

**INSTITUTO FEDERAL**  
Sul de Minas Gerais

ISSN 1984-428X

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.12 – n.1 – março / 2020

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  
**Abraham Weintraub**

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica  
**Ariosto Antunes Culau**

Reitor do IFSULDEMINAS  
**Marcelo Bregagnoli**

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

Pró-Reitor de Gestão de Pessoas  
**Luiz Ricardo de Moura Gissoni**

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. 12, n.1 (mar. 2020) -. - Pousos Alegre (MG) : IFSULDEMINAS, 2020 - .

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 - Sumários.org - REDIB – Latindex – Google Acadêmico

## Expediente

### Editor-chefe

Miguel Angel Isaac Toledo del Pino

### Bibliotecária

Rosimeire Ribeiro

### Assistentes editoriais

Kélica Andréa Campos de Souza  
Alan Silva Fialho

### Revisão

Monalisa Aparecida Pereira

### Comissão editorial

Cristiane Fortes Gris  
Jane Piton Serra Sanches  
Wellington Marota Barbosa

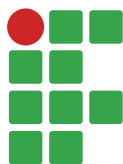
### Diagramação

M&W Comunicação Integrada

## Comissão editorial

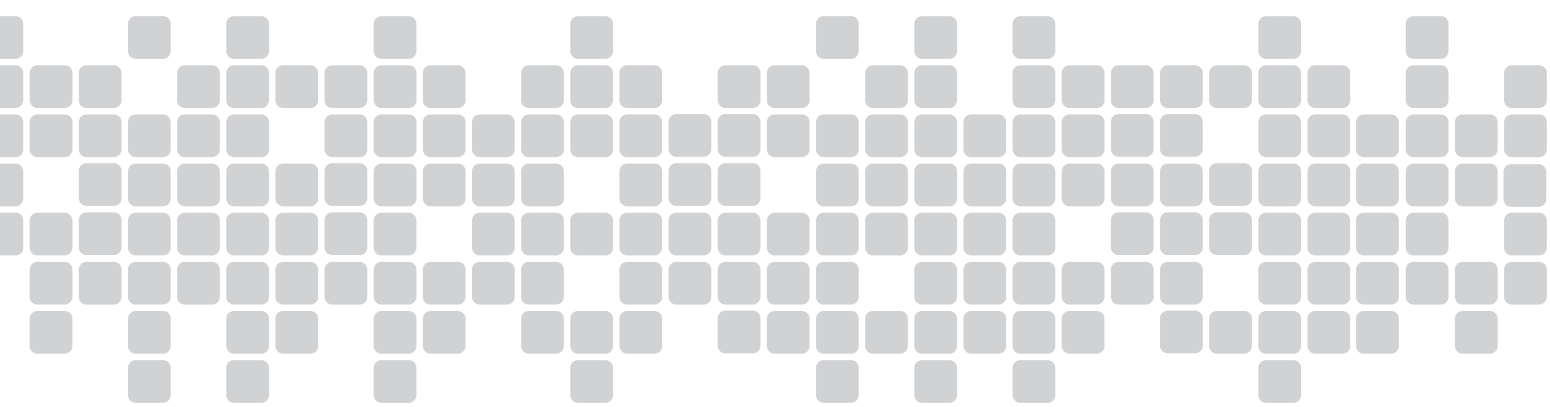
Abdon Santos Nogueira	IFBAIANO	Bruno Corrêa Barbosa	UFJF
Ademir Fontana	EMBRAPA	Caio de Teves Inácio	EMBRAPA
Aderlan Gomes da Silva	IFMG	Carlos Andres Leguizamón Rojas	UNA - Paraguai
Alan Silva Fialho	IFSULDEMINAS	Carlos Cezar da Silva	IFSULDEMINAS
Alessandro Salles Carvalho	UFJF	Carlos Edward de Carvalho Freitas	UFAM
Ana Cristina Ferreira Moreira da Silva	IFSULDEMINAS	Carolina Mariane Moreira	IFSULDEMINAS
Ana Paula Dias Turetta	EMBRAPA	Claudino Ortigara	IFSULDEMINAS
Anderson Ricardo Trevizam	UFLA	Cleber Kouri de Souza	IFSULDEMINAS
André Delly Veiga	IFSULDEMINAS	Cleber Lázaro Rodas	UFLA
André Luis da Silva Castro	IFG	Cleiton Lourenço de Oliveira	IFSULDEMINAS
Anita Cristina Costa da Silva	IFSUDESTE - MG	Cristiane Fortes Gris Baldan	IFSULDEMINAS
Antônio Sérgio da Costa	IFSULDEMINAS	Daniel Fernandes da Silva	UFLA
Arcângelo Loss	UFSC	Danielle Martins Duarte Costa	IFSULDEMINAS / UNIFEI
Ariana Vieira Silva	IFSULDEMINAS	Diego César Terra de Andrade	IFSULDEMINAS
Arionaldo Sá Júnior	IFSULDEMINAS	Diego Maia Zacardi	UFOPA
Aureliano de Albuquerque Ribeiro	UFC	Dulcimara Carvalho Nannetti	IFSULDEMINAS
Aurélio Ferreira Borges	IFRO	Éder Clementino dos Santos	IFSULDEMINAS
Brígida Monteiro Vilas Boas	IFSULDEMINAS	Edu Max da Silva	IFSULDEMINAS

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



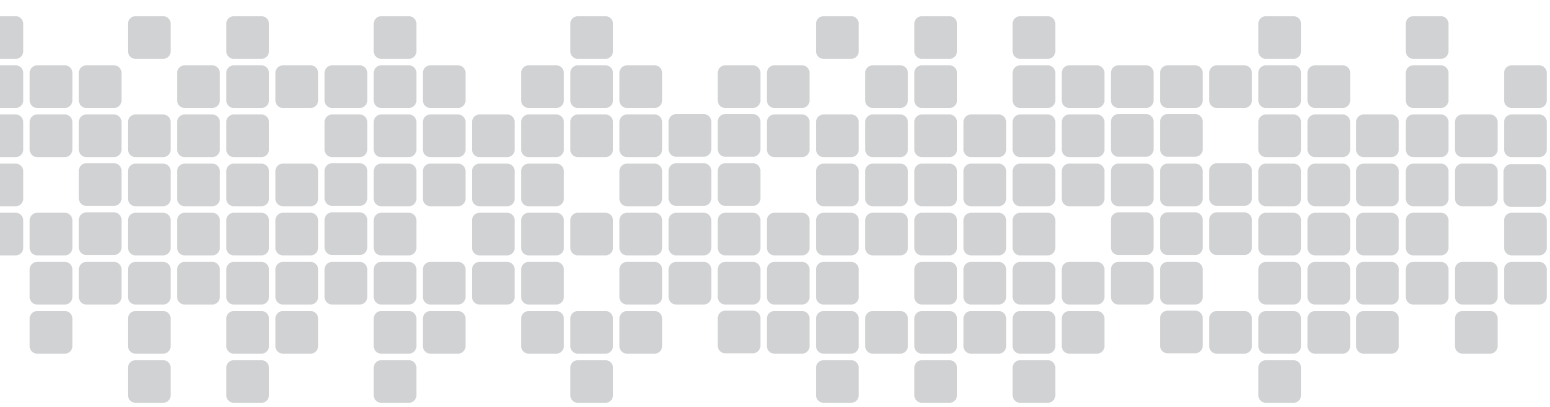
# Summary

Contact herbicides combined with mineral oil to control dayflower weeds .....	9
Tomaz Marques Leite, Gustavo Rabelo Botrel Miranda, Willis dos Santos Medeiros, Priscila Pereira Botrel, Alberto Donizete Alves	
Effects of the Neonicotinoid Imidacloprid on the Feeding Behavior of <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lep. ....	16
Luiz Guilherme de Lima Costa, Angel Roberto Barchuk, Isabel Ribeiro do Valle Teixeira	
Effect of biofertilizer on soil fertility and lettuce nutrition.....	26
Westefann dos Santos Sousa, José Roberto Verginio de Pontes, Osmanny Francisco Pereira de Melo	
Agroclimatic zoning of off-season ( <i>safrinha</i> ) corn for the first ten days of February in Goiás, Brazil .....	40
Raphael Maia Aveiro Cessa, Felipe Gimenes Rues Silva, Givaldo Dantas Sampaio Neto, Nilton Nélio Cometti	
Use of medicinal plants and socioeconomic evaluation of urban and rural populations of Sobradinho (DF-Brazil) .....	50
Judite Araújo de Sousa, Yara Sousa Silva, Francisco Roque, Sílvia Dias da Costa Fernandes, Marina Neves Delgado	
Solutions and washing times of phenolic foam in lettuce seedlings production .....	64
Pedro Sebrían Concaro, Kamila Cristina de Credo Assis, Cintia Moda Salatino Guardabaxo, Jéssica Azevedo Batista, Felipe Campos Figueiredo	
Production of <i>Inga vera</i> Willd and <i>Eugenia involucrata</i> DC. seedlings fertigated with whey .....	74
Rita de Cássia da Silva, Lilian Vilela Andrade Pinto	
Morphometric characterization of Mestre Campo Stream Watershed, in Piranga City, Minas Gerais.....	87
Paulo Henrique da Silva Câmara, Kleber Mariano Ribeiro, Kátia Daniela Ribeiro, Tainá Ramos Pereira	
Comparative herbaceous phytosociology in agroforestry and <i>Calophyllum brasiliense</i> monoculture on a river terrace.....	102
Antonio Carlos Pries Devide, Cristina Maria de Castro, Raul de Lucena Duarte Ribeiro, Marcos Gervasio Pereira	
Evolution of land use and vegetation cover in the pioneering subwatershed "Conservador das Águas" project (2006-2018).....	119
Tatiana Cardoso da Cruz, Luciana Della Coletta, Camila Souza dos Anjos Lacerda, Wilson Messias dos Santos Junior	

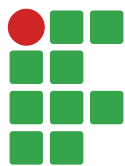




# Artigos científicos







# Contact herbicides combined with mineral oil to control dayflower weeds

Tomaz Marques Leite<sup>1</sup>

Gustavo Rabelo Botrel Miranda<sup>2</sup>

Willis dos Santos Medeiros<sup>3</sup>

Priscila Pereira Botrel<sup>4</sup>

Alberto Donizete Alves<sup>5</sup>

## Abstract

Dayflower weeds are tolerant to some herbicides; an alternative for their control is the addition of adjuvants in the solution to be applied to improve the efficiency of these products. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of application of different herbicides with and without adjuvants on the control of dayflower weeds. The experiment was conducted under field conditions in April 2015 on the Santo Azarias Farm, Muzambinho, state of Minas Gerais, Brazil. The area had coffee crops (cultivar Catuaí/Vermelho 144) with plant spacing of 3.00 m × 1.00 m, which had been subjected to a hard pruning. A randomized block experimental design was used, with 9 treatments in 3 blocks, totaling 27 plots. The treatments consisted of four contact herbicides (Saflufenacil 700.0 g kg<sup>-1</sup>, at 140.0 g c.p. ha<sup>-1</sup>; Bentazon 600.0 g L<sup>-1</sup>, at 1.2 L c.p. ha<sup>-1</sup>; Paraquat 200.0 g L<sup>-1</sup>, at 3.0 L c.p. ha<sup>-1</sup>; and MSMA 720.0 g L<sup>-1</sup>, at 4.0 L c.p. ha<sup>-1</sup>) and an adjuvant (Nimbus®, mineral oil, 428.0 g L<sup>-1</sup>) at the rate of 0.3% of the solution volume. The plants in the treatments were evaluated visually by three people every three days, using a scale of grades of control. The plants were weighed every seven days after application of the herbicides to evaluate the percentage of water loss. The treatments MSMA, and MSMA combined with mineral oil presented the best results for the control of dayflower weeds.

**Keywords:** *Commelina* spp. Weed control. Chemical control.

## Introduction

Several factors, abiotic or biotic, can affect the development and production of coffee crops. Weeds are among the biotic factors that affect the plant grown due to competition for light, nutrients, and water, and due to their allelopathic effects. Moreover, they are hosts of pests and diseases and hinder cultural practices, such as harvest, soil fertilization, and application of pesticides (PITELLI; DURIGAN, 1984).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – *Campus* Muzambinho. Graduado em Tecnólogo em Cafeicultura. [tomazmarques.mb@gmail.com](mailto:tomazmarques.mb@gmail.com).

2 IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professor. [grbmiranda@gmail.com](mailto:grbmiranda@gmail.com). Estrada de Muzambinho, km 35, Bairro Morro Preto, Cx. Postal 02, CEP: 37890-000, Muzambinho, MG, Brasil.

3 IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Graduado em Tecnólogo em Cafeicultura. [willis.medeiros@hotmail.com](mailto:willis.medeiros@hotmail.com).

4 IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professora. [priscila.botrel@muz.ifsuldeminas.edu.br](mailto:priscila.botrel@muz.ifsuldeminas.edu.br).

5 IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professor. [alberto.alves@muz.ifsuldeminas.edu.br](mailto:alberto.alves@muz.ifsuldeminas.edu.br).

Dayflowers are among the weed species that most compromise coffee crops. These plants are from the genera *Commelina* and *Tripogandra* (Commelinaceae) and are the most important weeds in the world; *Commelina benghalensis* L. is the most spread species (HOLM et al., 1997).

The effect of these weed plants is aggravated when dealing with crops at implementation and initial development stages. In these cases, coffee plants present a slow growth and, therefore, suffer intense effects from competition with weeds for environmental resources (KOGAN, 1992).

Dayflowers reproduce by seeds and vegetative parts; they are perennial herbaceous plants that have erect or semi-prostrate growth habit and are easily disseminated. They have preference for clayey, moist, shaded soils, becoming a big problem for coffee crops, which provide these characteristics in their interrow environment; mechanical control of dayflowers is inefficient due to the easy vegetative propagation of these species (BATISTA et al., 2010).

The type of herbicide to be used is usually a bigger concern than the application technic, disregarding the importance of a good distribution of the solution on the target area, which can be improved with use of adjuvants. In fact, application of herbicides can be more efficient when the solution is better spread on the leaf target (CUNHA, et al., 2003; MATIELLO; FREITAS; GOUVÊA, 2005).

Adjuvants are commonly used for herbicide applications to improve the efficiency of the formulations, regardless of the target. Adjuvants can improve the final performance of a product in two ways: some adjuvants alter the chemical composition of the solution (surfactants), favoring the retention of the product by the leaf surface, for example, decreasing the water surface tension and increasing the spreading of the drops on the leaf; and others change the plant leaf surface (additives), favoring the penetration and absorption of the product by the plants.

Adjuvants are used in solutions for application of pesticides to modify their physical-chemical characteristics, changing their interfacial forces, and improving the effect of these substances due to a uniform application of the solution and a decrease in the water surface tension (IOST, 2008).

According to Alves et al. (2010), the rotation of products with different active ingredients is among the techniques recommended for the use of herbicides in coffee crops; it is a chemical strategy to avoid the emergence and spread of plants that are resistant or tolerant to herbicides.

In this context, the objective of the present work was to evaluate the effect of application of different herbicides with and without adjuvant on the control of dayflower weeds.

## Material and methods

The experiment was conducted in field conditions in April 2015 on the Santo Azarias Farm, in Muzambinho, state of Minas Gerais, Brazil (21°17'26.64"S, 46°29'58.44"W, and altitude of 974 meters). The area had coffee crops (cultivar Catuaí/Vermelho 144, planted in 1985) with plant spacing of 3.00 × 1.00 m, which had been subjected to a hard pruning.

The experiment was conducted in a randomized block design, with 9 treatments in 3 blocks, totaling 27 plots. The treatments consisted of four contact herbicides (Heat® Ludwigshafen, Germany, saflufenacil 700.0 g kg<sup>-1</sup>, at 140.0 g c.p. ha<sup>-1</sup>; Basagram®, bentazon 600.0 g L<sup>-1</sup>, at 1.2 L c.p. ha<sup>-1</sup>; Gramoxone®, paraquat 200.0 g L<sup>-1</sup>, at 3.0 L c.p. ha<sup>-1</sup>; and MSMA®, monosodium methanearsonate 720.0 g L<sup>-1</sup>, at 4.0 L c.p. ha<sup>-1</sup>) and an adjuvant (Nimbus®, mineral oil, 428.0 g L<sup>-1</sup>) at the rate of 0.3% of the solution volume. The size of the plots was 2.5 m × 1 m.

The solutions were applied using a CO<sub>2</sub>-pressurized sprayer equipped with twin flat broadcast spray tips (TwinJet TJ-60 110/02VS; Teejet®, Wheaton, USA), which were set to a solution flow rate of 383.0 L ha<sup>-1</sup> (test in blank) and pressure of 241.3 kPa. The climate conditions at the time of

application were: wind speed of  $1.4 \text{ m s}^{-1}$ , maximum air temperature of  $26.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , minimum air temperature of  $24.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , and relative air humidity of 73%.

The plants in the treatments were evaluated visually by three people every three days, using a scale of grades of control, according to Velini (1994), in which 5 represents excellent or total control of the species under study; 4 represents good, acceptable control in the infested area; 3 represents moderate, insufficient control in the infested area; 2 represents deficient or inexpressive control; and 1 represents absence of control.

The direct efficiency of herbicides was also evaluated using the drying method: the fresh and dry weights of the plants (dayflower weeds) were evaluated every 7 days after herbicide application. The samples were dried in an oven at  $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$  until constant weight, which reached 60 hours. The samples were collected in the field in areas of  $0.16 \text{ m}^2$  that were measured using a metallic ring.

The data were tabulated in spreadsheets and subjected to evaluation by the F test; the means were subjected to the Scott-Knott test at 5% significance for the indirect evaluation (scale of grades) and at 10% significance for the direct method of evaluation (drying of the plants), using the Sisvar 4.3 program (FERREIRA, 2011).

## Results and discussion

The results of the indirect evaluation by scale of grades at 3, 6, 9, 12, 15, 18, and 21 days after application (DAA) of the herbicides are presented in Table 1.

**Table 1** – Grades attributed to the control of dayflower weeds by herbicides combined with adjuvant (mineral oil). Muzambinho, MG, Brazil, 2019.

Treatment	Days after application (DAA)						
	3DAA	6DAA	9DAA	12DAA	15DAA	18DAA	21DAA
Saflufenacil	1.000B	2.333B	2.666A	2.666A	2.333A	1.666B	2.000B
Saflufenacil + Mineral oil	1.000B	4.000A	3.666A	3.666A	2.666A	2.666A	2.333B
Bentazon	1.000B	2.333B	2.333A	1.666B	1.333B	1.000B	1.000C
Bentazon + Mineral oil	1.000B	1.333B	1.000B	1.000B	1.000B	1.000B	1.000C
Paraquat	1.666B	4.333A	3.333A	3.333A	3.333A	3.000A	2.333B
Paraquat + Mineral oil	3.333A	4.666A	4.666A	4.000A	3.333A	3.000A	2.333B
MSMA	1.666B	4.000A	4.333A	4.000A	4.000A	3.666A	4.000A
MSMA + Mineral oil	1.000B	3.333A	3.000A	3.333A	2.666A	3.000A	4.000A
Control	1.000B	1.000B	1.000B	1.000B	1.000B	1.000B	1.000C
CV (%)	9.350	15.16	15.92	14.82	15.54	16.97	9.2

MSMA = monosodium methanearsonate; \*Significant at 5% probability. Means followed by the same letter in the columns are not different by the Scott Knott test at 5% probability.

**Source:** Elaborated by the authors (2019).

The treatment with application of paraquat combined with mineral oil presented weed control at 3 DAA, whereas the other treatments presented similar results to those of the control treatment (TABLE 1). Therefore, the adjuvant accelerated the action of paraquat at 3 DAA; this result is consistent with those found by Theisen and Ruedell (2004), who reported that the addition of adjuvants improves the solution applied and the conditions for the protection and absorption of herbicides.

The treatments with applications of saflufenacil combined with mineral oil; paraquat; paraquat combined with mineral oil; MSMA; and MSMA combined with mineral oil presented weed control at 6 DAA, whereas the other treatments were inefficient (TABLE 1).

Marchi et al. (2008) reported that the action of contact herbicides is fast in the contact point and does not allow them to move into the internal systems of plants, i.e. they are not translocated as systemic herbicides that move from leaves to the growth point of plants (translocated via phloem); this makes the contact herbicides preferred to the systemic ones by killing weeds very rapidly and enabling the planting of crops soon after the treatment because they are not persistent.

The results confirmed that contact herbicides are more efficient for weed control in terms of time.

The treatment with application of bentazon combined with mineral oil resulted in no weed control at 9 DAA, remaining equal to the control.

Despite the addition of mineral oil, improvement of the solution applied and the conditions for protection and absorption of the herbicide molecules, some active ingredients were not efficient, as in the case of bentazon.

The treatments with applications of bentazon and bentazon combined with mineral oil presented no weed control from 12 DAA to 15 DAA, presenting similar results to the control (TABLE 1).

According to Silva et al. (2001), before presenting phytotoxic action, the herbicide should be absorbed via apoplast or simplest systems and reach the site of action, which is usually in the interior of an organelle (HESS; FALK, 1990). However, part of the herbicide that reaches the leaf surface can slide and be washed, volatilize, dry as an amorphous sediment, crystallize after evaporation of the solvent, or even penetrate the cuticle and remain associated with lipidic compounds of this layer and not be translocated. An immediate consequence is the decrease in the herbicide action for the control of weeds.

Some contact herbicides act rapidly in the control of weeds, but their efficiency is not satisfactory in relation to their residual action in DAA.

The treatments with applications of saflufenacil; bentazon; and bentazon combined with mineral oil presented no weed control at 18 DAA, remaining similar to the control (TABLE 1).

Heap (2006) defined resistance of weeds to herbicides as the ability of plants to survive and reproduce after exposition to a normally lethal rate of herbicide for the wild biotype of the plant. This denotes that the characteristic of resistance to herbicides of a plant can be a natural occurrence by selection in weeds populations of natural occurrence in the field, or can be induced by techniques of genetic engineering or selection of variants produced by tissue cultures or mutagenesis.

The dayflowers presented regrowth at 18 DAA, i.e., capacity of surviving and reproduction, denoting that the herbicides used were not efficient.

The treatment MSMA and the treatment MSMA combined with mineral oil showed better weed control at 21 DAA than the other treatments, and they did not differ from each other (TABLE 1).

According to Pitelli (1990), the first goal of any weed management system is the maintenance of the most inhospitable possible environment to the weeds through the specific or combined use of biological, cultural, mechanical, and chemical methods.

Therefore, the choice of the method to be used for weed control should also be considered. Thus, technical information about the plant species is required to obtain the best efficiency of the chosen method and provide a lower financial cost to the producer.

The results of the evaluations from the drying method presented no differences in relation to those of the control from 7 to 14 DAA (TABLE 2).

**Table 2** – Water loss efficiency (drying in an oven at 45 °C) at 7, 14, and 21 days after application (DAA) of herbicides. Muzambinho, MG, Brazil, 2019.

Treatment	Water loss (%)		
	7 DAA	14 DAA	21 DAA
Saflufenacil	59.333A	37.333A	74.666B
Saflufenacil + Mineral oil	55.000A	39.333A	69.333A
Bentazon	65.000A	33.000A	73.666B
Bentazon + Mineral oil	62.000A	36.666A	77.333B
Paraquat	62.666A	36.000A	68.333A
Paraquat + Mineral oil	64.000A	40.666A	69.333A
MSMA	61.666A	38.666A	62.000A
MSMA + Mineral oil	63.000A	40.000A	64.333A
Control	69.333A	37.666A	72.333B
CV (%)	12.94	14.11	7.85

MSMA = monosodium methanearsonate. Means followed by the same letter in the columns are not different by the Scott Knott test at 10% probability.

**Source:** Elaborated by the authors (2019).

The treatments with applications of saflufenacil without mineral oil; and bentazon with and without mineral oil; and the control treatment showed higher water losses than the other treatments at 21 DAA (TABLE 2).

According to Wilson (1981), the difficulty in controlling species of the Commelinaceae family can be attributed to their double mechanism of reproduction—by seeds and by rooting of buds.

The water loss was relatively lower in the treatments with applications of saflufenacil combined with mineral oil; paraquat with and without mineral oil; and MSMA with and without mineral oil because of their lower amount of water caused by the drying promoted by the herbicides applied with and without the adjuvant.

## Conclusions

The treatment MSMA and the treatment MSMA combined with mineral oil presented the best control and highest residual time.

The addition of mineral oil to the herbicides did not improve the control of dayflower weeds.

## Acknowledgment

Credit to Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais for the staff and financial support.

## Efeito de herbicidas de contato associados ao adjuvante no controle de trapoeraba

### Resumo

A trapoeraba é uma planta daninha tolerante a alguns herbicidas, e uma das alternativas para seu controle é a adição de adjuvantes na calda para melhoria da eficácia desses produtos. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes herbicidas com e sem adjuvantes no controle da trapoeraba. O experimento foi implantado em abril de 2015 e conduzido em condições de campo no Sítio Santo Azarias no município de Muzambinho, sul de Minas Gerais com o cultivar Catuaí/Vermelho 144 em plantio convencional de espaçamento 3,00m x 1,00m (recepada). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), contendo 9 tratamentos em 3 blocos, totalizando 27 parcelas, sendo utilizados quatro tipos de herbicidas de contato, mais um adjuvante: Heat® (saflufenacil, 700,0 g kg<sup>-1</sup> i.a.), na dose de 140,0 g p.c. ha<sup>-1</sup>, Basagram® (bentazona 600,0 g L<sup>-1</sup> i.a.), na dose 1,2 L p.c. ha<sup>-1</sup>, Gramoxone® (paraquat, 200,0 g L<sup>-1</sup> i.a.), na dose de 3,0 L p.c. ha<sup>-1</sup>, MSMA® (sodium hydrogen methylarsonate, 720,0 g L<sup>-1</sup> i.a.), na dose de 4,0 L p.c. ha<sup>-1</sup> e adjuvante Nimbus® (óleo mineral, 428,0 g L<sup>-1</sup>), na dose 0,3% sobre o volume de calda. O experimento foi avaliado por três pessoas a cada três dias usando uma escala de notas de controle. As plantas foram pesadas a cada sete dias após aplicação do herbicida para avaliar a percentagem de perda de água. Os tratamentos MSMA® e MSMA® com adição de Nimbus® apresentaram os melhores resultados para o controle da trapoeraba.

**Palavras-chave:** *Commelina spp.* Planta daninha. Controle químico.

### References

ALVES, V. M.; RIBEIRO, A. M.; JULIATTI, F. C.; SOUZA Jr., J. A.; ALCATARA, E. N. Avaliação de Flumioxazin em Misturas com Oxyfluorfen e Clorimuronetil em Cafeeiros Novos. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais ...** Ribeirão Preto, 2010. Disponível em: <[http://www.sbcpcd.org/portal/anais/XXVII\\_CBCPD/PDFs/571.pdf](http://www.sbcpcd.org/portal/anais/XXVII_CBCPD/PDFs/571.pdf)>. Acesso em: 30 jul. 2013.

BATISTA, M. A. V.; FREITAS, F. C. L.; TOMAZ, H. V. Q.; QUEIROZ, R. F.; DANTAS, D. J.; NASCIMENTO, P. G. M. L. Eficácia de herbicidas no controle da trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.). CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2010. Disponível em: <[http://www.sbcpcd.org/portal/anais/XXVII\\_CBCPD/PDFs/595.pdf](http://www.sbcpcd.org/portal/anais/XXVII_CBCPD/PDFs/595.pdf)>. Acesso em: 30 jul. 2018.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agro tecnologia** (UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.weedscience.com>. Acesso em: out. 2006.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on the leaf surface. **Weed Sci.**, v. 38, p. 280-288, 1990.

HOLM, L. R. G.; PLUCKNETT, D. L.; PANCHO, J. V.; HERBERGER, J. P. **The World's Worst Weeds. Distribution and Biology**. Honolulu: University Press of Hawaii, 1997.

KOGAN, M. A. Interferencia de las malezas em plantaciones y estrategias de control. In: **avances em manejo de malezas en producción agrícola y forestal**. Santiago: Pontificia Universidad Católica, 1992. p. 119.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu, 2008, 2009, Vitória. VI Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, 2009. v. 6.

MARCHI, G.; CARVALHO, E. S. M.; GRACIOLLI, T. G.. **Herbicidas: mecanismo de ação e uso**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrado, 2008. III Título, IV Serie.

MATIELLO, J. B.; FREITAS J. L.; GOUVÊA, L. F. **Controle da ferrugem do cafeeiro via canhão-atomizador com formulações de triazóis e estrubirulinas**. 2004. Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira - Coffea. Ano 2 – nº 5 – Janeiro/Fevereiro – 2005.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHED, 1984. p. 37.

PITELLI, R. A.; **Biologia de Plantas Daninhas. Semana de Controle de Plantas Daninhas, 10. Anais...** Bandeirantes/PR: Fundação Faculdade de Agronomia "Luiz Meneghel", 1990. p. 58-100.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, J. F.; **Controle de Plantas Daninhas**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR – ABEAS. Curso de Proteção de Plantas. Brasília: 2001. 260p (Modulo 3 ABEAS).

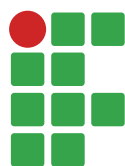
THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora. 2004. 90 p.

VELINI, E. D. **Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados a matologia**. 1994. 250 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1994.

WILSON, A. K. Commelinaceae - a review of the distribution, biology and control of the important weeds belonging to this family. **Trop. Pest Manag.**, v. 27, p. 405-418, 1981.

**Received in:** January 26, 2019

**Accepted in:** May 20, 2019



# Effects of the Neonicotinoid Imidacloprid on the Feeding Behavior of *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lep.

Luiz Guilherme de Lima Costa<sup>1</sup>

Angel Roberto Barchuk<sup>2</sup>

Isabel Ribeiro do Valle Teixeira<sup>3</sup>

## Abstract

Even though meliponines are among the greatest pollinating agents in Neotropical ecosystems, the populations of these bees are in decline due to anthropic actions, such as the indiscriminate use of pesticides. Neonicotinoids, such as Imidacloprid, are used in many crops and have been shown to be one of the pesticides groups with the most damaging effects on the health of bee colonies. The goals of this work were (1) to evaluate the ability of *Melipona quadrifasciata*, a native Brazilian stingless bee species, to detect the presence of Imidacloprid in artificial diets, and (2) to evaluate how this insecticide may affect their behavior. For this purpose, behavioral experiments were carried out in observation arenas where artificial flowers containing different concentrations of Imidacloprid (0%, 1%, 5%, 10%, and 20%) were made available to forager bees and their choice and behavior were registered. Our results showed that bee choices were not affected by the different concentrations of Imidacloprid, even at extremely high doses in the flowers (20%). It was also found that the presence of this insecticide interfered with the communication between individuals as a result of reduced antennation events. Both findings, the apparent inability of bees to detect the presence of the insecticide and the change in behavior caused by the exposition to the volatilized product, may rapidly lead to colony losses in nature.

**Keywords:** Meliponini. Stingless bee. Mandaçaia. Insecticide. Antennation. Foraging.

## Introduction

Seventy-five percent of all known meliponine species are found in the Neotropical region (COSTA et al., 2003). Also known as stingless bees, meliponine are considered the most important pollinators in many Neotropical ecosystems (WITTER; NUNES-SILVA, 2014). Among stingless bees, “Mandaçaia” *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (1836) are natives to the Brazilian states of Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina and São Paulo, but they also appear in some regions of Argentina and Paraguay. This species stands out from other stingless bees due to its long daily foraging period, starting right after sunrise and stopping just before sunset (AIDAR, 2011), which allows a large number of floral visits.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Graduado em Ciências Biológicas. [guitramp@gmail.com](mailto:guitramp@gmail.com).

2 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Instituto de Ciências Biomédicas. Pesquisador e docente. [barchuk@unifal-mg.edu.br](mailto:barchuk@unifal-mg.edu.br).

