrônômica Ceres, 2016. v. 2, cap. 70., p. 717-718.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal – PAM -2019**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 15 abr. 2021

LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. (ed.). **Fundamentos e desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos**. Recife/PE: EDUFRPE, 2018. Disponível em: http://www.ppgf.ufrpe.br/sites/ww3.ppgf.ufrpe.br/files/lopes_michereff_2018_-_desafios_manejo_doencas_radiculares.pdf. Acesso em: 8 jun. 2021.

MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E. 1. *Trichoderma harzianum* enhances antioxidant defense of tomato seedlings and resistance to water deficit. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 25, n. 9, p. 1264-1271, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/mpmi-09-11-0240>. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/MPMI-09-11-0240>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MATOS, K. S.; CARVALHO, I. F. de; ARAÚJO, D. V. de; SILVA, M. L. da; FARIAS, T. N. Estudo *in vitro* da potencialidade de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Fusarium guttiforme*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 2234-2243, 2014. Trimestral. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/CIENCIAS%20BIOLOGICAS/Estudo%20in%20vitro.pdf>. Acesso em: 26 maio 2021.

MEDEIROS, F. H. V. de; SILVA, J. C. P. da; PASCHOLATI, S. F. Controle biológico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; B. FILHO, A. (ed.). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino, MG: Agronômica Ceres Ltda., 2018. cap. 17. p. 261-274.

MELO, T. A. de; SERRA, I. M. R. S.; NASCIMENTO, I. T. V. S. do. Efeito do extrato hidroalcoólico e do óleo de nim (*Azadirachta indica*) sobre o fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* e na resistência induzida de quiabeiros à fusariose. **Research, Society And Development**, v. 10, n. 2, p. 1-19, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12357>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MENTEN, J. O. M.; MINUSSI, C. C.; CASTRO, C.; KIMATI, H. Efeito de alguns fungicidas no crescimento micelial de *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid. "*in vitro*". **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 57-66, 1976.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. ***Trichoderma*: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 538 p.

MIELNICZUK, E.; SKWARYŁO-BEDNARZ, B. *Fusarium head blight*, mycotoxins and strategies for their reduction. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 509, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/4/509/htm>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MILANESI, P. M.; BLUME, E.; ANTONIOLI, Z. I.; MUNIZ, M. F. B.; SANTOS, R. F. dos; FINGER, G.; DURIGON, M. R. Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, p. 347-356, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260772332_Biocontrole_de_Fusarium_spp_com_Trichoderma_spp_e_promocao_de_crescimento_em_plantulas_de_soja. Acesso em: 27 maio 2021.

OLIVEIRA, J. A.; MACHADO, J. C. **Efeito do tratamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) e pimentão (*Capsicum annum* L.)**. 1991. Dissertação - Universidade Federal de Lavras, Lavras. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/33483>. Acesso em: 19 abr. 2021.

RIBEIRO, M. S. **Estudo funcional do gene gluc31 que codifica uma β -1,3-glucanase da família GH16 de *Trichoderma harzianum***. 2017. 90 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO, 2017. Disponível em: <https://repositorio.bc>

ufg.br/tede/bitstream/tede/7346/5/Tese%20-%20Marcela%20Suriani%20Ribeiro%20-%202017.pdf. Acesso em: 26 maio 2021.

SÁ, M. N. F.; LIMA, J. S.; JESUS, F. N.; PEREZ, J. O.; GAVA, C. A. T. Seleção in vitro de agentes de biocontrole visando o controle de *Fusarium* sp. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 14-16, 2019. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/157/56>. Acesso em: 26 maio 2021.

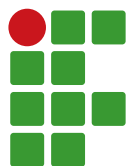
SOARES, M. G. O.; CEZAR, M. A.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; PEREIRA, F. H. F.; CARDOSO, T. A. de L. Antagonismo de *Trichoderma* spp. a *Fusarium solani* e os efeitos na atividade fotossintética da melancia. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17, n. 2, p. 1-11, ago/dez. 2019. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/5017>. Acesso em: 25 maio 2021.

SOUSA, I. A. L. de; BENCHIMOL, R. L.; SILVA, C. M. da; SANTOS, A. K. A.; SANTOS, A. K. A. Potencial de Biocontrole de *Rhizoctonia solani* do Feijão-Caupi. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 1, p. 86-89, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/2863/v7n1p86-89.pdf>. Acesso em: 25 maio 2021.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J. Doenças fúngicas. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L. de; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. (org.). **Hortaliças-fruto**. 21. ed. Maringá: Eduem, 2018. Cap. 8. p. 296-313.

VIEIRA, B. A. H.; PRADO, J. S. M.; NECHET, K. L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 853 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1059897>. Acesso em: 10 jun. 2021.

WONG, L. C.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; SOUZA, N. L. de. Sobrevivência de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* Raça 2 submetido à técnica da solarização associada à incorporação de folhas de mandioca. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 2, p. 129-133, jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/4FrWXd9wLJTtkcnL6DQZhw/?lang=pt>. Acesso em: 08 jun. 2021.



Caracterização morfoanatômica da folha e raiz de *Brassavola tuberculata* Hook (Orchidaceae) em afloramento rochoso

Fernanda Maria Trindade da Silva¹, Wellington Marota Barbosa², Walnir Gomes Ferreira Júnior³

¹ Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Machado, Brasil. Laboratório de Botânica e Ecologia - Herbário GERAES, graduada em Ciências Biológicas. fermaria.silva63@gmail.com

² Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Machado, Brasil. Laboratório de Biotecnologia, docente. wellington.barbosa@ifsuldeminas.edu.br

³ Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Machado, Brasil. Laboratório de Botânica e Ecologia - Herbário GERAES, docente. walnir.ferreira@gmail.com

Submetido em: 17/09/2021 | Aceito em: 14/01/2022

Resumo

As orquídeas possuem adaptações morfológicas e anatômicas que as tornam aptas a ocuparem os mais diferentes ambientes com as mais variadas condições. Essas adaptações, com os atributos fisiológicos, são essenciais para o estabelecimento, crescimento, reprodução e colonização das orquídeas. Sendo assim, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de descrever a anatomia foliar e radicular de *Brassavola tuberculata* Hook encontrada em forófito situado em afloramento rochoso em Campestre (MG). As amostras de folhas e raízes coletadas foram cortadas a mão livre e coradas com azul de astra e safranina. Os testes histoquímicos aplicados foram: sudan III para lipídeos e lugol para amido. As folhas são subuladas, suculentas e sulcadas, contendo uma cânula longitudinal contínua. A epiderme possui cutícula espessa, estômatos com câmara supraestomática em ambas as faces foliares e o mesofilo é homogêneo com parênquima aquífero na porção central. Na raiz, o velame e o tecido cortical são compostos por várias camadas de células que permitem o armazenamento de água. Foram observados grãos de amido na folha e na raiz. Esses caracteres xeromórficos encontrados permitem a sobrevivência da espécie nas condições restritas encontradas no forófito sobre afloramento rochoso.

Palavras-chave: Anatomia vegetal. Anatomia Ecológica. Anatomia foliar. Anatomia radicular. Orquídea.

Introdução

A família Orchidaceae abriga 7 % das espécies da flora do planeta com 26.454 espécies catalogadas e distribuídas em 735 gêneros (CHASE *et al.*, 2015). No Brasil, a família é representada por 217 gêneros e 2.443 espécies, das quais mais de 60 % são endêmicas (FLORA DO BRASIL, 2021). As espécies dessa família distribuem-se por quase todas as regiões do planeta com exceção das regiões polares e desérticas, concentrando-se em florestas úmidas de regiões tropicais e subtropicais, principalmente em florestas tropicais da Ásia e das Américas (DRESSLER, 2005). Possuem hábito terrícola, rupícola, epífita ou saprófita (MATTIUZ; RODRIGUES; MATTIUZ, 2006).

A família é reconhecida por suas flores que exibem disposição uniforme de seus verticilos florais na maioria das espécies, porém variam

com relação ao tamanho, a forma e a cor (PABST; DUNGS, 1975), ademais, exibem características altamente especializadas que servem para atrair insetos e favorecer a polinização cruzada (DRESSLER, 1993). Ao contrário das flores, a organização de suas partes vegetativas é notoriamente diversificada (DRESSLER, 1993), favorecendo a variedade de formas de crescimento (PABST; DUNGS, 1975) e proporcionando amplo poder adaptativo para diferentes ambientes a essa família, principalmente ao aéreo (BENZING *et al.*, 1982).

Todas as espécies de plantas utilizam, basicamente, os mesmos recursos: luz, dióxido de carbono (CO₂), água e nutrientes. As diferenças ecológicas entre espécies surgem a partir das diferentes formas de adquirir e usar os mesmos recursos (WESTOBY *et al.*, 2002). Essa diferença só é possível devido aos traços

funcionais que são características anatômicas e fisiológicas que podem ser determinadas e que comandam as respostas do organismo ao ambiente (STERCK *et al.*, 2011). Desta forma, a considerável riqueza de espécies e ampla distribuição encontram explicações nas diversas estratégias especializadas que essas plantas desenvolveram.

Os gêneros *Maxillaria* (FOLDATS, 1970), *Vanda* e *Epidendrum* (OLIVEIRA; SAJO, 2001), por exemplo, desenvolveram pseudobulbos, que são órgãos de armazenamento de água e carboidratos e que, geralmente, estão associados a órgãos florais altamente desenvolvidos. O gênero *Pleurothallis* (OLIVEIRA; SAJO, 1999) não possui pseudobulbos e suas folhas são as responsáveis pelas funções de armazenamento de água e nutrientes. Além dessas estruturas de reserva, as orquídeas possuem outras adaptações a ambientes xéricos, como o velame, que tem a capacidade de absorver água e nutrientes, reduzir a transpiração e oferecer proteção mecânica (PRIDGEON, 1986), associações a fungos endomicorrízicos e Metabolismo Ácido Crassuláceo (CAM) (OLIVEIRA; SAJO, 2001). Tais atributos favorecem a sobrevivência em condições limitantes (NOGUERA-SAVELLI; JÁUREGUI, 2012).

O gênero *Brassavola*, originário da América, está entre os principais da família Orchidaceae. Sua distribuição ocorre desde o norte do México até o norte da Argentina (NOGUERA-SAVELLI; JÁUREGUI, 2011). Esse gênero caracteriza-se por possuir plantas epífitas, caules teretos (FIGURA 1B) de uma só folha suculenta subulada e inflorescências, geralmente, racemosas de uma a três flores. A maioria das plantas detém aspecto similar em suas características vegetativas e florais, o qual tem causado conflitos na delimitação das espécies e nos sistemas de classificação propostos (NOGUERA-SAVELLI; JÁUREGUI, 2011).

A espécie *Brassavola tuberculata* Hook popularmente conhecida como “chuva de prata, cebolinha, rabo de rato e orquídea dama-da-noite” possui floradas abundantes e duradouras (junho até setembro), tendo, assim, alto valor ornamental. Suas inflorescências de cinco a sete flores possuem coloração branca levemente amarela (FIGURA 1C) e exalam odor levemente adocicado ao anoitecer (RECH; ROSA; MANENTE-BALESTIERE, 2010). Essa planta possui hábitos epifíticos ou rupícolas e uma ampla distribuição geográfica, ocorrendo nas cinco regiões da divisão geográfica brasileira. São encontradas nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, sendo componentes das vegetações do Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ciliar, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila, Restinga e a vegetação sobre Afloramentos Rochosos (FLORA DO BRASIL, 2021).

Os afloramentos rochosos, também conhecidos por *inselberg* (“ilha de rocha”), são fragmentos territoriais que apresentam isolamento geográfico, condições edafoclimáticas peculiares e relativo grau de endemismo específico (POREMBSKI; BARTHLOTT, 2000). Os afloramentos rochosos são frequentes no Brasil (ESGARIO *et al.*, 2008) e apresentam severas características ambientais, tais como solo pobre, altas insolações, grande oscilação de temperatura entre o dia e a noite (POREMBSKI *et al.* 1998), baixa retenção de água e nutrientes, poucas alternativas para fixação de sementes, propágulos ou raízes de plantas adultas, além de frequentemente acentuarem a exposição aos ventos, à luminosidade e ao calor (LARSON *et al.*, 2005). Esse conjunto de características ambientais tornam a flora presente neste ambiente peculiar e distinta da flora presente em seu entorno (LIMA, 2018).

A caracterização anatômica das plantas, com o passar do tempo, adquiriu grande importância

para a taxonomia (NOGUERA-SAVELLI; JÁUREGUI, 2012). Com a caracterização morfológica ou molecular possibilitam melhor embasamento para desvendar as relações filogenéticas e compreender como os fatores ambientais influenciam a distribuição e o funcionamento das plantas (BENZING, 2000).

Sabe-se que os fatores ambientais podem influenciar a morfologia, a anatomia e a fisiologia das plantas. Assim, os estudos anatômicos e ecofisiológicos contribuem para compreender a dinâmica das espécies e as estratégias que essas apresentam e que as capacitam para sobreviver em determinados ambientes. Tais informações são de grande importância para a conservação da biodiversidade de plantas, pois permitem a ampliação do conhecimento sobre os mecanismos adotados pelas espécies diante das alterações ambientais, tornando maiores as possibilidades de preservá-las. Por isso, este trabalho foi desenvolvido com objetivo de descrever a anatomia foliar e radicular de *Brassavola tuberculata* Hook encontrada em afloramento rochoso da Pedra Grande em Campestre (MG), servindo como base para futuros estudos ecofisiológicos sobre as estratégias adaptativas dessa espécie.

Material e métodos

Foram coletadas amostras foliar e radicular da espécie *Brassavola tuberculata* Hook pertencente à família Orchidaceae. As amostras foram obtidas de um forófito situado no afloramento rochoso denominado de Pedra Menor (FIGURA 1A), componente da pequena cadeia montanhosa, Serra da Pedra Grande, que está localizado às margens da Rodovia Vital Brasil/BR-267, a 15 km da sede do município de Campestre em direção ao município de Machado, no sul de Minas Gerais, Brasil. A região integra o bioma Mata Atlântica (IBGE, 2004) e a paisagem local é predominantemente agrícola e severamente fragmentada, possuindo apenas

9 % da cobertura florestal original e 51 % de pastagens (OLIVETTI, 2015). A vegetação da região é classificada como Floresta Estacional Semidecídua Montana (IBGE, 2004).

Após a coleta, as amostras do limbo foliar foram submetidas a medições com auxílio de régua, foi mensurado o comprimento e, com uso de paquímetro, os diâmetros menor e maior das regiões da base, terço médio e a 5 cm do ápice. Depois das medições, procedeu-se à montagem das lâminas para a realização das análises anatômicas da folha e da raiz. Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Biotecnologia do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Machado.

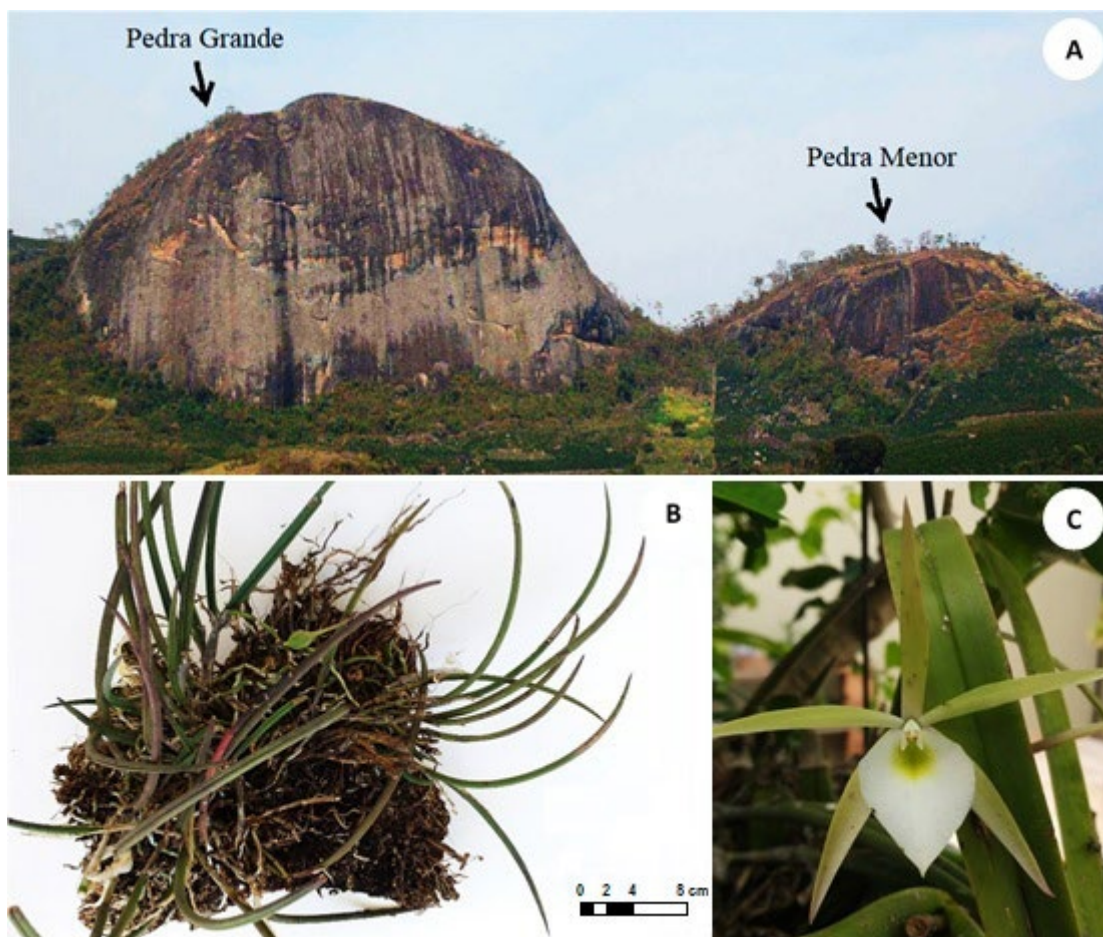
As amostras foram selecionadas da raiz e da porção mediana do limbo de folhas adultas e fixadas em FAA 70 (JOHANSEN, 1940), por 48 horas e, posteriormente, estocadas em etanol 70 %. Dessas amostras, foram obtidos cortes histológicos a mão livre e cortes paradérmicos corados com Azul de Astra e Safranina (ROESER, 1962). Os testes histoquímicos realizados foram lugol para amido (BÜCHERL, 1962) e Sudam III para lipídeos (JOHANSEN, 1940). Os resultados foram registrados por meio de fotomicrografias, obtidas em fotomicroscópio Leica EC3 e software Leica LAS EZ.

Resultados e discussão

Caracterização foliar

A folha de *Brassavola tuberculata* estudada é subulada, suculenta e sulcada, com uma cânula longitudinal contínua (FIGURA 1B), cujo limbo possui as seguintes dimensões médias: 22,3 cm de comprimento, diâmetro da base 0,5 cm x 0,39 cm (diâmetro maior e menor, respectivamente); diâmetro do terço médio 0,52 cm x 0,41cm (diâmetro maior e menor, respectivamente); ápice 0,34 cm x 0,26 cm (diâmetro maior e menor, respectivamente).

Figura 1. Caracterização da área e da espécie estudada. **A.** Área de trabalho, Pedra Menor, vista da margem da rodovia Vital Brasil; **B.** Folhas e raízes sobre periderme do forófito da *Brassavola tuberculata* Hook e **C.** Flor da *Brassavola tuberculata* Hook.



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

A análise anatômica revelou que as folhas são anfiestomáticas (FIGURAS 2C; 2D), com a maioria dos estômatos do tipo tetracíticos distribuídos aleatoriamente na epiderme, com ostíolos (poros) sempre alinhados paralelamente com maior eixo da folha (FIGURA 2E). Quando considerados os subgrupos da família Orchidaceae, geralmente, as folhas são hipoestomáticas, possuem estômatos apenas na face abaxial (SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004), mas algumas espécies de *Neuwiedia* e *Apostasia*, consideradas primitivas dentro da família também têm folhas anfiestomáticas (STERN *et al.*, 1993). No estudo de Noguera-Savelli e Jáuregui (2011), sobre o gênero *Brassavola*, todas as espécies estudadas possuíam folhas anfiestomáticas. Quanto à

disposição das células subsidiárias, Withner *et al.* (1974) concluíram que os estômatos típicos das Orchidaceae são os anomocíticos, porém os resultados observados coincidem com os de Stern e Carlsward (2009) que apontaram o tipo tetracítico como o mais comum nas Laeliinae.

Não foi observado nenhum tipo de tricoma em *B. tuberculata*, corroborando o estudo de Noguera-Savelli e Jáuregui (2011) que não encontraram tricomas em nenhuma das espécies do gênero. A análise dos cortes transversais demonstrou que o sistema dérmico é composto por células epidérmicas isodiamétricas, uniestratificadas, retangulares de paredes anticlinais retas e finas, paredes periclinais externas levemente convexas e finas (FIGURA 2C).

Sobre a epiderme foliar de *B. tuberculata*, há espessa cutícula lisa (FIGURA 2D). Essa característica, na maioria das espécies, é considerada um caráter xeromórfico (FAHN; CUTLER, 1992) e é determinado pelo grau de exposição do órgão ao sol, sendo essa uma das características das orquídeas de ambientes ensolarados (WITHNER *et al.*, 1974; OLIVEIRA; SAJO, 1999; SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004).

Análises das seções transversais da folha de *B. tuberculata* demonstraram que a cutícula forma uma proeminência expressiva sobre o poro estomático, contribuindo para a formação de uma câmara supraestomática (FIGURA 2D) semelhante às observadas por Oliveira e Sajo (1999) e Silva e Milaneze-Gutierre (2004). Para Rasmussen (1987), essa câmara é comum nas orquídeas epífitas que enfrentam altas temperaturas e pouca disponibilidade de água, contribuindo para a redução da transpiração foliar.

A folha possui mesofilo homogêneo, composto por 4-8 camadas de células parenquimáticas poliédricas e 18-22 camadas de células parenquimáticas isodiamétricas (FIGURA 2A). Algumas dessas células têm barras de espessamento (FIGURA 2B). De acordo com Pridgeon (1986), as células com espessamento, comuns em orquídeas que não apresentam pseudobulbos, têm como função armazenar água e evitar o colapso do tecido durante a seca, caracterizando, assim, a ocorrência de parênquima aquífero. Noguera-Savelli e Jáuregui (2012) observaram essa adaptação em várias espécies de *Brassavola* (*B. acaulis* Lindl. & Paxton, *B. ceboletta* Rchb.f. e *B. grandiflora* Lindl.), porém, não a encontrou em *B. tuberculata*.