3 IFSULDEMINAS. Professora EBTT. [isabel.teixeira@ifsuldeminas.edu.br](mailto:isabel.teixeira@ifsuldeminas.edu.br).



Pollination mediated by insects is considered a key factor for the balance of natural ecosystems, since most plants depend on insect pollination to produce fruits and seeds (VILLAS-BÔAS, 2012). Pollinators are also considered essential in agriculture and in environmental conservation, and they are responsible for the reproduction of 40% to 90% of native plant species (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; NOGUEIRA-NETO, 1997). Venturieri et al. (2012) suggest that the rearing of meliponine is an important alternative to the intense and constant rearing of *Apis mellifera* Linnaeus 1758, in particular, for helping with the pollination of native species and plants of economic importance, such as eggplant, pepper, pumpkin, strawberry, bell pepper, tomato, guarana, sunflower, and annatto. Because great part of food productivity is directly associated with pollination service by bees, the conservation of these insects has become even more relevant, especially when considering that the demand for food should increase as the human population size is expected to reach 9 billion by 2050 (FIGUEROA- MATA et al., 2016). Therefore, scientific studies that seek to investigate environmental effects that influence the survival and reproduction of bees are increasingly necessary.

Despite their evident ecological and economic importance, bee populations are declining around the world (NRC, 2006), mainly due to anthropic actions, including excessive use of pesticides. Their decline is largely associated to the phenomenon known as Colony Collapse Disorder (CCD), which causes a rapid loss of adult bees, compromising the colony's ability to get food, as well as the colony's ability to defend itself against attacks from other bees, arthropods, microorganisms and viruses. The fact that dead adult bees are found away from the affected hives suggests that they die while looking for food (TOMÉ et al., 2012).

Pesticides can be either lethal to insects, causing immediate death, or sublethal, causing changes in behavior or physiology, such as increased aggressiveness, slowness and disorientation during flight (SILVA et al., 2014). The use of broad-spectrum insecticides is particularly concerning as they affect a wide variety of insects (including beneficial ones). In addition, pesticides such as Fipronil and neonicotinoids can leave sublethal residues on plant surfaces, which are hard to detect (MESSAGE et al, 2012).

According to Soares (2009), even though there are several mechanisms of action in insecticides, currently the insect nervous system has been their main target, through neurotoxic substances that affect axon transmission, in either peripheral or central synapses, resulting in a fast and effective effect against unwanted insects. Among neurotoxic drugs, neonicotinoids are substances chemically similar to nicotine and that act in the propagation of nerve impulses, competing with the neurotransmitter acetylcholine and binding irreversibly to its receptor, as the insecticide is not affected by the enzyme acetylcholinesterase. The activation of acetylcholine receptors becomes abnormally prolonged, generating high excitability of the central nervous system. The most common symptoms resulting from neonicotinoid poisoning in insects are tremors, nervous system collapse and death (FARIA, 2009).

The systemic insecticide Imidacloprid is one of the most widely used neonicotinoids in the world. In Brazil, it is applied in a wide variety of crops, such as cotton, peanuts, barley, beans, corn, soybeans, wheat, pineapple, pumpkin, lettuce, garlic, almond, potato, eggplant, broccoli, onion, chicory, cabbage, tobacco, sunflower, watermelon, melon, scarlet eggplant, cucumber, cabbage, tomato, sugar cane, coffee and grapes (BOVI, 2013). Because Imidacloprid is a systemic insecticide (absorbed by different plant tissues), its residues can accumulate in pollen, nectar and wax, resulting in a high risk of poisoning for bees. Several European countries, including France and Italy, have suspended seed treatments with Imidacloprid, considering that their residues are the main factor responsible for the decline in the bee population. On the other hand, the use of Imidacloprid is extensive in tropical areas, particularly in Brazilian agricultural fields (TOMÉ et al., 2012).

Many studies have shown the detrimental effects of neonicotinoids on the biology of insects, especially bees (ARCE et al., 2018; BLACQUIÈRE et al., 2012; MANJON et al., 2018; GOÑALONS; FARINA, 2018; TOMÉ et al., 2012), but there is still a lot to be investigated, particularly regarding native bees in Brazil. Considering that the detection and possible rejection of Imidacloprid in plant parts collected by bees (nectar, pollen or resin) would prevent bees from getting toxins in their organism, this study aimed to evaluate the behavior of *M. quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, 1836, during foraging and its ability to detect the presence of Imidacloprid in artificial diets.

## Material and methods

The study was carried out in a meliponary located at the Biology Laboratory of the Instituto Federal do Sul Minas, Poços de Caldas campus (Minas Gerais, Brazil) (21°50'16.7" S and 46°33'36.1" W). The observation arena used in all experiments was composed of a plastic support with a transparent lid (15 cm high x 25 cm in diameter). Inside this support, there were 5 floral simulators built from plastic vials 7.0 cm tall and 2.5 cm diameter, with artificial flowers made from yellow cardboard paper with five 1.5 cm long, round petals, placed on top of the container, around its opening. In the opening, an acrylic straw led to the inside of the vial, at which diet was offered ("nectary"). Both the experimental model and the attractiveness of the color and shape of the petals were previously tested and approved, as reported in Costa and Teixeira (2018), who tested different floral simulators in an observation arena similar to the one used here, and it was found that Mandaçaia bees visited the round shaped and yellow colored petals more often.

For each observation, six foraging bees (25 to 40 days old) were used, randomly captured with plastic bottle at the entrance of one of the 12 colonies available in the meliponary, also randomly selected. The captured bees were carefully placed inside the arena, where they were observed continuously for one hour (60 minutes). During these observations, we recorded every time bees landed in one of the floral simulators ("number of visits"), every time they entered the floral simulator to find food contained at the bottom of the vial ("attempts of ingestion"), and any event of antennation (contact of antennae between two or more bees).

The experiment was divided into two stages. In the first stage, we sought to evaluate the behavior of *M. quadrifasciata* in relation to the preference for different artificial diets (without Imidacloprid). In the second step, we determined the preference or rejection behavior of bees when offered diets with varying concentrations of Imidacloprid. All experiments were carried out in the meliponary during the greatest foraging activity interval at this location, between 9 a.m. and 3 p.m. (personal observation - unpublished data).

### Step 1: Assessing preference for different diets

All observations took place from April to June 2018. In each of the 5 floral simulators, 5 mL of different diets were added, according to the following configuration: D1- (only syrup, composed of 50% water and 50% sugar); D2 (50% syrup + 50% honey from *A. mellifera*); D3 (50% syrup + 50% lemon juice); D4 (50% syrup + 50% Aminomix®) and D5 (control): without food. Aminomix® consists of a veterinary food supplement with all essential amino acids. These diets were chosen because they were used in previous research (TEIXEIRA et al., 2017). Eight observations of 60 minutes each were made.

## Step 2: Assessment of sensitivity to different concentrations of Imidacloprid

Observations occurred between the months of July and September 2018. The base diet used was D2 (50% syrup + 50% honey from *A. mellifera*), as it was determined to be the preferred diet in step 1. In each of the floral simulators (FS) 5,0 mL of diet were added, with different concentrations of the insecticide Imidacloprid (Termidil 200 SC®, 100 mL, liquid, Dipil Industria Química - lot 002.18M- manufactured on 01/18/18 - 2 years of shelf life), as following: FS 1 (syrup + 1%); FS 2 (syrup + 5%); FS 3 (syrup + 10%); FS 4 (syrup + 20%); FS 5 (control: no addition of Imidacloprid). Eight observations of 60 minutes each were made. The concentrations used here were higher than those obtained by the manufacturer recommended dilutions because we focused on the detection ability of bees. The dilution in agricultural fields, despite being variable according to the culture and substrate, is around 0.05% as reported by the manufacturer product information sheet.

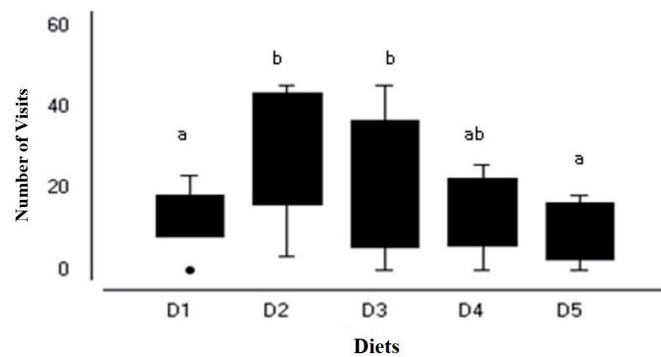
### Statistical analysis

The Kruskal-Wallis test was used, considering the degree of significance  $p \leq 0.05$  both for tests with multiple options and for the two-sample paired T test, when antennation behavior was compared with or without Imidacloprid. The computer program BioEstat 5.3 (AYRES et al. 2007) was used to perform these analyses.

## Results and discussion

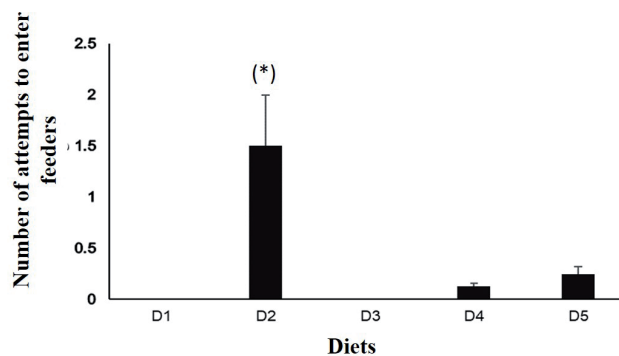
Neonicotinoids are one of the most widely used groups of insecticides in agriculture, possibly due to their low toxicity to mammals and their nature as a systemic pesticide. However, there have been growing concerns about their impact on non-target organisms (GONÑALONS; FARINA, 2018), such as bees. In this study, we found that although Mandaçaia bees have the ability to distinguish diets with different compositions, the presence of Imidacloprid does not influence their food preference behavior. The action of searching for food in the environment is called foraging, which can be divided into four phases: search, capture, handling and ingestion of food (KREBS; DAVIES, 1996). When simulating a foraging situation, among different diets, Mandaçaia bees showed preference for both D2 (50% syrup + 50% honey from *A. mellifera*) and D3 (50% syrup + 50% lemon juice) (FIGURE 1), and a greater number of attempts to ingest D2 (FIGURE 2). These diets simulate the nectar of flowers. Nectar collected by the workers during floral visits in nature presents different types of sugars, such as sucrose, glucose and/or fructose, in addition to small proportions of organic acids, lipids, minerals, vitamins and aromatic compounds (HARBORNE, 1994). The latter may have the function of chemical indicator at the time of collection (attractive/repellent). In artificial diets, the presence of honey possibly provides these other compounds that are attractive to sugar, which would explain the preference for visitation and ingestion by D2 (FIGURES 1 and 2).

In bees, it has been known for some time that taste receptors are found mainly in the antennae and distal segments of the first pair of legs (FRINGS; FRINGS, 1949) and these structures are the ones that allow bees to distinguish between edible and non-edible items, as they are very sensitive to stimulation by different sucrose concentrations (HARBORNE 1994; HAUPT, 2004). In addition, it is now known that such taste bristles also react to glucose, fructose, NaCl and KCl and these compounds are present in honey (SANCHEZ, 2011) and consequently in the diet preferred by the bees used in our experiments. Thus, we assume that such attractive compounds should be more effective in determining the direction and food intake than the possible deterrence to be exercised by the presence of a certain foreign compound, such as neonicotinoids.

**Figure 1** – Visiting preference in Floral Simulators containing different diets.

Average number of visitations in Floral Simulators with different diets. D1 – only syrup containing 40% water and 50% sugar; D2 – 50% syrup + 50% honey from *A. mellifera*; D3 – 50% syrup + 50% lemon juice; D4 – 50% syrup + 50% aminomix®; and D5 – control (without food). Eight repetitions were made. Different letters indicate statistical differences (Kruskal-Wallis  $p \leq 0.02$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

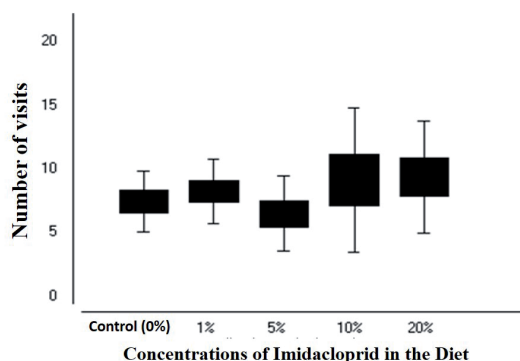
**Figure 2** – Ingestion preference for different diets.

Number of attempts to enter feeders with different diets. D1 – only syrup composed of 50% water and 50% sugar; D2 – 50% syrup + 50% honey from *A. mellifera*; D3 – 50% syrup + 50% lemon juice; D4 – 50% syrup + 50% Aminomix®; and D5 – control (without food). Eight repetitions were made. (\*) Diet 2 obtained the greatest number of attempts of ingestion (Kruskal-Wallis  $p \leq 0.01$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

Bees exposed to floral simulators with D2 diet and Imidacloprid did not show different food preference behavior among the concentrations of Imidacloprid, that is, there were no differences on the number of visits (FIGURE 3) nor attempts of ingestion (FIGURE 4). It is noteworthy that all bees that came into contact with diets containing insecticide had died within the floral simulator, regardless of their concentration in the diet (1%, 5%, 10% or 20%).

**Figure 3** – Visitation preference in floral simulators with diets with varying concentrations of Imidacloprid.

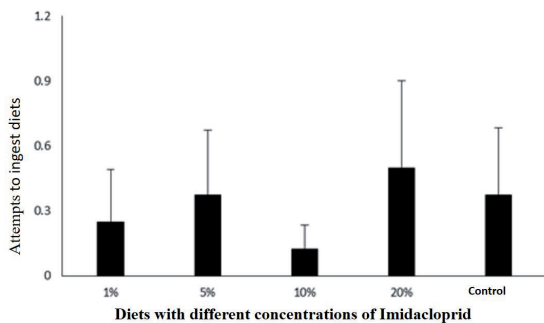


Mean and deviation number of visits in Floral Simulators containing 5.0 mL of *A. mellifera* honey syrup diet with different concentrations of Imidacloprid: FS1 (1%); FS 2 (5%); FS 3 (10%); FS 4 (20%); FS 5 (control: no addition of Imidacloprid). Eight repetitions were performed (Kruskal-Wallis  $p = 0.7$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

It is concluded, therefore, that there is no rejection by the contaminated food, even in diets with high concentration of insecticide (20%). Similarly, it is already known that *A. mellifera* not only eat foods with neonicotinoids but have acquired a propensity to visit plants with contaminated flowers (ARCE et al., 2018).

**Figure 4** – Attempts to ingest diets with different concentrations of Imidacloprid.



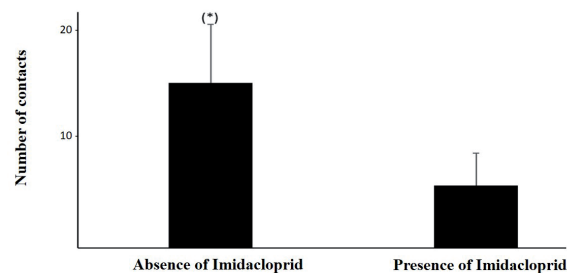
Number of attempts to ingest food treated with different concentrations of Imidacloprid. The control had no insecticide, only the diet consisting of *A. mellifera* syrup and honey. Eight repetitions were performed (Kruskal-Wallis  $p = 0.8$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

The fact that bees do not detect or reject Imidacloprid diets in nature is also supported by Mitchell et al. (2017) who found high concentrations of this compound in commercial honeys. This honey when ingested by bees of a colony can cause several disturbances in their behavior and physiology. Goñalons and Farina (2018), using lower concentrations of Imidacloprid than those found in commercial honeys, found that the association between Imidacloprid and Glyphosate in bee food impairs the olfactory and taste learning in young bees, as well as the role of these insects within colony, and also impairs the positive response to sucrose (as they have increased their perception threshold).

Among the different behaviors exhibited by social insects, communication is crucial, especially in the activity of searching for food. One of the forms of communication between insects that exhibit some degree of sociality is antennation, that is, the act of touching each other with the antennae as a tactile signal (MAGGENTI et al, 2005). Antennation is closely associated to foraging behavior, especially regarding learning and memory (TOMÉ et al., 2012). Our data demonstrate a strong relationship between the presence of Imidacloprid and the activity of antennation, since only the presence of this compound in the offered food resulted in a smaller number of contacts between antennae among bees. In experiments without Imidacloprid,  $17.5 (\pm 6.63)$  antennations per hour were recorded, while in observations with Imidacloprid an average of  $6.6 (\pm 3.42)$  antennations per hour was recorded (FIGURE 5). The loss of this important communication tool can greatly affect the survival of the hive.

**Figure 5** – Antennation activity of bees visiting artificial food source with or without Imidacloprid.



Number of antennations among bees observed in the absence and presence of Imidacloprid. Average of 16 observations in 1 hour. (\*) Groups were different (Two-sample paired t test  $p \leq 0.05$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

## Conclusion

Our assays showed that *M. quadrifasciata* foragers do not reject food treated with lethal doses of the insecticide Imidacloprid, which, under natural conditions, would allow a greater chance of contamination. Furthermore, it is evident the interference of Imidacloprid in foraging behavior, specifically in bee communication, as this pesticide (volatilized from the offered food) significantly decreased the intensity of antennation activity. Both findings, the apparent inability of bees to detect the presence of the insecticide and the change in behavior caused by the exposition to the product, may rapidly lead to colony losses in nature.

## Acknowledgement

To IFSULDEMINAS - Poços de Caldas, for the PIC-NIPE Scientific Initiation fellowship granted to LGLC and all the support received.

## Efeitos do Neonicotinóide Imidacloprido no Comportamento Alimentar de *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lep.

### Resumo

Os meliponíneos estão entre os maiores agentes polinizadores dos ecossistemas neotropicais, porém, devido a ações antrópicas, como o uso indiscriminado de agrotóxicos, as populações destas abelhas estão em declínio. Os inseticidas do grupo dos Neonicotinóides, entre eles o Imidacloprido, usados em muitas culturas, têm sido apontados como um dos que mais interferem na saúde das colônias. O objetivo deste trabalho foi analisar a capacidade de percepção da presença de Imidacloprido em dietas artificiais e o efeito do inseticida sobre o comportamento de operárias adultas de *Melipona quadrifasciata*, uma espécie de abelha nativa brasileira sem ferrão. Para esta finalidade, foram realizados experimentos comportamentais com abelhas campeiras em arenas de observação com simulação de flores artificiais e respectivos nectários com diferentes concentrações do composto inseticida (0%, 1%, 5%, 10% e 20%) em dietas de xarope e mel. Os resultados mostraram que as abelhas não diferenciaram as diferentes concentrações de Imidacloprido, mesmo com doses elevadas na dieta (20%). Constatou-se também que a presença do produto interferiu na comunicação entre as abelhas, diminuindo a intensidade dos eventos de antenação. Ambos os fatores, a incapacidade das abelhas de perceber a presença do inseticida e os distúrbios na comunicação ocasionados pela sua ingestão, devem aumentar as chances de contaminação e desaparecimento das colônias destes insetos na natureza.

**Palavras-chave:** Meliponini. Abelhas sem ferrão. Mandaçaia. Inseticida. Antenação. Forrageamento.

### References

- AIDAR, D. S. **A mandaçaia**. 2. ed. Editora Funpec. São Paulo, SP, Brasil. 162p. 2011.
- ARCE, A. N.; RODRIGUES, A. R.; YU, J.; COLGAN, T. J.; WURM, Y.; GILL, R. J. Foraging bumblebees acquire a preference for neonicotinoid-treated food with prolonged exposure. **Proceedings of the Royal Society B**. Londres, v. 285, p. 1-7, ago. 2018. Disponível em: <<http://rspb.royalsocietypublishing.org>> Acesso em: nov. 2018.
- AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. 2007. **BIOESTAT** - Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas. Mamirauá. Belém, PA. 364 p.
- BLACQUIÈRE, T.; SMAGGHE, G.; VAN GESTEL CA.; MOMMAERTS V. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. **Ecotoxicology**, v. 21, n. 4, p. 973-992. 2012.
- BOVI, T. S. **Toxicidade de inseticidas para abelhas *Apis mellifera* L.** 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Botucatu, 2013. p. 1-21.

- COSTA, L. G. L.; TEIXEIRA, I. R. V. Comportamento de *Melipona quadrifasciata* Lep. frente a diferentes dietas, cores e formas e relação entre a intensidade de sua atividade e a temperatura ambiental. JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 10., **Anais...**, Muzambinho, 2018.
- COSTA, M. A.; LAMA, D. A. D.; MELO, G. A. R.; SHEPPARD, W. S. Molecular phylogeny of the stingless bees (Apidae, Apinae, Meliponini) inferred from mitochondrial 16S rDNA sequences. **Apidologie**, v. 34, p. 73–84, 2003.
- FARIA, A. B. C. Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais. **Ambiência – Revista do setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 345-358, maio/ago. 2009.
- FIGUEROA-MATA, G.; PRENDAS-ROJAS, J.; RAMÍREZ-BOGANTES, M.; AGUILAR-MONGE, I.; HERRERA-GONZÁLEZ, E.; TRAVIESO-GONZÁLEZ, C. Identificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) a partir de la clasificación de los descriptores SIFT de una imagen del ala derecha anterior. **Tecnología en Marcha**. Edición especial. Matemática Aplicada, Mayo 2016. p. 51-63.
- FRINGS, H.; FRINGS, M. The loci of contact chemoreceptors in insects: a review with new evidence. **The American Midland Naturalist**. v. 41, n. 3, p. 602- 658, maio, 1949.
- GOÑALONS, C. M.; FARINA, W. M. Impaired associative learning after chronic exposure to pesticides in young adult honey bees. **Journal of Experimental Biology**, v. 221, p. 1-7, 2018.
- HARBORNE, J. B. **Introduction to ecological biochemistry**. 4. ed. London Academic Press, 1994. 317 p.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços ambientais**. São Paulo: Editora da USP, 2012. p. 25-45.
- KREBS, J. R.; DAVIES, N. B. **Introdução à ecologia comportamental**. Atheneu Editora São Paulo, 1996.
- MAGGENTI, M. A. B.; MAGGENTI, A. R.; GARDNER S. L. (Ed). **Online Dictionary of Invertebrate Zoology**. [S.l.]. 2005. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/onlinedictinvertebratezoology/2/>>. Acesso em: 2018.
- MANJON, C.; TROCZKA, B. J.; ZAWORRA, M.; BEADLE, K.; RANDALL, E.; HERTLEIN, G.; SINGH, K. S.; ZIMMER, C. T.; HOMEM, R. A.; LUEKE, B.; REID, R.; KOR, L.; KOHLER, M.; BENTING, J.; WILLIAMSON, M. S.; DAVIES, T. G. E.; FIELD, L. M.; BASS, C.; NAUEN, R. Unravelling the Molecular Determinants of Bee Sensitivity to Neonicotinoid Insecticides. **Current Biology**, 28, 1137–1143, 2018.
- MESSAGE, D.; TEIXEIRA, E. W.; DE JONG, D. Situação da Sanidade das Abelhas no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços ambientais**. São Paulo: Editora da USP, 2012. p. 237-256.



MITCHELL, E. A. D.; MULHAUSER, B.; MULOT, M.; MUTABAZI, A.; GLAUSER, G.; AEBI, A. A worldwide survey of neonicotinoids in honey. **Science**, v. 358, p. 109-111; 2017.

NRC - National Research Council, **Status of pollinators in North America**. Washigton, DC: National Academy of Sciences. 2006.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997. p. 33-38.

SANCHEZ, M. G. B. Taste Perception in Honey Bees. **Chemical Senses**, Oxford, v. 36, n. 8, p. 675-692, out. 2011.

SILVA, F. O.; BARREIRA, H. C. S.; COSTA NETO, W.; ARAUJO, R. B.; LIMA, M. C.; ROCHA, S. A.; VIANA, B. F. **Agrotóxicos e Polinizadores: Isso combina?** Rio de Janeiro: Funbio, 2014.

SOARES, H. M. **Avaliação dos efeitos do Imidaclopride sobre o sistema nervoso de *Apis mellifera* africanizada através da expressão de proteína FOS**. 2009. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Ciências Biológicas, UNESP, Rio Claro, 2009. p. 6-15.

TEIXEIRA, I. R. V.; CRUZ, F.; CARVALHO, J.; CASTRO, R. M.; BEIJO, L. A.; BARCHUK, A. R. Physicochemical Characteristics of Honey Produced by Colonies of the Stingless bee *Melipona quadrifasciata*: Seasonal Variations and Influence of Food Supplementation. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, v. 6, ago 2017.

TOMÉ, H. V. V.; MARTINS, G. F.; LIMA, M. A. P.; CAMPOS, L. A. O.; GUEDES, R. N. C. Imidacloprid-Induced Impairment of Mushroom Bodies and Behavior of the Native Stingless Bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. **PLoS ONE**, v. 7, n. 6. DOI: 10.1371/journal.pone.0038406. 2012.

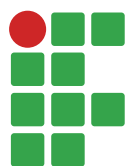
VENTURIERI, G. C.; ALVES, D. A.; VILLAS-BÔAS, J. K.; CARVALHO, C. A. L.; MENEZES, C.; VOLLET-NETO, A.; CONTRERA, F. A. L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Meliponicultura no Brasil: Situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços ambientais**. São Paulo: Editora da USP, 2012. p. 213-236.

VILLAS-BÔAS, J. K. **Manual tecnológico: mel de abelhas sem ferrão**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012. p. 11-25.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P. **Manual de boas práticas para o manejo e conservação de abelhas nativas (meliponídeos)**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2014. p. 19-57.

**Received in:** February 19, 2019

**Accepted in:** June 4, 2019



# Effect of biofertilizer on soil fertility and lettuce nutrition

Westefann dos Santos Sousa<sup>1</sup>

José Roberto Verginio de Pontes<sup>2</sup>

Osmanny Francisco Pereira de Melo<sup>3</sup>

## Abstract

This work aimed to evaluate the effect of the application of efficient microorganisms (EM), in the form of a biofertilizer, on soil fertility and leaf nutrition of lettuce during two crop cycles. One of the biggest challenges of organic production is the fertilization of crops. EMs are considered an alternative, sustainable, safe and low-cost technique to increase the productivity of organic foods, and their use is a good option for agroecological management. For the capture of the EMs and the production of the biofertilizer, a rice substrate was used, according to the methodology used by Brazilian Ministry of Agriculture, Cattle and Supplying (MAPA, in Portuguese: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Soil samples were collected at the beginning of the first cycle and at the end of the second cycle. The samples were sent for chemical analysis, in order to evaluate possible changes in the concentration of Ca, Mg, K, P and Zn, as well as the levels of CTC, base saturation, organic matter and pH. For leaf analysis, leaf concentrations of the following nutrients were observed: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn. The results were satisfactory for the treatment that received weekly application of efficient microorganisms, which resulted in a greater increase of the elements K, Zn and Ca in the soil. As for leaf concentrations, there was a significant difference for N and P (48 and 9.2 g kg<sup>-1</sup>, respectively) in the treatment used with biofertilizer.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L. Organic production. Efficient microorganisms. Organic cocktail.

## Introduction

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is the most consumed leafy vegetable in Brazil, being grown throughout the country. Therefore, it contributes to improving income and quality of life, especially, for small producers who sell the product directly at farm markets (INAGAKI et al., 2011).

Vegetables, including lettuce, when grown in the organic system, are as productive as conventional ones, in addition to the higher commercial value (SAMPAIO, 2013). In this sense, further research in the agroecological area, especially in the use of techniques that increase the productivity of vegetables, maintaining their quality, can benefit the producer, the consumer and the environment.

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Goiás, mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, mestrando. westefann santos@hotmail.com. Rodovia GO-330, Km 241, Anel Viário, Ipameri (GO).

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Campus de Conceição do Araguaia, Pará, professor doutor. jrvpontes@hotmail.com.

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, mestrando. osmanny16@gmail.com

Among the numerous challenges of organic production, maintaining soil fertility is one of the main challenges. This is because crop productivity is directly related to soil fertility, which in organic production must be maintained with natural sources of nutrients. Pereira et al. (2014) state the effectiveness of using fertilizers based on efficient microorganisms (EM), in addition to considering the technique an alternative, sustainable, safe and low cost to increase the productivity of organic foods.

In the agroecological context, the use of biofertilizer in agricultural production is necessary to replace chemical inputs, giving more priority to biological processes in production systems, similar to what occurs in natural ecosystems (KATHOUNIAN, 2001).

The product based on efficient microorganisms appeared in Japan, and it was developed by Dr. Teruo Higa, and it has been used in organic agriculture since the 1980s (MITSUIKI, 2006). Currently, this product is produced and distributed in Brazil by the Mokiti Okada Foundation. Despite this commercial product, produced and distributed by the aforementioned Foundation, there is knowledge of the homemade method of capturing the microorganisms making the social technology more adaptable to local conditions and more accessible to agricultural families for its low cost and the simplicity of its production (ANDRADE, 2011).

The microorganisms identified as efficient have a primordial function, since they capture solar energy and are able to change the soil. According to Andrade (2011), EMs are classified into two groups: regenerative microorganisms (which produce organic substances useful to plants, improving the physical, chemical and biological properties of the soil) and degenerative microorganisms (which produce substances harmful to plants and compact the soil, preventing plants from growing and favoring infestation of pests and diseases). The group of interest in this study is that of regenerative microorganisms, which exist in abundance in nature, and the vast majority of them is already used in the food industry; therefore, they are harmless to man and animals (BATTISTI; SANTOS, 2011).

Combining the tradition of production with the worldwide trend of consumption of organic products, this study aimed to evaluate the effect of the application of a biofertilizer, derived from efficient microorganisms, on the chemical fertility of the soil and on the leaf nutrition of lettuce, during two crop cycles.

## Material and methods

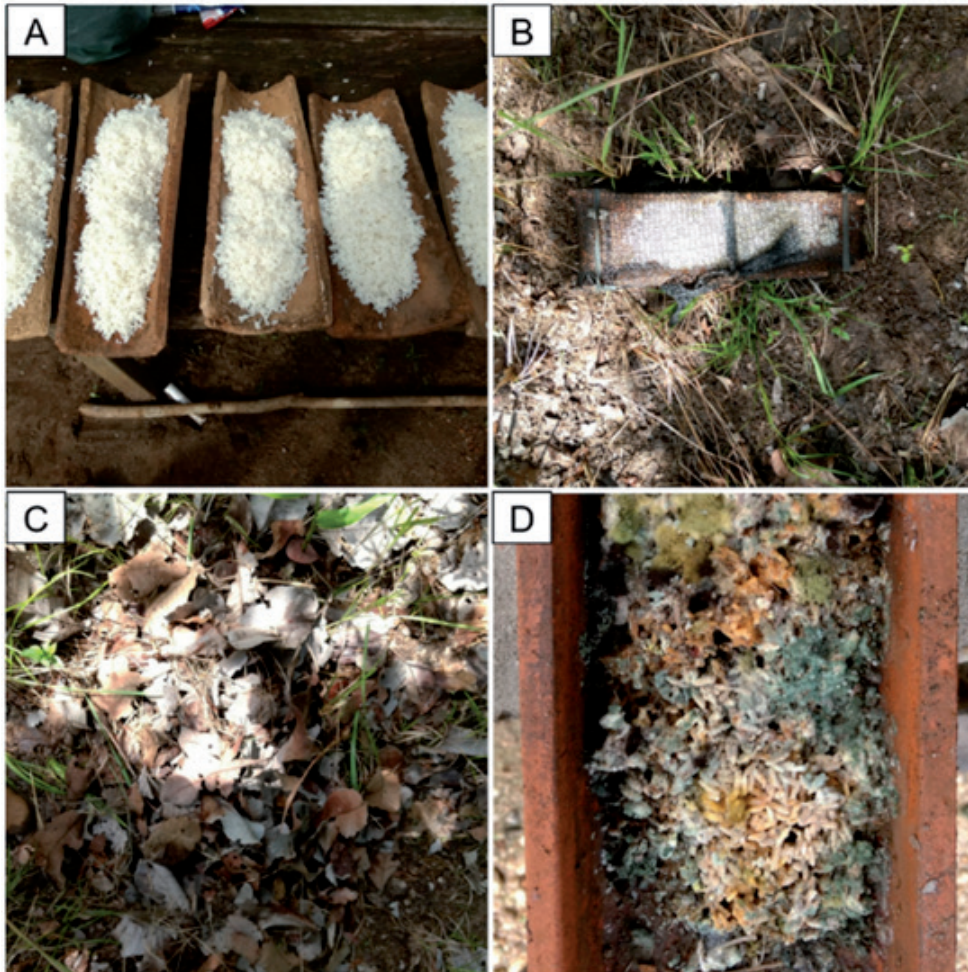
The work was developed on a family farm in the municipality of Conceição do Araguaia, Pará, Brazil. The study started in the first semester of 2018 and it was completed in the second semester of the respective year. The region's climate, classified according to Köppen-Geiger, falls under the category of dry humid equatorial in winter, type Aw, the average annual temperature is 26.1°C and there is an average annual rainfall of 1,734 mm.

The efficient microorganisms were captured in a reserve forest, close to the property, and then the EM were activated with sugar cane molasses, in order to prepare the biofertilizer.

For the capture of EM and preparation of the biofertilizer, a methodology provided by Leite and Meira (2016) was used in the agroecological forms of the Brazilian Ministry of Agriculture, Cattle and Supplying (MAPA, in Portuguese: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). The substrates for the capture of efficient microorganisms consisted of a homemade mixture of cooked rice (1.0 kg) without salt and oil. The mixture was distributed on tiles and covered with a shade, intercepting 50% of the light radiation. Afterwards, it was spread in the forest, remaining on the soil surface and covered with organic soil material, where it remained for 15 days (FIGURE 1).

After the deadline, the tiles were discovered and the rice portions separated according to their pink, yellow, blue and orange color, indicating the presence of molds, which are considered efficient microorganisms (LEITE; MEIRA, 2016). The portions of rice with dark coloring (gray, brown and black) were discarded in the forest, as they consist of non-beneficial microorganisms.

**Figure 1** – (A) Substrate used to capture EM. (B) Container with substrate deposited in the forest. (C) Covering the tile with organic soil material. (D) Portion of rice covered by molds, which were selected and used in the preparation of the biofertilizer.

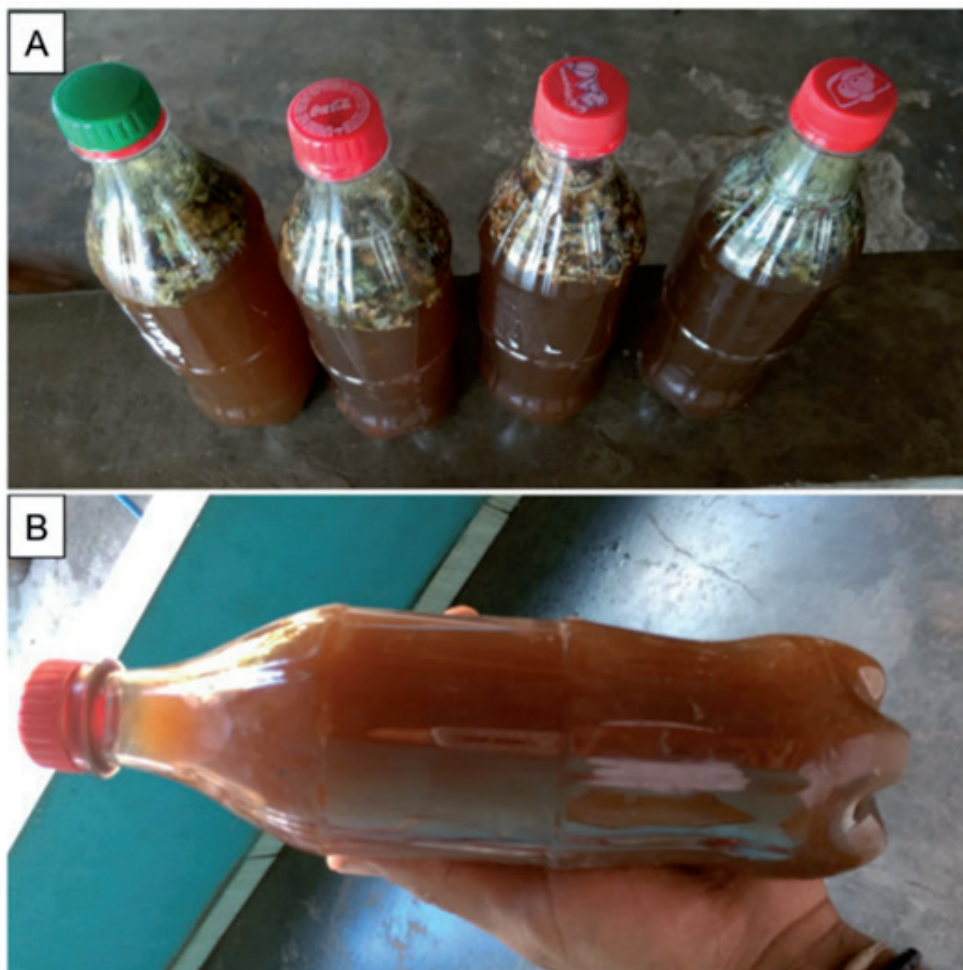


**Source:** Sousa et al. (2020).

Of the material colonized by the fungi, 25.0 g was placed in transparent 600 ml containers, in which 50.0 g of brown sugar were added and its volume completed with water. The containers were closed, left in the shade and opened every two days to remove the gas produced inside.

The biofertilizer was ready between 10 and 20 days, when gas production ceased. According to Siqueira and Siqueira (2013), the biofertilizer can remain stored for up to one year, but the smell must be sweet and pleasant, characteristic of lactic and acetic fermentation, in addition to orange color (FIGURE 2). The development of an unpleasant odor indicates that the biofertilizer is unsuitable for use.

**Figure 2** – (A) Efficient microorganisms stored in transparent containers to prepare the biofertilizer. (B) Biofertilizer ready for use, after approximately 20 days of fermentation.



**Source:** Sousa et al. (2020).

The experimental design adopted was randomized blocks containing 8 blocks and 3 treatments. The experimental unit was installed in a production greenhouse with dimensions of 16.0 m x 5.0 m, each block was formed by an 8 m<sup>2</sup> construction site and 2.5 m<sup>2</sup> plots. The plots corresponding to each treatment were composed of three rows of plants, with a spacing of 0.25 m x 0.25 m between plants and between rows, totaling 27 plants per plot. The useful portion of plants used in the analyzes was composed of the central row of the plot.

The treatments used were: T1 – Weekly spraying of the efficient microorganism (biofertilizer); T2 – weekly spraying of a mineral fertilizer (NPK 30-10-10); T3 – Witness, without any fertilization.

For each portion of the T1 treatment, 5.0 L of syrup were prepared by mixing in 5.0 L of water, 10.0 ml of the biofertilizer, plus 10.0 ml of molasses, according to the recommendations of Leite et al. (2016). The microorganism solution was applied weekly, in the coolest hours of the day, during the two crop cycles, from transplanting to harvest.

In the T2 treatment, each plot received 5.0 L of the mineral fertilizer syrup NPK 30-10-10 weekly. To prepare the syrup, according to the recommendation described on the product, 15.0 g of

the product was used in 5.0 L of water. In the application of both treatments, a plastic watering can with fine sieves was used.

The variety of lettuce used in the experiment was the Lucy Brown, which is well accepted by producers and consumers. It is characterized by being a large, early, uniform plant and by the formation of its head. It has an excellent bright green color and crispy leaves due to its greater thickness (MATOS et al., 2011).

The seedlings were produced by sowing in Styrofoam trays with 128 cells, using a commercial substrate, in protected cultivation (greenhouse with plastic film). The beds, also in protected cultivation, were prepared concurrently with the formation of the seedlings, remaining in “rest” until the moment of transplanting. The preparation was common to all treatments and the operation involved manually turning the soil.

During the crop cycles, manual cleaning was performed to remove weeds by means of manual pulling, in order to avoid the competition for light and nutrients as much as possible and no chemical product was used for phytosanitary control.

A simple soil sample of approximately 200.0 g was collected in each portion of the treatments, at the beginning (before the application of treatments) and at the end of the experiment, with the aid of a Dutch auger at a depth of up to 20.0 cm. Subsequently, the simple samples were mixed to form a sample composed of 500.0 g of each treatment. The samples were transferred to plastic bags, previously identified, which were sent to a specialized laboratory (ESALQ, 2013). The samples were subjected to chemical analysis in order to observe the concentrations of calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), phosphorus (P) and zinc (Zn), and also, the levels of exchange capacity cationic (CTC), base saturation (V%), organic matter (MO) and hydrogen potential (pH).

For leaf analysis and determination of the concentration of nutrients in the leaves of those plants, a sample was collected from each plot, the collection was performed in the formation of the head and the selected leaves were freshly ripe, a recommendation from Malavolta et al. (1997).

The material was dried in an oven with forced air circulation at 70°C, until constant mass. Then, they were sent for laboratory analysis in order to determine the following chemical elements: nitrogen (N), by the Kjeldahl method (nitrogen distillation and titration); phosphorus (P), potassium (K), sulfur (S), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), by opening with wet digestion with HNO<sub>3</sub> + HClO (3:1, respectively); and boron (B), through dry digestion (SILVA, 2009).

With the results of analysis in leaf tissues, the Percentage Deviation from Optimal (DOP) method was used, in order to know the percentage deviation from the concentration of a given nutrient, in relation to a reference value (RIBEIRO et al., 1999).

All the results of the evaluated parameters were analyzed by means of analysis of variance (ANOVA) and later by the Tukey's means comparison test at the 5% probability level. These analyzes were performed using the Sisvar program, version 5.6.

## Results and discussion

The results of the chemical analysis, carried out on the soil before applying the treatments and at the end of the experiment, are organized in Table 1.

**Table 1** – Results of chemical analysis for each treatment, before the application of treatments and at the end of the experiment.

Treatment samples	-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----			-----mg/dm <sup>3</sup> -----		g/dm <sup>3</sup>	Complementary data		
	Ca	Mg	K	P	Zn	MO	CTC	V%	pH
INITIAL SOIL (before treatments are applied)									
T1	4.8 c	3.6 a	0.54 c	183 b	17.8 c	39 c	11.34 c	78.84 c	5.4 c
T2	6.0 a	3.5 b	0.67 b	188 a	24.7 a	46 a	11.87 a	85.68 a	5.7 a
T3	5.6 b	3.5 b	0.68 a	175 c	23.2 b	40 b	11.58 b	84.46 b	5.6 b
SOLO FINAL (at the end of the experiment)									
T1	5.3 c	2.6 c	0.76 b	155 c	20.8 c	25 b	10.66 c	81.24 c	5.2 b
T2	5.9 a	3.6 a	0.80 a	183 a	24 a	27 a	12 a	85.83 a	5.5 a
T3	5.4 b	2.9 b	0.70 c	175 b	23.7 b	27 a	11 b	81.82 b	5.2 b

Ca = calcium, Mg = magnesium, K = potassium, P = phosphorus, Zn = zinc, MO = organic matter, CTC = cation exchange capacity, V% = base saturation and pH = hydrogen potential. T1 = Weekly spraying of the efficient microorganism, T2 = weekly spraying of a mineral fertilizer and T3 = Witness. Values with the same letter in the column, for initial and final solo separately, do not differ statistically by the Tukey test at the 5% level ( $p < 0.05$ ).

**Source:** Sousa et al. (2020).

Statistically (Tukey  $p < 0.05$ ), the highest levels of the elements calcium, phosphorus, zinc, organic matter, cation exchange capacity, base saturation and hydrogen potential were given for the T2 treatment (mineral fertilizer) at the beginning of the experiment (initial soil); at the end of the experiment (final soil), the same elements remained high in the soil, for treatment T2, adding the element potassium.

It is possible to observe a decrease in the organic matter content in all treatments, in relation to the initial soil value, the cation exchange capacity varied from 10 to 12, the base saturation of all treatments was above 80%, characterizing an eutrophic soil, which according to Santos and Zaroni (2006) is directly related to soil fertility; and the hydrogen potential was maintained between 5.0 and 5.5, which is considered of medium acidity.

Calculating the relationship of calcium, magnesium and potassium, according to the contents of these elements in the soil analysis described above, it was found that in all treatments for both cycles the interaction between these elements is considered median, according to Braga (2010). Only the Mg/K ratio in the first cycle resulted in adequate values, but in the second cycle it changed to median (TABLE 2).

**Table 2** – Results for the relationships between calcium, magnesium and potassium for all treatments in the two crop cycles.

FIRST CICLÉ						
	----- Ca/K -----		----- Mg/K -----		----- (Ca+ Mg)/K -----	
T1	8.9	Medium	6.7	Suitable	15.6	Medium
T2	9.0	Medium	5.2	Suitable	14.2	Medium
T3	8.2	Medium	5.1	Suitable	13.4	Medium
SECOND CYCLE						
	----- Ca/K -----		----- Mg/K -----		----- (Ca+ Mg)/K -----	
T1	7.0	Medium	3.4	Medium	10.4	Medium
T2	7.4	Medium	4.5	Medium	11.9	Medium
T3	7.7	Medium	4.1	Medium	11.9	Medium

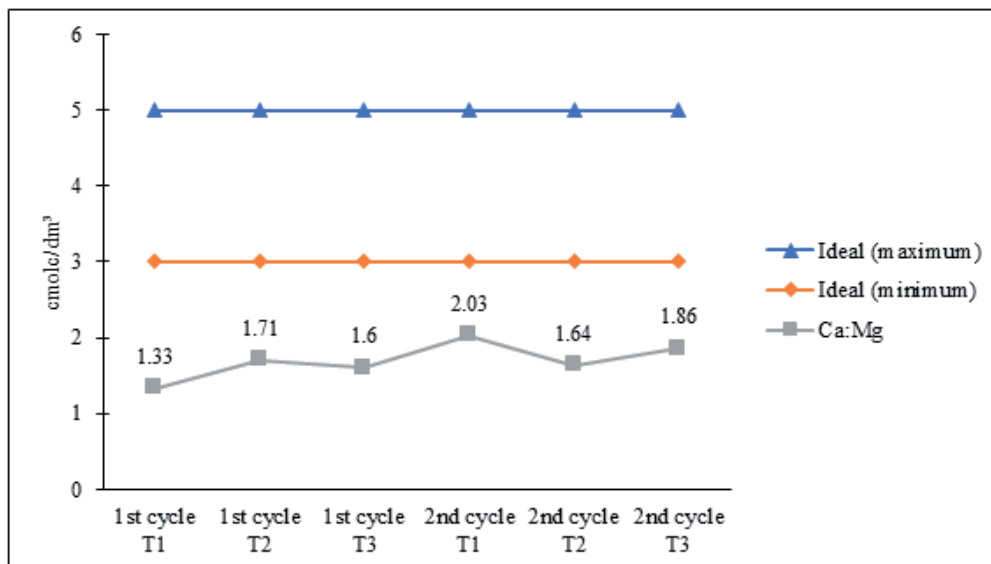
Ca = calcium, k = potassium and Mg = magnesium. T1 = Weekly spraying of the efficient microorganism, T2 = weekly spraying of a mineral fertilizer and T3 = Witness.

**Source:** Sousa et al. (2020).

Braga (2010) declares that these elements are important in the plant’s nutrition process and the interaction between them is fundamental, in terms of favoring or inhibiting the absorption by plants of one element in detriment of the other.

The excess calcium inhibits the absorption of magnesium and vice versa, on this interaction (Ca:Mg), Braga (2010) declares that the recommended for most cultures is a ratio between 3-5 cmolc/dm<sup>3</sup>, considered ideal (GRAPHIC 1).

**Graph 1** – Calcium magnesium ratio for all treatments in the two crop cycles, comparing with the value considered ideal.



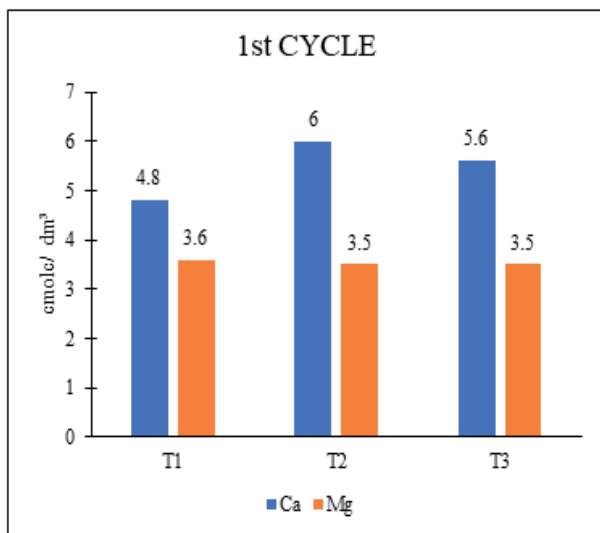
Ca:Mg = calcium magnesium ratio. T1 - Weekly spraying of the efficient microorganism; T2 - weekly spraying of a mineral fertilizer; T3 - Witness.

**Source:** Prepared by the authors (2018).

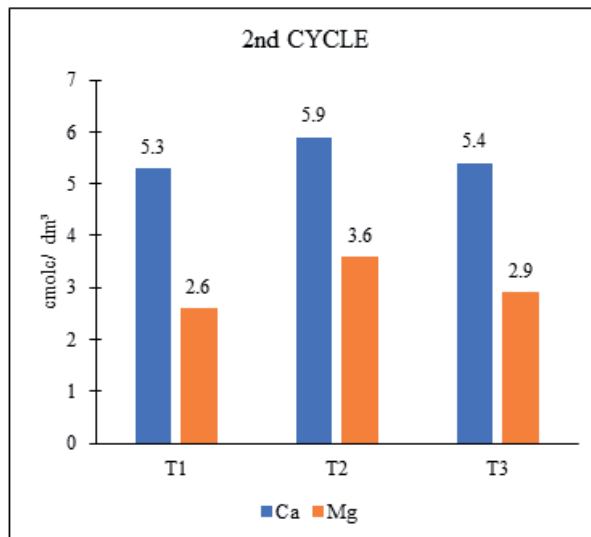


Based on the graph above, it is possible to say that all treatments, in both cycles, did not present Ca: Mg interactions within what is considered ideal. It is observed that in all treatments calcium showed higher values than magnesium, ranging from 4.8 to 6.0 and 5.3 to 5.9 cmolc/dm<sup>3</sup> (GRAPHS 2 and 3) in the first and second cycles, respectively.

Graph 2 – Values of calcium and magnesium for treatments in the first cycle of culture.



Graph 3 – Values of calcium and magnesium for treatments in the second cycle of culture.



Ca = calcium and Mg = magnesium. T1 - Weekly spraying of the efficient microorganism; T2 - weekly spraying of a mineral fertilizer; T3 - Witness.

**Source:** Sousa et al. (2020).

The treatments did not influence this interaction (Ca: Mg), at which calcium, due to its high content in the soil, may have been a determining factor in the inhibition of magnesium absorption, due to the antagonism of calcium, interfering in the availability of magnesium in the ground. In this case, dolomitic limestone can be added to regularize the relationships, taking care of potassium replacement to maintain the balance.

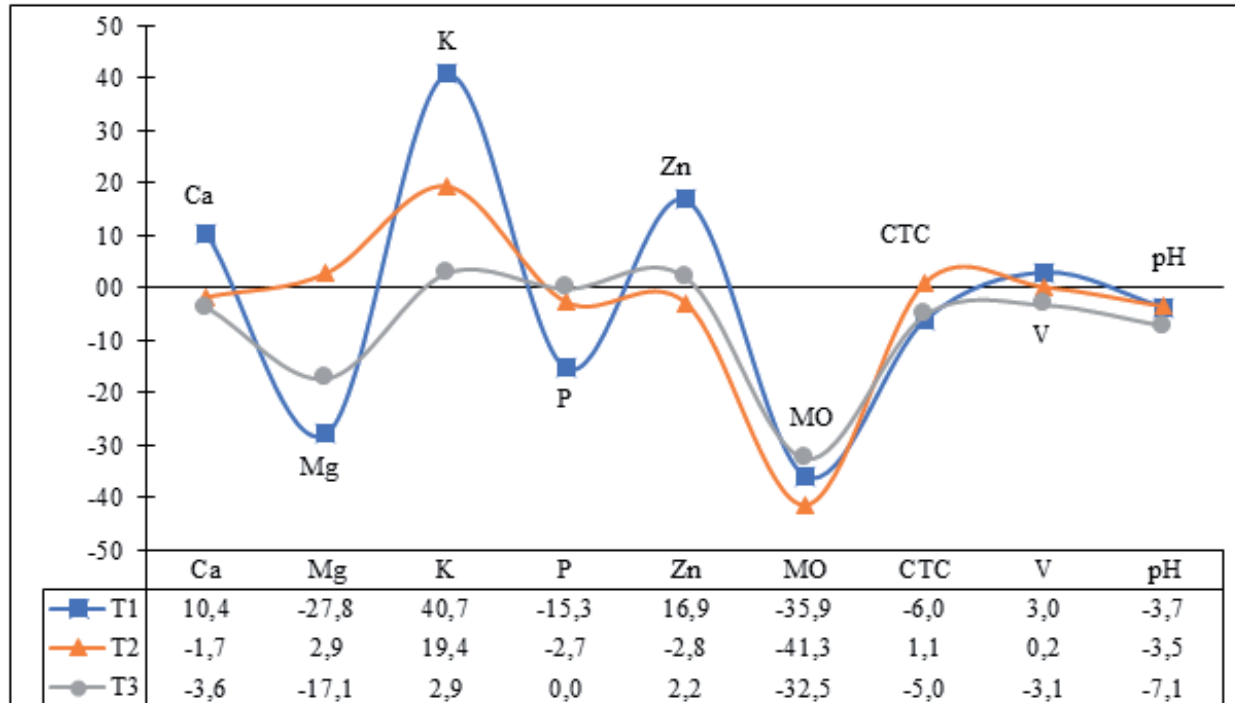
As for the level of phosphorus content in the soil, for all treatments used, it was considered very high, according to the interpretation of phosphorus contents in soils for vegetables of the Agronomic Institute, which considers between 0-10 mg/dm<sup>3</sup> very low, among 11-25 mg/dm<sup>3</sup> is low, between 26-60 mg/dm<sup>3</sup> is medium, between 61-120 mg/dm<sup>3</sup> is high and greater than 120 mg dm<sup>-3</sup> is very high (CAMARGO et al., 2009).

It is noted that for the treatment with EM, the phosphorus content in the soil decreased accidentally when compared with its level in the initial soil, before the application of the treatments (183 - 155 mg dm<sup>-3</sup>), because, according to Mendes and Reis Junior (2003), bacteria, fungi and actinomycetes (components of efficient microorganisms) are involved in the phosphorus solubilization and mineralization processes in the soil; therefore, the reduction in phosphorus content may be related to the export of this nutrient by harvesting the plants of lettuce, since there was no replacement in the soil.

According to Camargo et al. (2009), the level of zinc in the soil is considered high when it is greater than 1.2 mg dm<sup>-3</sup>. All treatments resulted in zinc levels above what is considered high, ranging from 17.8 to 24.7 mg dm<sup>-3</sup>. Corroborating, Fageria (1999) states that zinc levels between 12.5 and 47 mg dm<sup>-3</sup> are considered toxic.

When observing the increase in the levels of each element, it is possible to say that the treatment with efficient microorganisms (T1) resulted in a greater increase in the elements potassium, zinc and calcium in relation to the initial soil and the other treatments, which was 40.7 %, 16.9% and 10.4%, respectively (GRAPH 4).

Graph 4 – Variation for the elements observed in the chemical analyzes of the soil for all treatments.



Ca = calcium, Mg = magnesium, K = potassium, P = phosphorus, Zn = zinc, MO = organic matter, CTC = cation exchange capacity, V = base saturation and pH = hydrogen potential. T1 = Weekly spraying of the efficient microorganism, T2 = weekly spraying of a mineral fertilizer and T3 = Witness.

**Source:** Sousa et al. (2020).

The results were satisfactory, when the levels of each element increased, for the treatment that received weekly application of efficient microorganisms, which resulted in a greater increase in the soil of the elements potassium, zinc and calcium, in relation to the result of the analysis soil chemistry at the beginning of the experiment and other treatments.

There were no great variations for organic matter, cation exchange capacity, base saturation and hydrogen potential in the treatment applied to efficient microorganisms, which is in disagreement with that stated by Battisti and Santos (2011), who observed in their work an increase in the availability of organic matter, base saturation and soil pH, after application of EM during lettuce cultivation.

The results of the concentrations of each nutrient observed in the leaf analysis and the ideal level for each nutrient, as recommended by Ribeiro et al. (1999), are shown in Table 3.

**Table 3** – Leaf contents of nutrients observed in chemical analysis, first and second crop cycles, and the ideal value of the levels for each nutrient.

	1st CYCLE										
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T1	40 b	6.1 a	35.2 a	4 b	2.3 b	3 a	14 a	9 a	180 a	48 a	67 a
T2	44 a	6 b	33.6 b	4.1 a	2.4 a	2.7 b	13 b	7 c	127 c	36 b	65 b
T3	40 b	6 b	32 c	3,8 c	2.1 c	2.6 c	14 a	8 b	150 b	30 c	58 c
	2nd CYCLE										
T1	48 a	9.2 a	62 b	6.6 c	3.6 b	2.2 c	18 c	10 a	277 b	70 c	110 c
T2	47 b	9.1 b	61 c	7.2 b	3.7 a	2.5 a	24 b	9 b	290 a	93 b	130 b
T3	46 c	8.8 c	65 a	7.4 a	3.7 a	2.4 b	28 a	10 a	263 c	95 a	150 a
IL	40	8	70	15.4	4	1.9	80	15	125	150	137.5

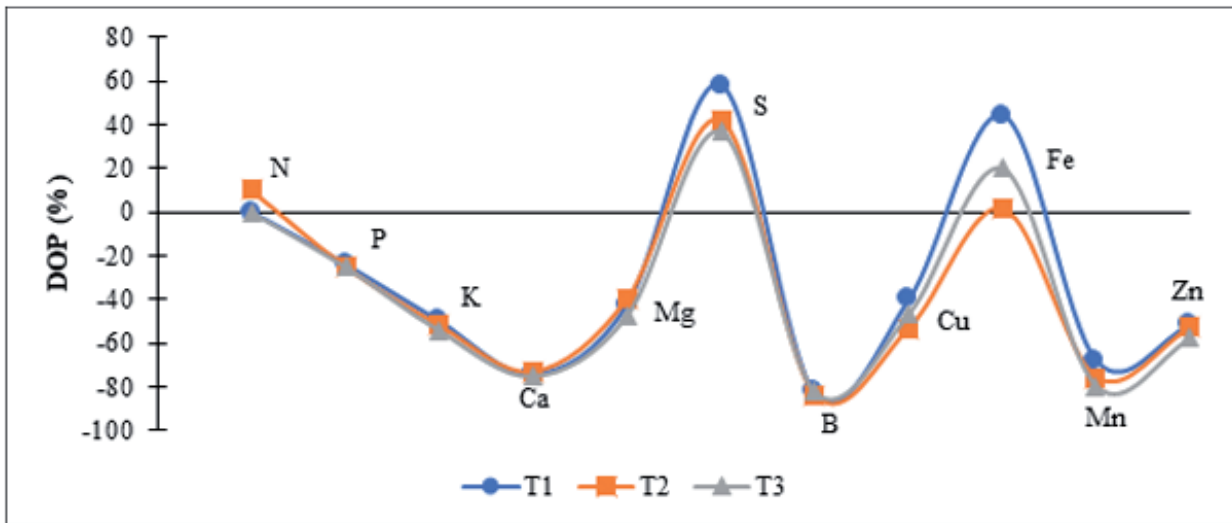
IL = ideal level for each nutrient. N = nitrogen, P = phosphorus, K = potassium, Ca = calcium, Mg = magnesium, S = sulfur, B = boron, Cu = copper, Fe = iron, Mn = manganese and Zn = zinc. T1 = Weekly spraying of the efficient microorganism, T2 = weekly spraying of a mineral fertilizer and T3 = Witness. Values with the same letter in the column, for the 1st and 2nd cycle separately, do not differ statistically by the Tukey test at the level of 5% ( $p < 0.05$ ).

**Source:** Sousa et al. (2020).

According to the Tukey Test, plants submitted to T1 treatment (efficient microorganisms) in the first cycle had the highest concentrations of phosphorus, potassium, sulfur, copper, iron, manganese and zinc, however in the second cycle this number decreased and the highest concentrations of nutrients found in the leaf tissues of lettuce plants were nitrogen, phosphorus and copper. Battisti and Santos (2011) reported a similar result, at which lettuce grown with EM application presented higher concentrations of nitrogen and phosphorus.

Using DOP (Percentage Deviation from Optimal), he observed that in the first cycle, nitrogen concentrations in leaf tissue were considered optimal for the treatment used by efficient microorganisms (T1) and the control (T3). The other nutrients resulted in positive or negative indices, demonstrating that the concentrations of certain nutrients were in excess or in a deficiency state, respectively. It is important to note that the nutrients sulfur and iron showed the highest levels of concentration for T1 treatment (GRAPH 5).

**Graph 5** – Optimal percentage deviation (DOP) for the concentrations of nutrients in the leaf tissues of all treatments in the first cycle.

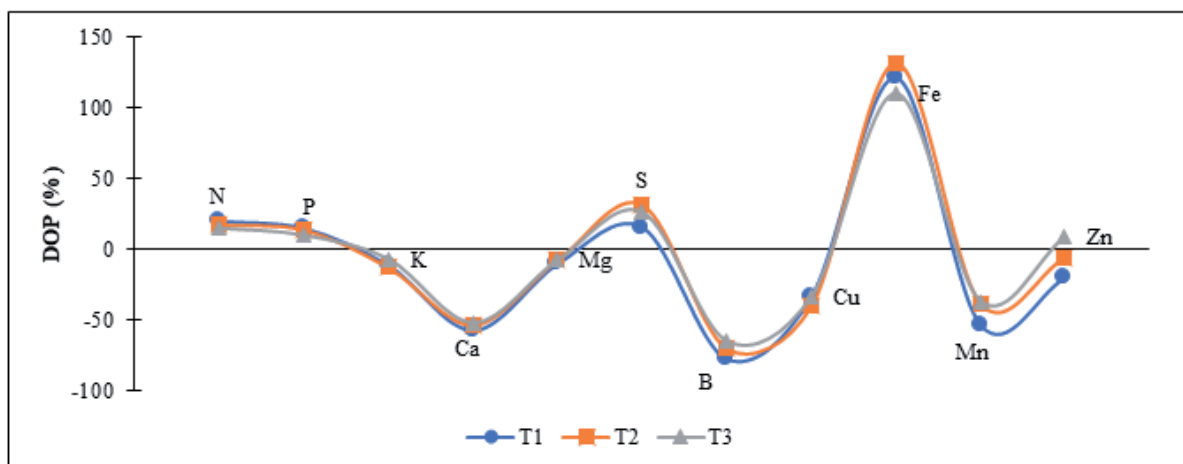


N = nitrogen, P = phosphorus, K = potassium, Ca = calcium, Mg = magnesium, S = sulfur, B = boron, Cu = copper, Fe = iron, Mn = manganese and Zn = zinc. T1 = Weekly spraying of the efficient microorganism, T2 = weekly spraying of a mineral fertilizer and T3 = Witness.

**Source:** Sousa et al. (2020).

As for the second cycle, the same result was obtained, with the nitrogen concentration for the T1 and T3 treatments, which were previously balanced, shown to be in excess (GRAPH 6). Another important point was the elements sulfur and iron, which in the first cycle showed greater concentration for the T1 treatment, and in the second cycle this increase was for the T2 treatment.

**Graph 6** – Optimal percentage deviation (DOP) for the concentrations of nutrients in the leaf tissues of all treatments in the second cycle.



N = nitrogen, P = phosphorus, K = potassium, Ca = calcium, Mg = magnesium, S = sulfur, B = boron, Cu = copper, Fe = iron, Mn = manganese and Zn = zinc. T1 = Weekly spraying of the efficient microorganism, T2 = weekly spraying of a mineral fertilizer and T3 = Witness.