O mesofilo também é permeado por grande quantidade de feixes de fibras extravascular (FIGURA 2F) dispostas tanto na face abaxial quanto na adaxial da folha. Noguera-Savelli e

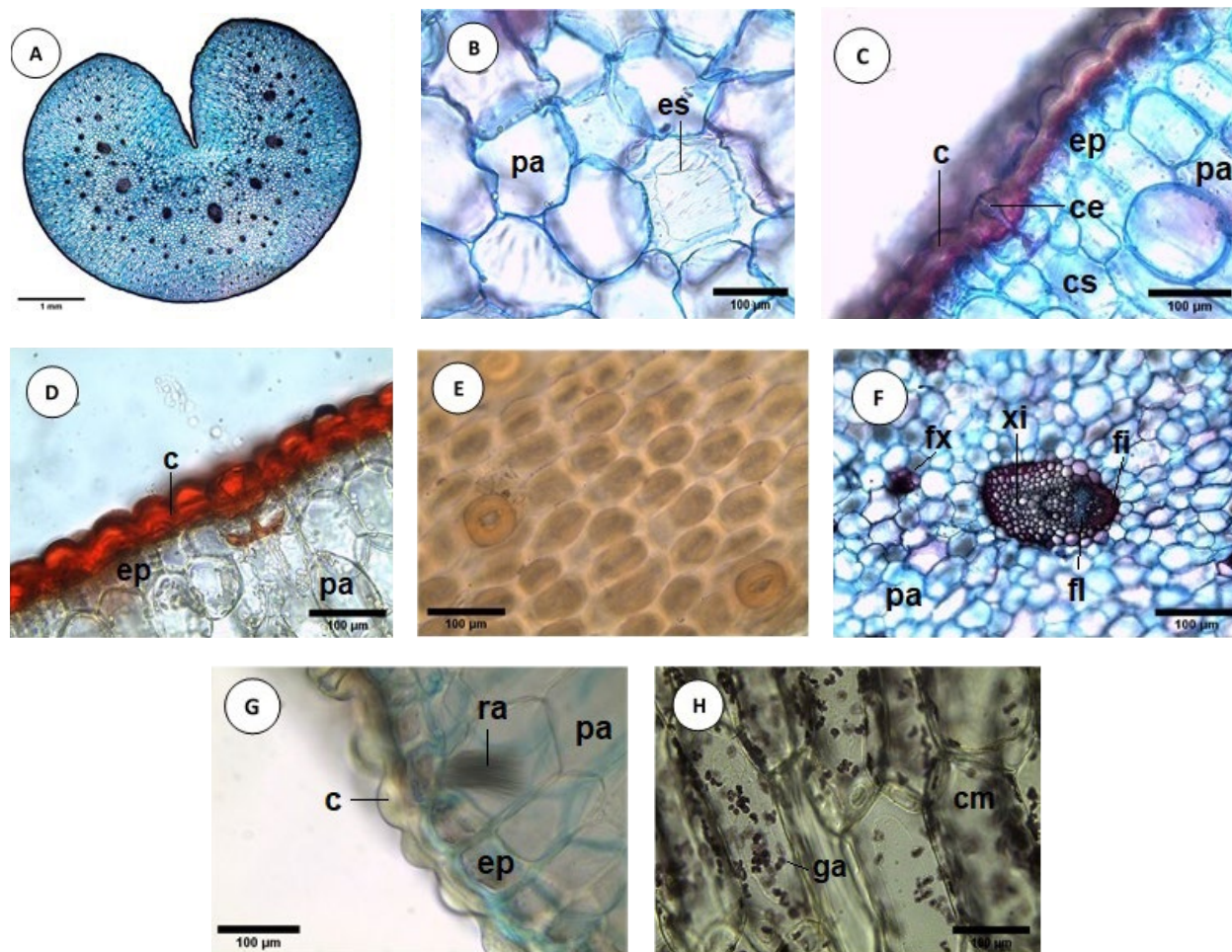
Jáuregui (2012) também observaram que as 11 espécies de *Brassavola* estudadas apresentaram feixes de fibras extravasculares em ambas as faces foliares, diferindo do presente estudo na quantidade e na disposição. Essas células esclerificadas, com as demais, conferem resistência mecânica em caso de desidratação (OLIVEIRA; SAJO, 1999) e contribuem para o aspecto coriáceo das folhas exercendo a função de sustentação da lâmina foliar (SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004).

O sistema vascular é composto por feixes colaterais fechados dispostos em arco central. Os feixes principais e os quatro arcos de feixes vasculares secundários, sendo três subjacentes e um sobrejacente ao arco central, encontram-se espalhados em zig-zag pelo mesofilo (FIGURA 2A). O xilema está orientado para superfície adaxial e o floema abaxial e a bainha de fibras são mais desenvolvidas ao lado do floema (FIGURA 2F). Este tipo de feixe vascular, rodeado por fibras, também é comumente encontrado em muitas espécies de orquídeas, tendo sido observadas por Pridgeon (1982), Oliveira e Sajo (1999), Stern e Judd (2001) e Silva e Milaneze-Gutierre (2004).

Foram observadas inclusões celulares do tipo de cristais de oxalato de cálcio presente na forma de ráfides em células próximas à epiderme (FIGURA 2G). De acordo com Silva e Milaneze-Gutierre (2004), essa é outra característica muito comum entre as orquídeas, porém suas funções ainda são desconhecidas, acreditando-se que os cristais atuem como mecanismo de proteção contra animais ou, alternativamente, como mecanismo de remoção do excesso de ácido oxálico do sistema vegetal.

O teste de lugol evidenciou a presença de amido nas células parenquimáticas do mesofilo (FIGURA 2H). Viera (2005) em seu estudo observou essa mesma característica em orquídeas do gênero *Pleurothallis* encontradas em condições semelhantes.

Figura 2. Cortes anômicos da folha de *Brassavola tuberculata* Hook situada em forófito arbóreo sobre afloramento rochoso na Serra da Pedra Grande, Campestre, Minas Gerais.



Legendas: A. Limbo foliar inteiro; B. Células do parênquima aquífero do mesófilo com espessamento; C. Epiderme evidenciando estômato; D. Cutícula corada com Sudam III; E. Estômatos em corte paradérmico, corados com Sudam III; F. Mesófilo e feixe vascular; G. Ráfides; H. Grãos de amido corados com lugol; pa = parênquima aquífero; es = espessamento; c = cutícula; ep = epiderme; ce = câmara supra-estomática; cs = câmara subestomática; fx = fibra extravascular; fi = fibras; xi = xilema; fl = floema; ra = ráfides; cm = célula mesófilo; ga = grão de amido.

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Caracterização da Raiz

A raiz estudada, por ser aderente, possui superfície irregular (FIGURA 3A). As raízes são longas, relativamente grossas e muito ramificadas (FIGURA 1B). Do sentido da periferia para a porção central, a raiz de *B. tuberculata* compõem-se de: i) velame, ii) córtex com exoderme e endoderme claramente diferenciada e iii) cilindro central envolto pelo periciclo também diferenciado (FIGURA 3A). Essa organização dos tecidos é comum às

demais espécies de orquídeas, como verificaram Benzing *et al.* (1982), Pridgeon (1987) e Morales *et al.* (2002).

O velame das raízes de *B. tuberculata* está constituído por 4 a 5 camadas de células com paredes espessadas irregularmente, configurando as estrias longitudinais e por vezes entrelaçadas (FIGURA 3C), comuns a muitas espécies de orquídeas (POREMBSKI; BARTHLOTT, 1988). Logo abaixo do velame, a exoderme está formada por células alongadas longitudinalmente e com

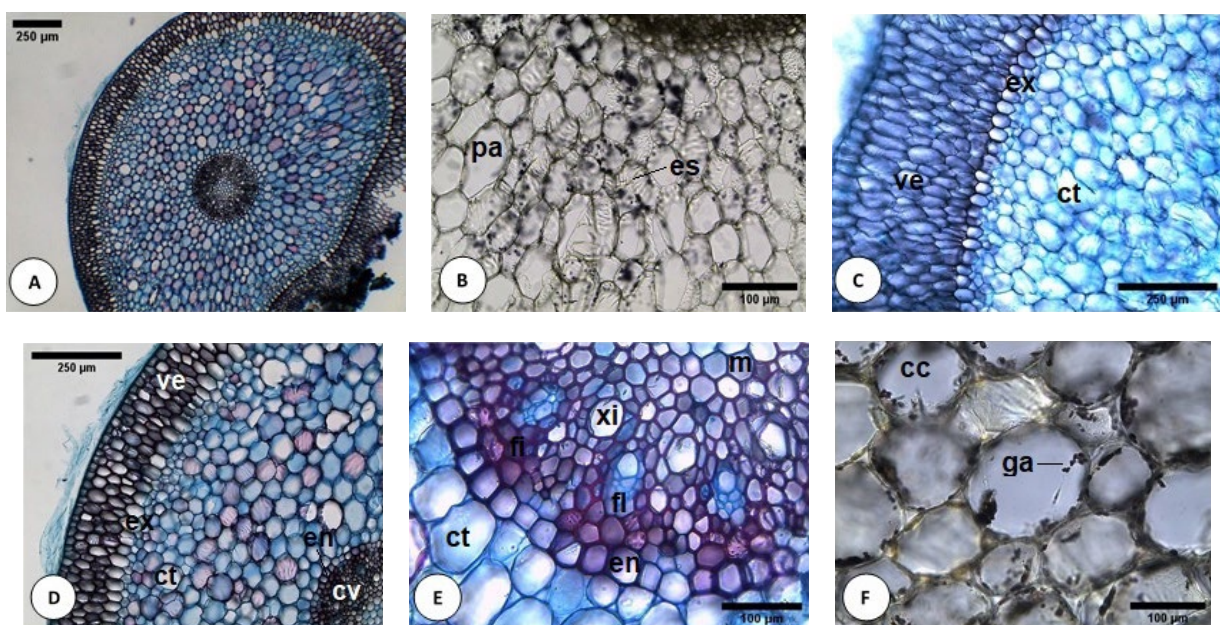
espessamento nas paredes anticlinais e periclinal externa, formando um espessamento de parede no formato de “U” (FIGURA 3C). Para esse complexo velame-exoderme é conferida a função de proteção mecânica das raízes e prevenção da perda de água pelo córtex (DYCUS; KNUDSON, 1957). Benzing *et al.* (1982) evidenciaram a contribuição desse complexo na nutrição mineral nas espécies epífitas ao relatarem a capacidade do velame se embeber com soluções que se depositam sobre as raízes e os solutos conseguirem atravessar pelas células de passagem da exoderme.

Abaixo da exoderme, formando o córtex, estão de 10 a 13 camadas de células arredondadas de tamanhos variados apresentando paredes finas (FIGURA 3D). Algumas dessas células possuem barras de espessamento de celulose (FIGURA 3B). Por meio do teste de lugol, foi detectada a presença de amido nas células corticais (FIGURA 3F), evidenciando o caráter de

reserva da raiz. Vieira *et al.* (2010) em sua tese também descreve esse caráter em *Acianthera teres* (Lindl.) Borba. e *Epidendrum xanthinum* Lindl. encontrados no campo de altitude do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG).

A endoderme é formada por grupos de 4 a 5 células com espessamento em “O”, alternados com 2 a 3 células de paredes finas, denominadas células de passagem endodérmicas (SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004), posicionadas sobre as células do periciclo, também não esclerificadas e sobre os elementos xilêmicos (FIGURA 3E). Morales *et al.* (2002) diagnosticaram esse padrão alternado de células ao redor do cilindro central em todas as espécies de orquídeas analisadas, entretanto, ressaltaram que podem ocorrer deposições de parede secundária também nas células de passagem com o amadurecimento das raízes, impedindo sua distinção das demais.

Figura 3. Cortes anatômicos da raiz de *Brassavola tuberculata* Hook situada em forófito arbóreo sobre afloramento rochoso na Serra da Pedra Grande, Campestre, Minas Gerais.



Legendas: A. Raiz inteira; B. Células com barras de espessamento; C. Velame; D. Córtex; E. Cilindro vascular; F. Grãos de amido corados com lugol; pa = parênquima aquífero; es = espessamento; ve = velame; ex = exoderme; ct = córtex; em = endoderme; cv = cilindro vascular; fi = fibras; xi = xilema; fl = floema; m = medula; cc = célula cortical; ga = grão de amido.

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

O cilindro central das raízes de *B. tuberculata* conta com 12 a 15 grupos de células floemáticas intercaladas com células xilemáticas, configurando uma raiz poliarca. Na porção central da raiz, o tecido medular encontra-se formado por células de paredes finas (FIGURA 3E). As orquídeas são caracterizadas por raízes poliarcas (SILVA; MILANEZE-GUTIERRE, 2004). Sendo assim, as raízes de *B. tuberculata* contribuem para a economia de água, tendo em vista as várias camadas de velame e de tecido cortical que possuem.

Considerações finais

Foram observadas as seguintes características xeromórficas na folha e na raiz de *B. tuberculata*: folha suculenta, estômato com câmara supraestomática, cutícula espessa, grande quantidade de feixes de fibras no mesofilo, parênquima aquífero com espessamento na folha e raiz, feixes vasculares envolvidos por fibras e o velame pluriestratificado.

Essas características possibilitam a sobrevivência de *B. tuberculata* nas condições ambientais restritas do afloramento rochoso.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS pelo suporte técnico e apoio financeiro para publicação. O apoio financeiro foi fornecido pela agência do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

- BENZING, D. H. **Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation**. Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- BENZING, D. H.; OTT, D. W.; FRIEDMAN, W. E. Roots of *Sobralia macrantha* (Orchidaceae): structure and function of the velamen-exodermis complex. **American Journal of Botany**, v. 69, p. 608-614, 1982.
- CHASE, M. W.; CAMERON, K. M.; BARRETT, R. L.; FREUDENSTEIN, J. V.; PRIDGEON, A. M.; SALAZAR, G.; VAN DEN BERG, C.; SCHUITEMAN, A. An updated classification of Orchidaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 177, n. 2, p. 151-174, 2015.
- DRESSLER, R. L. **Phylogeny and classification of the orchid family**. Dioscorides Press, Portland, 1993.
- DRESSLER, R. L. How many orchids species? **Selbyana**, v. 26, n. 1, p. 155-158, 2005.
- DYCUS, A. M.; KNUDSON, L. The role of the velame of aerial roots orchids. **Botanical Gazette**, v. 119, n. 2, p. 78-87, 1957.
- ESGARIO, C. P.; RIBEIRO, L. F., SILVA, A. G. O Alto Misterioso e a vegetação sobre rochas em meio à Mata Atlântica, no Sudeste do Brasil. **Natureza on line**, v. 6, n. 1, 55-62, 2008.
- FAHN, A.; CUTLER, D. F. **Xerophytes**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1992.
- FLORA DO BRASIL 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 1º maio 2021.
- FOLDATS, E. *Catasetum*. Flora de Venezuela. **Instituto de Botanica**, v. 15, n. 4, p. 8-109, 1970.
- IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil**: primeira aproximação. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2004.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. 1st ed. McGraw-Hill, New York, 1940.

- LARSON, D. W.; MATTHES, U.; KELLY, P. E. **Cliff Ecology: Pattern and Process in Cliff Ecosystems**. 2ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- LIMA, D. O. C. **Florística da vegetação rupícola da Serra da Pedra Grande, Campestre, Minas Gerais e o endemismo florístico nos inselbergues brasileiros**. 2018. 121 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro / Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2018.
- MATTIUZ, C. F. M.; RODRIGUES, T. J. D.; MATTIUZ, B. Aspectos fisiológicos de orquídeas cortadas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 12, n. 1, p. 21-30, 2006.
- MORALES, S. TAKEDA, G. M.; MILANEZE-GUTIERRE, M. A. Anatomia das raízes de sessenta e cinco espécies de orquídeas nativas do Brasil. **Arquivos da APADEC**, v. 6, n. 2, p. 116, 2002.
- NOGUERA-SAVELLI, E.; JÁUREGUI, D. Anatomía foliar comparada y relaciones filogenéticas de 11 especies de Laellinar con énfasis en *Brassavola* (Orchidaceae). **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n. 3, p. 1047-1059, 2011.
- NOGUERA-SAVELLI, E.; JÁUREGUI, D. **Anatomía foliar comparada de *Brassavola* y *Rhyncholaelia* (Orchidaceae)**. Saarbrücken: Editorial Académica Española, 2012.
- OLIVEIRA, V. C.; SAJO, M. G. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 363-374, 1999.
- OLIVEIRA, V. C.; SAJO, M. G. Morfo-anatomia caulinar de nove espécies de Orchidaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 177-188, 2001.
- OLIVETTI, D.; MINCATO, R. L.; AYER, J. E. B.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. Modelagem espacial e temporal da erosão hídrica em Latossolo vermelho distrófico com uso agropecuário numa sub-bacia hidrográfica do sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, p. 58-67, 2015.
- PABST, G. F. J.; DUNGS, F. **Orchidaceae Brasiliensis**. Hildesheim: I. Kurt Schmiersow, 1975.
- POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. Velamen radicum micromorphology and classification of Orchidaceae. **Nordic Journal of Botany**, v. 8, n. 2, p. 117-137, 1988.
- POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. **Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions**. 1ed. Berlin: Springer-Verlag, 2000.
- POREMBSKI, S.; MARTINELLI, G.; OHLEMÜLLER, R.; BARTHLOTT, W. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. **Diversity and Distributions**, v. 4, p. 107-119, 1998.
- PRIDGEON, A. M. Anatomical adaptations in Orchidaceae. **Lindleyana**, v. 1, p. 90-101, 1986.
- PRIDGEON, A. M. Diagnostic anatomical characters in the Pleurothallidinae (Orchidaceae). **American Journal of Botany**, v. 69, p. 921-938, 1982.
- PRIDGEON, A. M. The velamen and exodermis of orchids roots. In: ARDITTI, J. (ed). **Orchids biology: reviews and perspectives IV**. New York: Cornell University Press, 1987. p. 139-192.
- RASMUSSEN, H. Orchid stomata – structure, differentiation, function and phylogeny. In: ARDITTI, J. (Ed.). **Orchid biology: reviews and perspectives IV**. New York: Cornell University Press, 1987. p. 105-138.

RECH, A. R.; ROSA, Y. B. C. J.; MANENTE-BALESTIERE, F. C. L. Aspects of the reproductive biology of *Brassavola cebolleta* Rchb.f. (Orchidaceae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 32, n.4, p. 335-341, 2010.

ROESER, K.R. Die nadel der schwarzkiefer und kunstwerk der natur. **Mikrokosmos**, v. 61, p. 33-36, 1962.

SILVA, C. I.; MILANEZE-GUTIERRE, M. A. Caracterização morfo-anatômica dos órgãos vegetativos de *Cattleya walkeriana* Gardner (Orchidaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, n. 1, p. 91-100, 2004.

STERCK, F.; MARKESTEIJN, L.; SCHIEVING, F.; POORTER, L. Functional traits determine trade-offs and niches in a tropical forest community. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 51, 20627-20632, 2011.

STERN, W. L.; CHEADLE, V. I.; THORSCH, J. Apostasiads, systematic anatomy, and the origins of Orchidaceae. **Botanical Journal of Linnean Society**, London, v. 111, n. 4, p. 411-455, 1993.

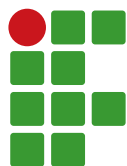
STERN, W. L.; JUDD, W. S. Comparative anatomy and systematics of Catasetinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of Linnean Society**, v. 136, n. 2, p. 153-178, 2001.

STERN, W.; CARLSWARD, B. Comparative vegetative anatomy and systematic of Laeliinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of Linnean Society**, v.160, n. 1, 21-41, 2009.

VIEIRA, I. S.; MEIRA, R. M. S. A.; AZEVEDO, A. A. Anatomia de raízes de espécies de Orchidaceae do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais. **Hoehnea**, v. 37, n. 1, p. 147-161, 2010.

WESTOBY, M.; FALSTER, D. S.; MOLES, A. T.; VESK, P. A.; WRIGHT, I. J. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual Review in Ecology and Systematics**, v. 33, p. 125-159, 2002.

WITHNER, C. L.; NELSON, P. K.; WEJKSNORA, P. J. **The Anatomy of Orchids**. In: the Orchids: scientific studies (C.L. Withner, ed.). New York: John Wiley, 1974, p. 267-334.



Estimativa de falhas em plantio de soja a partir de imagens aéreas obtidas por ARP

Jadson Maximiano da Silva¹, José Luiz de Andrade Rezende Pereira², João Edson Costa Ferreira da Silva³, Ângelo Marcos Santos Oliveira⁴, Taiane Aparecida Fernandes Carvalho⁵

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), discente. jadsonsilva2014.js@gmail.com

² IFSULDEMINAS, docente. joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br

³ IFSULDEMINAS, docente. joaoedsoncosta@hotmail.com

⁴ IFSULDEMINAS, docente. angelo.oliveira@ifsuldeminas.edu.br

⁵ IFSULDEMINAS, discente. taianeapcarvalho@gmail.com

Submetido em: 28/07/2021 | Aceito em: 22/01/2022

Resumo

Com a disseminação do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) no setor agrícola, foi possível a realização de mapeamentos de falhas de plantio e incidência de doenças. Neste trabalho foi realizada a estimativa de falhas na cultura, foram utilizados três experimentos com a cultura da soja na fazenda-escola do IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*. Para isso foi realizado um aerolevante usando ARP, que gerou uma ortofoto da área de interesse; para quantificar as falhas presentes nos experimentos, foi realizada uma classificação supervisionada a fim de distinguir as plantas de soja do solo exposto. Após a classificação, foi calculado o índice kappa para verificar se a classificação foi satisfatória, com isso, foi possível realizar a contabilização do percentual de falhas obtidas em cada parcela do experimento, por fim, foi realizada uma análise de variância a fim de verificar se o percentual de falhas de cada parcela possuía diferenças significativas entre si. Foi observado que em dois experimentos houve diferença estatística na quantidade de falhas e em um experimento não houve diferença.

Palavras-chave: Falhas de plantio. Aerofotogrametria. Classificação Supervisionada.

Introdução

Atualmente, o uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) vem sendo adotado nos estudos de fotogrametria/sensoriamento remoto, pois proporciona baixo custo de aquisição de dados de alta resolução espacial e espectral quando comparados a aeronaves tripuladas ou a satélites orbitais. Uma das vantagens em obter dados com plataformas de ARPs está na sua resolução temporal que é excelente, pois são possíveis de serem obtidos a qualquer momento, inclusive de serem repetidas mais de uma vez no mesmo dia, diferentemente das imagens obtidas de satélites orbitais (CHAVES; LA SCALEA, 2015).

No Brasil, as ARPs vêm sendo cada vez mais utilizadas no setor agrícola, especialmente no setor de geotecnologias, que vem empregando ARPs com imagens de alta resolução espacial

e temporal, as quais permitem mapear com precisão onde estão localizadas falhas de plantio, incidência de doenças, bem como comparar padrões de distribuição das plantas nas imagens, entre outras aplicações (CATANI, 2018).

A identificação de falhas na lavoura auxilia o produtor rural na estimativa de produção de sua lavoura, uma vez que é possível determinar a quantidade de plantas existentes e conseqüentemente estimar a produção. O número de plantas por hectare é um importante componente na produtividade. A alta resolução espacial permite que seja possível identificar as doenças e as plantas invasoras, o que contribui para que haja a existência dessas falhas. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de quantificar falhas presentes em três experimentos da cultura da soja.

Material e métodos

Área de estudo

Foi selecionada uma área contendo a cultura de soja da fazenda-escola do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes/MG, tendo sua localização central nas coordenadas 22° 18' 21" S e 46° 20' 3" O (FIGURA 1).

Experimentação base

Foram analisados três experimentos com a cultura da soja: VCU1 – Precocidade, VCU2 – Precocidade e VCU2 – Produtividade.

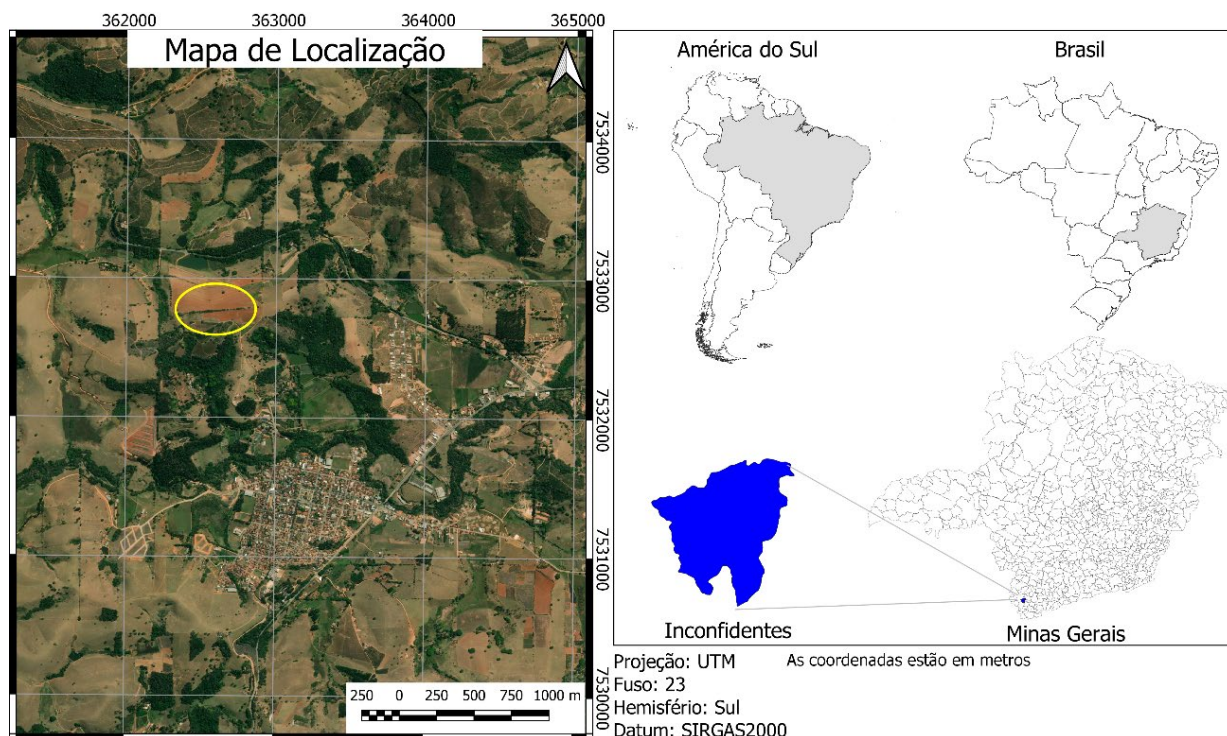
O experimento VCU1 – Precocidade conteve 12 variedades comerciais F3:6 PREC 10, F3:6 PREC 15, F3:6 PREC 9, F3:6 PREC 13, F3:6 PREC 17, F3:6 PREC 14, F3:6 PREC 8, F3:6 PREC 95R51, F3:6 PREC M 5947 IPRO, F3:6 PREC M 6410 OPRO, F3:6 PREC TMG 7067 IPRO, F3:6 PREC BMX Desafio RR.

O experimento VCU2 – Precocidade conteve 16 variedades comerciais S0:3 Prec 1, S0:3 Prec 2, S0:3 Prec 4, S0:3 Prec 5, S0:3 Prec 6, F3:5 Prec 27, F3:5 Prec 28, F3:5 Prec 31, F3:5 Prec 33, F3:5 Prec 45, Teste ANTA 82, Teste 95R51, Teste M6410, Teste NS 7300, Teste M5917, Teste M5947.

O experimento VCU2 – Produtividade conteve 16 variedades comerciais S0: 3 PROD 1, S0: 3 PROD 2, S0: 3 PROD 3, S0: 3 PROD 5, S0: 3 PROD 10, F3: 5 PROD 73, F3: 5 PROD 85, F3: 5 PROD 97, F3: 5 PROD 98, F3: 5 PROD 139, Teste CZ 48B 32 IPRO, Teste P98Y30, Teste P98Y12, Teste P98Y11, Teste TMG2185, Teste M8210.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) com três repetições, constituídos de quatro fileiras de cinco metros de comprimento e espaçamento de 0,50 metros entre linhas.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Aerolevanteamento

Para a execução do aerolevanteamento foi realizado um planejamento, onde foram definidos os parâmetros de voo, sendo: altura 60 m; recobrimento longitudinal de 85 % e lateral de 75 % e velocidade de 15 m/s. A aeronave utilizada foi o drone Phantom 4 Pro V2 disponibilizado pelo Setor de Agrimensura e Cartografia do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes.

Além dos parâmetros de voo foram definidos também quatro pontos de controle, esses pontos têm o objetivo de realizar a orientação exterior. Segundo Coelho e Brito (2009), o objetivo primordial da orientação exterior é a obtenção da posição e da atitude da câmera no momento da captura. Utilizando a ressecção espacial por intermédio das equações de colinearidade (equações 1 e 2), pode-se definir os seis elementos de orientação exterior de uma fotografia ($X_0, Y_0, Z_0, k, \phi, \omega$) a partir de no mínimo três pontos de controle não colineares.

$$x' = -c \frac{m11(X-X_0)+m12(Y-Y_0)+m13(Z-Z_0)}{m31(X-X_0)+m32(Y-Y_0)+m33(Z-Z_0)} \quad (01)$$

$$y' = -c \frac{m21(X-X_0)+m22(Y-Y_0)+m23(Z-Z_0)}{m31(X-X_0)+m32(Y-Y_0)+m33(Z-Z_0)} \quad (02)$$

em que:

c: constante da câmara – distância focal (espaço imagem);

X, Y, Z: coordenadas dos pontos no espaço objeto;

X₀, Y₀, Z₀: coordenadas do centro perspectivo no espaço objeto;

M_{ij}: elementos da matriz de rotação (k, φ, ω);

x', y': coordenadas dos pontos no espaço imagem;

Então foram posicionados quatro pontos de controle (TABELA 1 – pontos 1 a 4) na área de estudo e dois pontos de verificação (TABELA 1 – pontos 5 e 6). Os pontos de controle foram posicionados nas extremidades do terreno. Os pontos de verificação foram posicionados entre os pontos de controle. Os pontos de controle e verificação (TABELA 1) estão no sistema de projeção UTM no fuso 23 e hemisfério Sul, tendo como sistema de referência o SIRGAS2000.

Depois de realizado o aerolevanteamento, utilizou-se do *software* Agisoft Photoscan versão 1.42 para a confecção da ortofoto. Os pontos de controle foram utilizados no processamento das imagens (TABELA 1) e em seguida foram realizados o alinhamento e a triangulação dos pontos homólogos presentes nas fotografias, gerando o modelo digital de superfície e, posteriormente, a ortofoto da área de estudo.

Classificação supervisionada

Posteriormente foi realizada a classificação supervisionada no *software* QGIS 3.10.0 usando o método Mínima Distância, o que permitiu identificar as falhas presentes no plantio.

Para o aprendizado do algoritmo supervisionado, foram coletadas 20 amostras para a classificação e 12 amostras para verificação das classes de interesse, foram selecionadas duas classes, sendo uma delas para a identificação da cultura de soja e a outra

Tabela 1 – Pontos de Controle e Verificação

Ponto	Este (m)	Norte (m)	Altitude geométrica (m)	Desvio Padrão E (m)	Desvio Padrão N (m)	Desvio Padrão h (m)
1	362615,326	7532686,034	938,651	0,003	0,004	0,007
2	362528,377	7532687,702	938,621	0,004	0,004	0,006
3	362594,085	7532761,747	929,264	0,003	0,003	0,008
4	362503,832	7532751,198	930,503	0,002	0,006	0,011
5	362583,128	7532686,661	938,645	0,004	0,004	0,009
6	362564,280	7532756,762	929,477	0,003	0,004	0,006

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

para as falhas. As falhas correspondem ao solo exposto visto que as plantas estavam em fase final de crescimento, então não foi possível a visualização do solo entre as linhas de plantio, como mostra a Figura 2.

A fim de validar a classificação realizada, foi gerada a matriz de confusão e usando as equações 3 e 4 foi calculado o índice Kappa e a exatidão global. Os coeficientes calculados pelo índice Kappa são qualificados com base na tabela desenvolvida por Landis e Koch em 1977 (MOREIRA, 2001) (TABELA 2).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (3)$$

em que:

- K = Coeficiente Kappa;
- N = Número de observações (pontos amostrais);
- r = Número de linhas na matriz de erro;
- X_{ii} = Observações na linha i e coluna i;
- X_{i+} = Total marginal de linha i;
- X_{+i} = Total marginal de coluna i.

$$EG = \frac{A}{N} * 100 \quad (4)$$

em que:

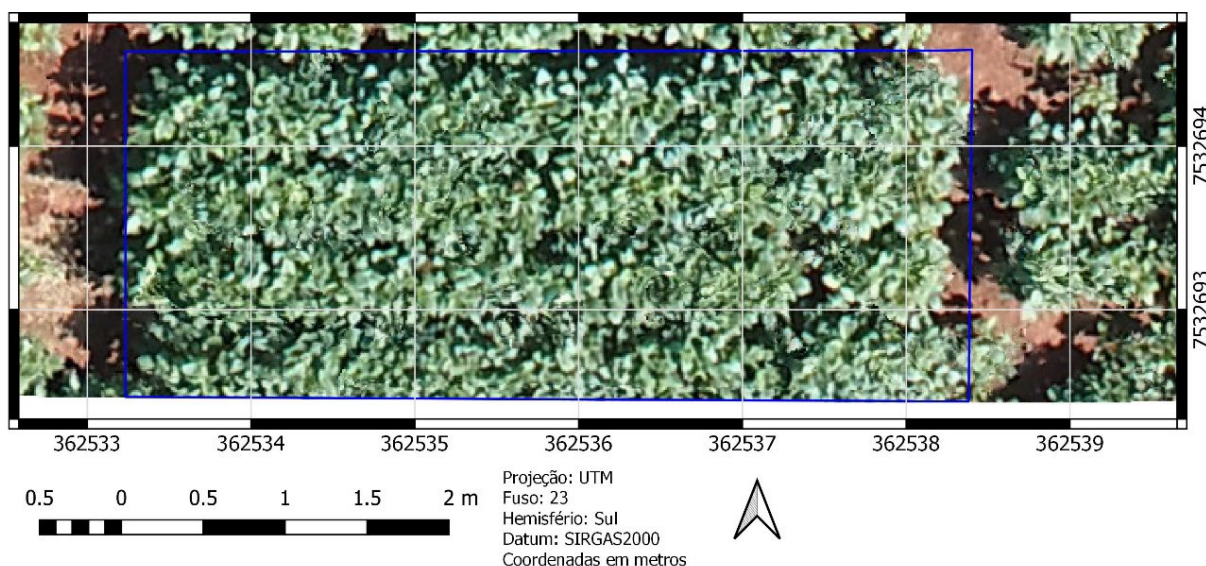
- EG = Exatidão global;
- A = Acerto geral (pontos amostrais com acerto);
- N = Número de ponto amostrais.

Tabela 2 – Índice Kappa adaptado de Moreira (2001)

Varição do Índice Kappa	Concordância
Menor que 0,20	Pobre, Ruim
Entre 0,21 e 0,40	Fraca, Razoável
Entre 0,41 e 0,60	Moderada, Boa
Entre 0,61 e 0,80	Muito Boa
Entre 0,81 e 1,00	Excelente

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Figura 2 – Verificação da cobertura vegetal



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Identificação de falhas

Ao finalizar a classificação, foi realizada a divisão da imagem classificada. Foi criada uma imagem para cada parcela dos três experimentos (VCU1 – Precocidade, VCU2 – Precocidade e VCU2 – Produtividade).

Foi desenvolvido um algoritmo usando o software Octave versão 6.3.0, o algoritmo fez uma varredura nas imagens das parcelas de cada experimento, foi identificada a quantidade de *pixels* classificados como soja e a quantidade de *pixels* classificados como falhas, o que possibilitou gerar o percentual de falhas presente em cada parcela.

Análise de Variância (ANAVA)

Depois de realizada a quantificação de falhas em cada parcela para cada experimento, foi realizada a análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo Teste de Scott-Knott

(1974) a 5 % de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

Aerolevanteamento

Uma ortofoto com resolução espacial de 1,15 cm foi gerada ao finalizar o aerolevanteamento (FIGURA 3).

Desta maneira, foi possível realizar a classificação supervisionada pelo método proposto. Com a classificação finalizada, verificou-se para toda a área de estudo que a classe com cultura da soja (FIGURA 4 – cor verde) está em 74,84 % da área e os outros 25,16 % estão com as falhas (FIGURA 4 – cor vermelha).

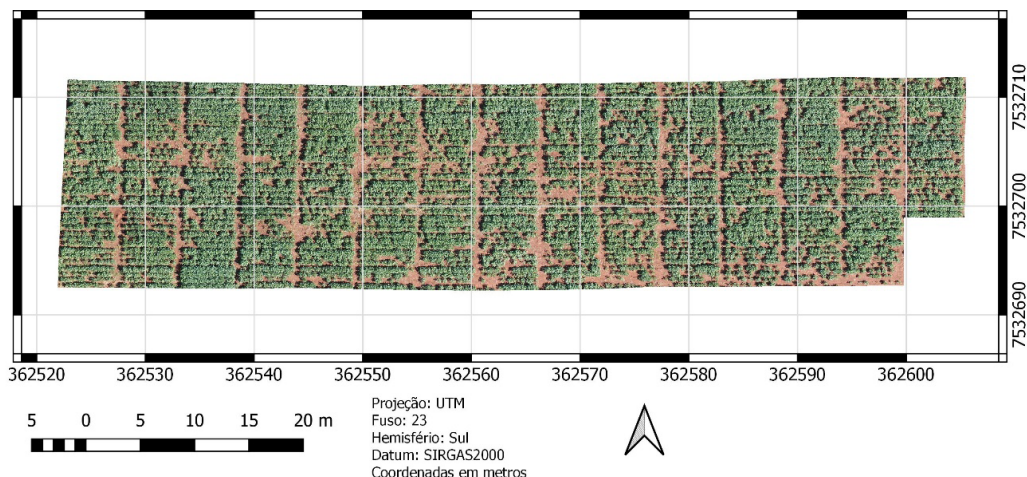
Porém, buscando consolidar os resultados e no intuito de validar a classificação da ortofoto, gerou-se a matriz confusão (TABELA 3)

Tabela 3 – Matriz de confusão (valores em *pixels*)

	Soja verificação	Solo verificação	Total
Soja	90.487	87	90.574
Solo	1.618	65.015	66.633
Total	92.105	65.102	157.207

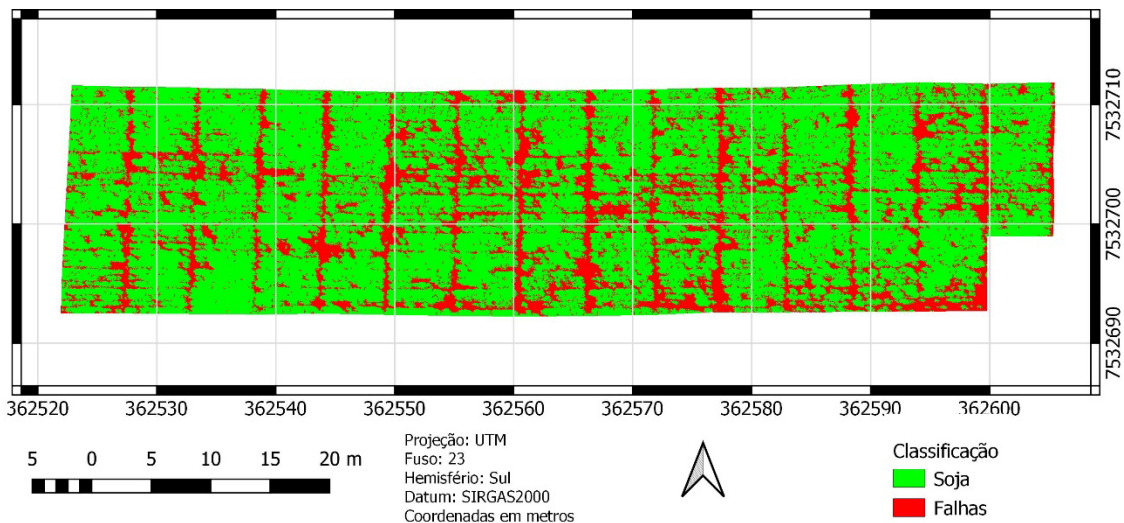
Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Figura 3 – Área de estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Figura 4 – Área de estudo classificada (verde: soja; vermelho: falhas)



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

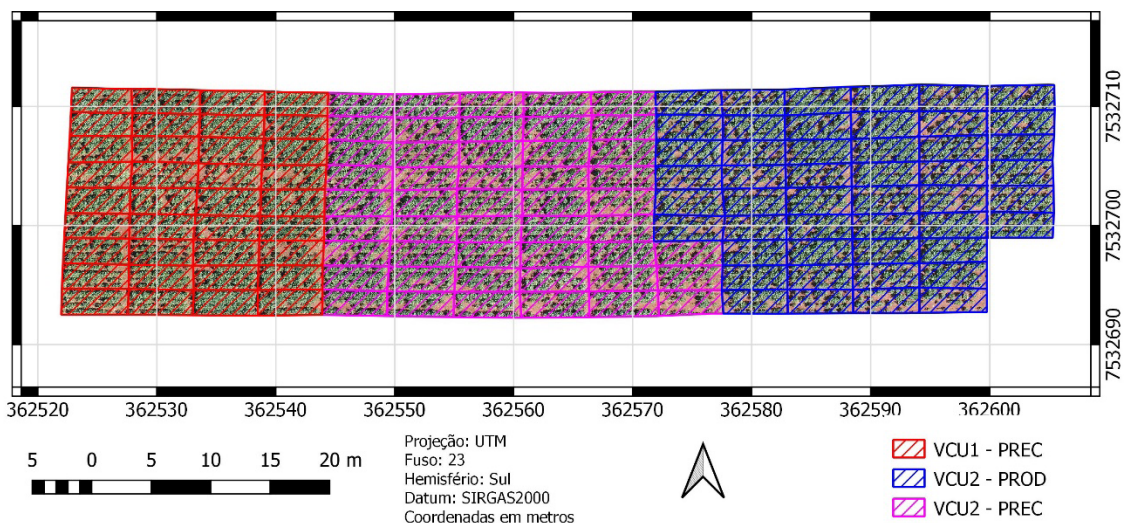
e conseqüentemente o índice kappa e o coeficiente global.

O índice kappa resultante da classificação foi de 0,9777. Segundo Moreira (2001), valores de Kappa entre 0,8 e 1,0 são tidos como excelentes. O coeficiente global que aponta a exatidão da classificação foi de 98,92 % que também foi coerente e satisfatória, sendo que quanto mais próximo de 100 % melhor será o coeficiente global.

Identificação de falhas

Após realizada a classificação e a validação da classificação, a ortofoto classificada foi subdividida em três blocos (FIGURA 5), a cor vermelha representa o experimento VCU1 – precocidade, a cor magenta representa o experimento VCU2 – precocidade e a cor azul representa o experimento VCU2 – produtividade, então foi contabilizado o percentual de falhas para cada uma das parcelas de cada experimento.

Figura 5 – Divisão da área de estudo (vermelho: VCU1 – PREC; magenta: VCU2 – PREC; azul: VCU2 – PROD).



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Tabela 4 – Médias do percentual de falhas para o experimento VCU1 – precocidade

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
F3:6 PREC 95R51	14,07 %	A
F3:6 PREC M 6410 OPRO	14,12 %	A
F3:6 PREC 10	14,70 %	A
F3:6 PREC 13	15,40 %	A
F3:6 PREC BMX Desafio RR	15,44 %	A
F3:6 PREC TMG 7067 IPRO	16,09 %	A
F3:6 PREC 8	16,62 %	A
F3:6 PREC 15	19,95 %	A
F3:6 PREC 17	20,63 %	A
F3:6 PREC 9	22,58 %	A
F3:6 PREC M 5947 IPRO	31,64 %	B
F3:6 PREC 14	34,65 %	B
Média Geral		19,66 %
CV(%)		30,20

*As médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (1974).