**Source:** Sousa et al. (2020).

Relating the two cycles, it is possible to observe that the concentration values increased significantly in the second cycle, for all treatments, presenting some small variations. In addition, the behavior was similar for all nutrients in all treatments.

## Conclusions

It was found that the treatment with efficient microorganisms resulted, at the end of the experiment, in a higher leaf concentration of nitrogen and phosphorus, when compared to the other treatments. Furthermore, the product used proved to be efficient in the availability of phosphorus for the plants, since the levels of P in the soil decreased accidentally, when compared with its level in the initial soil, that is, the efficient microorganisms allowed a greater absorption of this nutrient by lettuce plants.

The results obtained in this study show that EM is a product that can be used as a biofertilizer in the cultivation of Lucy Brown lettuce, causing positive effects on the soil's chemical fertility and crop nutrition, which can be very promising for agroecological production and diversifying existing techniques.

According to the results obtained in this study, it is necessary a continuity in the theme of this research, testing different concentrations and doses of this product, verifying its relationship with the dynamics of nutrients in the soil more deeply, improving the technique and making it a reliable and accessible tool for producers.

## Efeito de biofertilizante na fertilidade do solo e nutrição de alface

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito da aplicação de Microrganismos Eficientes (EMs), na forma de um biofertilizante, sobre a fertilidade do solo e nutrição foliar da alface durante dois ciclos da cultura. Um dos maiores desafios da produção orgânica é a fertilização das culturas. Os EMs são considerados uma técnica alternativa, sustentável, segura e de baixo custo para aumentar a produtividade dos alimentos orgânicos, sendo sua utilização uma boa opção de manejo agroecológico. Para a captura dos EMs e produção do biofertilizante, utilizou-se de um substrato de arroz, conforme a metodologia empregada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Foram coletadas amostras de solo no início do primeiro ciclo e no final do segundo ciclo. As amostras foram encaminhadas para análise química, com a finalidade de avaliar possíveis alterações na concentração de Ca, Mg, K, P e Zn, assim como os níveis de CTC, saturação por bases, matéria orgânica e pH. Para a análise foliar, foram observadas as concentrações foliares dos seguintes nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn. Os resultados se mostraram satisfatórios para o tratamento que recebeu aplicação semanal de Microrganismos Eficientes, o qual resultou em um maior incremento dos elementos K, Zn e Ca no solo. Quanto às concentrações foliares, houve diferença significativa para N e P (48 e 9,2 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente) no tratamento que utilizou o biofertilizante.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L. Produção orgânica. Microrganismos eficientes. Coquetel biológico.

## References

ANDRADE, F. M. C. **Cadernos dos microrganismos eficientes (EM)**: Instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM. 2 ed. Viçosa: [s.n.], 2011.

BATTISTI, M. B.; SANTOS, M. G. **Avaliação da eficiência da aplicação de microrganismos eficientes EM•1® em cultivo de alface**. 2011. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/459>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

BRAGA, G. N. M. **A Relação Ca:Mg do Solo e o Ideal para as Plantas**. 2010. Disponível em: <<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2010/08/relacao-camg-do-solo-e-o-ideal-para-as.html>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. **Instruções para Coleta e Remessa de Amostras**. Departamento de Ciência do Solo – USP, 2013. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/Iso/coleta.htm>>. Acesso em: 15 maio 2019.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de Zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p.390-395, out. 1999. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/212439/1/CNPAF2000nkf.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

INAGAKI, A. M.; DIAMANTE, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S. NUNES, M. C. M.; SILVA, M. B.; NEVES, S. M. A. S. Identificação, mapeamento e comercialização de alface em Cáceres, Mato Grosso – Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p.353-361, jul. 2011. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV\\_5/A4138\\_T6262\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_5/A4138_T6262_Comp.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo. Boletim técnico, Edição revisada e atualizada, 106. 77 p. 2009. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/docs/Boletim\\_Tecnico\\_106\\_rev\\_atual\\_2009.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/docs/Boletim_Tecnico_106_rev_atual_2009.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

KATHOUNIAN, C. A. **A reestruturação ecológica da agricultura**. Botucatu: Muccio & Associado, 2001. 345 p. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4353522/mod\\_resource/content/0/A%20reconstrucao%20ecologica%20da%20agricultura.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4353522/mod_resource/content/0/A%20reconstrucao%20ecologica%20da%20agricultura.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L. **Preparo de microrganismos eficientes (EM)**. Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), n. 31, 2016.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L.; MOREIRA, V. R. R. **Uso de microrganismos eficientes em Plantas, Sementes e Solo**. Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, n. 32, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MATOS, F. A. C.; COSTA JÚNIOR, A. D.; SERRA, D. D.; BOAVENTURA, E. C.; DIAS, R. L.; CASCELLI, S. M. F. **Alface: saiba como cultivar hortaliças para colher bons negócios**. Brasília: Plano Mídia, (Agricultura Familiar). 2011, 32 p.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidade de Fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. Planaltina: Embrapa, 2003. 26 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568171/1/doc85.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

MITSUIKI, C. **Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata**. 2006. 98 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-26022007-151401/pt-br.php>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

PEREIRA, T. G.; SILVA, S.; MORAIS, E. G.; LOPES, M. A. P.; PEREIRA, J. G.; GONÇALVES, L. D. **Utilização de microrganismos eficientes (EM) na produção de alimentos orgânicos**. In: VII Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG – Campus Bambuí, 2014.

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

SAMPAIO, B. S. **Biofertilizante na produção de Alface**. 2013. 85 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/5196>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

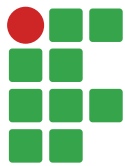
SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. **Saturação por bases**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2006. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONTAG01\\_21\\_2212200611544.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_21_2212200611544.html)>. Acesso em: 29 out. 2018.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed., revista ampliada. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. **Bokashi: adubo orgânico fermentado**. Niterói: Coordenadoria de Difusão de Tecnologia, 2013. 18 p. Programa Rio Rural. Disponível em: <[http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/40\\_Bokashi\\_Adubo\\_organico\\_fermentado.pdf](http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/40_Bokashi_Adubo_organico_fermentado.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

**Received in:** March 5, 2019

**Accepted in:** June 4, 2019



# Agroclimatic zoning of off-season (*safrinha*) corn for the first ten days of February in Goiás, Brazil

Raphael Maia Aveiro Cessa<sup>1</sup>

Felipe Gimenes Rues Silva<sup>2</sup>

Givaldo Dantas Sampaio Neto<sup>3</sup>

Nilton Nélio Cometti<sup>4</sup>

## Abstract

Through maps, agroclimatic zoning can help us understand the guidelines for the most suitable locations for sowing, minimizing risks of produce loss due to climatic adversities. The aim of the present study is to develop an agroclimatic zoning for the cultivation of a non-irrigated off-season (*safrinha*) corn in the state of Goiás, sown in the first ten days of February. The methodological steps were the delimitation of the representative bands of the climatic requirements for the crop; the spatialization of the climatic elements in the region; the spatial reclassification of climatic elements based on the climatic requirements for the crop; elaboration of the agroclimatic zoning map. Average, minimum, and maximum air temperature, accumulated precipitation, actual crop evapotranspiration and relative humidity of the air registered between February and July for the years 2013 to 2017 were used. The most suitable areas for the cultivation of the non-irrigated off-season corn sown in the first ten days of February in Goiás established by the agroclimatic zoning are concentrated in the South-Southwest and Northwest regions. The expressive presence of Latosol soil class and the proximity of the values of the climatic elements accumulated precipitation, temperature and altitude, which are proper for the development of the off-season corn, favour suitability of the areas.

**Keywords:** Rain. Farmers. Maps.

## Introduction

Agroclimatic zoning is a useful tool for technicians and farmers. Made available through a map, it facilitates the understanding of the guidance as to the most suitable locations to cultivate plant species, minimizing risks of produce loss due to climatic adversities (LANDAU et al., 2013). It is important to note that agroclimatic zoning does not include cultivation in areas of mandatory preservation, in accordance with Law No. 12.727 of 2012 (new Brazilian Forest Code).

The cultivation of agricultural species depends on their adaptation to edaphoclimatic conditions; it is necessary that the climatic components are similar to the places of origin of the plants – or the places where they have been genetically improved – according to the requirements of the species, this being the basis of the agroclimatic zoning (LANDAU et al., 2013; FRITZSONS et al., 2016).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – *Campus* Planaltina, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – Área Agronomia. [raphael.cessa@ifb.edu.br](mailto:raphael.cessa@ifb.edu.br). Rodovia BR 128, km 21, Zona Rural de Planaltina, Brasília, Distrito Federal, CEP: 73380-900.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso – *Campus* Confresa, Engenheiro Florestal. [felipe.silva@cfs.ifmt.edu.br](mailto:felipe.silva@cfs.ifmt.edu.br).

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – *Campus* Diamantino, Engenheiro Agrônomo. [givaldo.neto@dmf.ifmt.edu.br](mailto:givaldo.neto@dmf.ifmt.edu.br).

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – *Campus* Planaltina, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – Área Agronomia. [nilton.cometti@ifb.edu.br](mailto:nilton.cometti@ifb.edu.br).



A consensus among technicians and farmers, the season for sowing the off-season corn in the state of Goiás, associated with lower climatic risks and high yields, is the first ten days of February. This is because early sowing allows the plant to “escape” from water deficit in phenological stages, such as flowering and grain filling; the period also presents lower values of accumulated precipitation, which is important to the complete developmental cycle of the corn (HEINEMANN et al., 2009). Still, late sowing causes an expressive part of the plant cycle to be contemplated by higher temperatures, interfering with physiological aspects of the plant such as photorespiration and respiration (MARENCO; LOPES, 2013).

The objective of the present study was an agroclimatic zoning for the cultivation of non-irrigated off-season corn in Goiás sown in the first ten days of February.

## Material and methods

The attributes necessary for rasterization to obtain maps were: average, minimum and maximum temperatures, relative air humidity, actual evapotranspiration and accumulated precipitation (climatic data), soil classes, altitude and terrain slope.

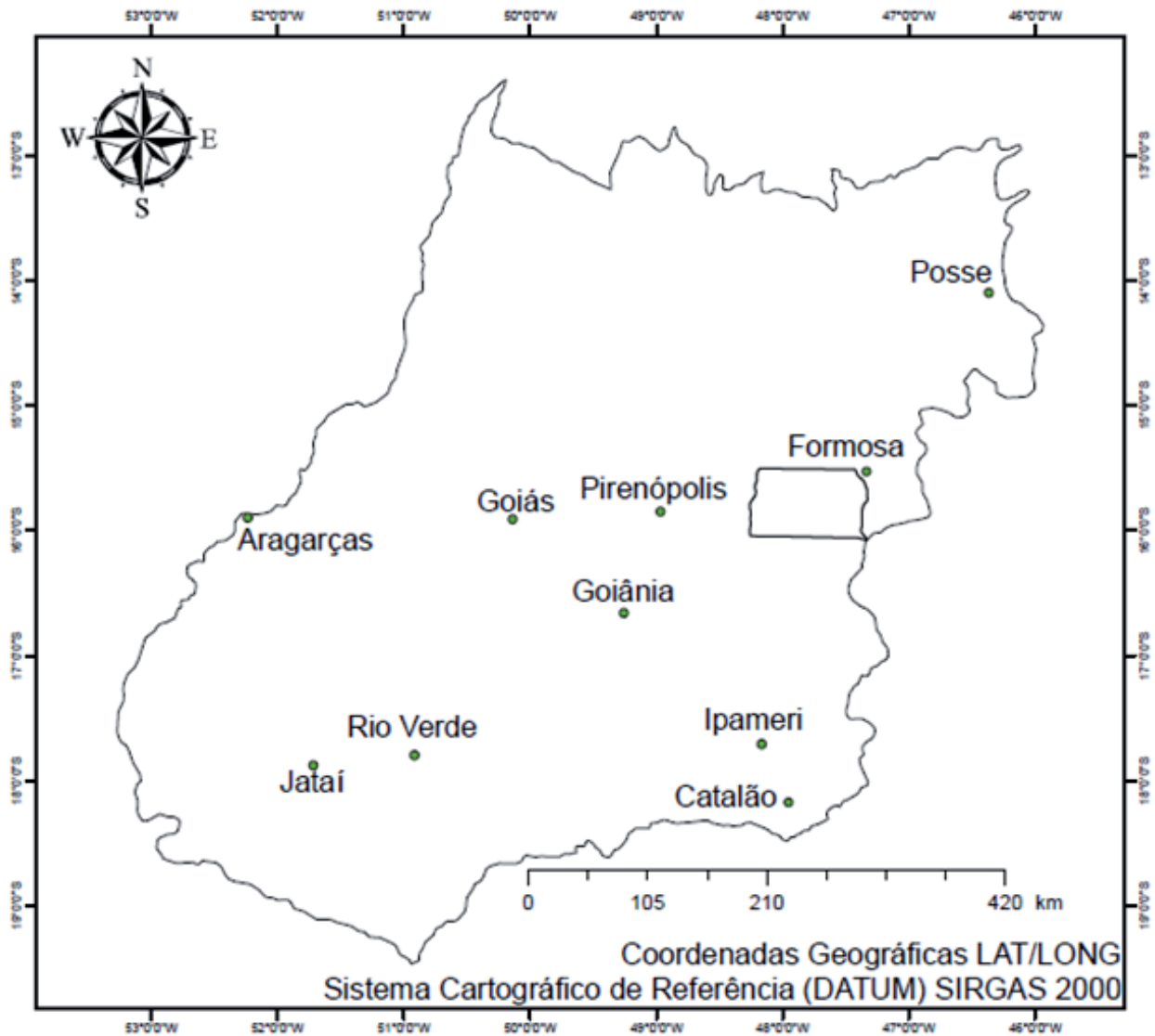
To make the agroclimatic zoning map, it was necessary to convert vector data into a matrix format, which enabled the development of map algebra operations through the computational application ArcGIS 10.1, in its *kriging* function. The system of geographic coordinates and cartographic projection used were Latitude/Longitude and SIRGAS 2000 (Datum), respectively.

The methodological steps used in the elaboration of an agroclimatic zoning start with the delimitation of the representative bands of the climatic requirements of the culture, spatialization of the climatic elements of the region, spatial reclassification of the climatic elements of the region based on the climatic requirements of the culture and elaboration of the map of agroclimatic zoning, delimiting the areas where there is agreement or not, or restrictions between the climatic requirements of the culture and the permissible limits of the climatic indices for that culture (SANTOS et al., 2015).

The climatic data come from the historical series of the National Institute of Meteorology from the automatic meteorological stations located in the state of Goiás, considering the first ten days of February between 2013 and 2017.

For each climatic element in each automatic meteorological station, the monthly average was obtained between the months of February and July – the period of cultivation of the off-season corn in Goiás – subsequently, through the monthly average, it was estimated the average for the period between the years 2013 and 2017. Thus, each automatic meteorological station (FIGURE 1) contained an average period value for each climatic element, forming a sample grid to produce isoline maps using the kriging model.

**Figure 1** – Location of the automated meteorological stations from the National Institute of Meteorology



**Source:** Elaborated by the authors (2020).

The altitude and slope maps of the state of Goiás were obtained from the generation of the digital terrain elevation model produced by the active sensors Shuttle Radar Topography Mission. From those vector data, the numerical model of rasterized terrain is generated to produce the altitude and slope map. The digital soil class map was made available in the computational extension *shapfile* by the State System of Geoinformation of Goiás, on a scale of 1:100,000.

Initially, using the computational application ArcGIS 10.1, a climate zoning map was created for the non-irrigated offseason corn crop in the first ten days of February in the state of Goiás. To do so, based on vector data, maps were made in raster format of the climatic elements mentioned, which were reclassified (Arc GIS 10.1 *reclassify* function) according to the classes and coefficients described in Tables 1, 2, 3, 4, 5 and 6.

**Table 1** – Ranges, classes for accumulated precipitation and coefficients

Accumulated precipitation range	Class	Coefficients
≤550 mm	Low	4
>550 mm to 650 mm	Good	7
>650 mm to 750 mm	Adequate	10

600 mm: average accumulated precipitation used as a reference to create the classes.

**Source:** Fancelli (1991); Pegorare et al. (2015).

**Table 2** – Ranges, classes for minimum temperature for the period between February and July and respective coefficients

Minimum temperature ranges	Class	Coefficients
16.5°C to 18°C	Fair	1
>18°C to 19°C	Good	2
>19°C to 20.5°C	Adequate	3

10.0°C: minimum temperature for the development of corn plants used as a reference to create classes.

**Source:** Fancelli; Dourado Neto (2000).

**Table 3** – Ranges, classes for average temperature and respective coefficients

Average temperature range	Class	Coefficients
<23°C	Fair	1
≥23°C to 24°C	Good	2
≥24°C to 25°C	Adequate	3

25.0°C: average temperature for the development of corn plants used as a reference to create classes.

**Source:** Fancelli; Dourado Neto (2000).

**Table 4** – Range, classes for maximum temperature and respective coefficients

Maximum temperature range	Class	Coefficients
29°C to 30°C	Adequate	3
> 30°C to 31°C	Fair	2
> 31°C to 32.5°C	High	1

35.0°C: maximum temperature for the development of corn plants used as a reference to create classes.

**Source:** Fancelli; Dourado Neto (2000).

**Table 5** – Range, classes for relative humidity and respective coefficients

Relative humidity range	Class	Coefficients
66% to 67%	Fair	1
> 67% to 68%	Good	2
69% to 70%	Adequate	3

70%: ideal relative humidity for the development of corn plants.

**Source:** adapted of Fancelli (2015).

**Table 6** – Ranges, classes for actual accumulated evapotranspiration and respective coefficients

Actual evapotranspiration range	Classes	Coefficients
421.0 mm to 426.0 mm	Unfavorable	1
>426.0 mm to 430.0 mm	Fair	2
>430.0 mm to 435.0 mm	Good	3

450.0 mm: actual accumulated reference evapotranspiration during the development cycle of corn plants.

**Source:** adapted of Souza et al. (2012).

Using reclassified and rasterized maps of climatic elements and the *raster* calculator function of the Arc GIS 10.1 by the algebraic model: (accumulated precipitation x weight 40) + (average temperature x weight 30) + (actual evapotranspiration x weight 10) + (relative humidity x weight 10) + (minimum temp x weight 5) + (maximum temp x weight 5), a rasterized map was created, which was reclassified according to Table 7, generating the climate zoning map (FIGURE 2).

**Table 7** – Classes and coefficients used in climate zoning

Range of climatic conditions	Coefficients
Suitable	10
Suitable with some climate restriction	8
Restricted	5
Very restricted	3
Unsuitable	1

**Source:** Elaborated by the authors (2020).

Also, rasterized maps (FIGURE 2) of the numerical terrain model (MNT), soil classes and slope were obtained, which were reclassified according to classes and the coefficients described in Tables 8, 9 and 10.

**Table 8** – Ranges, classes for altitude and respective coefficients

Altitude Range	Class	Coefficients
<700.0 m	Fair	5
> 700.0 m	Ideal	8

According to EMBRAPA (2018, a and b), higher corn grain yields are obtained at altitudes above 700.0 m.

**Source:** Elaborated by the authors (2020).

**Table 9** – Ranges of soil classes, classes and respective coefficients

Soil class range	Classes	Coefficients
Outcrop	Unsuitable	1
Neosols	Unsuitable	2
Gleysols	Very restricted	2
Plinthosol	Very restricted	3
Cambisols	Restricted	5
Planosols	Restricted	5
Argisols	Suitable	7

Soil class range	Classes	Coefficients
Ferralsols	Suitable	10
Chernozem	Suitable	10

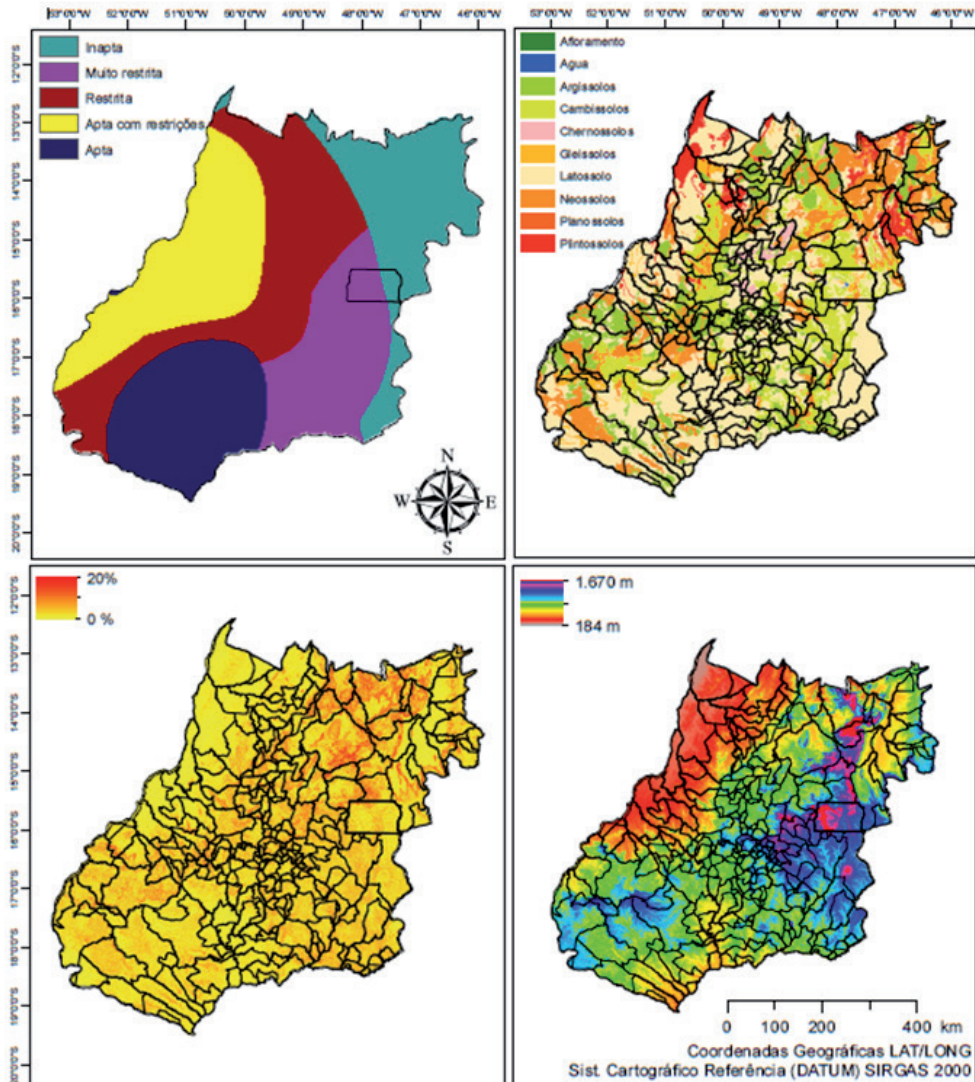
Source: Elaborated by the authors (2020).

Table 10 – Ranges, classes for slope and respective coefficients

Slope	Class	Coefficients
0.0% to 5.0%	Extremely suitable	4
> 5.0% to 10.0%	Very suitable	3
> 10.0% to 15.0%	Suitable	2
> 15.0% to 20.0%	Moderately suitable	1

Source: Höfig; Araujo –Junior (2015)

Figure 2 – Climatic zoning of non-irrigated off-season corn sown in the first ten days of February in Goiás, soil classes, altimetry in meters and percentage slope.



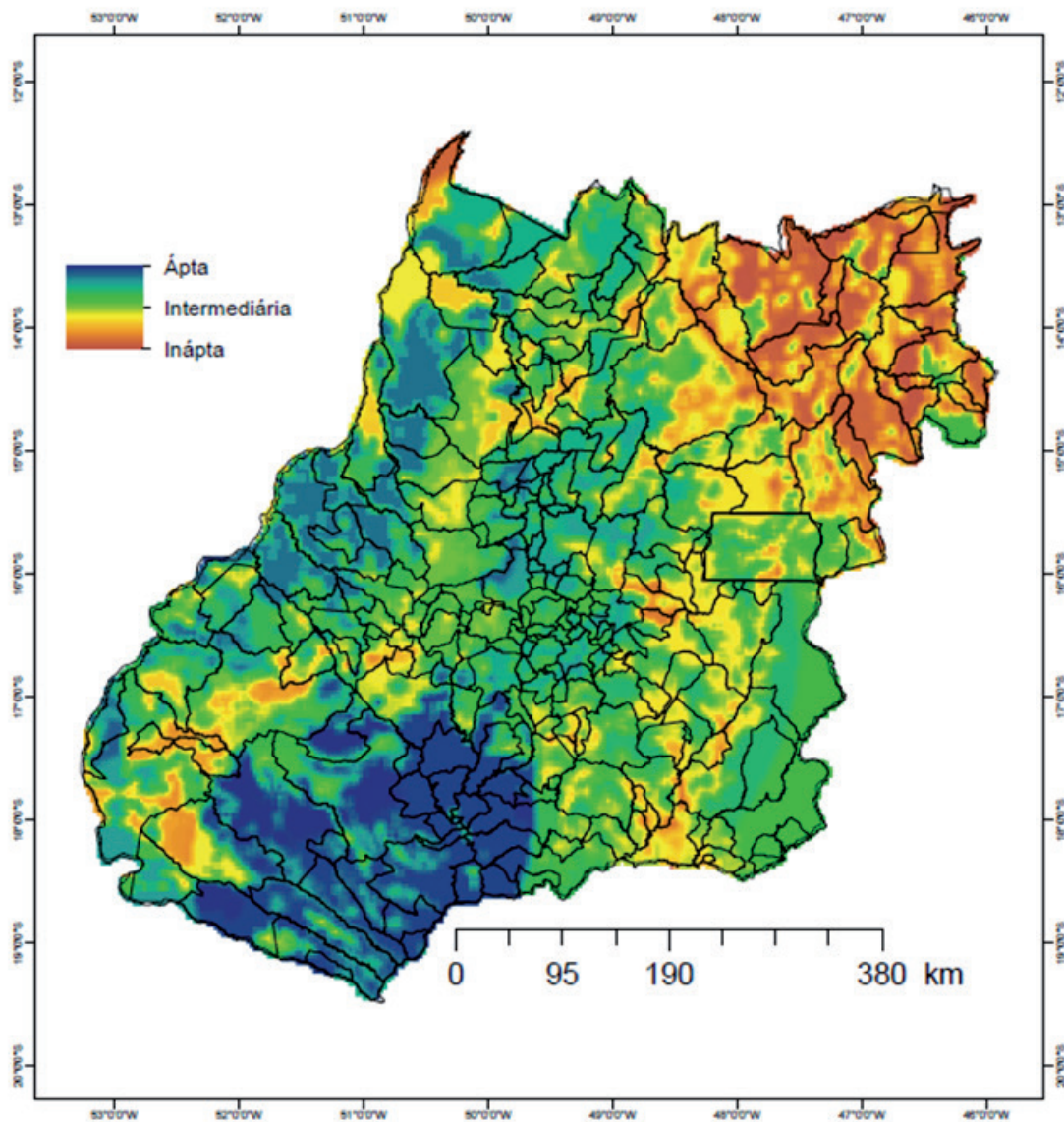
Source: Elaborated by the authors (2020).

Finally, the reclassified maps of soil classes, slope, MNT and climate zoning were interposed using the Arc GIS 10.1 *raster* calculator function, with the algebraic model: (soil class x weight 50) + (climatic zoning x weight 30) + (MNT x weight 10) + (slope x weight 10). Suitable, intermediate, and unsuitable classes were inserted in the rasterized map of the interposition.

## Results and discussion

The South-Southwest region and parts of the Northwest region concentrate the largest portions of the most suitable areas of zoning, followed by the Southeastern Goiás (FIGURE 3). The Northeastern region concentrates less suitable or even unsuitable areas.

**Figure 3** – Agroclimatic zoning of non-irrigated off-season corn sown in the first ten days of February in Goiás



**Source:** Elaborated by the authors (2020).

The South-Southwest and Northwest regions were possibly the most suitable (FIGURE 3) in the present agroclimatic zoning, due to the presence of the class of Latosol soils and favorable climatic conditions for the cultivation of corn, with average temperatures (25°C) and accumulated precipitation in the period studied (600 mm) close to those ideal for the cultivation of “safrinha” corn. This possibility is sustained since the soil classes and climatic zoning had “weights” of 50% and 30% respectively in the construction of the present agroclimatic zoning.

In the Northeast region, containing less suitable or unsuitable areas (FIGURE 3), classes of Plinthosol, Gleysol and Neosol soils are present, as well as accumulated precipitation values below the reference values (600 mm) and higher maximum temperatures, but not above the maximum for the 35°C culture, than those observed in the South-Southwest and Northwest regions, which classifies it as “restricted” in the climate zoning map (FIGURE 2).

By comparing the Southwest and South with the Northwest and North, we observe that the temperature variation cited in the previous paragraph is influenced by altitude (FRITZSONS et al., 2016), which was reported by Nimer (1979), who attributed to the latitude the higher temperatures in the North (24°C) and the lower temperatures in the South (22°C), while the relief favours higher average temperatures close to 22°C in places of lower altitudes, decreasing to 20°C in higher areas. This spatial variability was also found by Marcuzzo and Faria (2012) who, when spatializing the average annual temperature of the state of Goiás and the Federal District, observed annual averages between 26°C and 27°C in the Northwest (lower latitude and altitude) compared to Southeast and East (highest latitude and altitude) with values between 20°C and 22°C.

In 2005, Ribeiro et al. (2005) already observed that Goiás, especially in the Southwestern region, presents soil and climate conditions highly favorable to grain production, with a high percentage of soils with medium to clayey texture occurring in large plains and plateaus, and concentrated precipitation from September to May. Furthermore, the authors stated that like any agricultural production system, the off-season system would undergo transformations over the years.

Naturally, uninterrupted research programs on new systems for off-season corn cropping and genetic improvement make it possible to grow plants in locations previously considered unsuitable. Also, climate changes can alter the agroclimatic zoning in terms of the location and performance of plants in productive terms.

Minuzzi and Lopes (2015), studying future climatic scenarios for growing off-season corn in the Midwest of Brazil, identified that there will be a reduction in the cycle duration of the plant because it is based on the concept of accumulated degree days. Thus, as the projections suggested an increase in temperature, sooner the crop of off-season corn will reach its energy requirement to complete its cycle. The reductions in the cycle for off-season corn for the Midwest are two to eight days in the short term (2016-2035) and six to eleven days in the medium term (2046-2065). For the South of Goiás, represented in the study of the authors mentioned, in the municipality of Rio Verde, there will be, in the short term, reductions in the cycle and productivity in the order of 11 days and 0.802 t ha<sup>-1</sup>, respectively. For the short-term scenario, the values are 16 days and 0.937 t ha<sup>-1</sup>.

## Conclusion

The most suitable areas for the cultivation of the non-irrigated off-season (safrinha) corn sown in the first ten days of February in Goiás established by the agroclimatic zoning are concentrated in the South-Southwest and Northwest regions. The expressive presence of Latosol soil class and the

proximity of the values of the climatic elements accumulated precipitation, temperature, and altitude, which are proper for the development of the off-season corn, favour the suitability of the areas.

## Zoneamento agroclimático do milho “safrinha” para a primeira dezena de fevereiro em Goiás, Brasil

### Resumo

O zoneamento agroclimático facilita o entendimento das orientações sobre as localidades mais aptas de cultivo das espécies vegetais por meio de mapas, minimizando riscos de perda de produtos em decorrência de adversidades climáticas. Objetivou-se com o presente estudo um zoneamento agroclimático para cultivo do milho “safrinha” não irrigado, no estado de Goiás, semeado na primeira dezena de fevereiro. As etapas metodológicas foram: delimitação das faixas representativas das exigências climáticas da cultura; espacialização dos elementos climáticos da região; reclassificação espacial dos elementos climáticos com base nas exigências climáticas da cultura; elaboração do mapa de zoneamento agroclimático. Fez-se uso das temperaturas do ar média, mínima e máxima, da precipitação acumulada, da evapotranspiração real da cultura e da umidade relativa do ar, entre os meses de fevereiro e julho dos anos de 2013 a 2017. As áreas mais aptas ao cultivo do milho safrinha não irrigado semeado na primeira dezena de fevereiro em Goiás estabelecidas pelo zoneamento agroclimático estão concentradas nas Regiões Sul-Sudoeste e Noroeste do estado. Tal favorecimento de aptidão é dado pela presença expressiva da classe de solo Latossolo, bem como pela proximidade dos valores dos elementos climáticos, precipitação acumulada, temperatura e altitude, adequados ao desenvolvimento do milho safrinha.