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Análise de variância (ANAVA)

Quando avaliado o percentual de falhas para o experimento VCU1 – precocidade, foram encontradas diferenças significativas (TABELA 4). Houve uma variação de 24,18 % nas falhas. As variedades F3:6 PREC 95R51, F3:6 PREC M 6410 OPRO, F3:6 PREC 10, F3:6 PREC 13, F3:6 PREC BMX Desafio PR, F3:6 PREC TMG 7067 IPRO, F3:6 PREC 8, F3:6 PREC 15, F3:6 PREC 17 e F3:6 PREC 9 tiveram menor percentual de falhas e as variedades F3:6 PREC M 5947 IPRO e F3:6 PREC 14 apresentaram maior percentual de falhas.

Quando avaliado o percentual de falhas para o experimento VCU2 – precocidade, foram encontradas diferenças significativas (TABELA 5). Houve uma variação de 27,19 %. As variedades S0:3 Prec 2, F3:5 Prec 33, F3:5 Prec 27, F3:5 Prec 45, S0:3 Prec 4, apresentaram menor percentual de falhas e as variedades Teste M6410, F3:5 Prec 31, Teste M5917, Teste

95R51, Teste ANTA 82, S0:3 Prec 1, F3:5 Prec 28, Teste M5947, Teste NS 7300, S0:3 Prec 6 e S0:3 Prec 5 tiveram maior percentual de falhas.

Quando avaliado o percentual de falhas para o experimento VCU2 – produtividade, não foram encontradas diferenças significativas entre si (TABELA 6). Houve variação de 26,08 %.

Conclusão

O experimento VCU1 – Precocidade teve a menor média de falhas quando comparado aos demais experimentos, tendo um percentual de falhas de 19,66 %, enquanto o experimento VCU2 – produtividade teve um percentual intermediário de 26,05 % e o experimento VCU2 – precocidade teve um percentual de 28,25 % sendo o maior dos três experimentos. Contudo o experimento VCU2 – produtividade foi o único que não teve diferenças significativas entre as parcelas.

Tabela 5 – Médias do percentual de falhas para o experimento VCU2 – precocidade

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
S0:3 Prec 2	15,71 %	A
F3:5 Prec 33	15,95 %	A
F3:5 Prec 27	19,62 %	A
F3:5 Prec 45	20,37 %	A
S0:3 Prec 4	21,04 %	A
Teste M6410	26,44 %	B
F3:5 Prec 31	27,19 %	B
Teste M5917	28,13 %	B
Teste 95R51	28,80 %	B
Teste ANTA 82	29,41 %	B
S0:3 Prec 1	29,81 %	B
F3:5 Prec 28	32,94 %	B
Teste M5947	36,11 %	B
Teste NS 7300	38,29 %	B
S0:3 Prec 6	39,21 %	B
S0:3 Prec 5	42,90 %	B
Média geral:		28,25 %
CV (%) =		28,53

*As médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (1974).

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Tabela 6 – Médias do percentual de falhas para o experimento VCU2 – produtividade

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Teste P98Y30	15,16 %	A
Teste TMG2185	20,07 %	A
Teste P98Y11	20,68 %	A
Teste P98Y12	20,94 %	A
F3: 5 PROD 139	21,46 %	A
F3: 5 PROD 85	21,55 %	A
F3: 5 PROD 73	21,85 %	A
Teste CZ 48B 32 IPRO	22,99 %	A
S0: 3 PROD 1	25,53 %	A
Teste M8210	25,80 %	A
S0: 3 PROD 2	27,66 %	A
F3: 5 PROD 97	28,63 %	A
S0: 3 PROD 10	29,12 %	A
F3: 5 PROD 98	33,90 %	A
S0: 3 PROD 3	40,25 %	A
S0: 3 PROD 5	41,24 %	A
Média geral:		26,05 %
CV (%) =		36,33

*As médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (1974).

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Referências

CATANI, R. **Monitoramento temporal da cultura da soja através do sensoriamento remoto com a utilização de um RPA**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

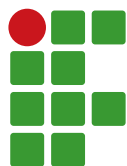
CHAVES, A. A.; LA SCALEA, R. A. Uso de VANTs e processamento digital de imagens para a quantificação de áreas de solo e de vegetação. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, 17, João Pessoa-PB, Brasil, **Anais...** João Pessoa: 2015, v. 25.

COELHO, L.; BRITO, J. N. (Ed.). **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2007. 196 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v. 30, n. 3, p.507-512, 1974.



Adubação nitrogenada em cobertura e níveis de reposição de água no solo no rendimento da cultura da cenoura

Márcio José de Santana¹, Ana Paula Leite de Mendonça², Marcos Vinicius Pires Silva³, Acácio Gomes Xavier⁴, Maria Eduarda Rocha Rossi André⁵

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *Campus* Uberaba, professor doutor. marciosantana@iftm.edu.br.

² Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestranda em Agricultura. anapleite13@gmail.com

³ IFTM *Campus* Uberaba, bolsista CNPq. marcos.vps21@gmail.com

⁴ IFTM *Campus* Uberaba, bolsista CNPq. acaciogomes05@gmail.com

⁵ IFTM *Campus* Uberaba, bolsista PET MEC. mariaeduardaiftm@outlook.com

Submetido em: 17/11/2021 | Aceito em: 31/01/2022

Resumo

O nitrogênio é um nutriente fundamental para a cenoura, sendo requerido em grandes quantidades, o que gera preocupação sobre o momento e as doses certas a serem utilizadas. A irrigação também é uma prática essencial para o sucesso da cultura, no entanto, o déficit ou o excesso de água podem propiciar condições desfavoráveis ao desenvolvimento da cenoura. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da adubação nitrogenada em cobertura e níveis de reposição de água no solo no rendimento da cultura da cenoura. O experimento foi conduzido no IFTM – *Campus* Uberaba, MG, Brasil em um fatorial 4×4 e em blocos casualizados envolvendo quatro doses de nitrogênio em cobertura (0 kg ha⁻¹, 42 kg ha⁻¹, 84 kg ha⁻¹ e 126 kg ha⁻¹) e quatro níveis de reposição de água (70 %, 100 %, 130 % e 160 %) a partir dos valores da estimativa da ETc da cultura. A interação foi significativa apenas para a variável diâmetro das raízes. Entre os resultados, pode-se verificar que a dose de N de 119,4 kg ha⁻¹ foi a que proporcionou um valor máximo de número de raízes comerciais e a reposição e a água no solo de 86,94 % proporcionaram produtividade total máxima.

Palavras-chave: *Daucus carota*. Manejo de irrigação. Produção.

Introdução

A cenoura (*Daucus carota*) é uma hortaliça da família Apiaceae e pertence ao grupo das raízes tuberosas. Possui grande importância alimentar pelo seu elevado valor nutritivo, sendo uma importante fonte de vitamina A. Além disso, possui uma grande quantidade de vitamina C, vitamina E, vitamina B1, vitamina B2, fibras e minerais como potássio, fósforo, cálcio, magnésio e ferro (NICK; BORÉM, 2016).

No Brasil, os principais estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Bahia e Goiás, que juntos são responsáveis por 90 % da produção nacional, equivalendo a aproximadamente 760 mil toneladas em uma área de 24 mil hectares e uma produtividade média de 30 t ha⁻¹. Esses resultados evidenciam a grande importância da cultura para o setor hortícola brasileiro (IBGE, 2017).

Devido ao interesse em suprir o mercado e também às exigências do consumidor, o manejo cultural das hortaliças vem sendo aprimorado cada vez mais, fato que também ocorre na cultura da cenoura, dando destaque ao manejo da adubação (LUZ *et al.*, 2009).

O nitrogênio aparece como nutriente fundamental entre os requeridos pela cultura, sendo utilizado em grandes quantidades, isso gera grandes preocupações aos produtores quanto ao momento e às doses corretas a serem utilizadas. Esse nutriente possui caráter essencial e é constituinte de muitos componentes da célula vegetal, sendo assim, sua deficiência tem influência direta na inibição do crescimento vegetal (TAIZ *et al.*, 2017).

Além da adubação, a irrigação é uma prática essencial para o sucesso da cultura, uma vez que a cenoura tem seu desenvolvimento intensamente

influenciado pela umidade do solo e isso pode afetar tanto o incremento de produtividade quanto a qualidade das raízes. No entanto, o déficit ou o excesso de água podem propiciar condições desfavoráveis ao desenvolvimento da cenoura e causar queda de produtividade (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2011).

No Brasil e particularmente nas regiões de cultivo dessa hortaliça em Minas Gerais, informações sobre a produção da cenoura, principalmente o momento e a quantidade ideal de irrigar e de realizar a adubação ainda são bastante controversos.

Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da adubação nitrogenada em cobertura e níveis de reposição de água no solo no rendimento da cultura da cenoura.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no setor de Fruticultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), localizado no município de Uberaba/MG, situado a 795 metros acima do nível do mar, com latitude de 19°39'19" S e longitude de 47°57'27"W, pluviosidade média anual de 1.600 mm, temperatura média anual de 23,2 °C e umidade relativa média de 68 % (VALLE JUNIOR *et al.*, 2010). O clima é classificado segundo Köppen

como do tipo AW, tropical quente, apresentando inverno frio e seco.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006), apresentando uma textura Franco Arenosa, cujas características químicas são apresentadas na Tabela 1.

O experimento foi disposto em um fatorial 4 × 4 em blocos casualizados (DBC), com 4 repetições, os tratamentos foram a combinação de quatro doses de nitrogênio em cobertura (0 kg ha⁻¹, 42 kg ha⁻¹, 84 kg ha⁻¹ e 126 kg ha⁻¹) e quatro níveis de reposição de água no solo (70 %, 100 %, 130 % e 160 %) a partir dos valores da estimativa da ETc da cultura), totalizando 64 parcelas. Cada parcela foi constituída por dois canteiros de 1,1 metros × 3,0 metros cada um, contendo duas linhas de plantio espaçadas de 0,20 metros. A parcela útil foi constituída pelo metro central de cada canteiro da parcela, totalizando 2,2 m².

A cultivar utilizada foi a Natuna, cultivar de inverno amplamente distribuída nas regiões produtoras de Minas Gerais. Apresenta ciclo de 125 a 135 dias, raízes extremamente lisas e cilíndricas, além de apresentar coloração alaranjada e ótimo fechamento de ponta. Por também possuir boa arquitetura foliar, os tratamentos culturais e a colheita mecanizada são facilitados (BEJO, 2019).

Tabela 1. Resultados da Análise Química do solo utilizado no experimento.

pH em H ₂ O	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + AL	SB	t	T
cmol _c .dm ⁻³							
6,5	0,0	2,7	0,8	1,4	3,9	3,9	5,3
K	P	P _{rem}	V	m	M.O	Areia	Argila
mg.dm ⁻³		mg.L ⁻¹	(%)		dag.kg ⁻¹	(%)	
145	49,9	29,8	73,4	0,0	1,7	73,0	17,0

*Análise realizada pelo Laboratório de Análise de Solo da EPAMIG. SB é a soma de bases trocáveis; t é a CTC efetiva; T é a CTC a pH 7,0; V é a saturação por bases; m é a saturação por alumínio.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A sementeira foi realizada no dia 09 de julho de 2019 com uma densidade de 80 sementes por metro. Durante o desenvolvimento da cultura, foi realizado o desbaste com o objetivo de reduzir a densidade para 20 plantas por metro. A colheita ocorreu no dia 26 de outubro de 2019 aos 110 dias após a sementeira.

A adubação de plantio foi realizada antes da sementeira com 36 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 64 kg ha⁻¹ de K₂O e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As adubações de cobertura foram realizadas utilizando doses de 42 kg ha⁻¹, 84 kg ha⁻¹ e 126 kg ha⁻¹ de nitrogênio (tratamentos) e 96 kg ha⁻¹ de K₂O, ambas divididas aos 20 e 40 dias após a emergência da cultura.

Os dados meteorológicos foram obtidos por meio de um termohigrômetro digital e um pluviômetro modelo São Izidro instalados no local do experimento. A irrigação foi efetuada por quatro microaspersores instalados em cada parcela, com intensidade de aplicação de 8,32 mm h⁻¹. Estimou-se a evapotranspiração de referência por meio do modelo de Hargreaves (EQUAÇÃO 1) e obteve-se a evapotranspiração da cultura e lâmina bruta por meio das equações 2 e 3.

$$ET_o = 0,0023 (T_{méd} + 17,8) \times (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} \times Ra \times 0,408 \quad (1)$$

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_s \quad (2)$$

$$LB = \frac{ET_c}{E_a \times CUD} \quad (3)$$

em que:

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); T_{mín} = temperatura mínima (°C); T_{máx} = temperatura máxima (°C); T_{méd} = temperatura média (°C) e Ra = radiação no topo da atmosfera (MJ m⁻²dia⁻¹); ET_c = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹); K_c = coeficiente da cultura; K_s = coeficiente de umidade; LB = lâmina bruta de irrigação (mm); E_a = eficiência de aplicação do sistema (decimal) e CUD = coeficiente de uniformidade do sistema (decimal).

Os valores de radiação no topo da atmosfera foram obtidos seguindo a recomendação de Doorenbos e Pruitt (1975). O coeficiente da cultura adotado foi proposto por Oliveira *et al.*

(2002). Durante todo o período de condução do experimento, foi admitido o valor de 1 para o coeficiente de umidade do solo; para os parâmetros de eficiência de aplicação e coeficiente de uniformidade do sistema foram adotados os valores de 0,90 e 0,78, respectivamente.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores totais da lâmina aplicada em cada tratamento. Pode-se observar também os valores diários de evapotranspiração de referência (ET_o) e de evapotranspiração da cultura (ET_c) até o período final do experimento (FIGURA 1).

Em estudo realizado por Santos *et al.* (2009) no agreste pernambucano, foi encontrado um valor de lâmina total de 811,84 mm para um ciclo de 98 dias.

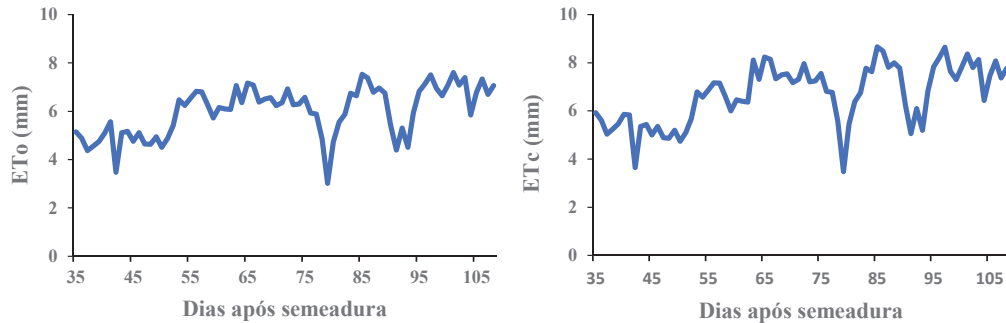
Durante a aplicação dos tratamentos, ocorreu uma precipitação acumulada de 157 mm. Pode-se observar que aos 89 dias após a sementeira da cenoura ocorreu uma precipitação de 54 mm e as precipitações foram mais frequentes no final do ciclo da cultura. Nos dias que ocorreram precipitação, a chuva precipitada foi descontada nos valores de manejo da irrigação. No período avaliado, a temperatura variou de 8,8 °C a 40,7 °C, apresentando média de 26,25 °C. Vieira e Pessoa (2008) recomendam temperaturas entre 10 °C e 15 °C para auxiliar o alongamento de raízes, sendo que temperaturas acima de 21 °C estimulam a formação de raízes curtas. Ainda segundo os autores, temperaturas acima de 30 °C reduzem o ciclo vegetativo da cultura, fato ocorrido no experimento, apresentando

Tabela 2. Valores da lâmina total aplicada em cada tratamento.

Níveis de reposição de água (%)	Lâmina Aplicada (mm)
70	486,18
100	694,54
130	902,90
160	1111,3

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Figura 1. Valores diários de ETo e ETc.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

uma redução de 125 a 135 dias para 108 dias (FIGURA 2).

As características avaliadas foram: diâmetro e comprimento das raízes; número total de raízes; número de raízes comerciais; produtividade total; produtividade comercial; classificação comercial das raízes; pH e massa seca da parte aérea.

O diâmetro, o comprimento e a classificação comercial das raízes foram realizados utilizando 20 raízes selecionadas aleatoriamente por parcela. O diâmetro foi medido com o auxílio de um paquímetro digital com precisão milimétrica, o comprimento foi medido com o auxílio de uma régua e a classificação comercial das raízes foi realizada conforme Tabela 3 segundo CEAGESP (2019).

Para o número total de raízes, foram consideradas todas as raízes colhidas da área útil de cada parcela. Para o número de raízes

comerciais, foram consideradas todas as raízes da área útil de cada parcela que apresentavam tamanho maior que 10 cm e que eram livres de rachaduras, bifurcações, danos mecânicos, podridões e ombro verde.

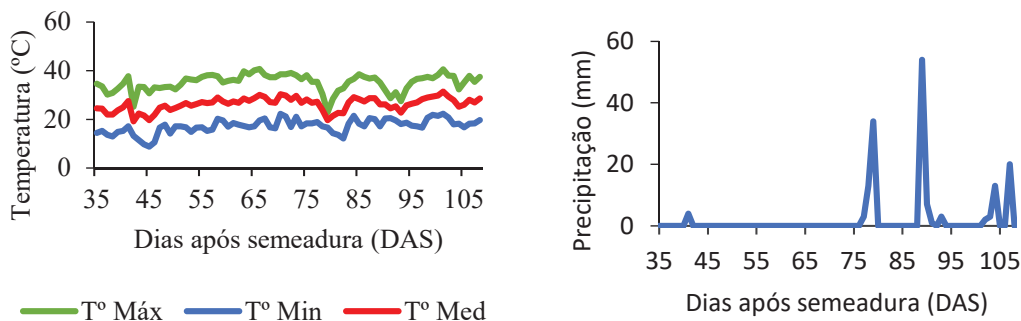
A produtividade total foi expressa em $t\ ha^{-1}$ e foi constituída pela massa de todas as raízes colhidas de cada parcela. A produtividade comercial também foi expressa em $t\ ha^{-1}$ e foi constituída por todas as raízes consideradas comerciais de cada parcela.

Tabela 3. Classificação comercial da cenoura quanto ao comprimento.

Classe	Comprimento (cm)
10	10 até 14
14	14 até 18
18	18 até 22
22	22 até 26

Fonte: Adaptado de CEAGESP (2019).

Figura 2. Valores de temperatura máxima, mínima e média e precipitação.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A massa seca da parte aérea foi obtida por 20 plantas selecionadas aleatoriamente na parcela útil no ato da colheita. A variável pH foi obtida ao levar para laboratório as mesmas 20 raízes utilizadas para se obter diâmetro e comprimento de raízes.

Todos os parâmetros foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2014). Os efeitos dos tratamentos quando significativos a 5 % de probabilidade foram estudados por meio de análise de regressão.

Resultados e discussão

Para as variáveis produtividade total, produtividade comercial, comprimento das raízes, diâmetro das raízes e números de raízes comerciais observou-se diferença estatística ($p < 5\%$). Houve interação dos níveis de reposição de água no solo e as doses de nitrogênio apenas para a variável diâmetro das raízes. O número total de raízes, massa seca da parte aérea e pH não sofreram diferença significativa dos tratamentos estudados.

A produtividade total sofreu influência dos níveis de reposição de água no solo e das doses de nitrogênio quando estudadas separadamente. O nível de reposição de água de 86,94 % foi o que proporcionou maior produtividade total, sendo de 29,69 t ha⁻¹ (FIGURA 3).

Em trabalho conduzido por Silva *et al.* (2011) com níveis de irrigação de 30 %, 60 %, 90 %, 120 %, 150 % e 180 %, verificou-se que o nível de 180 % proporcionou o melhor resultado de produtividade (67,4 t ha⁻¹). Silva (2016), adotando os níveis de irrigação de 60 %, 80 %, 100 % e 120 %, verificou que o nível de reposição que proporcionou o maior valor de produtividade total foi o de 120 %, obtendo um incremento médio de 48 % a mais de produtividade.

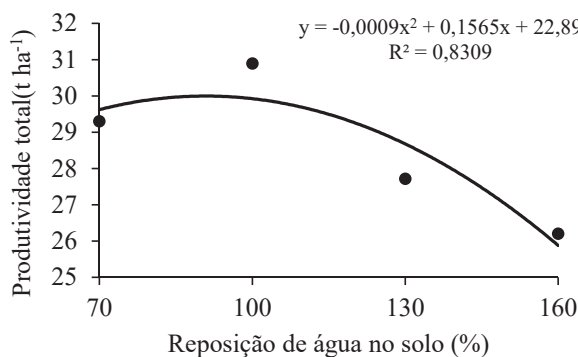
Para as doses de nitrogênio em cobertura foi observado um aumento linear na produtividade total em função do acréscimo das doses (FIGURA 4). Para cada quilograma de nitrogênio aplicado houve um acréscimo de 38,5 kg ha⁻¹ na produtividade total da cenoura.

Ao avaliarem o efeito de doses de nitrogênio em cobertura em cenoura de verão, Ávila *et al.* (2016) encontraram a dose de 73 kg ha⁻¹ atingindo produtividade máxima de 36,7 t ha⁻¹. Segundo os autores, a partir dessa dose houve um efeito deletério na presença de nitrogênio.

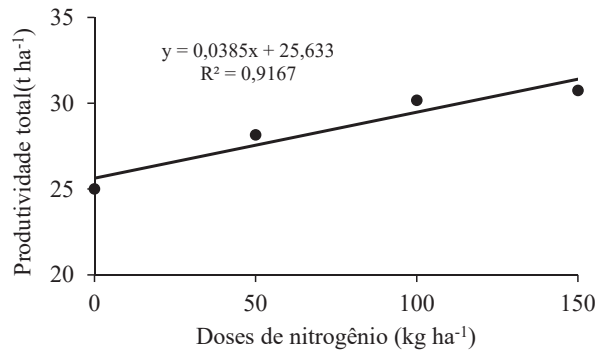
Colombari *et al.* (2018), ao avaliarem diferentes doses e formas de parcelamento, encontraram nas doses de 102 kg ha⁻¹ e 138 kg ha⁻¹ os maiores rendimentos, sendo de 107,7 t ha⁻¹ e 117,66 t ha⁻¹, respectivamente.