**Palavras-chave:** Chuvas. Agricultores. Mapas.

### Referências

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Ensaio Nacionais de Cultivares de Milho Centro Precoce 2016/2017**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1347058/27288493/ENCNP2016-17.pdf/f15b3eac-e264-c730-847a-705393648b1c>. Acesso em: 15 maio 2018a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Ensaio Nacionais de Cultivares de Milho centro superprecoce 2016/2017**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1347058/27288493/ENCSP2016-17.pdf/03b4ca53-38ae-b2e0-80e9-d63f9e812aca>. Acesso em: 15 maio 2018b.

FANCELLI, A. L. Milho e feijão: elementos de manejo em agricultura irrigada. In: DOURADO NETO, D.; SAAD, A. M.; JONG VAN LIER, Q. **Fertirrigação: algumas considerações**. Piracicaba:ESALQ, Depto. de Agricultura, 1991. p.156-167.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.



FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. **Visão Agrícola**, v. 1, n. 13, p. 24 – 29, 2015.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, n. 1, p. 80 – 92, 2016.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. L. T. de; GOMIDE, R. L.; AMORIM, A. O.; PAZ, R. L. da. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência Agrotecnológica**, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, 2009.

HÖFIG, P.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 195 - 203, 2015.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P. **Mapeamento das épocas aptas para o plantio de milho consorciado com braquiária na segunda safra agrícola no Brasil**. Sete Lagoas-MG: EMBRAPA CNPMS, 2013. 15 p. (Circular Técnica nº 187).

MARCUZZO, F.; FARIA, T. G.; PINTO FILHO, R. F. Chuvas no estado de Goiás: análise histórica e tendência futura. **ACTA Geográfica**, v. 6, n. 12, p. 125-137, 2012.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal - fotossíntese respiração relações hídricas nutrição mineral**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2013. 486 p.

MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 12, p. 734-740, 2015.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.

PEGORARE, A. B.; FEDATO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, P. L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2015.

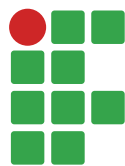
RIBEIRO, P. H. E.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C. Características do sistema de produção de milho safrinha no estado de Goiás. SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8, 2005, Assis. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 2005. p. 91–104.

SANTOS, A. R. dos; RIBEIRO, C. A. A. S.; SEDIYAMA, G. C.; PELUZIO, J. B. E.; PEZZOPANE, J. E.; BRAGANÇA, R. **Zoneamento agroclimático no ArcGIA 10.3.1: passo a passo**. Alegre-ES: CAUFES, 2015. 58p.

SOUZA, A. P. de; LIMA, M. E. de; CARVALHO, D. F. de. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucunacinha, usando lisímetros de pesagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 142-149, 2012.

**Received in:** February 3, 2019

**Accepted in:** June 17, 2019



# Use of medicinal plants and socioeconomic evaluation of urban and rural populations of Sobradinho (DF-Brazil)

Judite Araújo de Sousa<sup>1</sup>

Yara Sousa Silva<sup>2</sup>

Francisco Roque<sup>3</sup>

Silvia Dias da Costa Fernandes<sup>4</sup>

Marina Neves Delgado<sup>5</sup>

## Abstract

It is known that the use of medicinal plants can improve health, and their study in Brazil is promising due to their floristic megadiversity, mainly in Cerrado, where several traditional populations live, and many endemic species can be found. From data obtained through interviews, this research recorded the medicinal plants used by 40 residents of urban and rural areas of Sobradinho (DF), situated in Cerrado, and evaluated their socioeconomic profiles. Rural women had a greater knowledge about medicinal plants. Most of the urban population had a full college education, while most of the rural population had not completed their basic education. Although the urban population also used literature, the main source of knowledge came from family members. The level of ethnobotanical knowledge was vast in Sobradinho and similar in urban and rural areas, where the interviewees cited 86 names of medicinal plants that corresponded to 126 species, of which 56.35% were native to Brazil and 43.65% exotic. All of the species were categorized into 48 botanical families, with Asteraceae, Lamiaceae and Fabaceae being the most cited, respectively. Although they knew many native species of medicinal plants, the population used more exotic ones, such as mint, lemongrass and boldo to treat conditions such as stress, flu and indigestion, respectively.

**Keywords:** Cerrado. Ethnobotany. Exotic medicinal plants.

## Introduction

Medicinal plants have therapeutic properties that can be used in the manufacture of chemicals or drugs (VEIGA-JÚNIOR et al., 2005). Medicinal plants have been widely used in popular medicine because they are considered natural (SIMÕES et al., 1998) and cheaper than pharmaceutical drugs (FIGUEREDO, 2013). They have been used by the Unified Health System of Brazil (SUS, Sistema Único de Saúde in Portuguese) since 2007 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016), indicating greater social importance (FIGUEREDO, 2013).

1 Instituto Federal de Brasília (IFB), *Campus* Planaltina, graduada em Tecnólogo em Agroecologia. [sousajudy@yahoo.com.br](mailto:sousajudy@yahoo.com.br). DF-128 - Planaltina, Brasília - DF.

2 IFB, *Campus* Planaltina, graduada em Tecnólogo em Agroecologia. [yara.sousasilva@gmail.com](mailto:yara.sousasilva@gmail.com).

3 IFB, *Campus* Recanto das Emas, professor-doutor. [francisco.roque@ifb.edu.br](mailto:francisco.roque@ifb.edu.br).

4 IFB, *Campus* Planaltina, Professor-doutor. [silvia.fernandes@ifb.edu.br](mailto:silvia.fernandes@ifb.edu.br).

5 IFB, *Campus* Planaltina, Professor-doutor. [marina.delgado@ifb.edu.br](mailto:marina.delgado@ifb.edu.br).

The study of medicinal plants in Brazil is promising due to their floristic megadiversity (GUERRA; NODARI, 2003), which includes numerous medicinal species (FIGUEREDO et al., 2014). The country is also different physiographically contrasting biomes with great biological wealth, high endemism and vast ecological complexity. For example, Brazil has the largest rainforest, the Amazon Rainforest, the largest floodplain, Pantanal, and the most diverse savanna, Cerrado, in the world (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

Cerrado has 10,000 species of plants (MEYERS et al., 2000), with 44.0% being endemic (SILVA-JÚNIOR; BATES, 2002). It is considered the second largest biome of South America, comprising 10 Brazilian states and the Federal District (Distrito Federal - DF) (SANTOS et al., 2010). According to Ribeiro and Walter (1998), Cerrado is a vegetation complex, consisting of grasslands to forest. Despite its biological and social importance, given that several traditional communities depend on its natural resources to survive, Cerrado is being destroyed by human activities (CAVALCANTI; JOLY, 2002). Therefore, it is vital to preserve it because its degradation is causing loss of biodiversity and of medicinal species (PAGOTTO; SOUZA, 2006). In order to decrease the destruction of Cerrado, it is necessary to economically appreciate its environmental worth (CAVALCANTI, 2005; DELGADO et al., 2019), such as in the bioprospection of native medicinal plants. Nevertheless, the collection of native medicinal plants is extensive and, at times, irresponsible (FRANCO; BARROS, 2006), since it may cause their extinction (BORGES-FILHO; FELFILI, 2003; BAVARESCO et al., 2016). Therefore, research of native medicinal plants should be based on agroecology principles, such as the rational use of biodiversity, the conservation of traditional knowledge (SILVA et al., 2007) and the socioeconomic development of the end users of medicinal plants (BORSATO et al., 2009). Thus, investigations like this study can and should be conducted in Distrito Federal.

Sobradinho is an administrative region of DF founded in 1960 (ANUÁRIO DO DISTRITO FEDERAL, 2014). Of its population, 52.81% were born in Distrito Federal, and 47.19% are immigrants from other Brazilian states, mainly Minas Gerais, Goiás, Bahia and Piauí. In total, 45.5% are men and 54.55% are women (PDADDF, 2015). Sobradinho has four green parks (Parque de Uso Múltiplo Centro de Lazer e Cultural Viva Sobradinho, Parque Ecológico dos Jequitibás, Parque Ecológico e Vivencial de Sobradinho and Parque Recreativo e Ecológico Canela de Ema), some of which have Cerrado vegetation (INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL, 2012). Because its population has heterogeneous origins (GOMES et al., 2015) with easy access to remnants of natural vegetation (MESSIAS et al., 2015), as Cerrado, the hypotheses of our study were the following: (1) the population of Sobradinho has a high level of ethnobotanical knowledge, (2) especially its rural population, who are likely to have more contact with the cultivation of medicinal plants and flora resources.

Therefore, our objectives were to perform an ethnobotanical study of medicinal plants used and known by the population of Sobradinho (DF - Brazil) and to compare socioeconomic characteristics and the ethnobotanical knowledge of rural and urban residents of Sobradinho, in different areas of that administrative region, in order to analyze whether the knowledge was more rural, urban or equally widespread.

## Material and methods

### Ethnobotanical research

This research proposal was submitted to Plataforma Brasil (Process number: 56011516.6.0000.5650) and evaluated by the Comitê de Ética do Centro Universitário do Distrito Federal (CEP-UDF).

Potential respondents were determined by the “snowball” technique, that is, connoisseurs of medicinal plants indicated other connoisseurs (ALBUQUERQUE et al., 2010). Only those who signed the informed consent form (ICF) were interviewed. In these cases, a copy of ICF was given to the interviewee and the researcher kept the original. In total, 40 people were interviewed, all of them adults, 20 of whom were urban and 20 rural residents. The interviews were conducted from August 2016 to February 2017. The number of 40 interviewees is considered high for ethnobotany research, since many other important studies have smaller sample size than it (OLIVEIRA et al. 2010; COSTA; MARINHO, 2016; PRADEICZUK et al., 2017).

The interviews were semi-structured with written questions (ALEXIADES; SHELDON, 1996), but also interactive since the interviewees could provide more detailed answers or relate some experiences if they desired (ALBUQUERQUE et al., 2010). The interviews dealt with social questions (place of birth, educational level, place of origin, etc.) and ethnobotanical knowledge (origin of knowledge, popular names of medicinal plants which have already been used by the interviewees, way of use, etc.).

## Data analysis

The data from the interviews conducted in urban and rural areas were analyzed separately. After that, two lists of the medicinal plants used by the interviewees along their indications were done for each area. From the two lists, species and family of each medicinal plants were identified, using the popular names cited by the interviewees, photographs and literature (mainly, LORENZI; MATOS, 2008). The origin and spelling of species names, authors of species and family identification were confirmed using the Internet website “Flora do Brasil 2020 - em construção”, from Jardim Botânico do Rio de Janeiro (2017).

Quantitative analyses with percentages were calculated using socioeconomic and ethnobotanical data in order to evaluate differences between interviewees of urban and rural areas in relation to: (1) the number of men and women; (2) birthplace; (3) age group, such as young (18 to 19 years), young adult (20 to 39 years), adult (40 to 59) and elderly (over 60 years) (adaptation of Villaneuva (1987)); (4) education level, such as non-reader, incomplete primary education, primary education, incomplete secondary education, secondary education, incomplete college education and college education; (5) occupation, such as public worker, CLT worker, self-employed professional, student, retired, household worker; (6) origin of ethnobotanical knowledge, such as family, books and magazines, self-experience, other people, other sources; (7) the main collection site of the medicinal plants, such as nature, yard, gardens or market places; (8) the level of ethnobotanical knowledge; (9) the quantity of native or exotic species cited; (10) organ or part of the plant used to obtain the therapeutic effect, such as root, stem, bark, leaf, flower, seed, fruit or the entire plant) and (11) access to the public health service.

Statistical analyses were performed on the data: (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9) and (10). The Chi square test was used to evaluate (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (9) and (10) and Kruskal-Wallis (H) to test (8). All the analyses were performed using PAST 3.18 software (HAMMER et al., 2001), being  $\alpha$  equal 5%.

## Results and discussion

The total number of men and women who have knowledge about medicinal plants differed between rural and urban areas (Chi square test = 3.75;  $p < 0.05$ ). In the urban area, the ethnobotanical knowledge was well distributed between males and females (TABLE 1). However, in rural areas women had the most knowledge (TABLE 1), which is understandable since woman have traditionally been responsible for matters of the family, such as food and health, since the dawn of civilization (BUDÓ et al., 2008).

**Table 1** – Social data of interviewees from the ethnobotanical research carried out in the urban and rural areas in Sobradinho – DF (Brazil).

Social data		Urban area	Rural area	Sobradinho
	Men	11	5	16
	Women	9	15	24
Birthplace	DF	13	6	19
	Other states	7	14	21
Age group	Young (18 to 30 years)	5	4	9
	Adult (31 to 60 years)	14	12	26
	Elderly (over 60 years)	1	4	5
School level	Non-reader	0	1	1
	Incomplete primary education	0	6	6
	Primary education	0	5	5
	Incomplete secondary education	0	0	0
	Secondary education	1	4	5
	Incomplete college education	8	2	10
	College education	11	2	13
Occupation	Public worker	9	0	9
	CLT worker	3	5	8
	Self-employed professional	2	5	7
	Student	4	0	4
	Retired	1	2	3
	Household worker	1	8	9
Origin of ethnobotanical knowledge	Family	20	16	36
	Books and magazines	8	2	10
	Self-experience	1	2	3
	Other people	4	6	10
	Other sources	1	4	5
Teaches the knowledge	Yes	13	19	32
	No	7	1	8
Main place to collect the medicinal plant	Nature	8	6	14
	Yard or garden	12	17	29
	Market place	9	7	16
	Other sources	3	6	9

Social data		Urban area	Rural area	Sobradinho
Access to public health service	Yes	20	20	40
	No	0	0	0

N = 40 people, 20 from urban areas and 20 from rural areas.

**Source:** Elaborated by the authors (2020).

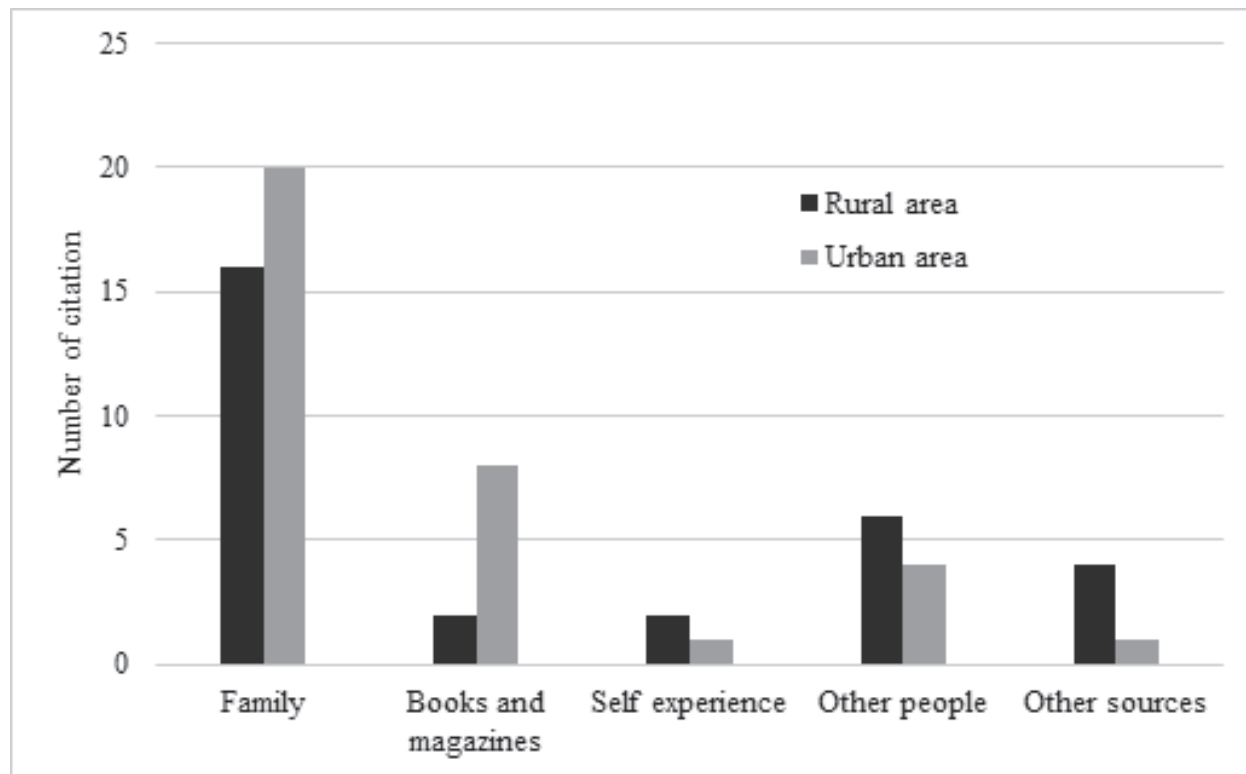
Interviewees differed in relation to birthplace when we observed urban and rural areas, because we observed that more interviewees from urban areas were born in DF; on the other hand, the majority of interviewees from rural areas were born in other states (TABLE 1) (Chi square test = 4.91;  $p < 0.05$ ). These results show that the knowledge about medicinal plants in Sobradinho was amassed by the local community and people from other regions of Brazil. The incorporation of traditional knowledge from other states was expected because Brasília (DF) has received a great number of migrants since its establishment (PESQUISA DISTRITAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIO DO DISTRITO FEDERAL, 2015).

There was no difference in the age groups between urban and rural interviewees (TABLE 1) (Chi square test = 5.82;  $p > 0.05$ ). For that reason, our result suggested that there was transmission of ethnobotanical knowledge among people of different ages, favoring its maintenance.

The level of education was different between people who lived in urban and rural areas (Chi square test = 30.93;  $p < 0.01$ ), with a large proportion of urban population achieving a university education (TABLE 1), while most rural people had not completed basic education (TABLE 1). It suggested that both people who were less formal educated and more formal educated valued the knowledge about medicinal plants.

The interviewees also had several types of occupation (TABLE 1). Forty-five percent were public workers in urban areas, while 40% were household workers in rural areas. A correlation was observed between the ethnobotanical knowledge and the type of job. The public workers work in a farm-school that valued knowledge about medicinal plants, since they are professors of agrarian and biological areas. The household workers in rural areas, composed of only women, have an important role in family health care (2008), therefore, it was expected that they would be knowledgeable about medicinal plants.

There was no statistical difference regarding the origin of ethnobotanical knowledge between urban and rural areas (Chi square test = 6.35;  $p > 0.05$ ). However, we could suppose that the main origin of the ethnobotanical knowledge was familial (FIGURE 1). According to Guerra and Nodari (2003), this method of information transmission has occurred for millennia. The interviewees also reported increasing their knowledge about medicinal plants through books and magazines, their own experiences and information shared with other people (MESSIAS et al., 2015). However, interviewees from urban areas were more interested in the literature than the residents of the rural areas (FIGURE 1). This finding had been expected because interviewees from urban areas had a greater engagement with formal studies than interviewees from rural areas.

**Figure 1** – Origin of the ethnobotanical knowledge.

**Source:** Elaborated by the authors (2020).

Eighty percent, i.e. 32 interviewees (TABLE 1), taught their knowledge orally. This fact shows that people have pride in their knowledge of medicinal plants because people teach what they believe. Moreover, this fact also corroborates the maintenance of ethnobotanical knowledge (GOMES et al., 2015).

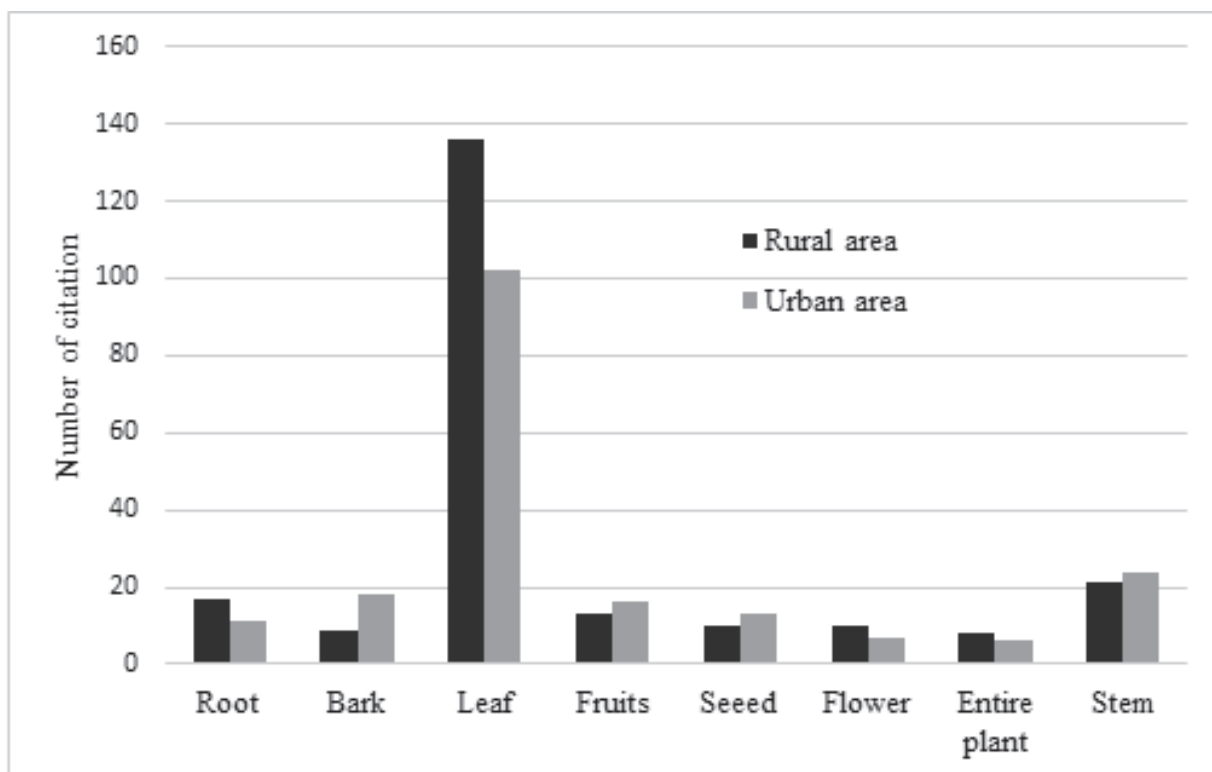
Most of the medicinal plants were cultivated in domestic yards (TABLE 1), being it more common in rural areas (Chi square test = 14.05;  $p < 0.01$ ). This result is consistent with the type of houses found in Sobradinho, since its urban area is usually formed by houses with backyards and the rural areas are composed of many small farms. WinklerPrins (2002) states that urban backyards can be interpreted as a transition from rural to urban housing as they favor the practice of gardening and cultivation of medicinal and food plants and are important areas for maintaining agrobiodiversity.

The same people who cultivated medicinal plants in their gardens or yards also collected plants from nature or bought them in the market places. As we did not trace the origin of medicinal plants that were commercialized, it is possible that the sellers of medicinal plants also cultivate them in house gardens and/or collect them from nature, especially those native to Cerrado.

The collection of plants in the field had been expected, since Sobradinho has many green parks with wild vegetation (INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL, 2012). However, the vegetable extractivism needs to take place responsibly because it may cause a decrease in the native plant population, as it has already happened to barbatimão (*Stryhnodendron adstrigens*) (BORGES-FILHO; FELFILI, 2003) and sucupira-branca (*Pterodon* sp.) (BAVARESCO et al., 2016). Hence, it is necessary to teach correct and sustainable ways of vegetable extractivism in human settlements near areas of Cerrado in order to conserve native species.

The urban and rural areas did not differ in relation to the type of collected organ from medicinal plants (Chi square test = 9.17;  $p > 0.05$ ). However, leaves were the most collected plant organs both in urban and rural areas (FIGURE 2), which has already been observed in other studies (GOMES et al., 2015; COSTA; MARINHO, 2016). Fortunately, leaf extractivism is considered the least damaging to the plant because it does not directly decrease the reproduction nor does it cause the plant to die, unlike the collection of roots, seeds, stems and bark.

**Figure 2** – Collected organs from the medicinal plants.



**Source:** Elaborated by the authors (2020).

All interviewees had access to public health services (TABLE 1). The perpetuation of ethnobotanical knowledge, despite having access to SUS, must be due to the fact that many patients still want to be able to choose alternative forms of treatment (FIGUEREDO, 2013). Another reason could be limited access to drugs prescribed by doctors after the ambulatory service (FIGUEREDO et al., 2014), because the use of medicinal plants is cheaper than the use of pharmaceutical drugs (FIGUEREDO, 2013). The SUS incentive for the use of medicinal plants as an alternative to the primary health service (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012) may be another reason to perpetuate this knowledge. Finally, there are many people who also use medicinal plants combined to other types of medication (FIGUEREDO et al., 2014).

Our study partially corroborated the tested hypothesis. The population of Sobradinho presented wealth knowledge about the use of medicinal plants, citing 86 popular names of medicinal plants from 126 species. However, the interviewees from rural and urban areas showed an equivalent level of knowledge ( $Z = -1.504$ ,  $p > 0.05$ ), which was contrary to our



expectations. Of the popular names mentioned by all the interviewees, 30 were exclusive to rural areas and 21 to urban areas. On the other hand, 33 popular names were cited in both areas. Therefore, 54 medicinal plants (64.29% of those mentioned) were reported in urban areas and 63 (75% of the plants cited) in rural areas.

Traditionally, the rural population depends more directly on nature to survive than the urban population (MARQUES, 2002). Therefore, it has long been thought that they may be more knowledgeable about medicinal plants than urban people. Likely, this hypothesis was not confirmed because the interviewees of the urban areas were mainly public worker specialists in environmental and agrarian fields. In addition, the urban area of Sobradinho has few buildings and many houses with small gardens or backyards, where the majority of medicinal plants are cultivated. Gardens and backyards favor the maintenance of ethnobotanical knowledge in urban populations (PRADEICZUK et al. 2017). Therefore, the knowledge about medicinal plants is widely diffused in Sobradinho, an extremely positive fact regarding its perpetuation.

The 86 popular names of medicinal plants corresponded to 126 species because there was more than one species for each popular name cited in most cases, which corroborates findings by Gomes et al. (2015). Of the 126 species, 71 were native to Brazil and 55 were exotic, that was considered equal in statistical terms (Chi square test = 0.002;  $p > 0.05$ ). Around 10% of 71 native medicinal species were endemic to Brazil, with 78.87% restricted to Cerrado. These results demonstrate the richness of Cerrado flora for medicinal plants, reinforcing the importance of the valorization of the native vegetation since several species have pharmaceutical potential. For this reason, our research has a strong conservationist appeal since the interviews were conducted in the Cerrado, one of the most threatened biomes in the world (MEYERS et al., 2000), especially in the DF, where several land invasions by the human population are destroying the native flora of the region (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL, 2017).

Our research identified 48 families of plants, with Asteraceae, Lamiaceae and Fabaceae being the most representative families with 22, 15 and 11 species, respectively. These families have been commonly cited in other studies (NETO; MORAIS, 2003; OLIVEIRA; LUCENA, 2015; GOMES et al., 2015), because they form considerably diverse taxonomic groups with high colonization ability, favoring their use by the human population (SOUZA et al., 2016).

The most commonly genera cited were *Mentha* (Lamiaceae), *Passiflora* (Passifloraceae) and *Qualea* (Vochysiaceae), with four species each, followed by *Baccharis* and *Mikania* (Asteraceae), *Bauhinia* (Fabaceae), *Pteridium* (Dennstaedtiaceae) and *Ocimum* (Lamiaceae), with three species each. From the analysis of these genera, the dominance of Asteraceae, Fabaceae and Lamiaceae was once again observed.

However, despite an expertise regarding native medicinal species, the population of Sobradinho made more frequent use of exotic species, such as mint, lemongrass, boldo, melissa and aloe (TABLE 2). Messias et al. (2015) also observed that 40% of the medicinal plants cited by residents of Ouro Preto (MG) were exotic. In urban areas, lemongrass, melissa, boldo, aloe and mint were the most cited, respectively, differing statistically from the others. In rural areas, mint, boldo, aloe, lemongrass, melissa, mastruz, rosemary, ginger and mentha were the most cited. These results demonstrated that the most used medicinal plants were practically the same in both areas.

**Table 2** – Decreasing order of the 10 most medicinal plants, which have been already used by interviewees from the ethnobotanical research carried out in the urban and rural areas in Sobradinho – DF (Brazil).

Classification	Popular names of medicinal plants	Citation			Indication uses according to the interviewees
		Urban areas	Rural areas	Both areas	
1 <sup>st</sup>	Mint	9	17	26	Gas, indigestion, abdominal cramps, malaise, flu, cough, cold, bronchitis, general pains, fever, high blood pressure and worms. It is carminative, digestive, antispasmodic, physically stimulating, analgesic, vermifuge and soothing.
2 <sup>nd</sup>	Lemongrass	13	9	22	Flu, cold, tiredness, malaise, high blood pressure, indigestion, low immunity and headache. It is soothing, physically stimulating, a decongestant and diuretic.
3 <sup>rd</sup>	Boldo	10	10	20	Digestive problems (stomach pain, heartburn, indigestion, intestinal cramps and nausea), inflammation in the uterus, hangover and headache. It is laxative, digestive, detoxifying and abortifacient.
4 <sup>th</sup>	Melissa	11	8	19	Gas, reflux, abdominal cramps, headache, tiredness, malaise, cold and flu. Controls blood pressure. It is carminative, analgesic, antispasmodic, physically stimulating and soothing.
5 <sup>th</sup>	Aloe	9	9	18	Hemorrhoid, burn, acne, capillary and stomach problems. It is healing, anti-tumor, anti-inflammatory, skin moisturizing, laxative and preventative of prostate cancer.
6 <sup>th</sup>	Mastruz	5	8	13	Infection, worms, stomach pain and bruising. It is anti-inflammatory, analgesic, healing and appetite stimulating.
7 <sup>th</sup>	Rosemary	5	7	12	Sinusitis, flu, cough, asthma and headache. Controls blood pressure. It is soothing and astringent.
8 <sup>th</sup>	Ginger	5	6	11	Flu, low immunity, sore throat and hoarseness. Aids in cleaning teeth. It is anti-inflammatory, depurative of the stomach and slimming.
9 <sup>th</sup>	Mentha ("Poejo")	3	6	9	Abdominal cramps, flu, cold, cough and runny nose. It is soothing, antispasmodic and analgesic.
10 <sup>th</sup>	Mikania ("Guaco")	4	4	8	Flu and cough. It is anti-inflammatory, analgesic and expectorant.
10 <sup>th</sup>	Phyllanthus ("Quebra pedra")	6	2	8	Kidney stones and urinary tract infection.

Source: Elaborated by the authors (2020).

In a practical sense, the medicinal plants were used to treat the same symptoms and diseases. For example, stress, influenza and bad digestion were the most cited health problems in urban areas, while influenza and stress were the most cited health problems in rural areas. From these data, we concluded that medicinal plants were more commonly used in the treatment of common diseases (TABLE 2). According to Figueredo et al. (2014), medicinal flora should treat less severe and fast-course diseases. In addition, the same plant was given to treat different types of symptoms (TABLE 2), which has already been demonstrated in the studies of Oliveira et al. (2010) and Costa and Marinho (2016).

## Conclusion

Our results show that the millennial ethnobotanical tradition is still present in Sobradinho, despite the rural and urban population having access to formal health services. Likely, this tradition is maintained due to family teaching and the lifestyle observed in the population of Sobradinho, where there are many farms and houses with backyards and gardens. Finally, the present study demonstrates the importance of the native flora as a therapeutic resource, since most of the species mentioned are native to Brazil, many from the Cerrado region, although we found that exotic plants are more used than native ones. In addition, the present study also shows the need to disseminate correct and sustainable forms of plant extractives in order to try to conserve native medicinal species that grow in wild areas near urban centers and rural areas.