A produtividade comercial sofreu influência somente das doses de nitrogênio em cobertura

Figura 3. Produtividade total em função dos níveis de reposição de água no solo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Figura 4. Produtividade total em função das doses de nitrogênio em cobertura.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

apresentando um aumento linear em função do acréscimo de nitrogênio (FIGURA 5). Para cada quilograma de nitrogênio aplicado, houve um acréscimo de $34,3 \text{ kg ha}^{-1}$ na produtividade comercial.

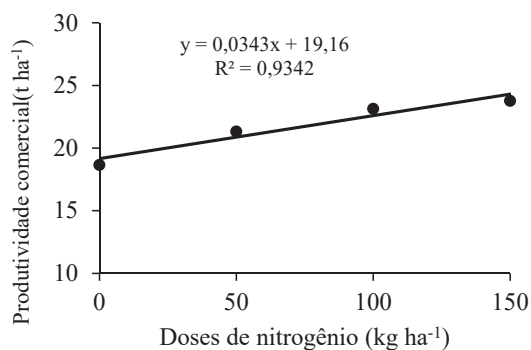
Luz *et al.* (2009), ao testarem doses de fertilizante NPK 20-0-20 em cobertura, observaram que a dose de $229,1 \text{ kg ha}^{-1}$ apresentou uma produtividade máxima de $27,5 \text{ t ha}^{-1}$. Resultado superior ao encontrado neste trabalho, em que a produtividade comercial máxima encontrada foi de $23,78 \text{ t ha}^{-1}$.

A variável comprimento das raízes sofreu influência somente dos níveis de reposição de água no solo observando um decréscimo linear em função do aumento dos níveis de reposição (FIGURA 6). Para cada aumento unitário do nível de reposição de água no solo, houve uma redução de $0,1 \%$ no comprimento das raízes.

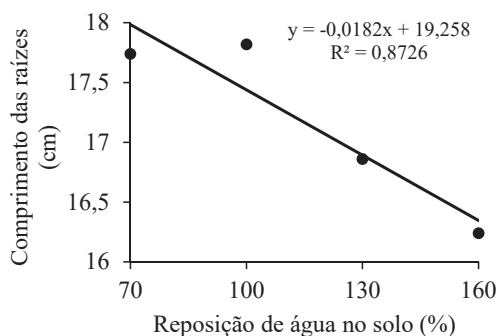
Palharim *et al.* (2012), em Cascavel/PR, observaram aumento do comprimento de raiz comercial em resposta a crescentes reposições hídricas. Resultado diferente do encontrado por Cunha *et al.* (2016), para quem os níveis de reposição de 50% , 75% , 100% e 125% não influenciaram significativamente o comprimento das raízes.

Em relação à classificação comercial das raízes, verificou-se que as plantas irrigadas com os níveis de reposição de água estudadas produziram raízes de classe 14 (14 cm até 18 cm), sendo que menores níveis produziram maiores valores de comprimento e maiores níveis produziram menores valores de comprimento.

Conforme Lana e Vieira (2000), o mercado brasileiro tem preferência por raízes de 15 cm a 22 cm de comprimento, portanto, o comprimento médio de $17,16 \text{ cm}$ obtido neste trabalho está

Figura 5. Produtividade comercial em função das doses de nitrogênio em cobertura.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Figura 6. Comprimento de raízes em função dos níveis de reposição de água no solo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

dentro dos padrões de comercialização de cenoura no Brasil.

Para a variável diâmetro das raízes, houve interação dos níveis de reposição de água no solo e as doses de nitrogênio em cobertura. Esse resultado foi significativo para os níveis de reposição quando avaliados na dose de 0 kg ha⁻¹ e para as doses de nitrogênio em cobertura quando estudados no nível de reposição de 160 %.

Na dose de 0 kg ha⁻¹, o nível de reposição de 108,33 % foi o que proporcionou um diâmetro máximo de raízes de 34,83 mm (FIGURA 7).

No nível de reposição de água de 160 %, pode-se observar que houve um aumento linear do diâmetro das raízes em função do acréscimo das doses de nitrogênio em cobertura (FIGURA 8).

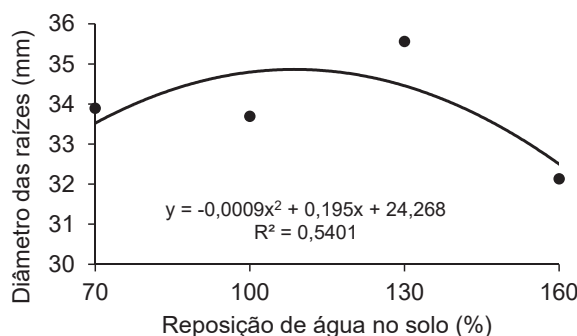
Santos (2019), ao estudar doses de nitrogênio e tensões de água no solo na cultura

do pimentão, observou que a variável diâmetro de frutos apresentou diferença significativa apenas para as tensões de água no solo.

O número de raízes comerciais também sofreu influência somente das doses de nitrogênio em cobertura, sendo que a dose de 119,4 kg ha⁻¹ proporcionou um número de raízes comerciais máximo de 54,8 (FIGURA 9). A partir dessa dose, houve um decréscimo no número de raízes comerciais.

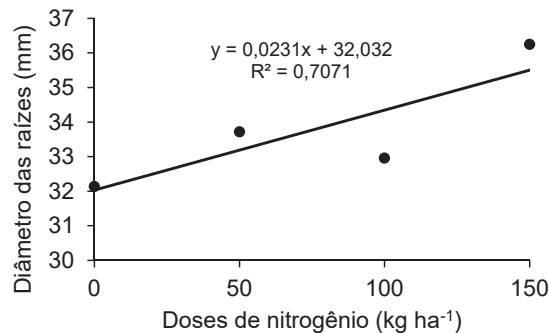
Luz *et al.* (2009), testando doses de fertilizante NPK 20- 0-20 em cobertura, relataram um crescimento linear do número de raízes comercializáveis em função do aumento das doses do fertilizante.

Assim como o encontrado por Luz *et al.* (2009), que testaram doses de fertilizante NPK 20-0-20 em cobertura, no presente trabalho, não houve efeito da adubação de cobertura no número total de raízes de cenoura.

Figura 7. Diâmetro de raízes em função dos níveis de reposição de água no solo na dose de 0 kg N ha⁻¹.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Figura 8. Diâmetro de raízes em função das doses de nitrogênio em cobertura no nível de reposição de água no solo de 160 %.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A variável massa seca da parte aérea não sofreu influência significativa dos tratamentos estudados, apresentando média de 7,50 g planta⁻¹. Colombari *et al.* (2018), avaliando parcelamentos e doses de nitrogênio em cobertura encontraram resultados semelhantes, obtendo valores máximos de 6,77 g e 9,42 g por planta nas maiores doses dos parcelamentos utilizados. Resultados diferentes foram obtidos por Silva *et al.* (2011) que ao estudarem níveis de reposição de água no solo de 30 %, 60 %, 90 %, 120 %, 150 % e 180 % verificaram um aumento de matéria seca da parte aérea com o aumento dos níveis de reposição de água.

O pH também não se alterou em função dos tratamentos estudados, apresentando média de 6,14. Colombari *et al.* (2018), ao avaliarem

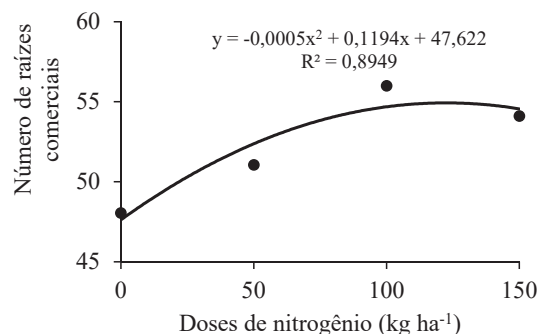
parcelamentos e doses de nitrogênio em cobertura, no parcelamento 1/3 + 1/3 + 1/3, também não encontraram diferença significativa do pH em função das doses, sendo encontrada uma média de 6,22.

Conclusão

A produtividade comercial apresentou um aumento linear em função do aumento das doses de nitrogênio e a dose de 119,4 kg ha⁻¹ foi a que proporcionou um valor máximo do número de raízes comerciais.

O nível de reposição de 86,94 % foi o que proporcionou produtividade total máxima e o comprimento das raízes sofreu um aumento linear com o acréscimo dos níveis de reposição de água.

Figura 9. Número de raízes comerciais em função das doses de nitrogênio em cobertura.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Referências

- ÁVILA, J.; LIMA, S. F.; VENDRUSCOLO, E. P.; ALVAREZ, R. C. F.; CONTARDI, L. M. Adubação nitrogenada e uso de bioestimulante em cenoura. **Magistra**, v. 28, n. 3/4, p. 360-368, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/251/278pdf>.
- BEJO. **Cenoura Natuna**. 2019. Disponível em: <https://www.bejo.com.br/cenoura/natuna-conventional>. Acesso em: 13 out. 2021.
- CEAGESP – COMPANHIA DE ENTREPOSTO E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Normas de classificação de cenoura**. 2019. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/cenoura.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.
- COLOMBARI, L. F.; LANNA, N. B. L.; GUIMARÃES, L. R. P.; CARDOSO, A. I. I. Production and quality of carrot in function of split application of nitrogen doses in top dressing. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 306-312. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/jjBbqC9nNTfTfQWnPtjmj6Wq/?lang=en>. Acesso em: 9 jun. 2021. DOI 10.1590/S0102-053620180304.
- CUNHA, F. F.; MAGALHAES, F. F.; SANTOS, O. F. dos; SILVA, T. R.; SOUZA, E. J.; GODOY, A. R. Características agronômicas de cultivares de cenoura submetidas a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 84-95, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319532357_Caracteristicas_agronomicas_de_cultivares_de_cenoura_submetidas_a_diferentes_laminas_de_irrigacao. Acesso em: 9 jun. 2021. DOI 10.30612/agrarian.v9i31.4238.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, **Irrigation and Drainage**. Paper 24, 179p, 1975.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006, 412 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112. 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- LANA, M. M.; VIEIRA, J. V. Fisiologia e manuseio pós-colheita de cenoura. Brasília, **Embrapa Hortaliças**. 15p. 2000.
- LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P.; GERDHANES, M.; GUEDES, M.; Avaliação da qualidade de raízes de cenoura em função do manejo da irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12. 2011.
- LUZ, J. M. Q.; ZORZAL FILHO, A.; RODRIGUES, W. L.; RODRIGUES, C. R.; QUEIROZ, A. A. Adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e cálcio na produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**. v. 27, n. 4, p. 543-548. 2009.
- NICK, C.; BORÉM, A. **Cenoura: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 176 p, 2016.
- OLIVEIRA, R. A.; ROCHA, I. B.; SEDIYAMA, G. C.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; SILVEIRA, S. F. R. Coeficiente de cultura da cenoura irrigada por pivô central, nas condições edafoclimáticas do Alto Paranaíba. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002.
- PALHARIM, D.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; CARPINSKI, M. BISNELLA, L. SANTOS, C. J.; FICAGNA, F. Irrigação da cenoura através do

mini evaporímetro. **Cultivando o Saber**. v. 5, n. 1, p. 117-128. 2012.

SANTOS, F. X.; MONTEIRO, A. A. A.; SILVA, J. R.; SOUZA, E. R. Determinação do consumo hídrico de cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 4, n. 3, p. 304-310, 2009.

SANTOS, H. C. A. **Nutrição nitrogenada na cultura do pimentão fertirrigado, em função de tensões de água no solo**. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

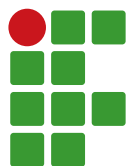
SILVA, V. J.; TEODORO, R. E. F.; CARVALHO, H. P.; MARTINS, A. D.; LUZ, J. M. Q. Resposta da cenoura à aplicação de diferentes lâminas

de irrigação. **Bioscience Journal**. v. 27, n. 6, p. 954-963. 2011.

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

VALLE JUNIOR, R. F.; PASSOS, A. O.; ABDALA, V. L.; RAMOS, T. R. Determinação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG, utilizando o sistema de informação geográfica (SIG). **Global Science and Technology**. v. 3, n. 1 p. 19-29, 2010.

VIEIRA, J. V.; PESSOA, H. B. S. V. Cenoura (*Daucus carota*): Clima. Brasília - DF: **Embrapa Hortaliças**, 2008. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cenoura/Cenoura_Daucus_Carota/clima.html. Acesso em: 12 jun. 2021.



Avaliação das condições do milho armazenado no setor familiar na localidade de Mahelane

Arsênio Daniel Ivo Mulhanga¹, Dade Rebocho², Dionatas Alex Garcia³, Domingos Armando Soquir Jeque⁴, Ivan Natividade Júlio Zevo⁵

¹ Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas. arseniomulhanga92@gmail.com.

² Universidade Unizambeze. Orientador. email: rebocho001@yahoo.com.br.

³ UFLA. Mestrando em Fitotecnia. dionatas.garcia10@gmail.com.

⁴ UFLA. Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas. domyjeque@gmail.com.

⁵ UFLA. Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas. ivanzevo@gmail.com.

Submetido em: 30/11/2021 | Aceito em: 31/01/2022

Resumo

Os problemas de armazenamento de produtos agrícolas constituem objeto de estudo permanente. Objetivou-se com este trabalho realizar o levantamento de algumas etapas de produção, principalmente o armazenamento, por meio de entrevistas com produtores na localidade de Mahelane, distrito de Namaacha em Moçambique. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com 40 produtores, os selecionados foram os produtores que trabalham com os Serviços Distritais de Atividades Econômicas - SDAE, numa área total de 44 ha de produção de diversas culturas com destaque para o milho. Os entrevistados foram selecionados usando uma amostragem não probabilística, técnica «bola de neve». Os parâmetros avaliados foram: caracterização dos entrevistados, médias das umidades do grão, número de gorgulhos, massa de grão e principais operações pós-colheita praticadas pelos pequenos produtores. As mulheres representam a maior percentagem de mão de obra nos campos de produção de milho na localidade de Mahelane. A percentagem de umidade do milho armazenado varia entre 14,5 % e 16,4 %. O tempo de armazenamento do milho está entre 9 e 12 meses. O milho na localidade de Mahelane é armazenado majoritariamente em espiga 65 % e com palha 75 %. Os produtores entrevistados possuem vários problemas acerca da pós-colheita do milho, necessitando de assistência técnica e treinamentos, principalmente para população local, para orientar a melhor forma de armazenar o grão e a semente.

Palavras-chave: Grão/espiga. Umidade. Gorgulho. Produtores familiares.

Introdução

Na agricultura familiar, a pós-colheita, principalmente na fase de armazenamento, é vista como uma das fases mais importantes e indispensáveis, a taxa anual de perdas dos produtos agrícolas nesta etapa pode chegar a 100 % da produção total (SILVA *et al.*, 2021).

Os próprios produtores familiares têm criado, em muitos casos, métodos para guardar e conservar os seus produtos agrícolas (SILVA *et al.*, 2021). Alguns desses métodos tradicionais são bastante eficientes, necessitando muitas vezes apenas da introdução de pequenos aperfeiçoamentos (FAO, 2014).

No entanto, os métodos tradicionais, na maioria das vezes, não conseguem eliminar as altas taxas de perdas no armazenamento, necessitando de novas ferramentas. Sendo

assim, na busca de menores perdas de produtos armazenados, é indispensável a utilização de novas tecnologias auxiliando as técnicas tradicionais (RODRIGUES *et al.*, 2018).

O conhecimento tradicional em Moçambique, quanto ao manejo de suas sementes locais nas fases pós-colheita e durante o armazenamento, está disperso entre os pequenos agricultores. A maioria das estruturas de armazenamento é tradicional e construída com material local de baixo custo (FAO, 2014). Portanto, são vários materiais utilizados na construção, em diferentes províncias, pois em todas as estruturas o objetivo fundamental é assegurar a longevidade dos grãos (PINTO, 2000).

Por outro lado, o excedente da safra em conjunto com as mudanças a nível de mercado faz com que aumente a necessidade de se

adotarem outros métodos de armazenamento de modo a reduzir as perdas (ANDRADE *et al.*, 2020). É de extrema importância o conhecimento das condições ambientais ótimas para o armazenamento de cada produto, evitando o favorecimento e a proliferação das pragas (LORINI, 2015).

Os problemas de armazenamento de produtos agrícolas constituem objeto de estudo permanente, visando prolongar ao máximo a qualidade dos produtos armazenados, sejam de sementes ou de grãos, evitando perdas desnecessárias nos grãos armazenados, o que poderia minimizar, e muito, a fome no mundo (LORINI, 2015).

Neste contexto, faz-se oportuno investigar os métodos tradicionais, que ainda estão sendo aplicados, reproduzidos e valorizados, visto que eles tendem a ser perdidos caso não sejam fortalecidos. Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar o levantamento de algumas etapas de produção principalmente no armazenamento, por meio de entrevistas com produtores na localidade de Mahelane, distrito de Namaacha, Moçambique.

Material e métodos

A pesquisa foi conduzida na região que geograficamente compreende a localidade de Mahelane, posto administrativo de Changanane no distrito de Namaacha, no sul de Moçambique. O local está situado a 376 m de altitude, latitude 26°20'46.12"S e longitude 36°15'39,9"L (GOOGLE EARTH, 2017). O clima predominante é o tropical seco, com uma temperatura média anual de 21 °C e uma precipitação anual de 751.1 mm (MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL – MAE, 2005).

A região foi escolhida com base na cultura do milho, que é cultivado pela população local há vários anos, e também devido a seu histórico agrícola (IIAM, 2009).

Foram realizadas entrevistas semiestruturadas “utilização de um roteiro previamente elaborado” (MANZINI, 2004), com 40 produtores, os selecionados foram os produtores que trabalham com os Serviços Distritais de Atividades Econômicas (SDAE), numa área total de 44 ha de produção de diversas culturas com destaque para o milho.

As entrevistas tiveram início no mês de abril e foram finalizadas no mês de maio de 2017, coincidindo com a disponibilidade do milho nos celeiros. Os entrevistados foram selecionados usando uma amostragem não probabilística técnica “bola de neve”, que consistiu primeiro em entrevistar os representantes dos grupos ou informantes-chave e estes, por sua vez, indicaram outros que se enquadravam no perfil pretendido para entrevistas do presente estudo (BALDIN; MUNHOZ, 2011).

Os parâmetros avaliados foram: caracterização dos entrevistados, médias das umidades do grão, número de gorgulhos, massa de grão e principais operações pós-colheita praticadas pelos pequenos produtores.

Para caracterizar os pequenos produtores, foram mensuradas as seguintes variáveis: participação do gênero na agricultura e nível escolar (TOMAS *et al.*, 2012).

A medição de umidade se deu por uma amostra do grão de milho com três repetições, utilizando um medidor de umidade, os grãos foram introduzidos no medidor, o qual fornecia o teor de umidade da amostra. Posteriormente, contabilizou-se o número de gorgulho, depois de realizar a debulha das espigas. Por fim, foi realizada a pesagem de 1.000 grãos (ABICHANDEO, 2002).

As informações sobre as principais operações pós-colheita praticadas pelos pequenos produtores e as principais causas das perdas pós-colheita na armazenagem foram obtidas por meio de questionários aplicados nos 40 pequenos produtores da localidade (ABICHANDEO, 2002).

Para análise dos dados, foram usados os seguintes métodos de análise: análise de conteúdo e análise indutiva. Por meio de pacotes estatísticos, para o processamento de dados, utilizou-se do software SPSS 13.0.

Resultados e discussão

Características dos produtores entrevistados

De acordo com os resultados da caracterização dos entrevistados, o perfil dos informantes na categoria participação do gênero na agricultura pode ser observado na Figura 1.

A categoria gênero foi subdividida mediante o seu vínculo nas atividades agrícolas, em que: homem e mulher representaram 60 %; homem, mulher e outros membros da família, 5 %; mulher, 35 %. A pesquisa ainda constatou que não houve nenhuma participação do homem nas atividades agrícolas. No trabalho realizado na Angola por Tomas *et al.* (2012), os dados de pesquisa mostraram que a participação do gênero nas atividades agrícolas ficou dividida em: homem, 12 %; homem e mulher, 41 %; homem, mulher e filhos, 15 %; mulher, 32 %.

Ambas as pesquisas mostraram uma grande percentagem da participação das mulheres nas atividades agrícolas, nas diferentes regiões do continente africano.

O perfil dos entrevistados na categoria nível de escolaridade está representado na Figura 2.

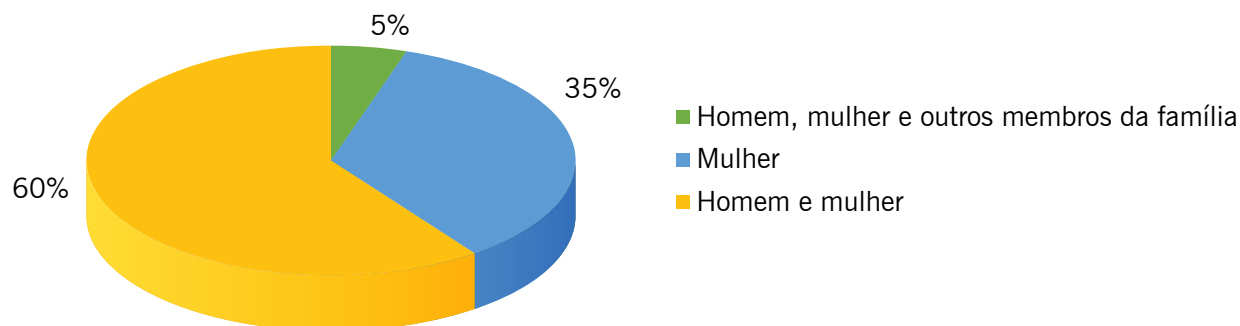
O grau de escolaridade da região foi baixo, pois dos 40 entrevistados, 40 % não possuem nenhum nível de ensino e os outros 60 % se encontram no nível básico de ensino, não foi encontrado nenhum dado referente ao nível médio de ensino. Esses dados são similares à pesquisa feita por Come e Cavani (2014) no distrito de Manhica em Moçambique, onde a faixa dos pequenos produtores entrevistados foram: sem nenhum nível de ensino: 30 %; nível básico: 61,5 %.

Em geral, o baixo nível de escolaridade da população no local é devido às condições locais do ensino e aprendizado, que são ainda muito precários, esse cenário pode ser amenizado por meio de políticas governamentais.

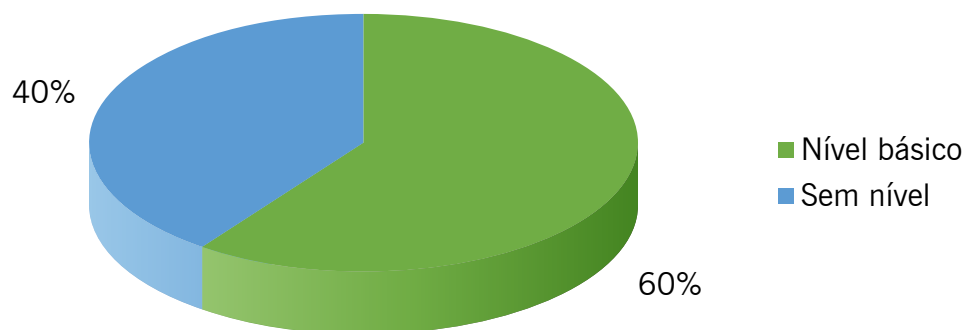
De acordo com a Figura 1 – Participação do gênero e Figura 2 – Níveis de escolaridade, as mulheres possuem a maior participação na agricultura em relação aos homens, esse fato pode ser explicado devido à baixa inserção da mulher nas escolas, o que contribui para o baixo nível de escolaridade delas, outra questão importante a se considerar refere-se à questão cultural do local que prega que a mulher deve cuidar das tarefas de casa e ir ao campo.

Esse cenário pode ser visto também em outros países, como o Brasil, onde pode-se dizer que há a presença de ideias machistas, nas quais os homens e as mulheres não possuem as mesmas capacidades mentais (STASCXAK; SALES, 2020).

Figura 1 – Participação do gênero na atividade agrícola, na localidade de Mahelane



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Figura 2 – Nível de escolaridade dos produtores, na localidade de Mahelane

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Análise de amostras de grãos de milho

As médias das umidades (MU), os números de gorgulhos (NG) e a massa de grão (MG) podem ser observados na Tabela 1.

O milho armazenado pelos produtores familiares entrevistados tem uma média de umidade correspondente a um intervalo de 14,5 % a 16,4 %. No trabalho feito por Abichande (2002), na aldeia de Muecate na província Nampula em Moçambique, as percentagens variaram no intervalo de 11,1 % a 12,9 %, o que mostra que neste trabalho as percentagens de umidade para a localidade de Mahelane estão acima dos recomendados, o que pode implicar uma maior susceptibilidade

de pragas e doenças do milho armazenado nos celeiros (TABELA 1).

Os mesmos resultados de umidade de grãos foram encontrados no trabalho de Tembe (2000), em Namapa, na província de Nampula em Moçambique.

A umidade do grão armazenado deve ser de 13 % acima de um ano e de 14,5 % para o intervalo de 6 meses a 9 meses (BOXALL *et al.*, 1997).

O número de gorgulhos ficou entre 12 e 98 e a massa de 1.000 grãos foi de 204 g a 239 g. Dados similares foram encontrados no trabalho feito por Tembe (2000).

Tabela 1 – Médias das umidades (MU), números de gorgulhos (NG) e massa de grão (MG) na localidade de Mahelane

Número de espigas	MU (%)	NG (uni)	MG (g)
1	14,7	12	236
2	14,5	23	239
3	14,5	46	206
4	16,0	78	207
5	14,9	30	210
6	16,0	98	204
7	14,6	48	230
8	16,2	81	220
9	15,4	17	212
10	16,4	39	222

N=40.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Métodos de secagem do milho

Os resultados mostraram que cerca de 100 % dos produtores familiares entrevistados secam o milho no campo ainda na planta, para não apodrecer, não perder o poder germinativo e não ser atacado por insetos. Os entrevistados afirmaram que a secagem não é muito segura porque a produção está sujeita ao ataque de pragas ainda no campo. Esses resultados são comparáveis aos de Abichande (2002) e Boxall *et al.* (1997), no trabalho feito na aldeia do distrito de Muecate na província de Nampula em Moçambique e na Índia, em que cerca de 93 % e 94 %, respectivamente, secam os seus produtos no campo.

Razões para a secagem do milho

Os entrevistados citaram vários motivos por optarem pela secagem dos produtos, além disso, todos eles disseram que secam a sua produção. Desses, 47 % responderam que secam a produção dos produtos para não apodrecerem, cerca de 18 % secam para evitar o ataque de insetos, 15 % secam para evitar o ataque de gorgulho e cerca de 20 % para ter a semente melhor conservada e manter o poder germinativo da semente (FIGURA 3). Esses resultados são semelhantes aos dados de Abichande (2002) no trabalho feito na aldeia do Distrito de Muecate na província de Nampula em Moçambique, onde a maioria dos pequenos produtores armazenam o milho para não apodrecer e cerca de 82 % deixam o milho secar no campo.

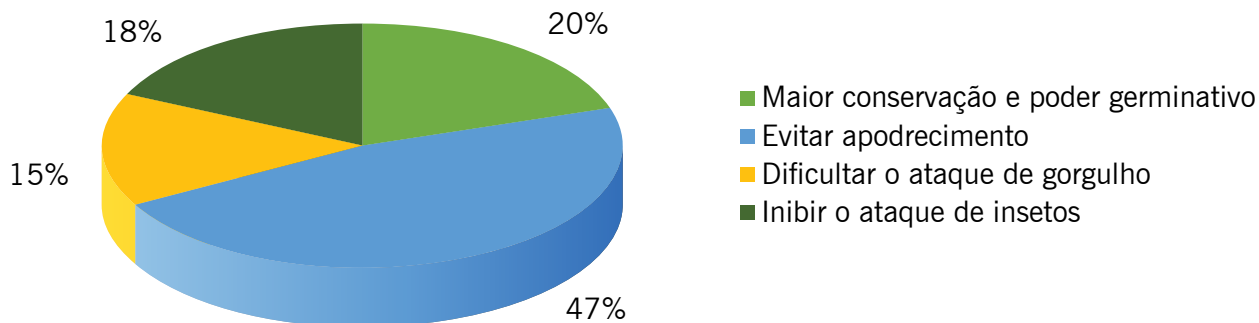
Método de armazenagem do milho

De acordo com os resultados, observa-se que os produtores familiares entrevistados armazenam mais o milho em espiga com palha, 75 %, para que os grãos não fiquem susceptíveis ao ataque de insetos e não sejam acometidos pelas condições ambientais, como a precipitação e a luz, condições essas que danificam o grão e prejudicam a germinação da semente quando exposto fora do armazém (FIGURAS 4 e 5). Apenas 25 % relataram armazenar o milho sem a palha. Os produtores familiares armazenam a sua produção com as espigas não debulhadas, pois eles consideram que o grão armazenado nessa condição é menos propenso ao ataque de pragas (GWINNER *et al.*, 1997).

Período de armazenamento do milho

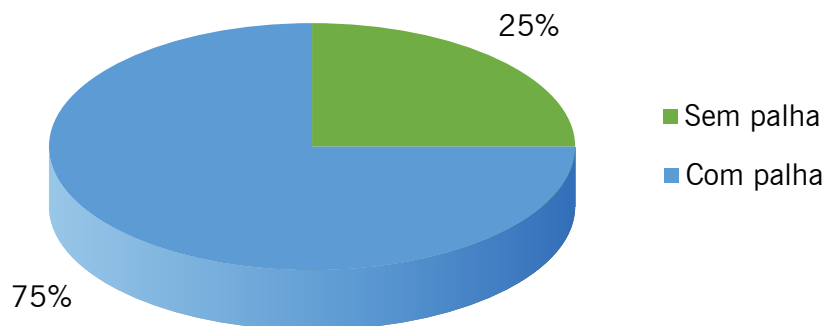
De acordo com os resultados, cerca de 5 % dos produtores familiares armazenam seus produtos entre 1 e 3 meses e aproximadamente 20 %, de 3 a 6 meses, 25 % de 6 a 9 meses, 35 % de 9 a 12 meses e 15 % mais de 12 meses (FIGURA 6). Esses dados são comparáveis com os resultados de Abichande (2002) no estudo feito na aldeia de Muecate na província Nampula em Moçambique, que também obteve os mesmos resultados de armazenamento do milho num intervalo de 3 a 12 meses e mais de 12 meses. No trabalho de Gustafsson e Ljungberg (1998), no estudo feito nos distritos de Boane e Marracuene em Moçambique, os cereais tiveram

Figura 3 – Razões para a secagem do milho pelos produtores entrevistados na localidade de Mahelane



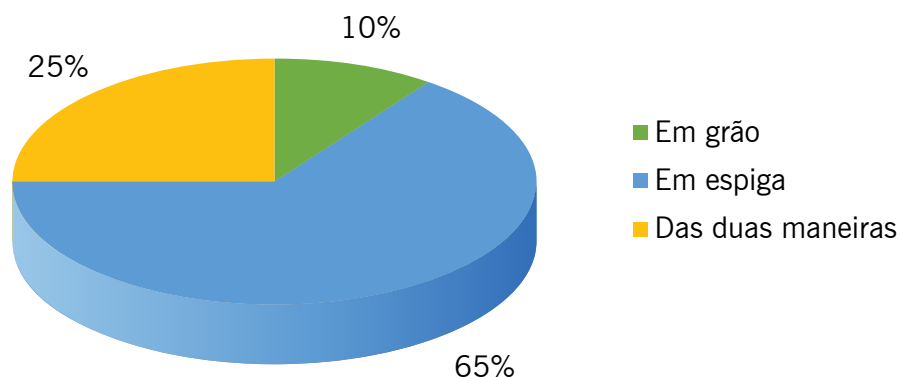
Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Figura 4 – Método de armazenagem do milho pelos produtores entrevistados na localidade de Mahelane



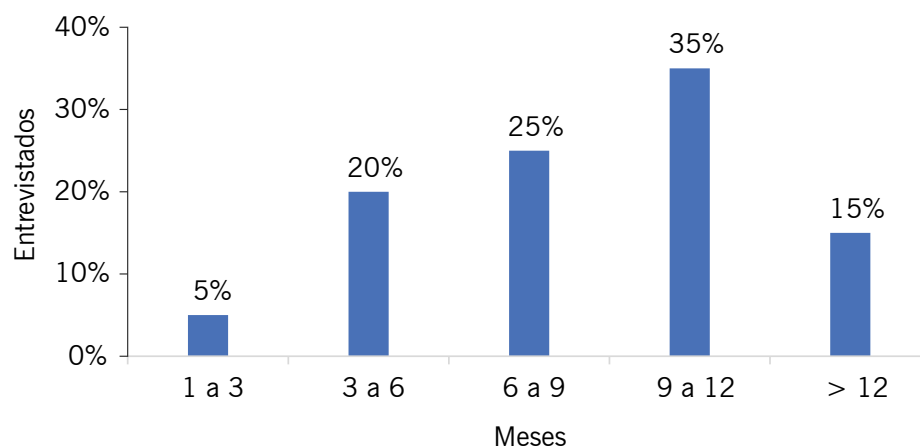
Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Figura 5 – Forma de armazenagem do milho dos entrevistados na localidade de Mahelane



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Figura 6 – Período de armazenagem na localidade de Mahelane



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

como resultado um intervalo de 2 a 12 meses. O período de armazenagem a nível de pequenas propriedades geralmente dura entre 6 e 12 meses (GEWINNER *et al.*, 1997).

Conclusões

As mulheres representam a maior percentagem de mão de obra nos campos de produção de milho na localidade de Mahelane.

A percentagem de umidade do milho armazenado varia entre 14,5 % e 16,4 %.

O armazenamento do milho na localidade de Mahelane está entre 9 e 12 meses.

O milho na localidade de Mahelane é armazenado, em sua maioria, com espiga 65 % e com palha 75 %, sendo a melhor forma de armazenagem.

Os produtores entrevistados possuem vários problemas acerca da pós-colheita do milho, necessitando de assistência técnica e treinamentos principalmente para população local, para orientar a melhor forma de armazenar o grão e a semente.

Agradecimentos

Aos produtores entrevistados, por terem fornecido os dados para a realização do trabalho.

Aos funcionários dos SDAE-Namaacha, em especial ao Engenheiro Manuelito, e ao extensionista Chelton da Costa.

Referências

- ABICHANDE, N. D. **Métodos de armazenagem de grão de cereais e leguminosas em aldeias do Distrito de Muecate na província de Nampula**. 2002. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, FAEF, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2002.
- ANDRADE, J. G.; SILVA, M. G.; OLIVEIRA FILHO, F. S.; FEITOSA, S. S. Diagnóstico das técnicas de produção e armazenamento de sementes crioulas em assentamentos rurais de Aparecida, Paraíba, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. e130953147-e130953147, 2020.
- BALDIN, N.; MUNHOZ, E. M. B. Snowball (bola de neve): uma técnica metodológica para pesquisa em educação ambiental comunitária. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - EDUCERE, 10., 2011, Curitiba. **Anais...**, Curitiba: PUCPR, 2011.
- BOXALL, R.; GOLOB, P.; TAYLOR, R. **Pest management in farm granaries: with special reference to Africa**. 1997.
- COME, S. F.; CAVANE, E. A extensão rural pública: percepções dos produtores das associações agrícolas de Manhiça Sede, Moçambique. **Revista de extensão e estudos rurais**, 2014.
- FAO. **Sistema apropriados de armazenamento de sementes e cereais para pequenos agricultores: prática fundamentais para implementadores de RRC**. 2014. (Ajuda Humanitárias e Proteção Civil).
- GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>, 2017.
- GUSTAFSSON, Y.; LJUNGBERG, D. **Storage systems for cereals and legumes used by small-scale farmers in Maputo Province, Mozambique**. 1998.
- GWINNER, J.; HARNISCH, R.; MUCK, O. **Manual sobre a prevenção das perdas de grãos depois da colheita**. Eschborn, GTZ, 1997.
- INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA DE MOÇAMBIQUE (IIAM). **Ministério da Agricultura**. Edição Trimestral jul.-out., n. 12. 2009.
- LORINI, I. Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10 % da produção nacional. **Visão agrícola**, v. 13, p. 127-129, 2015.
- MANZINI, E. J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. **Seminário internacional sobre pesquisa e estudos qualitativos**, v. 2, p. 10, 2004.

MINISTÉRIO DE ADMINISTRAÇÃO ESTATAL (MAE). **Perfil do Distrito de Namaacha, Província da Maputo**. Maputo, 2005.

PINTO, P. M. Z.; MORAIS, A. M. M. B. Boas práticas para a conservação de produtos hortofrutícolas. **AESBUB—Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica**, v. 33, 2000.

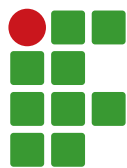
RODRIGUES, M. H. B. S.; SOUSA, V. F. O.; SANTOS, G. L.; NOBREGA, E. P.; ANDRADE, F. E. Armazenamento de grãos em pequenas propriedades de São Francisco, Paraíba, Brasil. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. p. 35-47. 2018.

SILVA, A. O.; SILVA, A. O.; GOMES, J. A.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, D. A.; VIÉGAS, I. J. M. Armazenamento de grãos na agricultura familiar: principais problemáticas e formas de armazenamento na região nordeste paraense. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2021.

STASCXAK, F. M.; SALES, M. J. F. S. Educação feminina no Brasil: o que dizem as pesquisas publicadas no Portal da Capes (2015-2019). **Práticas Educativas, Memórias e Oralidades-Rev. Pemo**, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2020.

TEMBE, A. A. **Análise da liderança da descoberta de preços e previsão de preços: o caso do grão de milho banco em Moçambique**. 2000. 140 f. (Dissertação) – Curso de Agronomia, FAEF, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2000.

TOMÁS, D. F. **Caracterização dos sistemas informais de armazenamento de variedades locais de milho (*Zea mays* L.) das regiões do Huambo e Huíla de Angola e influência na conservação in situ on-farm**. 2012. 179 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.



Plantas medicinais usadas pelos moradores das áreas urbana e rural de Luziânia, Goiás, Brasil

Marina Neves Delgado¹, Jessica Pinto Gomes², Raphaela Braz de Castro³, Judite Araújo de Sousa⁴

¹ Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina, professora EBTT. marina.delgado@ifb.edu.br

² Instituto Federal de Goiás, Campus Luziânia, egressa do curso Técnico Integrado em Mecânica. jessicapngomes@gmail.com

³ Instituto Federal de Goiás, Campus Luziânia, egressa do curso Técnico Integrado em Mecânica. raphaelabrazdecastro@gmail.com

⁴ Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina, egressa do curso Tecnólogo em Agroecologia. sousajudy@yahoo.com.br

Submetido em: 08/11/2021 | Aceito em: 31/01/2022

Resumo

O Brasil tem flora megadiversa, sendo o Cerrado a savana mais rica em espécies do mundo. Ademais, o uso de plantas medicinais é prática comum e tradicional na população brasileira. Por isso, é esperado que populações de cidades históricas, localizadas no Cerrado, tenham vasto conhecimento etnobotânico. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de registrar as plantas medicinais utilizadas por moradores de Luziânia (GO), Brasil, e avaliar seus perfis socioeconômicos. Os moradores (18 da área urbana e 20 da área rural) foram selecionados pelo método “bola de neve”, realizaram-se entrevistas semiestruturadas com eles, que abordavam aspectos socioeconômicos e etnobotânicos. Dentre os entrevistados, 74,4 % eram mulheres, sendo adultos e idosos os maiores conhecedores, e 71 % tinham Educação Básica incompleta. A maioria cultivava as plantas em quintais e citou as folhas como o principal órgão utilizado. Os entrevistados da área urbana e rural se diferenciaram quanto à forma de obtenção do conhecimento ($c^2= 10,367$; $p < 0,05$), pois a origem do conhecimento deu-se da família, da leitura e de terceiros na área urbana e preponderantemente da família na área rural. Os entrevistados citaram 95 espécies, não havendo diferença estatística na quantidade de exóticas e nativas. Porém, as espécies referenciadas eram predominantemente exóticas. Lamiaceae, Asteraceae e Fabaceae foram as famílias mais representativas. O hábito herbáceo foi o mais comum. As espécies mais usadas foram *Lippia alba* (erva-cidreira), *Mentha arvensis* (hortelã), *Dysphania ambrosioides* (mastruz) e *Plectranthus barbatus* e *Plectranthus grandis* (boldo). Os principais problemas tratados com as plantas medicinais foram resfriado, má digestão, estresse e problemas respiratórios.

Palavras-chave: Cerrado. Conhecimento familiar. Cultivo em quintais. Plantas medicinais exóticas.

Introdução

As plantas medicinais são capazes de promover a saúde (ANTONIO *et al.*, 2013), podendo ser usadas como tratamento alternativo para vários tipos de doenças (MIRANDA, 2021). Por exemplo, grande parcela da população mundial (de 70 % a 80 %) atende às suas necessidades básicas de saúde administrando diferentes plantas, sendo que em torno de 53 mil espécies já foram usadas no tratamento de enfermidades desde os primórdios da civilização humana até os dias atuais (QADIR; RAJA, 2021).

O uso das plantas medicinais é tradicional no Brasil uma vez que os índios já as utilizavam para a cura de doenças antes mesmo da chegada dos portugueses (AMOROZO, 2002). Com o processo de colonização, os europeus trouxeram suas espécies medicinais para cultivo no país.

Somado a isso, eles também testaram as espécies nativas brasileiras para usos similares aos das espécies europeias. Por fim, os africanos incorporaram suas plantas ao rol das medicinais utilizadas no Brasil (LORENZI; MATOS, 2011).

Além do contexto histórico, que justifica a grande diversidade de plantas medicinais usadas no país, o Brasil é o detentor da maior diversidade vegetal do mundo (BFG, 2015). Logo, as possibilidades de identificação de produtos com possível utilidade medicinal na vegetação nativa ainda são gigantescas, pois as plantas constituem a principal fonte de princípios ativos, uma vez que aproximadamente 11 % dos 252 medicamentos considerados essenciais pela Organização Mundial da Saúde (OMS) são adquiridos somente de plantas (BRAGA *et al.*, 2021). Entretanto, o desmatamento intenso

no Brasil (GONÇALVES-SOUZA *et al.*, 2021) causa elevada perda de biodiversidade (BLUM *et al.*, 2019), sendo que o extrativismo vegetal excessivo e a destruição dos habitats naturais acarretam elevados riscos à perpetuação das espécies de plantas medicinais (RASHID *et al.*, 2021). Por exemplo, a degradação da floresta amazônica brasileira tem diminuído a disponibilidade de algumas espécies de plantas medicinais (SHANLEY; LUZ, 2003).

Em torno de 10,9 % do território brasileiro com vegetação natural (939.050 km²) já foi devastado, sendo que quase um terço dessa perda (338.774 km²) ocorreu no Cerrado, que é, proporcionalmente, o bioma mais impactado do Brasil (GONÇALVES-SOUZA *et al.*, 2021). Por compreender elevada riqueza de espécies e endemismo, porém com enormes devastações, o Cerrado é classificado como uma das áreas com elevada prioridade para a conservação (MEYERS *et al.*, 2000). Ademais, o Cerrado abarca uma grande quantidade de espécies da flora com potencial alimentício, ornamental e medicinal, sendo muitas ainda sequer conhecidas pela Ciência (SOUZA *et al.*, 2018). Logo, levantamentos etnobotânicos ainda são fundamentais para se conhecer a flora medicinal nativa usada pelas comunidades que vivem no Cerrado (SOUZA *et al.*, 2020), uma vez que este bioma conta com elevado número de espécies tradicionalmente usadas como medicinais: pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), baru (*Dipteryx alata*), jurubeba (*Solanum* spp.), mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) e ipecacuanha (*Carapichea ipecacuanha*) (SOUZA *et al.*, 2018).

Luziânia está localizada no Cerrado, no estado de Goiás, e possui 174.531 habitantes de acordo com o último censo de 2010 (IBGE, 2017) que estão distribuídos na área urbana (formada majoritariamente por casas e poucos prédios) (CODEPLAN DF, 2014) e na área rural (formada principalmente por pequenos

sítios e fazendas). Cabe ressaltar que a taxa de urbanização de Luziânia encontra-se elevada (93,28 % em 2010), sendo superior à média do estado de Goiás (90,29 %). A economia está baseada sobretudo no setor de serviços (57,2 %), setor industrial (34 %) e setor agropecuário (8,8 %). Ademais, Luziânia é uma das cidades mais antigas de Goiás, datada do século XVIII, onde foi inicialmente explorado ouro, podendo ser observadas construções coloniais, como casarões na Rua do Rosário, Igreja Nossa Senhora do Rosário e Palácio das Andorinhas (IMB, 2016). Por isso, acredita-se que o levantamento de plantas medicinais usadas pelos moradores de Luziânia seja promissor e possa auxiliar na bioprospecção de espécies nativas ainda pouco referenciadas na literatura, pois é uma cidade localizada no Cerrado, de origem colonial, cujos habitantes moram majoritariamente em casas, com quintais domésticos.