## Acknowledgements

We thank the population of Sobradinho (DF) for sharing their knowledge, FAPDF for the scholarship granted to the first author of the article, IFB for financial support for the research, Dewey Litwiller (University of Saskatchewan) for the English review, and the anonymous reviewers for their suggestions that improved this work.

## Uso de plantas medicinais e avaliação socioeconômica de populações urbana e rural de Sobradinho (DF-Brasil)

### Resumo

É sabido que o uso de plantas medicinais pode melhorar a saúde e seu estudo no Brasil é promissor, devido a sua megadiversidade florística, principalmente no Cerrado, onde várias populações tradicionais vivem e muitas espécies endêmicas podem ser encontradas. Por meio de dados obtidos de entrevistas, esta pesquisa registrou as plantas medicinais utilizadas por 40 moradores de áreas urbanas e rurais de Sobradinho (DF), situadas no Cerrado, e avaliou seus perfis socioeconômicos. Mulheres rurais apresentaram um maior conhecimento sobre plantas medicinais. A maioria da população urbana tinha uma educação universitária completa, enquanto a maioria da população rural não tinha completado sua educação básica no momento da entrevista. Embora a população urbana também relatou utilizar literatura, a principal fonte de conhecimento apresentada foi a familiar. O nível de conhecimento etnobotânico encontrado foi vasto em Sobradinho e semelhante em áreas urbanas e rurais, onde os entrevistados citaram 86 nomes de plantas medicinais, correspondentes a

126 espécies, das quais 56,35% são nativas do Brasil e 43,65% exóticas. Todas as espécies foram categorizadas em 48 famílias botânicas, sendo Asteraceae, Lamiaceae e Fabaceae as mais citadas, respectivamente. Apesar de conhecerem muitas espécies nativas de plantas medicinais, a população relatou utilizar mais plantas exóticas, como hortelã, capim-limão e boldo, para tratar condições como estresse, gripe e indigestão, respectivamente.

**Palavras-chave:** Cerrado. Etnobotânica. Plantas medicinais exóticas.

## 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, 2010. p. 40-64.

ALEXIADES, M. N.; SHELDON, J. W. **Ethnobotanical Research: A Field Manual**. New York: The New York Botanical Garden, 1996.

AMOROZO, M. C. M. A abordagem etnobotânica na pesquisa de plantas medicinais. In: DISTASI, L.C. **Plantas Mediciniais: Arte e Ciência**. São Paulo: UNESP, 1996. p. 47-68.

ANUÁRIO DO DISTRITO FEDERAL, 2014. **Sobradinho**. Disponível em: <<http://www.anuariodof.com.br/regioes-administrativas/ra-v-sobradinho/>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

BAVARESCO, O. S. A.; PEREIRA, I. C. P.; MELO, C. D.; LOBATO, F.; FALCAI, A.; BOMFIM, M. R. Q. Utilização popular da *Pterodon* spp. no tratamento de doenças reumáticas. **Revista de Investição Biomédica**, v. 8, p. 81-91, 2016.

BORGES-FILHO, H. C.; FELFILI, J. M. Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] no Distrito Federal, Brasil. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 735-745, 2003.

BORSATO, A. V.; SILVA, A.; SANTOS, A. G.; JORGE, M. H. A. **Plantas Mediciniais e Agroecologia: Uma Forma de Cultivar o Saber Popular na Região de Corumbá, MS**. Corumbá, MS: EMBRAPA, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAP-2010/57298/1/DOC103.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

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.

CAVALCANTI, R. B. Perspectivas e desafios para conservação do Cerrado no século 21. In: SCARLOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 433-439.

CAVALCANTI, R. B.; JOLY, C. A. Biodiversity and Conservation Priorities in the Cerrado Region. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Org.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 351-368.

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.

DELGADO, M. N.; ABREU, V. E. S.; FERNANDES, S. D. C.; AMADO, G. F.; SILVA, E. A. Identificação de espécies ornamentais a partir de levantamento florístico de cerrado sensu stricto e vereda no Instituto Federal de Brasília - Campus Planaltina. In: André Luiz Oliveira de Francisco. (Org.). **Botânica Aplicada 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, p. 199-214.

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.

FIGUEREDO, C. A. **A implementação da fitoterapia no SUS de João Pessoa – PB**. 2013. 208p. Tese (Doutorado) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro, 2013.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. 2017. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

FRANCO, E. A. P.; BARROS, R. F. M. Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D'água dos Pires, Esperantina, Piauí. **Revista Brasileira Plantas Medicinais**, v. 8, n. 3, p. 78-88, 2006.

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** (Livro impresso). Goiânia: IFG, 2015, p. 65-77.

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. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, 5. ed. Porto Alegre: UFSC, 2003. p. 13-28.

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.

INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL. 2012. **Parques**. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/informacoes/parques.html>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**, 2. ed., Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

MARQUES, M. I. M. O Conceito de espaço rural em questão. **Revista Terra Livre**, n. 19, p. 95-112, 2002.

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.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2012. **SUS tem fitoterápicos para doenças simples**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2012/11/sus-tem-fitoterapicos-para-doencas-simples>>. Acesso em: 03 maio 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2016. **Medicina Alternativa**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2016/06/uso-de-plantas-medicinais-e-fitoterapicos-sobe-161>>. Acesso em: 03 maio 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2010. **Biodiversidade Brasileira**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

NETO, G. 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.

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.

OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, A. F. M.; ANDRADE, L. H. C. Plantas medicinais utilizadas na comunidade urbana de Muribeca, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 2, p. 571-577, 2010.

PAGOTTO, T. C. S.; SOUZA, P. R. Bioma cerrado e área estudada. In: PAGOTTO, T. C. S.; SOUZA, P. R. **Biodiversidade do complexo Aporé-Sucuriú: subsídios à conservação e ao manejo do cerrado: área prioritária 316-Jauru**. UFMS, 2006. p.18-30.

PESQUISA DISTRITAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS DO DISTRITO FEDERAL. 2015. Governo de Brasília. Disponível em: <<http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/PDAD-Distrito-Federal-1.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

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.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 89-166.

SANTOS, M. A.; BARBIERI, A. F.; CARVALHO, J. A. M.; MACHADO, C. J. **O Cerrado brasileiro: notas para estudo**, UFMG- Cedeplar, 2010. p. 1-15.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL. **Grilagem de terras é o maior problema ambiental do DF**. Disponível em: <<http://www.sema.df.gov.br/grilagem-de-terras-e-o-maior-problema-ambiental-do-df/>>. Acesso em: 15 maio 2017.

SILVA-JÚNIOR, M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **Bioscience**, v. 52, p. 225-233, 2002.

SILVA, N. C. A.; PLATÃO, G. R.; GOMES, P. A.; SOUZA JUNIOR, I. T. de; SILVA, L. F.; HONÓRIO, I. C. G.; CRUZ, A. L. M.; MARTINS, E. R. Horto medicinal escolar: ferramenta agroecológica para inclusão social. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 436-439, 2007.

SIMÕES, C. M. O.; MENTZ, L. A.; SCHENKEL, E. P.; IRGANG, B. R.; STEHMANN, J. R. **Plantas da Medicina Popular do Rio Grande do Sul**. 5 ed., Porto Alegre: Editora Universidade da UFRGS, 1998. 174p.

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.

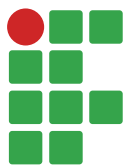
VEIGA-JÚNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: cura segura? **Química Nova**, v. 28, p. 519-528, 2005.

VILLANUEVA, Pillar. La educación de adultos hoy. Necesidad y perspectiva de cambio. Valencia: Promolibro, 1987.

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.

**Received in:** March 13, 2019

**Accepted in:** July 1st, 2019



# Solutions and washing times of phenolic foam in lettuce seedlings production

Pedro Sebrian Concaro<sup>1</sup>

Kamila Cristina de Credo Assis<sup>2</sup>

Cintia Moda Salatino Guardabaxo<sup>3</sup>

Jéssica Azevedo Batista<sup>4</sup>

Felipe Campos Figueiredo<sup>5</sup>

## Abstract

The main characteristics of the phenolic foam are inherent to a substrate of excellent quality such as sterility, excellent aeration and high load-bearing capacity. However, as it comes from a phenolic resin, the foam has some residues that can affect the development of plants. Thus, this work aimed to evaluate different treatments for washing phenolic foam under the germination and initial growth of lettuce seedlings in two immersion times. The experimental design was completely randomized (DIC), in a 5x2 factorial scheme, containing four replications with 56 plants per plot. Each repetition was composed of a phenolic foam board. The experimental factors consisted of different substances: caustic soda (NaOH), pint lime (CaOH<sub>2</sub>), citric acid (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>), vinegar (CH<sub>3</sub>COOH) and water in solution with distilled water, and two immersion times (30 minutes and 18 hours). For the witness treatment, there was no immersion. After 18-hour immersion, the treatment with citric acid presented the best development for height and biomass in the lettuce seedlings. On the other hand, the 4,0% vinegar pretreatment was not considered viable for phenolic foam for any of the times analysed. There was a significant decrease in seedling biomass when no treatment in the foam was carried out before sowing the lettuce seeds. The caustic soda presented lower results for emergence speed index, fresh aerial biomass, height and number of leaves for the 18-hour immersion compared to the 30-minute immersion.

**Keywords:** Acids. Bases. Emergency. *Lactuca sativa*. Immersion time.

## Introduction

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is the most important leafy vegetable in the world and the most commercialized in Brazil, being consumed mainly in natura, prepared in salads (SALA; COSTA, 2012, SANTI et al., 2013). It is the most popular species among those in which the leaves are eaten raw and still fresh (COMETTI et al., 2004).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Discente no curso de Engenharia Agrônômica. [pedrosebrian@gmail.com](mailto:pedrosebrian@gmail.com).

2 Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"-Unesp/Faculdade de Ciências Agrônômicas-FCA. Mestranda em Agronomia - Irrigação e Drenagem. [kamilac.cassis@hotmail.com](mailto:kamilac.cassis@hotmail.com).

3 IFSULDEMINAS. Discente no curso de Engenharia Agrônômica. [cintiamoda@gmail.com](mailto:cintiamoda@gmail.com).

4 IFSULDEMINAS. Laboratorista. [jessikbio@hotmail.com](mailto:jessikbio@hotmail.com).

5 IFSULDEMINAS. Professor e pesquisador. [felipe.figueiredo@ifsuldeminas.edu.br](mailto:felipe.figueiredo@ifsuldeminas.edu.br).



Depending on the demand, lettuce production is needed throughout the year. However, factors such as high and low temperatures, above 20,0°C and below 10,0°C, acidic and alkaline soils, soils deficient in nutrients and compacted or very clayey soils limit the production of this vegetable under the desirable qualitative characteristics: heads with greater fresh weight, head compactness, plants with resistance to pests and diseases and the incidence of physiological anomalies (TANAMATI, 2012).

For lettuce growing, the hydroponic cultivation system has been currently gaining space due to high technology and productivity. According to Furlani et al. (1999), hydroponic is an alternative cultivation technique at which the soil is replaced by an aqueous solution containing only the mineral elements essential to plants. This technique has been associated with the production of vegetables of higher sanitary quality and yield than those cultivated in a conventional way (CARRASCO, 2004).

According to Resh (1997), the great increase in hydroponic production when compared to the conventional system is due to several factors, especially the ones related to physical, biological and nutritional aspects of the soil. Soils may lack some nutrients and be of a poor composition, which can prevent plant root growth besides spreading diseases.

In order to obtain good quality seedlings for hydroponics and guarantee the success of commercial crops, some special care is necessary, such as attention to substrate characteristics, water needs and mineral nutrition of the seedlings (TRANI et al., 2004). The production of seedlings of high quality contributes to resistance against mechanical damages during transplantation and to good adaptability to the new environment. As a result, there is reduction in the production cycle, in addition to greater resistance to diseases (MENEZES JUNIOR et al., 2002; CAÑIZARES et al., 2002).

The substrate is the most sensitive and complex component of the seedling production system, since any variation in its composition can alter the final process of seedling production, from the non-germination of the seeds to the development of the plants (MINAMI, 1995). According to Gonçalves (1994), the main functions of the substrate are to nurture the plants and to supply nutrients and aeration, allowing gas exchange in the root system. It consists of a solid (mineral and organic particles) and a gaseous part formed by the pores, which can be occupied by water or air.

The substrate must be abundant, of low-cost, free from pests, phytopathogens, and toxic substances, it must allow sterilization without changing property or quality, be uniform and thoroughly stable, not presenting unpleasant odours nor leaving residues that may harm the environment or humans, it must be light, able to be stored for a long time without losing its characteristics, and promote proper integration with the root system, not sticking to the container in order to successfully enable its removal and handling (MEDEIROS et al., 2007).

Phenolic foam stands out among the most used substrates, due to its good moisture retention capacity, excellent aeration and low possibility of disintegration in its administration (BURES, 1997).

Martinez and Silva Filho (1999) point out that besides the inherent characteristics of the physical and chemical properties of the phenolic foams, they take small spaces for storage and are of low cost. For some agricultural crops, the foam has already been studied and a similar behaviour to the development of plants has been observed in relation to the procedures usually adopted (MATIAS et al., 1999; PAULUS et al., 2005; FERNÁNDEZ et al., 2007).

Phenolic foam is a compound based on phenolic resin formed from a chemical reaction with organic or inorganic acids. For its best use in agriculture, pH correction is recommended to leach and neutralize the acid waste. This operation is usually carried out by washing it with water or with solutions of calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), magnesium carbonate ( $\text{MgCO}_3$ ), sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), calcium oxide ( $\text{CaO}$ ), or calcium hydroxide ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) (SILVA et al., 2012). The acidic residues resulting from the manufacturing process impair germination, emergence and seedling growth (PAULUS et

al., 2005). According to Bezerra Neto et al. (2010), low pH from non-washed foam residues results on seeds of low germination rate; furthermore, when they germinate, they die early, due to the difficulty in absorbing nutrients.

Aiming to obtain a more efficient pretreatment for the use of phenolic foam in the production of lettuce seedlings, this study addressed the evaluation of different treatments in the washing of phenolic foam, under germination and initial growth of lettuce seedlings in two immersion times.

## Material and methods

### Characterization of the experimental area

The experiment was carried out in a greenhouse in the biotechnology sector of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Southern Minas Gerais, Muzambinho-MG, from October to November 2018.

### Treatments and experimental design

The experimental design was completely randomized (DIC), in a 5x2 factorial scheme, containing four replications with 56 plants per plot. Each repetition was composed of a phenolic foam board. The experimental factors consisted of different substances: caustic soda (NaOH), paint lime (CaOH<sub>2</sub>), citric acid (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>), commercial ethanol-made vinegar (CH<sub>3</sub>COOH), and water in solution with distilled water and two immersion times (30 minutes and 18 hours). A witness treatment was added, for which there was no immersion. The sodium hydroxide was placed in a 0.1N solution and its pH was used as a standard to determine the concentration of paint lime. The experiment used the commercial vinegar, and its pH was used as a standard to determine the concentration of citric acid. Table 1 shows the concentrations and pH for the solutions.

**Table 1** – Concentration of solutes in solution and pH of the pre-established treatments for washing phenolic foam in the production of lettuce seedlings at different immersion times (IFSULDEMINAS, 2018).

Solutes	pH	Concentration
Caustic soda	12.7	3.99 g L <sup>-1</sup>
Paint lime	12.5	3.3 g L <sup>-1</sup>
Ethanol-made vinegar	2.7	40 mL L <sup>-1</sup>
Citric acid (C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> )	2.7	3.35 g L <sup>-1</sup>
Water	7.4	1.0 L

**Source:** Elaborated by the authors (2018)

## Experiment installation and conduction

The phenolic foam was separated accordingly to the pre-established treatments and it was placed in plastic dishes with 500.0 mL of the solution for washing. The volume was sufficient to maintain waterlogging during the periods of 30 minutes and 18 hours. The time of 30 minutes was considered due to the literature that uses this time for washing in most of the tests, and the time of 18 hours was considered as a period at which it would be possible to obtain a stable result.

After the period of exposure to the solutions, the plates were washed in immersion with 3.0 L of water from a treatment plant located in the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais. The procedure was repeated 4 times with a total time of 80 minutes.

After removing the solutes, the foams were perforated with a sharp object and sown with lettuce cv. Vanda. The drilled hole was covered with vermiculite, to provide the seeds with the necessary darkness for the radicle emission. The foam moisture was brought to field capacity through watering cans. The foam humidity was increased to a level at which all the content was retained by the foam. The humidity was maintained by water for five days. From the 5th to the 11th day, a nutrient solution was applied, according to Furlani et al. (1999), at 25.0% concentration, then the solution was conducted at 50.0% salts until the end of the experiment.

## Characteristics evaluated

The seedlings were removed from the greenhouse after 21 days. The percentage of emergence, emergence speed index (ESI), number of leaves, plant height, fresh biomass and dry biomass of the aerial part and root system and diameter were evaluated.

To determine the biomasses, an analytical scale was used. The drying of the samples to determine the dry biomass was conducted through an incubator with forced air circulation for a period of 24 hours. The diameter was measured with a digital caliper MTX-316119 on the seedling neck and the height was obtained with a 30.0 cm ruler.

The ESI was evaluated during the experiment, with daily evaluations, from day one, when the first seeds emit visible loop, until the day of the last test count. For the calculation, the equation proposed by Maguire (1962) was used:

$$ESI = (E1/N1) + (E2/N2) + \dots + (Emn/Nn) \quad (1)$$

at which: ESI = emergency speed index; E = number of normal seedlings computed in the counts; N = number of days from sowing to 1st, 2nd... 21st evaluation.

## Statistical analysis

The data obtained were subjected to analysis of variance with the use of the statistical software SISVAR (FERREIRA, 2011), with the significant difference between treatments being determined by the F test. By detecting differences between treatments, the means were compared through the Scott-Knott test at the 5% probability level.

## Results and discussion

The data regarding the emergency speed index are shown in Table 2. For the variable, there was interaction between the factors. For the immersion time, only citric acid had a better average in 18 hours compared to 30 minutes. In the other treatments, there was no significant difference in the time factor.

**Table 2** – Lettuce cv emergence speed index. Vanda sown in phenolic foam treated with different solutes in solution at different immersion times (IFSULDEMINAS, 2018).

Treatments	ESI	
	Immersion times	
	30 min	18 hours
Non-washed	12.13Ba	12.13Ba
Treated water	15.7Aa	15.61Aa
Ethanol-made vinegar	0.0Da	0.0Ca
Citric acid	10.13Cb	14.65Aa
Paint lime	13.37Ba	14.37Aa
Caustic soda	12.69Ba	11.9Ba
CV (%)	10.53	

(\*) Means followed by the same lowercase letter in the row and uppercase in the column do not differ at the 0.05 level of significance by the Scott-Knott test.

**Source:** Elaborated by the authors (2018)

In 30 minutes, the solution with water showed a higher average, differing from the other treatments. However, when the phenolic plates were subjected to 18 hours in spite of the water having the highest ESI, it did not differ significantly from citric acid and paint lime. There was no emergence of lettuce seeds in the phenolic foam plates treated with vinegar for any of the immersion times. The other ESI values were within the exposed by Marini et al. (2008) for lettuce culture.

The results found for the number of leaves, height and fresh biomass of the aerial part of the other treatments had interactions between the factors studied and are shown in Table 3.

For all variables, the treatment without washing provided the lowest averages of number of leaves, height and fresh biomass of the aerial part (FBAP). Similar results were obtained by Bezerra Neto et al. (2010) who, testing different concentrations of sodium hydroxide and potassium dioxide, concluded that pretreatment of the phenolic foam is needed, since it presents a pH under 1.0 in the selling condition, that is, far from the range required by the lettuce, which, according to Filgueira (2007), it is between the pH values of 6.0 and 6.7.

**Table 3** – Number of leaves, height and fresh shoot biomass of the aerial part (FBAP) of the lettuce cv. Vanda sown in phenolic foam treated with different solutes in solution at different immersion times (IFSULDEMINAS, 2018).

Treatments	N. of Leaves		Height (cm)		BFPA (g)	
	Immersion times		Immersion times		Immersion times	
	30 min	18 hours	30 min	18 hours	30 min	18 hours
Non-washed	2.92 Da	2.92 Da	5.82 Ca	5.82 Da	0.220 Ba	0.220 Ba
Treated water	3.75 Aa	3.33 Bb	8.13 Ba	7.89 Ba	0.490 Aa	0.410 Aa
Citric acid	3.47 Ba	3.55 Aa	8.97 Ab	9.49 Aa	0.440 Aa	0.500 Aa

Treatments	N. of Leaves		Height (cm)		BFPA (g)	
	Immersion times		Immersion times		Immersion times	
	30 min	18 hours	30 min	18 hours	30 min	18 hours
Paint lime	2.99 Db	3.14 Ca	5.57 Cb	6.54 Ca	0.300 Ba	0.340 Ba
Caustic Soda	3.25 Ca	2.97 Db	8.09 Ba	7.12 Db	0.510 Aa	0.300 Bb
CV (%)	18.57	18.57	29.32	29.32	28.8	28.8

(\*) Means followed by the same lowercase letter in the row and uppercase in the column do not differ at the 0.05 level of significance by the Scott-Knott test.

**Source:** Elaborated by the authors (2018)

In the treatment with citric acid, no difference was found for the number of leaves as a result of the immersion time. On the other hand, when using sodium hydroxide and water, the best results for the immersion time of 30 minutes were found. In this test, only the paint lime showed better results for the variable 18-hour immersion compared to the 30-minute immersion.

For the 18-hour immersion time, the citric acid as a solute provided higher average for the number of leaves and it differed from the others. Considering the 30-minute time, the best average for the number of leaves was obtained by using water as the only component of the solution in the immersion and it presented a difference compared to all the other treatments, followed by citric acid and caustic soda. The treatment without washing the plate and the paint lime provided the lowest averages and it did not differ from each other. Different results were found by Pessoa et al. (2007), who tested different concentrations of sodium hydroxide and water for 30 minutes and obtained better results in the use of the base for number of leaves.

Considering the immersion time of 18 hours, the highest average for the variable number of leaves was obtained when citric acid was used in the solution, followed by water and paint lime, which differed from each other, and among the other treatments that did not show significant difference from each other.

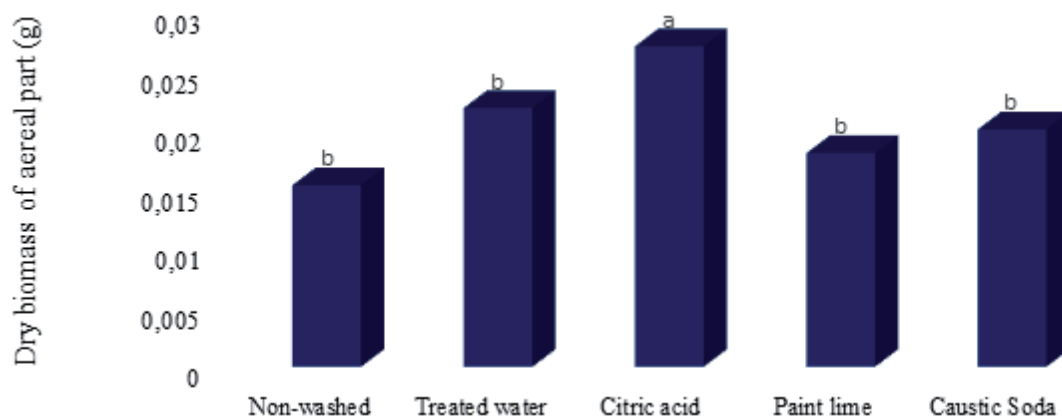
For the plant height variable, regardless of time, the highest averages were obtained with the use of citric acid as a solute in the wash.

Considering the fresh biomass, only sodium hydroxide presented a significant difference when the immersion time increased. For the 18-hour time, the variable presented lower mean when compared to 30-minute time.

For the 18-hour immersion time, the lowest averages found for fresh biomass were for sodium hydroxide and paint lime, which did not differ from the control without washing and differed from the other treatments. The increase in time may have significantly increased the pH of the foam promoted by the bases, which hindered the development of the seedlings. For the 30-minute period, only the hydrated lime treatment resembled the witness and differed from all other treatments. The increase in pH may also have been the reason for that result.

For the variable dry biomass of the aerial part (FIGURE 1), regardless of time, the highest means were obtained with the use of citric acid as a component of the solution in which the foam board was immersed.

**Figure 1** – Dry biomass of the aerial part of lettuce cv. Vanda in phenolic foam submitted to treatments with different solutions for its washing. The means followed by the same letter did not differ from each other by the Scott-Knott test at the level of 0.05 (IFSULDEMINAS, 2018).



**Source:** Elaborated by the authors (2018)

Due to exposure during immersion of the solution containing the acid, it is suggested that the citric acid may have remained in the foam in small concentrations, which caused some organic reactions that promoted better plant development. This result supports the hypothesis of Guppy et al. (2005) that some acids have functional carboxylic radicals that make them capable of forming organic complexes with Al, Fe, Ca and Mg.

## Conclusion

The treatment with citric acid provided the highest growth in height and dry biomass in the lettuce seedlings for 18-hour immersion.

The 4.0% vinegar concentration is not a viable choice as a pretreatment for phenolic foam in any of the times analysed.

There is a 56.0% decrease in the fresh biomass of the seedlings when no treatment is adopted in relation to caustic soda for the 30-minute time and in relation to citric acid for the 18-hour treatment. For dry biomass, the decrease is 42.0% for citric acid.

The caustic soda obtained lower results for emergence speed index, fresh aerial biomass, height and number of leaves for the 18-hour period compared to the 30-minute period.

## Acknowledgments

To the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho, especially to the Biotechnology Laboratory for financing the project.

## Soluções e tempos de lavagem de espuma fenólica na produção de mudas de alface

### Resumo

A espuma fenólica possui as principais características inerentes a um substrato de ótima qualidade, como esterilidade, excelente aeração e alta capacidade de sustentação. No entanto, por ser proveniente de uma resina fenólica, a espuma apresenta alguns resíduos que podem afetar o desenvolvimento das plantas. Neste sentido, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar diferentes tratamentos na lavagem da espuma fenólica sob a germinação e crescimento inicial de mudas de alface em dois tempos de imersão. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5x2, contendo quatro repetições com 56 plantas por parcela. Cada repetição foi composta por uma placa de espuma fenólica. Os fatores experimentais consistiram em diferentes substâncias: soda cáustica (NaOH), cal de pintura (CaOH<sub>2</sub>), ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>), vinagre (CH<sub>3</sub>COOH) e água em solução com água destilada e dois tempos de imersão (30 minutos e 18 horas). Foi acrescentado um tratamento testemunha em que não houve nenhuma imersão. Com imersão de 18 horas, o tratamento com ácido cítrico apresentou o melhor desenvolvimento em altura e biomassa nas mudas de alface. O vinagre 4,0% não é viável como pré-tratamento em espuma fenólica em nenhum dos tempos analisados. Existe um decréscimo significativo na biomassa das mudas quando não é adotado nenhum tipo de tratamento na espuma antes de semear as sementes de alface. A soda cáustica obteve menores resultados para índice de velocidade de emergência, biomassa fresca parte aérea, altura e número de folhas no tempo de 18 horas quando comparados ao tempo de 30 minutos.

**Palavras-chave:** Ácidos. Bases. Emergência. *Lactuca sativa*. Tempo de Imersão.

### References

BEZERRA NETO, E.; SANTOS, L. R.; PESSOA, A. M. P.; ANDRADE, B. K. P.; OLIVEIRA, G. K. S.; MENDONÇA, F. I. Tratamento de espuma fenólica para a produção de mudas de alface. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 418-422, 2010.

BURÉS, S. **Sustratos**. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341p.

CAÑIZARES, K. A.; COSTA, P. C.; GOTO, R.; VIEIRA, A. R. M. Desenvolvimento de mudas de pepino em diferentes substratos com e sem uso de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 227-229, 2002.

CARRASCO, G. El NFT. En: URRESTARAZU, M. (1ed.). **Manual de cultivo sin suelo**. Mundi Prensa. Madrid. p. 541-554, 2004.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira** v. 22, n. 2, p.748-753, 2004.

DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

FERNÁNDEZ, M.; TEJERO, J. R.; PÉREZ, I.; SORIA, F.; RUIZ, F.; LÓPEZ, G. Effect of copper coating nursery containers on plant growth and root morphology of *Eucalyptus globulus* Labill. cuttings and seedlings. **Silva Lusitana**, Oeiras, v. 15, n. 2, p. 215-227, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 35, n. 6. Lavras. nov./dec. 2011.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, N. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999, 52p.

GONÇALVES, A. L. Substratos para produção de mudas ornamentais. In: MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J.; PENTEADO, S. R.; SCARPARE FILHO, J. A. **Produção de mudas hortícolas de alta qualidade**. Piracicaba: ESALQ/SEBRAE, 1994.156p.

GUPPY, C. N. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**. Melbourne, v. 43, n. 2, p. 189-202, apr. 2005.

MARINI, P.; LOWE, R. T.; MORAES, L. C.; MORAES, M. D.; LOPES, F. N. Qualidade fisiológica de sementes de alface (*Lactuca sativa*) submetidas ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 222-227, 2008.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. Substratos para Hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20. n. 200/201, p. 81-89. 1999.

MATIAS, G. C. S.; COMETTI, N. N.; GÓMEZ, G. P.; ROCHA, J. D. S. Avaliação de substratos comerciais para a produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 159-162, 1999.

MEDEIROS, C. A. B.; CUNHA, B. P.; ANTUNES, L. E. C.; REISSER JR, C. 2007. Cultivo sem solo do morangueiro: avaliação de substratos constituídos de casca de arroz, casca de arroz carbonizada e casca de acácia compostada. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 47, 2007, Porto Seguro. **Anais...**Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2007. CD Rom.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; NICOLA, M. C.; MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; MENDEZ, M. E. G. Produção de mudas de alface em espuma fenólica fertirrigada com solução nutritiva mineral, orgânica e organomineral. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento 2.

MINAMI, K. **Produção de mudas de hortaliças de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: TA Queiroz. 1995. 128p.

PAULUS, D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; RIFFEL, C.; FABBRIN, E.; PAULUS, E. Substratos na produção hidropônica de mudas de hortelã. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 48-50, 2005.



PESSOA, P. M. A.; ANDRADE, P. K. B.; OLIVEIRA, S. K. G.; MENDONÇA, I. F.; SANTOS, R. L.; BEZERRA NETO, E. Pré-tratamento de espuma fenólica para produção de mudas de alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47., e SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CUCURBITÁCEAS, 4. Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: ABI, p.1-4, 2007.

RESH, H. M. **Cultivos Hidroponicos**: Nuevas técnicas de producción. 4 ed. Madrid: Mundi Prensa, 1997, 509 p.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, n. 30 p. 187-194, 2012.

SANTI, A.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; NEUHAUS, A.; DALLACORT, R.; KRAUSE, W.; TIEPPO, R. C. Desempenho agrônômico de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 31 n. 1, p. 338-343, 2013.

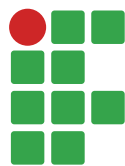
SILVA, P. H. M.; KAGER, D.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Produção de mudas clonais de eucalipto em espuma fenólica: crescimento inicial e mortalidade. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 639-649, 2012.

TANAMATI, Y. F. **Fontes e doses de corretivos de acidez do solo na nutrição e produção de alface**. 59p. 2012. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

TRANI, P. E.; NOVO, M. C. S. S.; CAVALLARIO JÚNIOR, M. L.; TELES, L. M. G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 290-294, 2004.

**Received in:** March 30, 2019

**Accepted in:** July 1st, 2019



## Production of *Inga vera* Willd and *Eugenia involucrata* DC. seedlings fertigated with whey

Rita de Cássia da Silva <sup>1</sup>

Lilian Vilela Andrade Pinto<sup>2</sup>

### Abstract

Residuary effluents from dairy industry contaminate hydric resources, so researches aiming sustainable methods to revert this situation must be stimulated. The objective of this study was to determine if whey can be used as fertigation and to define the proportion of whey that shall be fertigated for species *Inga vera* and *Eugenia involucrata*. This research consisted in two experiments, one with *Inga vera* and the other with *Eugenia involucrata*, since the species have distinct ecological behavior, being pioneer and late secondary, respectively. Both experiments were designed in completely randomized blocks and four fertigations were evaluated: T1: 100% water; T2: 25% whey and 75% water; T3: 50% whey and 50% water; and T4: 100% whey. The indicators evaluated were: plant height, collar diameter, aerial part weight, root weight, and development quality rate. Fresh whey promoted different responses in the development of *Eugenia involucrata* and *Inga vera* seedlings and the use of whey as fertigation for the species *Eugenia involucrata* is not recommended. Studies of irrigation using whey at the concentration of 100% is recommended for the production of *Inga vera* seedlings, daily or in alternate days, minimizing pressure on clean water availability.