Portanto, as hipóteses testadas neste trabalho foram: (1) moradores da área urbana e rural de Luziânia devem ter perfil socioeconômico e conhecimento etnobotânico similares, porque a maioria trabalha no setor de serviços e de indústria e mora em casas; (2) moradores de Luziânia devem ser grandes conhecedores de plantas medicinais, tanto exóticas quanto nativas, pois moram em uma cidade colonial, tradicional e inserida no Cerrado. Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de delinear o perfil socioeconômico dos conhecedores de medicinais em Luziânia (GO) e conhecer as plantas medicinais utilizadas por eles.

Material e métodos

Pesquisa etnobotânica

Antes de iniciar o levantamento de dados da pesquisa por meio de entrevistas, o projeto foi submetido à Plataforma Brasil, encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás, que o aprovou, possibilitando

o prosseguimento da pesquisa (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética - CAAE: 17284013.7.0000.5083).

Potenciais entrevistados foram determinados pela técnica de “bola de neve” na qual conhecedores de plantas medicinais indicavam outros conhecedores (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010). Para participar da pesquisa, os entrevistados tiveram que assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), sendo que uma cópia do TCLE foi entregue aos entrevistados e outra ficou com as pesquisadoras. No total, foram 38 entrevistados, todos maiores de idade, sendo 18 moradores da área urbana e 20 da área rural. Os moradores da área urbana eram de bairros diferentes assim como os moradores da área rural eram de regiões distintas, pois o levantamento buscou abranger a maior área geográfica possível da cidade de Luziânia.

Os moradores foram entrevistados por meio de entrevistas semiestruturadas, com perguntas abertas e fechadas que abordaram tanto questões socioeconômicas (local de nascimento, escolaridade local de origem etc.) quanto questões sobre o conhecimento etnobotânico (origem do conhecimento, nomes populares de plantas medicinais que já foram utilizadas pelos entrevistados, modo de uso etc.) (SOUZA *et al.*, 2020). Ademais, as entrevistas também tiveram natureza interativa, pois estavam sujeitas a aprofundamentos caso o entrevistado quisesse detalhar respostas ou contar alguma experiência vivida (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010). Alguns entrevistados também levaram as pesquisadoras a seus quintais onde cultivavam as plantas medicinais.

Análise de dados

Os dados das entrevistas realizadas em áreas urbanas e rurais de Luziânia foram analisados separadamente. Depois disso, foram feitas duas listas das plantas medicinais utilizadas com suas

indicações para cada área. A partir das duas listas, para identificar espécie e família das plantas medicinais citadas, foram usados nome popular, fotografias, observação em campo (quintais visitados), indicação terapêutica e literatura (LORENZI; MATOS, 2011). Posteriormente, origem das espécies, grafia correta dos binômios e dos autores das espécies assim como famílias e hábito das espécies foram verificados no site Flora do Brasil 2020 do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (2020, 2021).

Todas as análises estatísticas foram rodadas no Programa Past 3.18 (HAMMER *et al.*, 2001), utilizando índice de significância (α) igual a 5 %. Testes de Chi-quadrado (c^2) foram feitos para avaliar diferenças entre os entrevistados das áreas urbana e rural em relação: (1) à quantidade de homens e mulheres; (2) ao local de origem; (3) à faixa etária; (4) ao nível de escolarização; (5) à ocupação; (6) à origem do conhecimento medicinal; (7) ao órgão ou parte da planta medicinal mais utilizado para se obter o princípio terapêutico (raiz, caule, casca, folha, flor, semente, fruto ou planta inteira). Teste de Chi-quadrado (c^2) e teste de Kruskal-Wallis (H), abrangendo de forma conjunta tanto a área urbana quanto a rural, foram feitos respectivamente para comparar a quantidade de espécies nativas e exóticas citadas e os diferentes lugares de aquisição da planta medicinal.

Por fim, as espécies e as indicações medicinais mais referenciadas foram obtidas pela soma do número de citações feitas pelos entrevistados.

Resultados e Discussão

Por meio deste estudo, detectou-se que os moradores da área urbana e rural de Luziânia possuíam perfil socioeconômico e conhecimento etnobotânico similares e se mostraram conhecedores de plantas medicinais, tanto exóticas quanto nativas. Entretanto, eles usavam

mais corriqueiramente as plantas exóticas procedentes principalmente do processo de colonização, trazidas para o Brasil pelos europeus e africanos, uma vez que os quintais foram as principais áreas de obtenção das espécies, apesar de os entrevistados morarem próximos às áreas de Cerrado, onde poderiam obter espécies nativas de uso medicinal.

Dentre as pessoas detentoras de conhecimento etnobotânico, 74,4 % eram do sexo feminino em Luziânia (TABELA 1). Este resultado também foi encontrado para a área urbana e a área rural separadamente, tanto que a distribuição genérica desigual quanto ao conhecimento das plantas medicinais foi similar

entre as duas áreas ($c^2 = 3,70$; $p > 0,05$). Sousa *et al.* (2020) também demonstraram a supremacia das mulheres no conhecimento etnobotânico na cidade de Sobradinho (DF) assim como Arnous *et al.* (2005) e Zeni (2017). De acordo com Budó *et al.* (2008), as tarefas de cuidados caseiros com a família (alimentação e saúde) são consideradas femininas desde os primórdios da civilização humana.

A maioria das pessoas entrevistadas, tanto as da área urbana quanto as da área rural, nasceu em outras cidades e depois migrou para Luziânia, não ocorrendo diferença entre o local de nascimento nas duas áreas ($c^2 = 0,867$; $p > 0,05$). Tal fato demonstra que o conhecimento

Tabela 1 – Dados sociais dos entrevistados da área urbana e área rural de Luziânia-GO que foram levantados na entrevista. N= 38 pessoas, sendo 18 na área urbana e 20 na área rural.

Dados sociais		Área urbana	Área rural	Luziânia
Sexo	Homem	2	7	9
	Mulher	16	13	29
Local de nascimento	Luziânia (GO)	6	4	10
	Outros locais	12	16	28
Faixa etária	Jovem (18 a 30)	3	1	4
	Adulto (31 a 60)	8	10	18
	Idoso (acima de 60)	7	9	16
Escolarização	Analfabeto	0	1	1
	Fundamental incompleto	7	16	23
	Fundamental completo	1	0	1
	Médio incompleto	2	0	2
	Médio completo	7	3	10
Ocupação	Superior completo	1	0	1
	Servidor público	2	0	2
	Empregado CLT	7	0	7
	Estudante	1	0	1
	Do lar	2	8	10
	Aposentado	6	8	14
Origem do conhecimento	Agricultor/raizeiro	0	4	4
	Familiar	17	16	33
	Livros e revistas	11	1	12
	Experiência própria	11	1	12
	Terceiros	13	6	19

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

das plantas medicinais da cidade de Luziânia foi enriquecido com conhecimentos advindos de outros estados, entre os quais Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Sergipe, Ceará, Paraíba e Maranhão, fato também observado por Sousa *et al.* (2020).

Adultos (50 % dos entrevistados) e idosos (42 % dos entrevistados) tinham maior conhecimento etnobotânico do que jovens (8 % dos entrevistados), não ocorrendo diferença nas faixas etárias entre os entrevistados urbanos e rurais em Luziânia (TABELA 1) ($c^2 = 1,371$; $p > 0,05$). A maior concentração do conhecimento medicinal no grupo dos adultos e idosos, respectivamente, refutou, para esta pesquisa, o senso comum de que os idosos são os maiores conhecedores das plantas medicinais (PRADEICZUK *et al.*, 2017) e ratificou o observado em Sobradinho (Distrito Federal) (SOUSA *et al.*, 2020), cidade próxima a Luziânia, uma vez que o conhecimento etnobotânico estava sendo eficientemente transmitido das gerações mais antigas para as intermediárias em Luziânia; porém, tal fato não foi observado para a geração mais jovem.

Dentre os entrevistados, 71 % não tinham completado a Educação Básica, embora fossem maiores de 18 anos, estando fora da idade para o ensino regular fundamental e médio (TABELA 1). Além disso, o nível de escolaridade foi similar entre as pessoas residentes nas duas áreas ($c^2 = 10,044$; $p > 0,05$), apesar de ter sido observado um maior número de entrevistados com ensino fundamental completo na área urbana do que na área rural enquanto a maioria dos residentes rurais não tinha concluído a Educação Básica (TABELA 1). A escassez de estudos formais já foi observada na população de Luziânia no levantamento feito pela CODEPLAN DF (2014).

Os entrevistados apresentaram diversos tipos de ocupação que se diferenciaram fortemente entre os da área urbana e da área rural ($c^2 = 17,83$; $p < 0,05$), pois a maioria era

profissional do setor de serviços ou aposentado na área urbana enquanto muitos eram agricultores, donas de casa, aposentados e um raizeiro na rural. No que tange a área urbana, não foi possível estabelecer nenhum padrão entre o conhecimento etnobotânico e o tipo de profissão. Entretanto, na área rural, as donas de casa comprovaram o histórico de que as mulheres sempre tiveram um papel fundamental na agricultura e cuidados terapêuticos da família. De acordo com Budó *et al.* (2008), no meio rural, bem como no meio urbano (dados obtidos no presente trabalho), a mulher é a responsável pelo cuidado familiar e transmite tais conhecimentos a filhas e netas. Ademais, os agricultores, por terem contato diário com as plantas, possuem maior interesse em aprender assim como valorizam mais o conhecimento etnobotânico (SOUSA *et al.*, 2020). Por fim, ser exímio conhecedor de plantas medicinais é condição essencial para exercer o ofício de raizeiro, uma vez que raizeiro é a pessoa que lida com o preparo e uso das plantas medicinais para a promoção da saúde.

Os entrevistados da área rural e urbana de Luziânia se diferenciaram quanto à forma de obtenção do conhecimento etnobotânico ($c^2 = 10,367$; $p < 0,05$), apesar de o nível de conhecimento ter sido similar entre eles que citaram respectivamente 61 e 60 espécies. Para os residentes da área rural, a principal origem do conhecimento foi a familiar (TABELA 1). Segundo Guerra e Nodari (2003), o conhecimento etnobotânico é principalmente geracional. Além da origem familiar, muitos entrevistados da área urbana relataram o uso de livros e revistas, experiências próprias e compartilhamento de informações com terceiros, fato também descrito por Messias *et al.* (2015) e Sousa *et al.* (2020). Cabe ressaltar que dos seis entrevistados da área rural que apontaram terceiros como uma das origens do conhecimento etnobotânico, um foi o raizeiro que disse que aprendeu com índios do Mato Grosso.

A obtenção das plantas medicinais foi preponderantemente feita em quintais domésticos em comparação à obtenção na natureza, no comércio ou em outros lugares ($H = 37,95$; $p < 0,01$), como observado em Ouro Verde (GO) por Silvia e Proença (2008) e nas ilhas do Rio São Francisco, localizadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), por Pio *et al.* (2019). Provavelmente a ascendência do cultivo doméstico diante das outras formas de aquisição das medicinais se dá pelo fato de Luziânia ser formada principalmente por casas (CODEPLAN DF, 2014), sítios, chácaras e poucos prédios, apesar de se observar um crescimento vertical. Os quintais domésticos são áreas ao redor da casa onde são cultivadas espécies úteis, como árvores do tipo frutíferas, plantas medicinais, ornamentais e algumas para uso alimentar (SALES, 2008). Portanto, os quintais urbanos são preponderantes para a conservação da flora nativa e espaços de cultivo da agrobiodiversidade (WINKLERPRINS, 2002) além de serem também fundamentais para a manutenção da diversidade cultural, pois neles ocorre a convivência da família (PASA *et al.*, 2005). Cabe ressaltar que os entrevistados também citaram a natureza, compra em mercados, feiras e farmácias e outros locais (jardins de terceiros ou públicos, terrenos baldios e locais antropizados onde há crescimento de plantas ruderais) como formas de obtenção das medicinais.

A maioria dos entrevistados da área rural e urbana de Luziânia citaram a folha como o principal órgão utilizado, não ocorrendo diferença entre as áreas ($c^2 = 8,063$; $p < 0,05$). A folha também já foi citada como a parte mais utilizada em outros estudos (ZENI *et al.*, 2012; GOMES *et al.*, 2015; COSTA; MARINHO, 2016; PIO *et al.*, 2019; SOUSA *et al.*, 2020). De acordo com Sousa *et al.* (2020), o extrativismo de folhas é menos danoso para a planta, porque dificilmente causa a morte do vegetal ao contrário das coletas de casca e raiz; além disso, a retirada sem excesso de folhas ainda permite

o crescimento e a reprodução da planta (PILLA *et al.*, 2006). As folhas comumente elencadas nesta pesquisa eram obtidas geralmente de plantas medicinais exóticas cultivadas nos quintais para a administração de chás, como alecrim, capim cidreira, erva-doce, hortelã e malva do reino. O uso de chá também é relatado como a forma mais comum de administração das plantas medicinais em outros trabalhos (AMOROZO, 2002; GOMES *et al.*, 2015; ZENI *et al.*, 2017).

Casca, óleos, resinas, raízes, flores, frutos e semente também foram citados pelos entrevistados, porém em menor quantidade, o que pode ser considerado positivo no que tange à conservação das espécies medicinais que sofrem tal tipo de extrativismo. A coleta da casca, óleo, resina ou goma de maneira errônea pode causar a morte da planta por meio do anelamento do caule ou da formação de grandes ferimentos que possibilitem a entrada de patógenos e pragas (FILIZOLA; SAMPAIO, 2015). Portanto, este tipo de extrativismo pode trazer problemas conservacionistas às espécies nativas (FELFILL; BORGES-FILHO, 2004), uma vez que muitas são coletadas na própria natureza, como *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão - coleta da casca), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (ipê-roxo - coleta da casca), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico - coleta da casca) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba - coleta do óleo) (dados obtidos na presente pesquisa).

Por isso, de acordo com Filizola e Sampaio (2015), sugere-se que casca, óleos, gomas e resinas sejam extraídas de galhos das espécies que admitem podas ou, caso a poda não seja possível, aconselha-se fazer coleta de um fragmento de casca que seja pequeno e vertical em relação ao tronco (i.e., a incisão sempre precisa ter maior comprimento do que largura) e posterior emprego de curativo logo após a coleta. Os curativos podem ser feitos com cera de abelha,

argila, óleo de copaíba, óleos minerais, resinas de outras árvores como a do breu. Sobre esse assunto, recomenda-se a leitura de boas práticas de manejo (FILIZOLA; SAMPAIO, 2015).

A coleta excessiva de frutos, sementes e flores/inflorescências também é danosa para a população, pois influencia negativamente o recrutamento de novos indivíduos (AQUINO *et al.*, 2008), como em *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá) para frutos, *Pterodon emarginatus* Vogel (sucupira) e *Dipteryx alata* Vogel (baru) no caso de sementes e *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. (macela do campo) para inflorescências (dados obtidos na presente pesquisa). Por isso, sugere-se a coleta de apenas 25 % da produção de sementes para cada planta considerada matriz no intuito de que haja excedentes para a manutenção da espécie na natureza (MEDEIROS; NOGUEIRA, 2006) assim como coleta parcial das inflorescências e dos frutos com o intuito de se manter a propagação sexual da espécie de interesse e também de outros processos ecológicos, como alimentação da fauna silvestre que muitas vezes é a dispersora dessas espécies de plantas (AQUINO *et al.*, 2008).

Os entrevistados citaram 95 espécies de plantas medicinais em Luziânia (GO) (TABELA 2). Por ser uma cidade com predomínio de casas, onde se observam pequenos quintais, o conhecimento medicinal é convenientemente mantido na cidade, como já comprovado por Pradeiczuk *et al.* (2017) e Sousa *et al.* (2020). Ademais, a população de Luziânia é bastante tradicional nos seus costumes por ser uma cidade colonial, datada do século XVIII (IBGE, 2017). O elevado número de espécies citadas em Luziânia foi similar ao observado em Ouro Verde de Goiás com 98 espécies (SILVA; PROENÇA, 2008), Alto Paraíso de Goiás com 103 espécies (SOUZA; FELFILI, 2006) e em Jataí, cidade também de Goiás, onde foram mencionadas 112 espécies (SOUZA *et al.*, 2016).

Das plantas citadas, 42,11 % são nativas do Brasil e 57,89 % exóticas, não havendo diferença estatística entre as origens das espécies ($\chi^2 = 0,405$; $p > 0,05$), o que demonstra a riqueza do conhecimento local em relação tanto às espécies brasileiras quanto às espécies exóticas. Nosso resultado foi diferente do encontrado por Souza e Felfili (2006) na comunidade de Alto Paraíso de Goiás que usava predominantemente a biodiversidade nativa, pois 69 % das espécies citadas eram brasileiras. Por outro lado, foi similar ao encontrado por Silva e Proença (2008), uma vez que as espécies exóticas cultivadas em quintais se destacaram em número absoluto em Ouro Verde (GO), como observado em Luziânia. Porém, cabe ressaltar que tal diferença não repercutiu em diferença estatística no presente levantamento.

As 95 espécies de plantas medicinais na cidade de Luziânia foram classificadas em 37 famílias botânicas, sendo 36 do Filo Anthophyta (Angiospermas) e uma do Filo Monilophyta. Dentre as 10 famílias mais representativas, Lamiaceae, Asteraceae e Fabaceae foram as mais citadas, com 16, 14 e 10 espécies, respectivamente (TABELA 2). Essas famílias são frequentemente mencionadas nos estudos etnobotânicos (GUARIM-NETO; MORAIS, 2003; OLIVEIRA; LUCENA, 2015; SOUSA *et al.*, 2020), por possuírem grande número de espécies e capacidade na colonização e cultivo (SOUZA *et al.*, 2016). Na família Lamiaceae, as 16 espécies citadas eram exóticas do Brasil. Em Asteraceae, oito eram nativas e seis exóticas. Já em Fabaceae, nove espécies eram nativas e uma exótica. Portanto, os resultados demonstram a importância da flora europeia (ex: hortelã, alfavaca, alecrim) e africana (ex: boldo e capim-santo) para a etnobotânica brasileira, principalmente no que tange à introdução de espécies de Lamiaceae, assim como o potencial da flora brasileira especialmente das famílias Asteraceae e Fabaceae para a bioprospecção de princípios ativos medicinais.

Tabela 2 – Espécies de plantas medicinais citadas pelos moradores de Luziânia (Goiás) apresentadas em ordem alfabética crescente de família.

Espécies de plantas medicinais	Nome popular	Família	Hábito	Origem
<i>Sambucus australis</i> Cham. & Schlttdl.	sabugueiro	Adoxaceae	arbusto	nativa
<i>Allium sativum</i> L.	alho	Alliaceae	erva	exótica
<i>Allium fistulosum</i> L.	cebolinha	Alliaceae	erva	exótica
<i>Allium cepa</i> L.	cebola	Alliaceae	erva	exótica
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	terramicina	Amaranthaceae	subarbusto	nativa
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	dipirona	Amaranthaceae	subarbusto	nativa
<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants	mastruz	Amaranthaceae	erva	nativa
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira	Anacardiaceae	árvore	nativa
<i>Anethum graveolens</i> L.	endro	Apiaceae	erva	exótica
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	erva-doce	Apiaceae	erva	exótica
<i>Pimpinella anisum</i> L.	erva-doce	Apiaceae	erva	exótica
<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss	salsinha	Apiaceae	erva	exótica
<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. f.	babosa	Asphodelaceae	erva	exótica
<i>Solidago chilensis</i> Meyen	arnica	Asteraceae	subarbusto	nativa
<i>Cynara scolymus</i> L.	alcachofra	Asteraceae	erva	exótica
<i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng.) Less.	assa peixe	Asteraceae	arbusto	nativa
<i>Chamomilla recutita</i> (L.) Rauschert	camomila	Asteraceae	erva	exótica
<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	carqueja	Asteraceae	subarbusto	nativa
<i>Stevia rebaudiana</i> (Bertoni) Bertoni	estévia	Asteraceae	erva	nativa
<i>Helianthus annuus</i> L.	girassol	Asteraceae	erva	exótica
<i>Mikania glomerata</i> Spreng.	guaco	Asteraceae	trepadeira	nativa
<i>Artemisia absinthium</i> L.	losna	Asteraceae	subarbusto	exótica
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	macela	Asteraceae	erva	nativa
<i>Egletes viscosa</i> (L.) Less.	macela	Asteraceae	subarbusto	nativa
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	mentraste	Asteraceae	erva	nativa
<i>Achillea millefolium</i> L.	mil folhas	Asteraceae	erva	exótica
<i>Bidens pilosa</i> L.	picão	Asteraceae	erva	exótica
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê roxo	Bignoniaceae	árvore	nativa
<i>Bixa orellana</i> L.	urucum	Bixaceae	árvore	nativa
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	agrião	Brassicaceae	erva	exótica
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	amescla	Burseraceae	árvore	nativa
<i>Monteverdia truncata</i> (Nees) Biral	folha santa	Celastraceae	árvore	nativa
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	mangue	Clusiaceae	árvore	nativa
<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	cana-do-brejo	Costaceae	erva	exótica
<i>Diospyrus kaki</i> L.f.	caqui	Ebenaceae	árvore	exótica
<i>Croton antisiphiliticus</i> Mart.	pé-de-perdiz	Euphorbiaceae	árvore	nativa
<i>Euphorbia tirucalli</i> L.	avelós	Euphorbiaceae	arbusto	exótica
<i>Equisetum giganteum</i> L.	cavalinha	Equisetaceae	subarbusto	nativa
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	imburana	Fabaceae	árvore	nativa