**Keywords:** Effluent reuse. Native species. Atlantic Forest. Fertigation.

### Introduction

Brazil is the fifth biggest milk producer country in the world (JUNG; MATTE, 2016), generating a great amount of organic residues (GIROTO; PAWLOWSKY, 2001), being them solid or liquid (CASTELLANOS, 2015).

The amount of residuary whey from the dairy industry (characterized as the watery portion derived from the coagulation during the conventional cheese fabrication) is, on average, from nine to twelve liters of whey for each kilogram of cheese produced (GIROTO; PAWLOWSKY, 2001), which can result in serious environmental issues associated to its high organic matter rate (OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012).

The milk whey is composed of some minerals such as calcium, sodium, magnesium, potassium, and phosphorus; and in lower quantity copper, zinc, fluorine, iodine, and iron. Great part of its composition is based on water (93-94%); lactose (4.5-5.0%); proteins (0.8-1.0%); fats (0.3-0.5%); milk vitamins; besides citric acid, lactic acid and some non-proteinaceous nitrogen compounds (urea and uric acid) (NUNES; SANTOS, 2016).

This demonstrates the necessity of a better destination to the dairy industry residues, and agricultural use is a sustainable option (RUIZ, 2012).

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, discente em Tecnologia em Gestão Ambiental. [ritacassiasilvabb@gmail.com](mailto:ritacassiasilvabb@gmail.com).

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, professora. [lilian.vilela@ifsuldeminas.edu.br](mailto:lilian.vilela@ifsuldeminas.edu.br). Praça Tiradentes, 416. Centro Inconfidentes, MG. CEP 37576-000.

One of the options for reusing residues from the dairy industry is using solid residues produced by the composting of organic solids as biofertilizers, without the degenerative process of the material caused by microorganisms, using only fertigation. In other words, using the irrigation of these nutrients derived from the industrial production processes (GHERI; FERREIRA; CRUZ, 2003). The reuse of these effluents as fertilizers in the production of seedlings and vegetal species showed potential, according to Schuster (2008) and Castellanos (2015).

The Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Inconfidentes campus – has a monthly milk production of 12,000 liters and a monthly mean of 6,000 liters of residuary whey generated from cheese production process, since most of the milk is commercialized after pasteurization.

Due to the necessity of reducing costs in mineral fertilizers and finding more sustainable options for the great volume of effluents, whey can be used for agricultural and silvicultural purposes acting as organic source of nutrient to plants and soil, being the most efficient and economical way for the elimination of dairy industry residues (RUIZ, 2012) and preserving natural hydric resources.

The importance of water is not related only to its functions in the nature, but also to its role as social, economic and strategic resource, providing health and life quality to people in a sustainable way. It is characterized as a common good and without this resource the metabolic processes would not occur, directly or indirectly (SOUZA et al., 2014). Therefore, society worldwide must take preservation of water seriously.

The objective of this study was to determine if whey can be used in fertigation and to define the whey proportion that shall be fertigated for the species *Inga vera* and *Eugenia involucrata*, which are fruit plants of different ecological groups from the Atlantic Forest biome.

## Material and methods

### Characterization of the area

The research was conducted in a sealed greenhouse (FIGURE 1) located in the seedling nursery at the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Inconfidentes campus. The greenhouse has a light-diffusing polyethylene film cover with 150 microns of thickness, with treatment against UV-rays, allowing a temperature higher than the external environment. The choice of the greenhouse was made in order to avoid that possible rainfall could interfere in the results since it could dilute the fertigation.

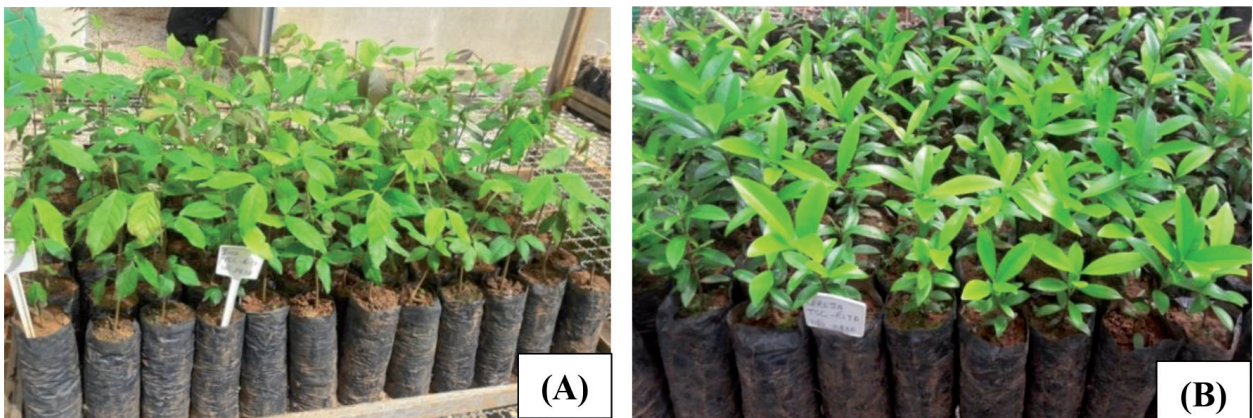
**Figure 1** – Greenhouse where the experiment was conducted, located in the seedling nursery at the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Inconfidentes campus.



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

Seedlings from two species were evaluated: *Inga vera* (FIGURE 2A), and *Eugenia involucrata* (FIGURE 2B), species classified, in terms of ecologic group, as pioneer and late secondary, respectively (CARVALHO, 2008). These species present potential for their use in the recovery of degraded areas located at Atlantic Forest, because they are fruit trees attractive to the fauna and responsible for the pollination and dispersion of seeds, which are activities inherent to reforestation.

**Figure 2** – Seedlings of *Inga vera* (A) and *Eugenia involucrata* (B).



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

All seedlings were pricked out to 10 cm x 17 cm plastic bags three months before the selection of the sampling units of each treatment, which was made based on a visual evaluation based on the

seedlings height, aiming uniformity at the seedlings size for the treatments. Therefore, at the beginning of the experiment (mensuration 1 – zero days of whey application) the *Inga vera* and *Eugenia involucrata* seedlings presented 8.8 cm and 5.85 cm medium height and a diameter of 1.7 mm and 1.3 mm, respectively.

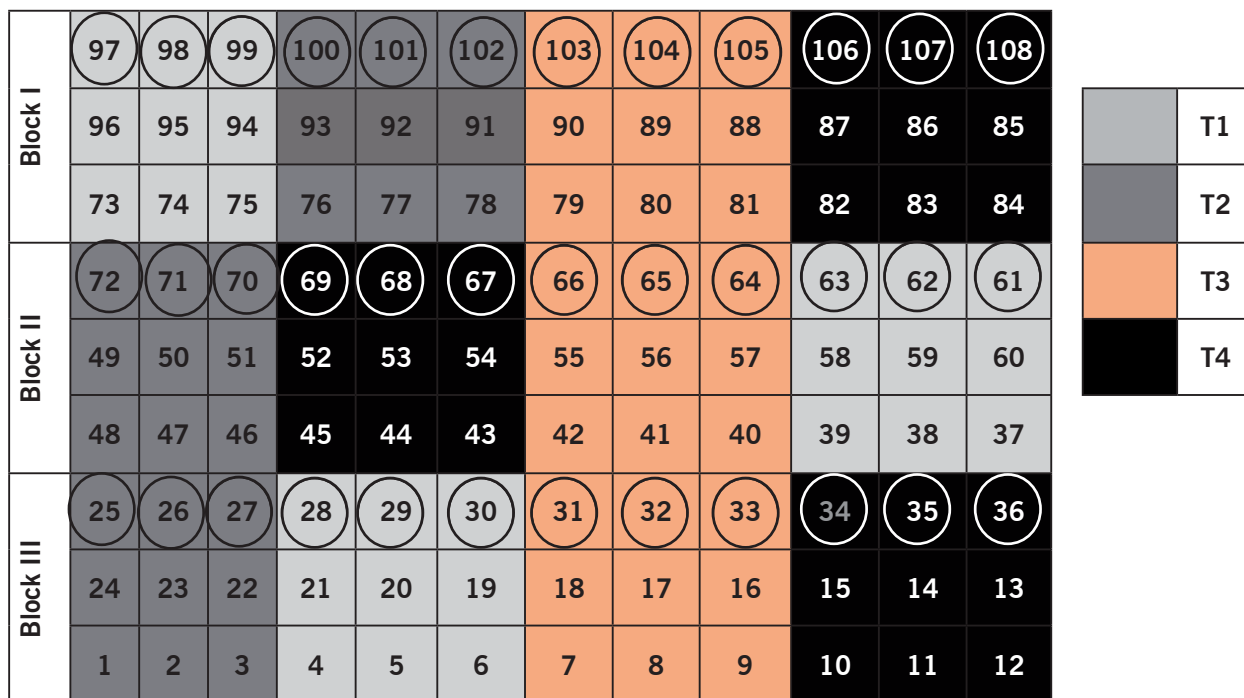
### Experimental design

The research consisted in two experiments, one with *Inga vera* species and the other with *Eugenia involucrata* species. The species were chosen considering the fact that they have different ecological behavior, they were pioneer and late secondary, respectively. Also, the seedling production cycles are 180 and 270 days, respectively (OLIVEIRA et al., 2016). Both experiments followed a completely randomized block experimental design and four fertigation processes were evaluated: T1: 100% water; T2: 25% whey and 75% water; T3: 50% whey and 50% water; and T4: 100% whey. Every fertigation had 3 repetitions/blocks with 9 sampling units each, totaling 27 seedlings for each treatment and 108 seedlings per experiment (FIGURE 3).

The order of the treatment in the blocks was used for both species, aiming to ease the application of treatments (fertigation) and the measurement of seedlings (FIGURE 3). For the separation of parcels in the blocks, a colored wool yarn was used.

Seedlings were enumerated and the ones highlighted with a circle indicate which ones were the sampling units evaluated for monitoring aerial part and roots dry matter and seedlings development rate at the end of the experiment, after 8 months of monitoring (FIGURE 3).

**Figure 3** – Sketch of the treatments distribution (T1: 100% water; T2: 25% whey and 75% water; T3: 50% whey and 50% water; T4: 100% whey) in blocks I, II, and III, with the enumeration of the seedlings and highlight for the evaluated sampling units.



\*The sampling units marked with a circle consist in those evaluated for the monitoring of aerial and roots dry matter and seedlings development rate.

Source: Elaborated by the authors (2017).

## Fertigation

Fertigation was conducted with whey from IFSULDEMINAS – Inconfidentes campus, which would be taken to the grease box from the sector effluent treatment system. It must be pointed out that the whey was fresh, collected in the day of fertigation application (treatments) around 11a.m. Each seedling received 90 mL of the proposed fertigation; in order to distribute the same quantity, it was used a measuring cylinder and a becker for application.

Fertigation occurred every 7 days in the first month and every 15 days after the first month of experiment conduction, which lasted 240 days (8 months of experiment and 9 measurements, the first one was used to describe the seedlings from the different treatments).

## Evaluations

The seedlings growth monitoring started 30 days after the first fertigation and consisted in evaluating the morphological indicators:

- Aerial part height (H): measured monthly by a ruler, from the plant collar to the last foliar insertion, in centimeters, as shown in Figure 4A;

- Collar diameter (CD): measured the seedling monthly, using a digital caliper, in millimeters, as shown in Figure 4B;

- Aerial part dry matter weight (APDMW) and roots dry matter weight (RDMW): after being separated and washed in flowing water on a 0.02 meshed sieve, roots and aerial part were dried in the sun, in order to remove superficial water (FIGURE 4C) and wrapped separately in identified craft paper bags (FIGURE 4D). Then, they were taken to drying in a greenhouse with air renovation/circulation at 65°C until they reached constant weight. This procedure took one week and during this time the craft paper bags were inverted in the spots in alternate days in order to achieve better drying and hot air circulation. The dry roots and aerial parts were removed from the bags (FIGURE 4E) and had their masses quantified in electronic analytical balance (0.001g). These indicators were quantified at 8 months after the beginning of the experiment in the sampling units highlighted in Figure 3;

- Development quality rate (DQR): at 8 months, it was determined in function of the aerial part height (H), the collar diameter (CD), the aerial part dry matter weight (APDMW), the roots dry matter weight (RDMW), and of the total dry matter weight (TDMW = APDMW + RDMW), using the equation of Dickson, Leaf and Hosner (1960) (EQUATION 1):

$$DQR = \frac{TDMW(g)}{H(cm)/CD(mm) + APDMW(g)/RDMW(g)} \quad (1)$$

Unit: dimensionless.

For determining the development quality rate (DQR), seedlings indicator highlighted with a circle were quantified, as observed in Figure 3.

**Figure 4** – Procedures conducted during seedlings monitoring: A) height measurement; B) Collar diameter (CD) measurement; C) Seedling being dried before the separation of the aerial part and root; D) identification of the craft paper bags for conditioning the aerial part and roots; E) dry roots and aerial part in greenhouse ready for mass monitoring.



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

Data were submitted to variance analysis (ANOVA) and the means were compared by Scott-Knott test at 5% significance using the “Sisvar 4.2” software (FERREIRA, 2008).

## Results and discussions

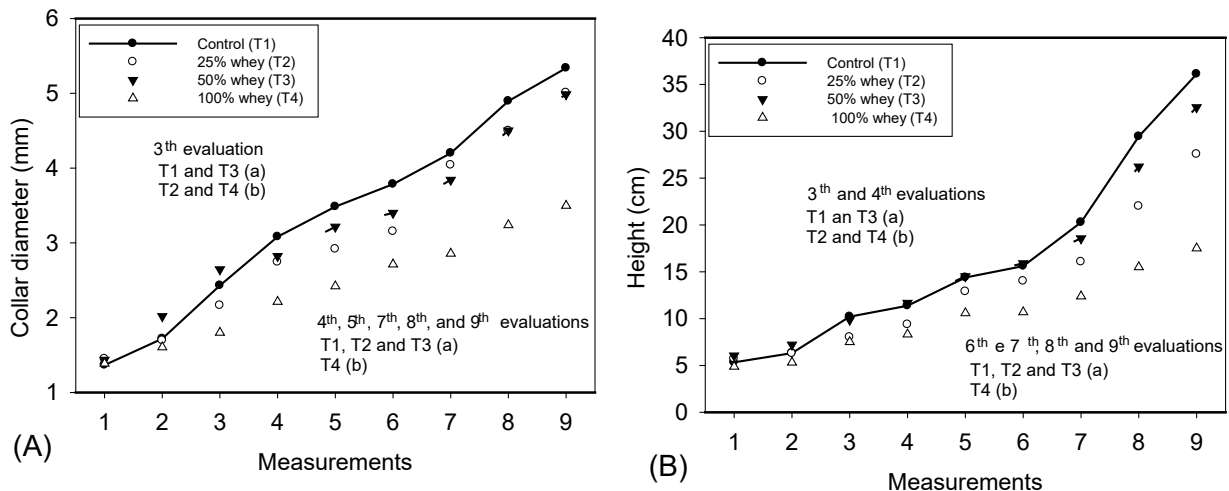
The data for collar height and diameter of *Eugenia involucrata* and *Inga vera* seedlings correspond to the 8 months of the experiment (from February, 2017 to October, 2017), period in which the seedlings received fertigation with residuary whey from the dairy industry.

### *Eugenia involucrata* DC.

The seedlings collar diameter presented distinctive growth ( $p < 0.05$ ) for the treatments after the second month (3<sup>rd</sup> measurement), which consisted of application of whey fertigation superior in treatments T1 (100% water) and T3 (50% whey and 50% water). From the third month of whey application (4<sup>th</sup> measurement) to the end of the experiment, only the treatment T4 (100% whey) inhibited growth of CD (FIGURE 5A).

Regarding height, seedlings presented variation in the second and third months (3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> measurements) of whey application, having reached the highest heights in treatments T1 (100% water) and T3 (50% whey and 50% water). From the fifth month (6<sup>th</sup> measurement) of whey application to the end of the experiment, only treatment T4 (100% whey) inhibited height growth (FIGURE 5B).

**Figure 5** – Evaluations of growth indicators collar diameter (A) and height (B) for species *Eugenia involucrata* DC. submitted to different fertigations. IFSULDEMINAS – Inconfidentes campus. Inconfidentes, Minas Gerais state, Brazil, 2017. Means followed by the same letter did not differ significantly by the Scott-Knott test at 5% of probability.



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

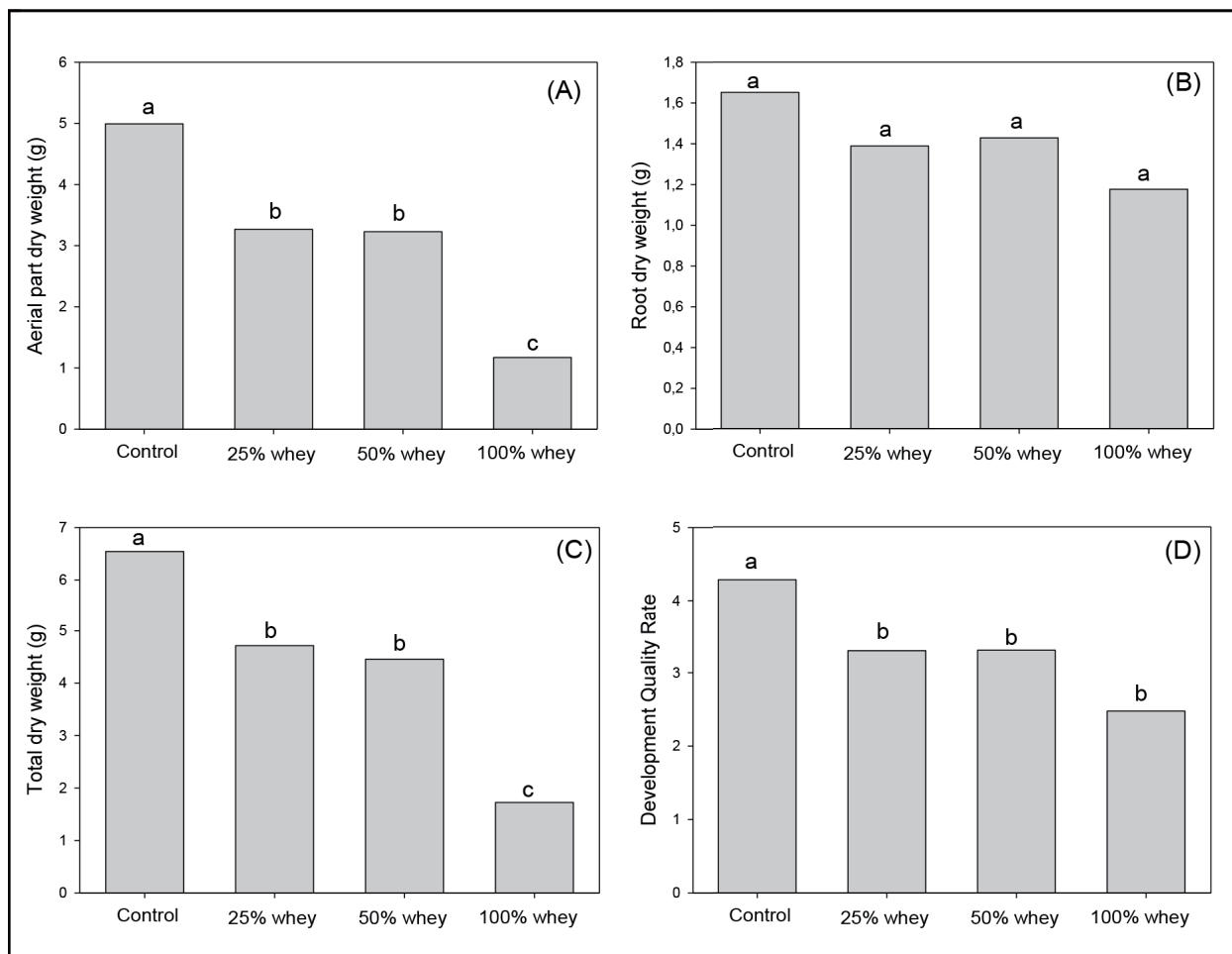
The aerial part dry matter weight (APDMW) (FIGURE 6A) presented by the T1 seedlings (100% water) was statistically superior ( $p > 0.05$ ) to the other treatments, being, on average, 36% higher than the values observed for T2 (25% whey and 75% water) and T3 (50% whey and 50% water) - which did not differ from each other - and 77% higher than the values observed for T4 (100% whey). Figure 6A demonstrates that the application of 100% whey (T4) strongly inhibited the growth of seedlings aerial part.

The root dry matter weight (RDMW) (FIGURE 6B) suffered less interference by the whey application when compared to APDMW. This affirmation comes from the fact that in the doses of treatment T2 (25% whey and 75% water) and T3 (50% whey and 50% water), it was not observed values



of RDMW inferior to control (T1: 100% water), difference observed for APDMW. The application of 100% whey (T4) also strongly inhibited seedling roots growth, promoting a reduction of at least 55% in RDMW.

**Figure 6** – Evaluation of indicator for aerial part dry matter weight – APDMW (A), root dry matter weight – RDMW (B), total dry matter weight – TDMW (C), and development quality rate – DQR (D) for the species *Eugenia involucrata* DC. submitted to different fertigation processes. IFSULDEMINAS – Inconfidentes campus. Inconfidentes, Minas Gerais state, Brazil, 2017. Means followed by the same letter did not differ significantly by the Scott-Knott test at 5% of probability.



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

The total dry weight (TDMW) (FIGURE 6C) presented statistical results similar to APDMW, at which T1 seedlings (100% water) developed better than the other treatments, being 25% superior in relation to treatment T2 (25% whey and 75% water) and 32% greater than T3 (50% whey and 50% water) - which did not present statistical differences from each other - and 74% greater than T4 (100% whey), statistically different from all treatments evaluated.

The development quality rate (DQR) (FIGURE 6D) is an excellent quality indicator for considering vigor (H and CD) and distribution balance of biomass in the seedling (APDMW and RDMW). This indicator revealed that T1 (100% water) presented the best condition among the studied treatments, which took different portions of whey for the production of *Eugenia involucrata* DC. seedlings.

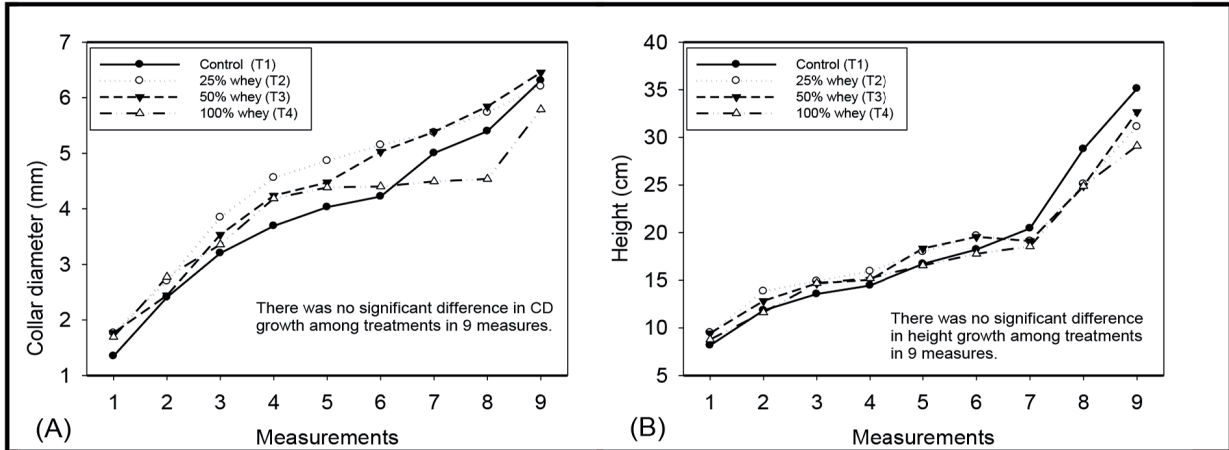
*Eugenia involucrata* requires well-drained soils and of high chemical fertility (CARVALHO, 2008). Hence, it was expected a satisfactory response from the development of the seedlings of this species in the presence of residuary whey, since Nunes and Santos (2016) stated that this residue presents macro and micro nutrients: calcium, sodium, magnesium, potassium, and phosphorus; and in lower concentrations: copper, zinc, fluorine, iodine, and iron, alongside some nitrogen compounds (urea and uric acid). However, it was observed toxicity of whey in the concentrations 25% (T2), 50% (T3) and 100% (T4) applied as fertigation, causing damages to seedlings development.

Similar results were observed by Daló Júnior (2016) in the production of *Eugenia pyriformis* seedlings and by Paula (2009) in the cultivation of hydroponic maize forage, who observed that the increase of whey dosages linearly damaged *Eugenia pyriformis* seedlings growth and the weight of fresh matter and aerial part dry matter of maize.

### *Inga vera* Willd

The collar diameter (CD) (FIGURE 7A) and height (H) (FIGURE 7B) values of *Inga vera* seedlings submitted to different fertigation processes (T1: 100% water; T2: 25% whey and 75% water; T3: 50% whey and 50% water; T4: 100% whey) did not present significant changes ( $p < 0.05$ ) over the monthly measuring in the 8 months of the experiment.

**Figure 7** – Evaluations of growth indicators collar diameter (A) and height (B) for *Inga vera* Willd submitted to different fertigation processes IFSULDEMINAS – Inconfidentes campus. Inconfidentes, Minas Gerais state, Brazil, 2017. Means followed by the same letter did not significantly differ by Scott-Knott test at 5% of probability.



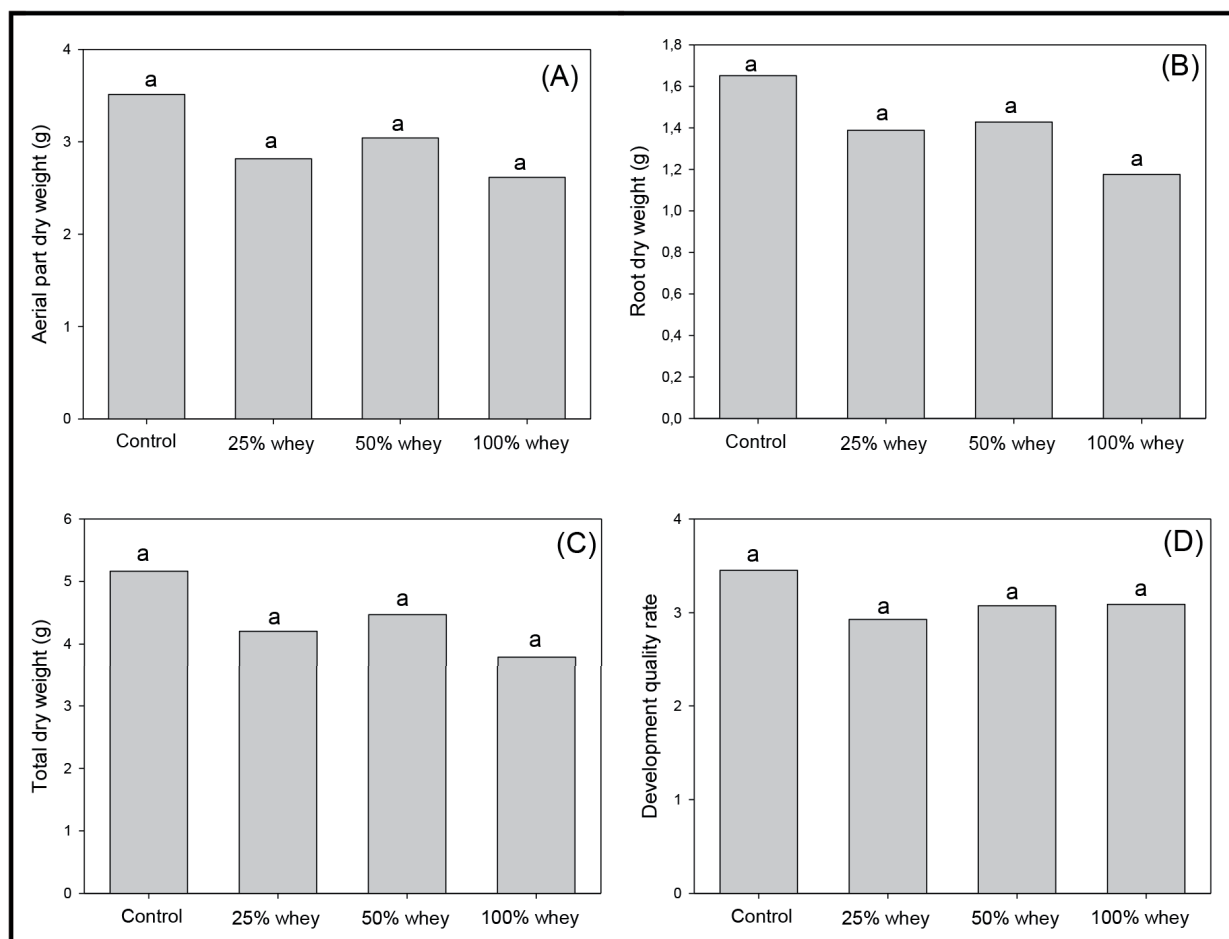
**Source:** Elaborated by the authors (2017).

The values for aerial part dry matter weight (APDMW), root dry matter weight (RDMW), total dry matter weight (TDMW), and development quality rate (DQR) did not present significant changes in the 8 months of the experiment conduction (FIGURES 8A, 8B, 8C, and 8D).

Thus, it is stated that the application of different doses of whey do not affect the development of pioneer species *Inga vera* Willd seedlings. In other words, it does not enhance neither causes damage when compared to control (T1: 100% water). These results are different from the ones observed for the species *Eugenia involucrata*, which presented damaged development for all dosages evaluated. These results are also different from the ones found by Gheri, Ferreira and Cruz (2003), who, after application of acid whey on *Panicum maximum*, found increase in the production of dry matter,

achieving higher production after application of 390 m<sup>3</sup>/ha of whey; by Schuster (2008), who tested daily irrigation of 200 mL and 400 mL in eucalyptus seedlings, the author observed an increase in height and collar diameter with application of a higher dosage; and by Mantovani et al. (2015), who evaluated the whey potential as source of nutrients for maize and observed that the acid whey on the soil increases the production of maize plants dry matter and the accumulations of N, P, K, and Ca in the aerial part, if used whey in values superior to 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

**Figure 8** – Evaluation of indicators for aerial part dry matter weight (APDMW) (A), root dry matter weight (RDMW) (B), total dry matter (TDMW) (C), and development quality rate (DQR) for the species *Inga vera* Willd submitted to different fertigations. IFSULDEMINAS – Inconfidentes campus. Inconfidentes, Minas Gerais state, Brazil, 2017. Means followed by the same letter did not differ significantly by Scott-Knott test at 5% probability.



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

The purpose of this study was to use whey as fertigation in order to avoid the use of artificial fertilizers. However, due to the results observed for the pioneer species *Inga vera*, it is recommended for that ecologic group the reuse of whey substituting irrigation by clean water, corroborating Kummer (2012) reports, in which is pointed out that in order to supply the necessity of water usage, since water is scarce frequently, there is a need of appealing to inferior quality water.

## Conclusion

Fresh whey promoted different responses to the development of species *Eugenia involucrata* and *Inga vera* seedlings, not being recommended the use of whey as fertigation for the species *Eugenia involucrata*.

It is recommended irrigation studies using whey in a 100% concentration for the production of *Inga vera* seedlings daily or in alternate days, reducing the pressure for availability of clean water.

We suggest more researches about whey being evaluated as irrigation for other pioneer species as an option of reuse for this residue, aiming to decrease clean water consumption. We also recommend researches addressing better whey concentration for tree species that are tolerant to a great load of nutrients.