Espécies de plantas medicinais	Nome popular	Família	Hábito	Origem
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenam.	angico	Fabaceae	árvore	nativa
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaiba	Fabaceae	árvore	nativa
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	barú	Fabaceae	árvore	nativa
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	jatobá	Fabaceae	árvore	nativa
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.F.	balsamo	Fabaceae	árvore	nativa
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	sucupira	Fabaceae	árvore	nativa
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	fedegoso	Fabaceae	subarbusto	nativa
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	barbatimão	Fabaceae	árvore	nativa
<i>Tamarindus indica</i> L.	tamarindo	Fabaceae	árvore	exótica
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	alfazema	Lamiaceae	erva	exótica
<i>Melissa officinalis</i> L.	erva-cidreira	Lamiaceae	subarbusto	exótica
<i>Mentha arvensis</i> L.	hortelã	Lamiaceae	erva	exótica
<i>Mentha pulegium</i> L.	poejo	Lamiaceae	erva	exótica
<i>Mentha X villosa</i> Huds.	hortelã	Lamiaceae	erva	exótica
<i>Mentha spicata</i> L.	alevante	Lamiaceae	erva	exótica
<i>Ocimum carnosum</i> (Spreng.) Link & Otto ex Benth.	alfavaca	Lamiaceae	subarbusto	exótica
<i>Ocimum basilicum</i> L.	manjeirão	Lamiaceae	erva	exótica
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	alfavaca	Lamiaceae	subarbusto	exótica
<i>Origanum vulgare</i> L.	manjerona	Lamiaceae	subarbusto	exótica
<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng.	malva do reino	Lamiaceae	subarbusto	exótica
<i>Plectranthus barbatus</i> Andrews	boldo	Lamiaceae	subarbusto	exótica
<i>Plectranthus grandis</i> (Cramer) R. Willemse	boldo	Lamiaceae	subarbusto	exótica
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	alecrim	Lamiaceae	subarbusto	exótica
<i>Salvia officinalis</i> L.	sálvia	Lamiaceae	erva	exótica
<i>Tetradenia riparia</i> (Hochst.) Codd	mirra	Lamiaceae	arbusto	exótica
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume	canela	Lauraceae	árvore	exótica
<i>Laurus nobilis</i> L.	louro	Lauraceae	árvore	exótica
<i>Persea americana</i> Mill.	abacate	Lauraceae	árvore	exótica
<i>Linum usitatissimum</i> L.	linhaça	Linaceae	erva	exótica
<i>Punica granatum</i> L.	romã	Lythraceae	arbusto	exótica
<i>Malpighia emarginata</i> DC.	acerola	Malpighiaceae	árvore	exótica
<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench	quiabo	Malvaceae	arbusto	exótica
<i>Cochlospermum regium</i> (Mart. ex Schrank) Pilg.	algodãozinho do campo	Malvaceae	arbusto	nativa
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	algodão	Malvaceae	arbusto	exótica
<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	hibisco	Malvaceae	subarbusto	nativa
<i>Waltheria communis</i> A.St.-Hil.	douradinha do campo	Malvaceae	erva	nativa
<i>Dorstenia cayapia</i> Vell.	carapiá	Moraceae	erva	nativa
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	eucalipto	Myrtaceae	árvore	exótica
<i>Psidium guajava</i> L.	goiaba	Myrtaceae	árvore	exótica

Espécies de plantas medicinais	Nome popular	Família	Hábito	Origem
<i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	cravo	Myrtaceae	árvore	exótica
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	jambolão	Myrtaceae	árvore	exótica
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	quebra pedra	Phyllanthaceae	erva	nativa
<i>Plantago major</i> L.	trançagem	Plantaginaceae	erva	exótica
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	capim-santo	Poaceae	erva	exótica
<i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx.	erva-de- bicho	Polygonaceae	erva	nativa
<i>Rubus sellowii</i> Cham. & Schtdl.	amora	Rosaceae	árvore	nativa
<i>Morinda citrifolia</i> L.	noni	Rubiaceae	árvore	exótica
<i>Uncaria guianensis</i> (Aubl.) J.F. Gmel.	unha de gato	Rubiaceae	arbusto	nativa
<i>Citrus aurantium</i> L.	laranja	Rutaceae	árvore	exótica
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	limão	Rutaceae	árvore	exótica
<i>Ruta graveolens</i> L.	arruda	Rutaceae	subarbusto	exótica
<i>Camellia sinensis</i> (L.) Kuntze	chá preto	Theaceae	arbusto	exótica
<i>Lippia alba</i> (Mill.) N. E. Br.	erva-cidreira	Verbenaceae	subarbusto	nativa
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C. E. Jarvis	insulina	Vitaceae	trepadeira	nativa
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	gengibre	Zingiberaceae	erva	exótica
<i>Curcuma longa</i> L.	açafrão	Zingiberaceae	erva	exótica

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

O predomínio da família Lamiaceae, que foi a mais referida em Luziânia, foi confirmado em nível genérico, pois os seguintes táxons para a categoria gênero foram mencionados mais de uma vez: *Mentha* L. (Lamiaceae) com quatro espécies, *Ocimum* L. e *Plectranthus* L'Hér. (Lamiaceae) com três espécies cada. Por meio desses resultados, percebem-se também apontamentos de Alliaceae, Amaranthaceae, Myrtaceae e Rutaceae no grupo das 10 famílias mais registradas (TABELA 2): *Allium* L. (Alliaceae) com três espécies e *Alternanthera* Forssk. (Amaranthaceae), *Syzygium* Gaertn. (Myrtaceae) e *Citrus* L. (Rutaceae) com duas espécies cada.

As espécies medicinais exóticas foram as mais usadas pela população de Luziânia (Região Centro-Oeste do Brasil), tanto da área urbana quanto da área rural (TABELA 3), apesar do uso ocasional de muitas nativas. Hortelã, capim-santo (22 citações), boldo (20), erva-cidreira (18), babosa (18), mastruz (13) e alecrim (12)

também estão entre as plantas mais citadas para a cidade de Sobradinho, no Distrito Federal (Região Centro-Oeste) (SOUSA *et al.*, 2020). Hortelã (21), erva-cidreira (20) e babosa (17) também foram as plantas medicinais mais citadas na cidade de Abaetetuba, no Pará (Região Norte) (GONÇALVES; LUCAS, 2017). Boldo (24), hortelã (14) e erva-doce (11) também foram largamente citadas na cidade de Ascurra, em Santa Catarina (Região Sul) (ZENI *et al.*, 2012). Além disso, hortelã, boldo, erva-doce, capim-santo, alecrim e poejo tiveram os maiores valores de frequência relativa na cidade de Ouro Preto, em Minas Gerais (Região Sudeste) (MESSIAS *et al.*, 2015). Portanto, percebe-se que em diferentes regiões do Brasil há o uso corriqueiro das mesmas espécies medicinais.

O hábito predominante das plantas mencionadas foi erva (TABELA 4), uma vez que as plantas medicinais mais utilizadas pelos entrevistados foram aquelas tradicionalmente

Tabela 3 – Espécies de plantas medicinais mais citadas pelos moradores de Luziânia (GO).

As 10 plantas medicinais mais citadas	Urbana	Rural	Urbana + Rural	Ocorrênativacia
<i>Lippia alba</i> (erva-cidreira)	11	8	19	nativa
<i>Mentha arvensis</i> (hortelã)	13	6	19	exótica
<i>Dysphania ambrosioides</i> (mastruz)	13	3	16	nativa
<i>Plectranthus barbatus</i> e <i>P. grandis</i> (boldo)	9	6	15	exótica
<i>Rosmarinus officinalis</i> (alecrim)	11	2	13	exótica
<i>Aloe vera</i> (babosa)	7	5	12	exótica
<i>Cymbopogon citratus</i> (capim-santo)	5	7	12	exótica
<i>Ocimum carnosum</i> (alfavaca)	2	6	8	exótica
<i>Gossypium hirsutum</i> (algodão)	8	2	10	exótica
<i>Foeniculum vulgare</i> (erva-doce)	5	4	9	exótica
<i>Mentha pulegium</i> (poejo)	5	4	9	exótica

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Tabela 4 – Hábitos observados nas espécies de plantas medicinais mencionadas pela população de Luziânia (Goiás).

Hábito	Porcentagem do tipo de hábito
Erva	35,79 %
Árvore	30,53 %
Subarbusto	20,00 %
Arbusto	11,58 %
Trepadeira	2,11 %

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

cultivadas em quintais, compreendendo muitas herbáceas de fácil manejo e que ocupam poucos espaços, como já observado por Zeni *et al.* (2017). Ademais, entre as 10 espécies medicinais mais citadas (TABELA 3), 6 eram ervas, como: erva doce, mastruz, capim limão, hortelã, poejo e babosa. O hábito do tipo árvore também foi amplamente mencionado, pois muitas eram frutíferas exóticas cultivadas nos quintais domésticos (abacate, acerola, caqui, laranja e limão) (LORENZI; MATOS, 2011) assim como árvores maiores, nativas, coletadas no Cerrado (angico, copaíba, barbatimão, baru, jatobá, ipê-roxo e ipê-rosa) (FLORA DO BRASIL 2020, 2021).

De acordo com os entrevistados, várias das plantas nativas arbóreas utilizadas em Luziânia eram majoritariamente colhidas na natureza, o

que demonstra a importância de criar viveiros com espécies nativas medicinais arbóreas do Cerrado assim como de proporcionar cursos de capacitação para (1) ensinar métodos de extrativismo sustentável e (2) divulgar formas de cultivo e uso de plantas medicinais nativas do Cerrado pela população de Luziânia.

Os principais sintomas tratados com o uso de plantas medicinais em Luziânia (TABELA 5) foram aqueles considerados menos graves ou doenças de ciclo rápido, como resfriado e problemas digestivos (FIGUEREDO *et al.*, 2014). Somados a tais problemas de saúde, outros sintomas foram também citados: insônia e estresse (para calmante) e problemas respiratórios (asma, bronquite e tosse). Os sintomas de resfriado e problemas digestivos e respiratórios são usualmente tratados no convívio doméstico, como já relatado em outros levantamentos realizados em diversas regiões do Brasil (ALMEIDA; ALBUQUERQUE, 2002; PILLA *et al.*, 2006; ZENI *et al.*, 2017; SOUSA *et al.*, 2020), diferentemente do relatado no levantamento etnobotânico feito nas ilhas do Rio São Francisco (PE e BA) no qual infecções intestinais, diarreia e vermes foram os problemas corriqueiramente tratados com as medicinais (PIO *et al.*, 2019).

Tabela 5 – Principais indicações de uso das plantas medicinais em Luziânia (Goiás).

Indicações de uso	Porcentagem de indicação de uso
Resfriado	16,20 %
Indigestão	15,49 %
Estresse e insônia	12,44 %
Problemas respiratórios	8,22 %
Dor de garganta	4,93 %
Infecção urinária e pedra nos rins	4,69 %
Ferimentos externos	3,76 %

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Por fim, o perfil socioeconômico dos moradores conhecedores das plantas medicinais em Luziânia (maioria com baixa escolaridade, muitos aposentados e donas de casa) corrobora o amplo uso das medicinais nos tratamentos de doenças comuns, pois fazer tratamento com plantas medicinais é mais barato economicamente do que tratar enfermidades corriqueiras com medicamentos farmacêuticos (FIGUEREDO, 2013). Portanto, o trabalho demonstrou a importância social deste conhecimento etnobotânico para tratamento de enfermidades comuns.

Considerações finais

O presente trabalho demonstrou a importância e a tradição do uso de plantas medicinais pela população de Luziânia (GO), pois tanto moradores da área urbana quanto da rural eram conhecedores das plantas medicinais, sendo principalmente mulheres, pessoas com menos estudos formais e donas de casa ou aposentadas. Provavelmente, tais resultados estão relacionados com o fato de que o cuidado da família é tradicionalmente feito por mulheres e Luziânia é uma cidade cuja população tem baixa escolaridade e, assim, o tratamento com plantas medicinais é mais vantajoso, uma vez que é mais barato do que o tratamento com

medicamentos de indústrias farmacêuticas. Ademais, a maioria dos moradores cultivavam suas plantas medicinais em quintais. Tal fato está diretamente relacionado com o tipo de planta mais utilizada, uma vez que eram espécies de fácil manutenção e de pequeno porte. Os moradores de Luziânia também conheciam muitas espécies medicinais nativas apesar de usarem mais as exóticas para o tratamento de sintomas e melhoria da saúde, como erva-cidreira, hortelã, mastruz e boldo. Por fim, o uso frequente das medicinais foi significativo para o tratamento de problemas de saúde mais corriqueiros, como resfriados, problemas digestivos, estresse e insônia, comprovando a importância social deste conhecimento etnobotânico para a população de Luziânia.

Agradecimentos

Agradecemos à população de Luziânia (GO) pelo compartilhamento de seus conhecimentos, ao CNPq pelas bolsas concedidas à primeira e segunda autora do artigo, ao Instituto Federal de Goiás *Campus* Luziânia pelo apoio logístico para a área rural de Luziânia e aos revisores anônimos que contribuíram para o aprimoramento do trabalho com suas valiosas sugestões.

Referências

- ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; ALENCAR, N. L. Métodos e técnicas para a coleta de dados. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; CUNHA, L. V. F. C. (Ed.). **Métodos e Técnicas na Pesquisa Etnobotânica**. Recife: NUPEEA, p. 40-64, 2010.
- ALMEIDA, C. F.C. B. R.; ALBUQUERQUE, U. P. Uso e conservação de plantas e animais medicinais no Estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil): um estudo de caso. **Interciência**, v. 26, n. 7, p. 276-285, 2002.

- AMOROZO, M. C. M. Uso e diversidade de plantas medicinais em Santo Antônio do Leverger, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, p. 189-203, 2002.
- ANTONIO, G. D.; TESSER, C. D.; MORETTI-PIRES, R. O. Contribuições das plantas medicinais para o cuidado e promoção da saúde na atenção primária. **Interface**, v. 17, n. 46, p. 615-633, 2013.
- AQUINO, F. G.; RIBEIRO, J. F.; GULIAS, A. P. S. M.; OLIVEIRA, M. C.; BARROS, C. J. S.; HAYES, K. M.; SILVA, M. R. Uso sustentável das plantas nativas do Cerrado: oportunidades e desafios. In: PARON, L.; AGUIAR, L. M. S.; DUBOC, E.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; CAMARGO, A. J. A.; AQUINO, F. G. (Ed.). **Cerrado: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 95-123.
- ARNOUS, A. H.; SANTOS, A. S.; BEINNER, R. P. C. Plantas medicinais de uso caseiro: Conhecimento popular e interesse por cultivo comunitário. **Espaço para a Saúde**, v. 6, p. 1-6, 2005.
- BFG - The Brazil Flora Group. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, p. 1085-1113, 2015.
- BLUM, S.; COLLINS, M.; HANCOCK, K.; MILLER, K.; YADAV, S. 2019. **Deforestation in Brazil**. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/38535a937f82494a8e37094d9efc6121>. Acesso em: 14 fev. 2022.
- BRAGA, F. C. Brazilian traditional medicine: Historical basis, features and potentialities for pharmaceutical development. **Journal of Traditional Chinese Medical Sciences**, v. 8, Supplement 1, p. S44-S50, 2021.
- BUDÓ, M. L. D.; RESTA, D. G.; DENARDIN, J. M.; RESSEL, L. B.; BORGES, Z. N. Práticas de cuidado em relação à dor: a cultura e as alternativas populares. **Escola Anna Nery Revista Enfermagem**, v. 12, n. 1, p. 90-96, 2008.
- CODEPLAN-DF. 2014. **PMAD – Pesquisa metropolitana por amostra de domicílio - 2013 Luziânia**. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Luzi%C3%A2nia-2013.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2021.
- COSTA, J. C.; MARINHO, M. G. V. Etnobotânica de plantas medicinais em duas comunidades do município de Picuí, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, n. 1, p. 125-134, 2016.
- FELFILI, J. M.; BORGES-FILHO, H. C. **Extrativismo racional da casca do barbatimão (Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville)**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2004.
- FIGUEREDO, C. A. **A implementação da fitoterapia no SUS de João Pessoa – PB**. 2013. 208 f. Tese (Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2013.
- FIGUEREDO, C. A.; GURGEL, I. G. D.; GURGEL-JÚNIOR, G. D. A. Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos: construção, perspectivas e desafios. **Physis Revista de Saúde Coletiva**, v. 24, n. 2, p. 381-400, 2014.
- FILIZOLA, B. C.; SAMPAIO, M. B. **Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável de Cascas**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2015. 108 p. Disponível em: <https://ispn.org.br/site/wp-content/uploads/2018/10/BoasPraticasCascas.pdf>. Acesso em: 31 out. 2021.
- FLORA DO BRASIL 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 30 out. 2021.
- GUARIM-NETO, G.; MORAIS, R. G. Recursos medicinais de espécies do cerrado de Mato

Grosso: um estudo bibliográfico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 4, p. 561-584, 2003.

GOMES, J. P.; CLEMENTE, A. D.; OLIVEIRA, R. C.; PINTO, M. A. B.; DELGADO, M. N. Plantas medicinais usadas pelas comunidades tradicionais e por moradores das áreas rurais da cidade de Luziânia - GO. **Em formação. Cadernos de Iniciação Científica e Tecnologia do IFG _ Destaques 2013/14**. Goiânia: IFG, 2015. p. 65-77.

GONÇALVES, J. P.; LUCAS, F. C. A. Agrobiodiversidade e etnoconhecimento em quintais de Abaetetuba, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 3, p. 119-134, 2017.

GOLÇALVES-SOUZA, D.; VILELA, B.; PHALAN, B.; DOBROVOLSKI, R. The role of protected areas in maintaining natural vegetation in Brazil. **Science Advances**, v. 7, eabh2932, 2021.

GUERRA, P. G.; NODARI, R. O. Biodiversidade: aspectos biológicos, geográficos, legais e éticos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Ed.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, p. 13-28, 2003.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeo Electronica**, v. 4, p. 1-9, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Luziânia**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/luziania/panorama>. Acesso em: 05 nov. 2021.

IMB. **Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. Painéis municipais Luziânia**. 2016. Disponível em: <https://www.>

[imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/paineis-municipais/luziania-201612.pdf](https://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/paineis-municipais/luziania-201612.pdf). Acesso em: 05 nov. 2021.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2011.

MEDEIROS, A. C. S.; NOGUEIRA, A. C. Planejamento da Coleta de Sementes Florestais Nativas. **Circular Técnica 126**. Colombo: EMBRAPA Florestas. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/293956/1/circtec126.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2021.

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 Medicinais**, v. 17, n. 1, p. 76-104, 2015.

MEYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

MIRANDA, J. J. M. Medicinal plants and their traditional uses in different locations. In: BHAT, R. A.; HAKEEM, K. R.; DERVASH, M. A. (Eds.). **Phytomedicine - A Treasure of Pharmacologically Active Products from Plants**. London: Academic Press, p. 207-223, 2021.

OLIVEIRA, D. M. S.; LUCENA, E. M. P. O uso de plantas medicinais por moradores de Quixadá-Ceará. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 3, p. 407-412, 2015.

PASA, M. C.; SOARES, J. J.; GUARIM-NETO, G. Estudo etnobotânico na Comunidade de Conceição-Açu (Alto da Bacia do Rio Aricá Açu,

- MT, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 195-207, 2005.
- PILLA, M. A. C.; AMOROZZO, M. C. M.; FURLAN, A. Obtenção e uso das plantas medicinais no distrito de Martim Francisco, Município de Mogi-Mirim, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 789-802, 2006.
- PIO, I. D. S. L.; LAVORB, A. L.; DAMASCENO, C. M. D.; MENEZES, P. M. N.; SILVA, F. S.; MAIA, G. L. A. Traditional knowledge and uses of medicinal plants by the inhabitants of the islands of the São Francisco River, Brazil and preliminary analysis of *Rhaphiodon echinus* (Lamiaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 1, p. 87-99, 2019.
- PRADEICZUK, A.; EICHEMBERG, M. T.; KISSMAN, C. Urban ethnobotany: a case study in neighborhoods of different ages in Chapecó, Santa Catarina State. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 2, p. 276-285, 2017.
- QADIR, S. U.; RAJA, V. Old practice and modern perspectives. In. BHAT, R. A.; HAKEEM, K. R.; DERVASH, M. A. (Eds.). **Phytomedicine - A Treasure of Pharmacologically Active Products from Plants**. London: Academic Press, 2021, p. 149-180.
- RASHID, S.; MAJEED, L. R.; NISAR, B.; NISAR, H.; BHAT, A. A.; GANAI, B. A. Phytomedicines: Diversity, extraction, and conservation strategies. In. BHAT, R. A.; HAKEEM, K. R.; DERVASH, M. A. (Eds.). **Phytomedicine - A Treasure of Pharmacologically Active Products from Plants**. London: Academic Press, 2021, p. 1-33.
- SALES, J. P.; NODA, S. N.; MENDONÇA, M. A. F.; BRANCO, F. M. C. A pecuária no sistema de produção familiar na microrregião do alto Solimões, Amazonas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 1, p. 20-27, 2008.
- SHANLEY, P.; LUZ, L. The Impacts of Forest Degradation on Medicinal Plant Use and Implications for Health Care in Eastern Amazonia, **BioScience**, v. 53, n. 6, p. 573-584, 2003.
- SILVA, C. S. P.; PROENÇA, C. E. B. Uso e disponibilidade de recursos medicinais no município de Ouro Verde de Goiás, GO, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 22, n. 2, p. 481-492, 2008.
- SOUSA, J. A.; SILVA, Y. S.; ROQUE, F. C.; FERNANDES, S. D. C.; DELGADO, M. N. Use of medicinal plants and socioeconomic evaluation of urban and rural populations of Sobradinho (DF - Brazil). **Revista Agrogeoambiental**, v. 12, p. 50-63, 2020.
- SOUZA, L. F.; DIAS, R. F.; GUILHERME, F. A. G.; COELHO, C. P. Plantas medicinais referenciadas por raizeiros no município de Jataí, estado de Goiás. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, n. 2, p. 451-461, 2016.
- SOUZA, C. D.; FELFILI, J. M. Uso de plantas medicinais na região de Alto Paraíso de Goiás, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, n. 20, p. 135-142, 2006.
- SOUZA, V. C.; FLORES, T. B.; COLLETTA, G. D.; COELHO, R. L. G. **Guia das Plantas do Cerrado**. Piracicaba: Taxon Brasil Editora e Livraria, 2018.
- WINKLERPRINS, A. M. G. A. House-lot gardens in Santarém, Pará, Brazil: linking rural with urban. **Urban Ecosystems**, v. 6, n. 1, p. 43-65, 2002.
- ZENI, A. L. B.; PARISOTTO, A. V.; MATTOS, G.; SANTA-HELENA, E. T. Utilização de plantas medicinais como remédio caseiro na Atenção Primária em Blumenau, Santa Catarina, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 8, p. 2703-2712, 2017.