However, this study justified itself for two reasons: reducing residues in the environment and reducing necessity for clean water usage.

## Acknowledgments

To the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais (IFSUL-DEMINAS), for the financial support granted.

## Produção de mudas de ingá-do-rio (*Inga vera* Willd) e cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.) fertirrigadas com soro de leite

### Resumo

Os efluentes residuários das indústrias de laticínios contaminam os recursos hídricos, assim, pesquisas que buscam medidas sustentáveis para reverter essa situação devem ser incentivadas. Este trabalho teve como objetivo determinar se o soro de leite pode ser utilizado como fertirrigação e definir a proporção de soro que deverá ser fertirrigada para as espécies *Inga vera* e *Eugenia involucrata*. A pesquisa foi constituída por dois experimentos, um com a espécie *I. vera* e o outro com a espécie *E. involucrata*, por se tratar de espécies com comportamento ecológico diferente, pioneiro e secundário tardio, respectivamente. Ambos seguiram o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, foram avaliadas quatro fertirrigações (T1: 100% água; T2: 25% de soro e 75% de água; T3: 50% de soro e 50% de água; T4: 100% de soro). Os indicadores avaliados foram a altura da planta, diâmetro do coleto, peso da parte aérea e das raízes e o índice de qualidade de desenvolvimento (IQD). O soro de leite fresco promoveu respostas diferentes ao desenvolvimento das mudas das espécies *Eugenia involucrata* e *Inga vera*, não sendo recomendado o uso do soro como fertirrigação para a espécie *Eugenia involucrata*. Recomendam-se estudos de irrigação fazendo uso de soro de leite na concentração de 100% para a produção de mudas de *Inga vera* diariamente ou em dias alternados, reduzindo a pressão pela disponibilidade da água de qualidade.

**Palavras-chave:** Reutilização de efluente. Espécies nativas. Mata Atlântica. Fertirrigação.

## References

CARVALHO, P. E. R. Cerejeira - *Eugenia involucrata*. In: Espécies arbóreas brasileiras. **Revista Embrapa Informação Tecnológica**, v. 3. 8 p. 2008. Comunicado técnico. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/578655/cerejeira---eugenia-involucrata>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

CASTELLANOS, A. H. A. **Efeito do soro de leite bovino na produção e qualidade dos frutos de tomate santa clara sob fertilização orgânica**. 2015. 40 p. Projeto de pesquisa apresentado à disciplina estágio supervisionado do Curso de Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília. Brasília. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14245/1/2015\\_AlessandraHelenaAmanajasCastellanos.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14245/1/2015_AlessandraHelenaAmanajasCastellanos.pdf)>. Acesso em: 24 maio 2018.

DALÓ JÚNIOR, O. **Avaliação do crescimento de mudas de uvaia (*Eugenia pyriformis*) com fertirrigação de soro de leite**. 2016. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação- Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas *Campus* Inconfidentes, Inconfidentes-MG, 2016.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. Disponível em: <<http://pubs.cif-ifc.org/doi/abs/10.5558/tfc36010-1>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

FERREIRA, D. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/meusarquivospdf/art63.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

GHERI, E. O.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 753-760, jun. 2003. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/109106/1/v38n6a12.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

GIROTO, J. M.; PAWLOWSKY, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. **Revista Brasil Alimento**, n. 10, p. 43-46, set/out. 2001. Disponível em: <<http://www.signu-seditora.com.br/ba/pdf/10/10%20-%20Laticinios.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

JUNG, C. F.; MATTE, A. A. Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. **Revista Ágora**, v. 19, n. 01, p. 34-47, jan./jun. 2017. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/agora/article/viewFile/8446/6126>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

KUMER, A. C. B.; SILVA, I. P. F.; LOBO, T. F.; FILHO, H. G. Qualidade da água residuária para irrigação do trigo. **Irriga**, Edição Especial, p. 297 - 308, 2012. Disponível em: <<http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/454>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

MANTOVANI, J. R.; CARRERA, M.; LANDGRAF, P. R. C.; MIRANDA, J. M. Soro ácido de leite como fonte de nutrientes para o milho. **Agriambi**, v. 4, n. 19, p.324-329, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n4/1415-4366-rbeaa-19-04-0324.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

NUNES, L.; SANTOS, M. G. Caracterização físico-química de soros obtidos de diferentes tipos de queijos. **Revista Horizonte Científico**, v. 10, n. 2. 2016. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/31172/17270>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64-71, mar/abr. 2012. Disponível em: <<https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/215>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

OLIVEIRA, M. C.; OGATA, R. S.; ANDRADE, G. A. de; SANTOS, D. S.; SOUZA, R. M.; GUIMARAES, T. G.; SILVA JÚNIOR, M. C. da; PEREIRA, D. J. S.; RIBEIRO, J. F. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 128 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1042301/manual-de-viveiro-e-producao-de-mudas-especies-arboreas-nativas-do-cerrado>>. Acesso em: 28 maio 2018.

PAULA, L. de. **Soro de leite em substituição à solução nutritiva no cultivo da forragem de milho hidropônico**. 2009. 53 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Disponível em: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/5638>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

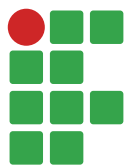
RUIZ, J. G. C. L. **Mineralização do soro ácido de leite em função do ph do solo**. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88263>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

SCHUSTER, A. A. **Fertirrigação em Eucalipto com efluentes de indústrias de laticínios**. 2015.15 p. Artigo apresentado na disciplina de Estágio Supervisionado do Curso Técnico em Química do Centro de Educação Profissional UNIVATES, Lajeado. Disponível em: <<https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/adriana.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

SOUZA, J. R.; MORAIS, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza-CE , v. 8, n. 1, p. 26-45, abr. 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/rede/article/view/1115>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

**Received in:** March 23, 2018

**Accepted in:** May 30, 2018



# Morphometric characterization of Mestre Campo Stream Watershed, in Piranga City, Minas Gerais

Paulo Henrique da Silva Câmara<sup>1</sup>

Kleber Mariano Ribeiro<sup>2</sup>

Kátia Daniela Ribeiro<sup>3</sup>

Tainá Ramos Pereira<sup>4</sup>

## Abstract

The multiple environmental dynamics of watersheds make these natural spaces interesting objects of study, and in areas with few scientific investigations, such as the Mestre Campo Stream watershed, the need for these investigations is even greater. The accomplishment of this paper sought to characterize the morphometry of Mestre Campo Stream Watershed, located in Piranga City, Minas Gerais, Brazil, as a first activity to create a management plan for the natural resources available in the area. Therefore, TOPODATA geomorphological data were used in a geographic information system (GIS) to extract the morphometric information – area and respective perimeter, length of axis and of drainage network – from the study area and, then, these variables were used to estimate the following indicators: form factor, circularity and compactness indexes, elongation ratio and drainage density, in order to describe the watershed. The morphometric indexes indicated an elongated behavior for the watershed, characterizing it as a space of low susceptibility to flooding under normal precipitation conditions. In addition, the drainage network showed fourth-order ramifications and a median capacity of drainage. The sub-watersheds that makes the Mestre Campo Stream Watershed were also characterized, the Sub-watershed of Brum Stream presented a rounded shape, while the Alto Mestre Campo Sub-watershed presented elongated characteristics. These results highlight the heterogeneity of Mestre Campo Stream Watershed, which must be considered when elaborating the management plan for the studied watershed, respecting the particularities of that geographic space in order to properly explore its natural resources.

**Keywords:** Environmental management. Shape indexes. GIS.

## Introduction

The watershed can be understood as a physical, natural and open system that captures a volume of precipitated water and, through its sloping surfaces, conducts the volume and other materials present in the area to the watershed mouth (CHRISTOFOLETTI, 1980; COELHO NETO, 1995; SILVEIRA, 2001). This geographical space is occupied by several organisms – such as soil, fauna, flora,

1 Universidade Federal de Santa Catarina, Mestrando em Agroecossistemas, paulo0313@outlook.com. Rodovia Admar Gonzaga, n° 1346, Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina. CEP: 88.034-000.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG), Campus Rio Pomba, Professor Doutor. kleber.ribeiro@ifsudestemg.edu.br.

3 Centro Universitário de Formiga (UNIFOR), Professora Doutora. katiadr@bol.com.br.

4 IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba, Graduanda em Agroecologia. tainarp30@gmail.com.

water courses and communities – and the structuring and the interaction of these elements within the watershed make this natural area an interesting object of study.

The Mestre Campo Stream watershed, area of study of this paper, is a natural space located in Piranga city, Minas Gerais administrative area, Brazil, and there is only a few scientific studies describing the local. Data survey on the environmental dynamics of the watershed would be very important for the management of that ecological unit, in order to plan the actions according to the area capability (PORTO; PORTO, 2008), accounting the rational and sustainable use of natural resources.

In this context, the study of the watershed morphometry is one of the first procedures in environmental area in order to survey the existing natural potential; furthermore, the technical information can be the basis for planning and managing actions. The combination of morphometric parameters – such as the drainage area of watershed, the perimeter, the length of axis and the length of its drainage channels – allows the estimation of specific indicators for the local – for example, the form factor, indexes of circularity and of compactness, elongation ratio and drainage density – and make it possible to study the environmental and anthropic vulnerability of watersheds (LIMA et al., 2011; RODRIGUES et al., 2016).

Sousa (2016), when studying the Tapuio River watershed, in Ceará administrative area, Brazil, concluded that the survey of morphometric characteristics resulted in important analyzes that revealed low propensity for flooding in the studied watershed. Coutinho et al. (2011), studying the Prata River watershed, located in south of Espírito Santo administrative area, Brazil, also found that the watershed presented morphometric indices of little tendency to flooding, disregarding abnormal occurrences of precipitation.

Silva et al. (2018), analyzing morphometric data from the Rangel Stream watershed, one of main tributaries of Gurguéia River, which supplies the entire southern of Piauí administrative area, Brazil, characterized the watershed as medium sized, not very favorable to flooding, with high soil permeability, of straight and low gradient channels. The authors concluded that morphometric analyzes are indispensable elements for planning and assessing hydrological behavior of watershed, assisting in decision making on conservation, use and occupation of land.

Therefore, physical characteristics play an important role on the hydrological cycle of watersheds, influencing infiltration, surface and subsurface produced runoff, evapotranspiration, among others (RODRIGUES et al., 2008). Computational tools have been great allies in morphometric studies of natural spaces, as reported by Antoneli and Thomaz (2007).

Geographic information systems (GIS), such as Quantum GIS, have been well accepted in watershed studies, facilitating the extraction of characteristics, the visualization of observations and the modeling and correlation of data (CARDOSO et al., 2006; TRENTIN et al., 2015; CAETANO; CASAROLI, 2016).

In this context, the present paper aimed mapping the morphometry of Mestre Campo Stream watershed, in Piranga city, Minas Gerais administrative state, Brazil, as a potential tool to support a master plan for managing the natural resources present in the area.

## Material and methods

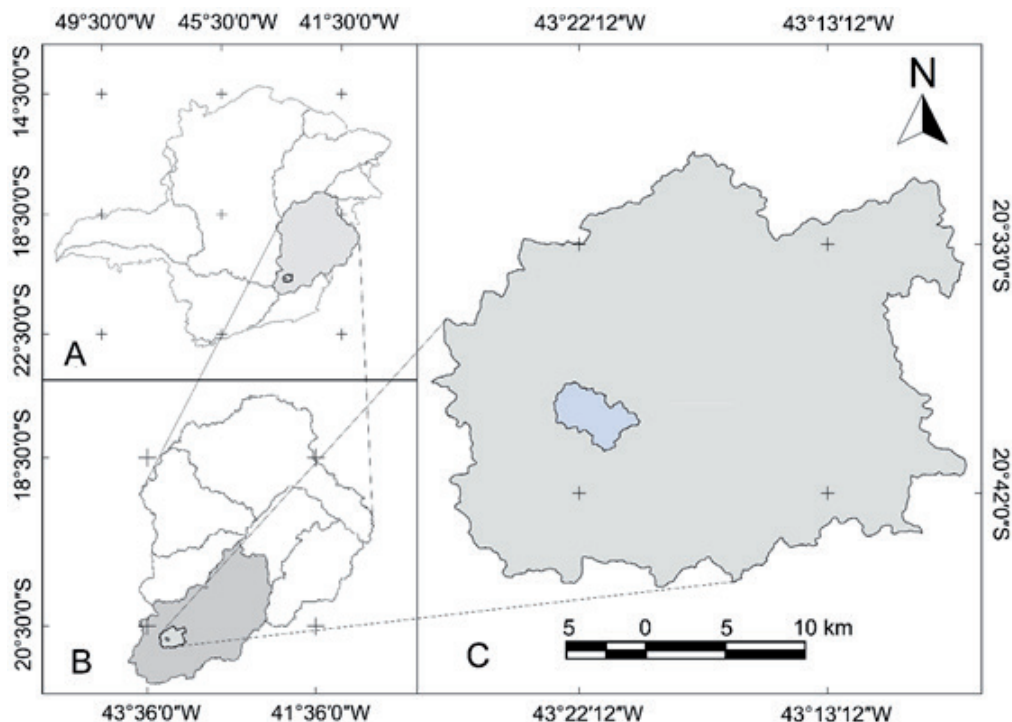
### Characterization of the studied area

The studied area comprised the watershed of Mestre Campo Stream, located west of Piranga City, administrative region of Minas Gerais, Brazil. With 13.93 km<sup>2</sup>, the area is located between



the geographical latitude coordinates 20°37'58" and 20°40'31" South, and longitude coordinates 43°21'17" and 43°22'21" West, as shown in Figure 1.

**Figure 1** – Geographic location of Mestre Campo Stream watershed in Minas Gerais (A.), in relation to the federal watershed of Rio Doce (B.) and to Piranga City (C.).



**Source:** Elaborated by the authors (2018).

The watershed under study has the Mestre Campo stream as the main water channel, which is, in turn, a tributary of Piranga river. When Piranga River merges with the Carmo River, it forms Doce River, known as one the largest watersheds in the state of Minas Gerais. The predominant soil type in watershed is the red-yellow latosol, according to the Digital Soil Map prepared by EMBRAPA Solos (SANTOS et al., 2013), the predominant vegetation is composed of semideciduous seasonal rain forests, which fall within the domains of the Atlantic Forest (SOBRINHO et al., 2009).

The regional climate of watershed is tropical in altitude, with hot and rainy summers, dry winters, and moderate temperatures, receiving the designation Cwa in Köppen classification (LACERDA, 2014). The average temperatures recorded are between 12°C and 33°C (NASCIMENTO; CASTRO, 2013).

To carry out the proposals presented here, the paper was divided in two stages, which are:

- A. Mapping of morphometric data;
- B. Analysis and interpretation of results.

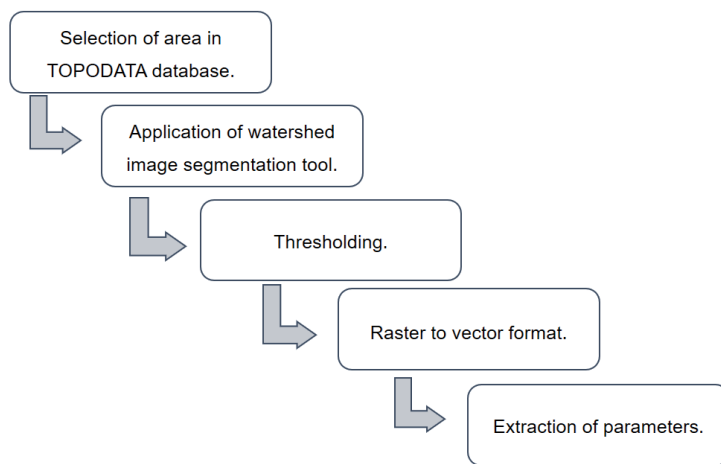
## Mapping of morphometric data

Geomorphometric data of the area under study, available in Remote Sensing Division of Brazilian Institute for Space Research (INPE), were used in morphometric analysis of Mestre Campo Stream watershed. This database, known as TOPODATA, is corrected by INPE before being shared with

the user and it is suitable for regions of rugged relief, such as Piranga City (LANDAU; GUIMARÃES, 2011), which supports its choice for this study.

The watershed technique of digital image segmentation was applied to the TOPODATA database for the delimitation of Mestre Campo Stream watershed and, on that output, the threshold method (cutoff value equal to 50) was used in order to define the drainage channels of the studied area. The raster data of delimited watershed and of demarcated drainage channels were converted to vector format and, then, it was extracted the variables area, the perimeter of watershed, the length of main axis, and the length of the drainage network. Figure 2 illustrates the methodology used to obtain the morphometric parameters of Mestre Campo Stream watershed.

**Figure 2** – Experimental configuration used to extract the morphometric parameters of Mestre Campo Stream watershed.



**Source:** Elaborated by the authors (2018).

The morphometric parameters (area, perimeter, length of axis and length of drainage channels) observed were used, via physical indicators, to classify the watershed in terms of its shape and its natural drainage system. In this context, the compactness coefficient ( $K_c$ ), circularity index ( $I_c$ ), form factor ( $F$ ), elongation ratio ( $R_e$ ), basin order, bifurcation ratio ( $R_b$ ) and drainage channels density were estimated, all parameters are detailed in the following paragraphs.

### Compactness coefficient ( $K_c$ ) and circularity index ( $I_c$ )

The compactness and circularity indices were estimated using Equations 1 and 2, described mathematically below, according to Cardoso et al. (2006).

$$K_c = 0.28 P / A^{0,5} \quad (1)$$

$$I_c = 12.57 A / P^2 \quad (2)$$

at which:

$K_c$  and  $I_c$  are the compactness and circularity coefficients, respectively, and they are dimensionless;

$P$  is the perimeter of watershed, in km;

$A$  is the drainage area of watershed, in  $\text{km}^2$ .

The values of  $K_c$  and  $I_c$  supported the morphometric classification of watershed and the discussions.  $K_c$  values are always higher than the unit, and indices between 1.00 and 1.25 denote watersheds of a rounded shape;  $K_c$  between 1.25 and 1.50 describe oval areas, and values greater than 1.50 indicate elongated watersheds. On the other hand, the values of  $I_c$  oscillated between zero and the unit, in which watersheds of rounded shapes tend to unitary indexes, and values close to zero characterize elongated shapes for the area (CARDOSO et al. 2006).

### Form factor (F) and elongation ratio (Re)

The form factor, similar to the circularity index, presents values between null and the unit, in which  $F$  lower than 0.50 indicates elongated watersheds, values from 0.50 to 0.75 characterize a medium tendency to flooding and over 0.75, areas of rounded characteristics and subjected to flooding (VILLILA; MATTOS, 1975). The  $F$  index was estimated using Equation 3 (CARDOSO et al, 2006).

$$F = A / L^2 \quad (3)$$

at which:

$F$  corresponds to the form factor, dimensionless;

$L$  is the length of main axis of watershed, in km.

The elongation ratio ( $Re$ ), described mathematically by Equation 4, presents high values for watersheds of rounded characteristics and susceptible to flooding, and lower indexes for natural areas of elongated shapes and less susceptible to flooding (MOSCA, 2003; FERRARI, 2013).

$$Re = 1.128 A^{0.5} / L \quad (4)$$

Aher et al. (2014) classify the watersheds as elongated in shape when the  $Re$  values are between 0.60 and 0.79; those with an index greater than 0.89 are qualified as oval.

### Basin order, bifurcation ratio (Rb) and drainage density (Dd)

The order of water courses and the bifurcation ratio ( $R_b$ ) express the degree of branching of the watershed drainage system (TUCCI, 2001); the larger the ramification, the greater the tendency for the watershed flooding peak. This paper used Strahler's method (1952) to analyze the basin order, and Equation 5 (CAMPANHARO, 2010) to estimate the bifurcation ratio of each order.

$$RbO = N_c / N_{c_{+1}} \quad (5)$$

at which:

$RbO$  is the bifurcation ratio of each order, dimensionless;

$N_c$  is the number of channels of a given order;

$N_{c_{+1}}$  corresponds to the number of channels in the next higher order.

The bifurcation ratio for the watershed was estimated by Equation 6 (HORTON, 1945).

$$Rb_{BH} = \Sigma RbO / N_{RbO} \quad (6)$$

at which:

RbBH is the bifurcation ratio of watershed, dimensionless;

NRbO corresponds to the RbO number of watershed.

Lima (2018) mentions that the bifurcation ratio varies from 2.0 to 4.0 for most watersheds. The higher the bifurcation ratio, the greater the ramification degree of drainage channels of a watershed, and the greater the tendency for flooding peak (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2006).

The drainage density of watershed (Dd), determined by Equation 7 (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2006), reveals the relationship between the total length of watershed water courses and its total area. Dd values classified as low represent low capillarity and they can affect the risks of flooding, the time of concentration and the risks of serious erosion along water courses (STRAHLER, 1957).

$$Dd = \Sigma L / A \quad (7)$$

at which:

Dd consists of drainage density, in km km<sup>-2</sup>;

ΣL is the sum of all channels present in watershed, in km.

According to Villela and Mattos (1975), this index varies on 0.5 km km<sup>-2</sup> for watersheds of poor drainage and on 3.5 km km<sup>-2</sup> or more for very well drained watersheds.

It is worth noting that all the process described graphically on Figure 2 was carried out by the geographic information system QGIS 2.18 (QGIS, 2011) and the GRASS GIS 7 internal library.

## Analysis and interpretation of results

The results analysis was based on quantitative and qualitative parameters. The seven morphometric indices estimated – compactness coefficient, circularity index, form factor, elongation ratio, basin order, bifurcation ratio and drainage density – in addition to the charts and maps were the references for quantitative assessments. The quantitative data obtained were compared with each other and with the relevant literature aiming to characterize the hydrological behavior of the studied watershed.

Additionally, visits to watershed allowed the diagnosis of use and occupation of natural space. This diagnosis supported the data qualitative analysis and it contributed to the accomplishment of the proposed approaches, which were supported by the literature.

## Results and discussion

### Mestre Campo Stream watershed

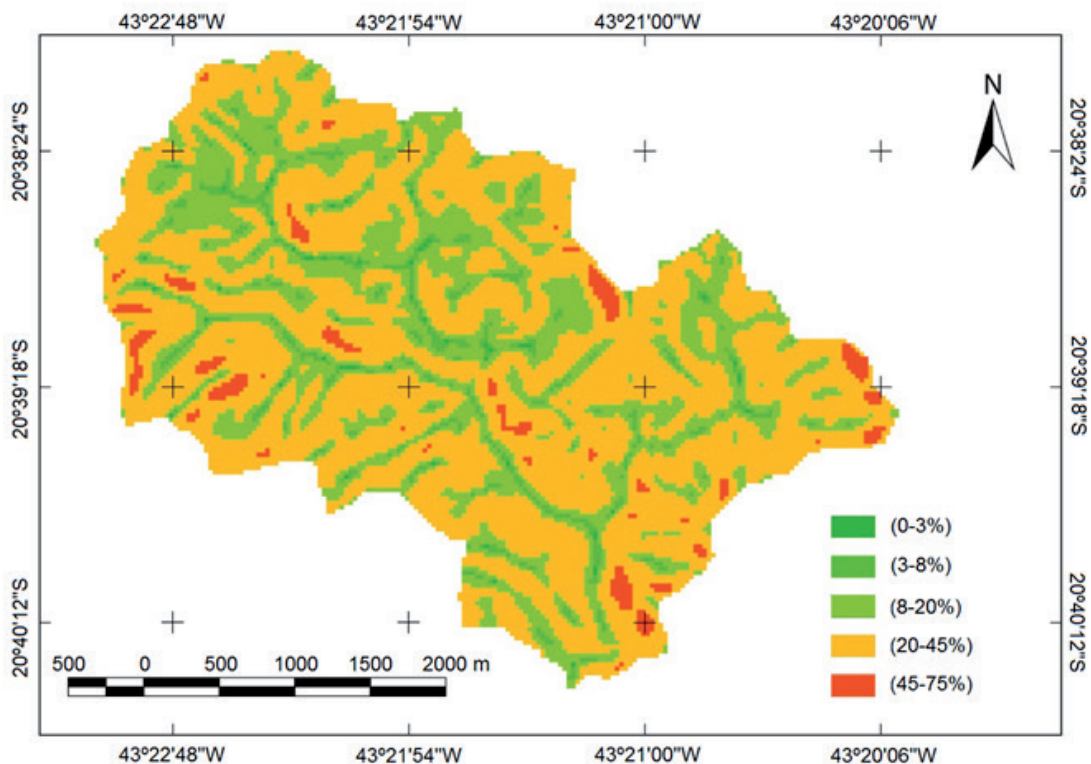
Table 1 presents the morphometric characterization of Mestre Campo Stream watershed, and Figure 3 graphically presents the natural geographic space.

**Table 1** – Morphometric characterization and drainage network of Mestre Campo Stream watershed.

<b>Morphometric characterization</b>	
Contribution area (A)	13.930 km <sup>2</sup>
Watershed perimeter (P)	23.560 km
Length of main axis (L)	5.278 km
Compactness coefficient (Kc)	1.781
Circularity index (Ic)	0.315
Form factor (F)	0.500
Elongation ratio (Re)	0.798
<b>Drainage network characterization</b>	
Length of drainage channels ( $\Sigma L$ )	28.634 km
Length of main water course (Cp)	6.869 km
Altimetric amplitude of main channel (H)	190.000 m
Drainage density (Dd)	2.056 km km <sup>-2</sup>
Mean bifurcation ratio (Rb)	2.664
Basin order according to Strahler (1952) (O)	4 <sup>a</sup>
Mean declivity of main channel	2.766%

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

**Figure 3** – Mestre Campo Stream watershed.



**Source:** Elaborated by the authors (2018).

It was estimated an area of 13.93 km<sup>2</sup>, perimeter of 23.56 km and length of the main axis of 5.28 km (TABLE 1), for the Mestre Campo Stream watershed, a natural space that can be characterized as elongated, since  $K_c$  (1.781),  $I_c$  (0.315),  $F$  (0.500),  $Re$  (0.798) and  $R_b$  (2.664) indices presented the same morphometric behavior. This result is confirmed when analyzing Figure 3, which shows the watershed geometry is far from a circular shape and it is more similar to the rectangular shape, which reflects the watershed elongated shape, characterized by the interpretation of the morphometric indices mentioned above.

Elongated watersheds tend to be conservative (SIQUEIRA et al., 2012), because there is a longer concentration time, and they are less susceptible to flooding under normal precipitation conditions (RODRIGUES et al., 2016).

In the study of Doce River watershed, in which Mestre Campo Stream is inserted, Marcuzzo et al. (2011) observed a geometry similar to a triangle. The result shows that the sub-watersheds may present different morphometry from the main watershed, as discussed by Bertolini and Cherem (2017), and that the physiographic characterization of sub-watersheds is necessary for better details of natural spaces and environmental management, respecting their aptitudes of land use.

The drainage system of Mestre Campo Stream watershed presents a dendritic configuration (FIGURE 3), fourth-order ramification (STRAHLER, 1957), drainage density of 2.056 km km<sup>-2</sup> and an average bifurcation ratio of 2.66, considered by Villela and Mattos (1975) as being of medium capacity of drainage. This information reflects on the drainage capacity of a watershed, at which higher drainage density values are related to shorter drainage time and less risks of erosion, as discussed by Cardoso et al. (2006) and Zanata et al. (2011).

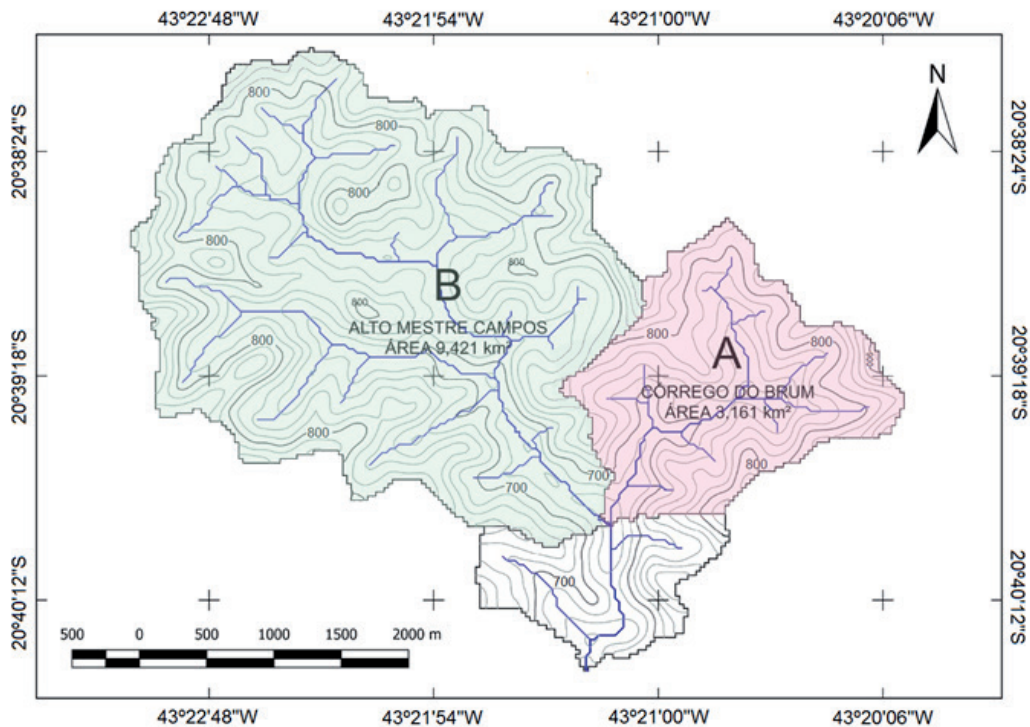
The federal watershed superior to the Mestre Campo Stream, Doce River watershed, presents greater branching of drainage network (tenth order), but lower value for the drainage density (0.03 km km<sup>-2</sup>) and for the bifurcation ratio (2.16) (MARCUZZO et al., 2011). These values show that the sub-watershed has greater drainage capacity than the watershed in which it is inserted.

On the drainage of waters in Mestre Campo Stream watershed, the main water course has an altimetric amplitude of 190 meters distributed over 6,869 km of length, with an average slope of 2.77%. These values allow to estimate the average velocity of water runoff (0.818 m s<sup>-1</sup> according to the NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE - NRCS, 2010) and the concentration time for the watershed (140 minutes according to NRCS, 2010), important variables when analyzing hydraulic systems, especially in projects of free ducts.

The concentration time depends, essentially, on the flow over the terrain, in which, the lower the flow velocity, the longer the concentration time for the watershed (MATA-LIMA et al., 2007); consequently, the lower the propensity for watershed flooding.

The average declivity observed for watershed slopes was 24.45%, corresponding to 61.79% of the studied area, allowing it to be classified as a watershed of highly undulating relief (EMBRAPA, 1979), as shown in Figure 4 and described in Table 2.

**Figure 4** – Geomorphology of Mestre Campo Stream watershed.



**Source:** Elaborated by the authors (2018).

**Table 2** – Distribution of slope classes of Mestre Campo Stream watershed.

Slope	Description	Area – km <sup>2</sup>	Percentage
0.0 % – 3.0 %	Plan	0.51275	3.75 %
3.1 % – 8.0 %	Smooth plan	0.51275	3.75 %
8.1 % – 20.0 %	Undulate	3.81521	27.93 %
20.1 % – 45.0 %	Highly undulate	8.43733	61.79%
45.1 % – 75.0 %	Mountainous	0.38355	2.81 %
> 75.0 %	Rugged	0.00000	0.00 %

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

Figure 4 shows there is a softening of declivity when moving from the slopes to the main water course. Cardoso et al. (2006) and Rodrigues et al. (2016) emphasize the importance of relief in hydrological studies, such as the relationship between rainfall and runoff of watersheds in hydraulic studies, since they are important when estimating velocity in runoff surface, for example.

Since Mestre Campo Stream watershed presented a different shape from its upper watershed, also, the morphological description of these subunits is important in planning and managing an ecological unit, the sub-watersheds of Brum Stream and Alto Mestre Campo, which form Mestre Campo Stream, were also characterized according to their shapes and the results are presented in the next section.

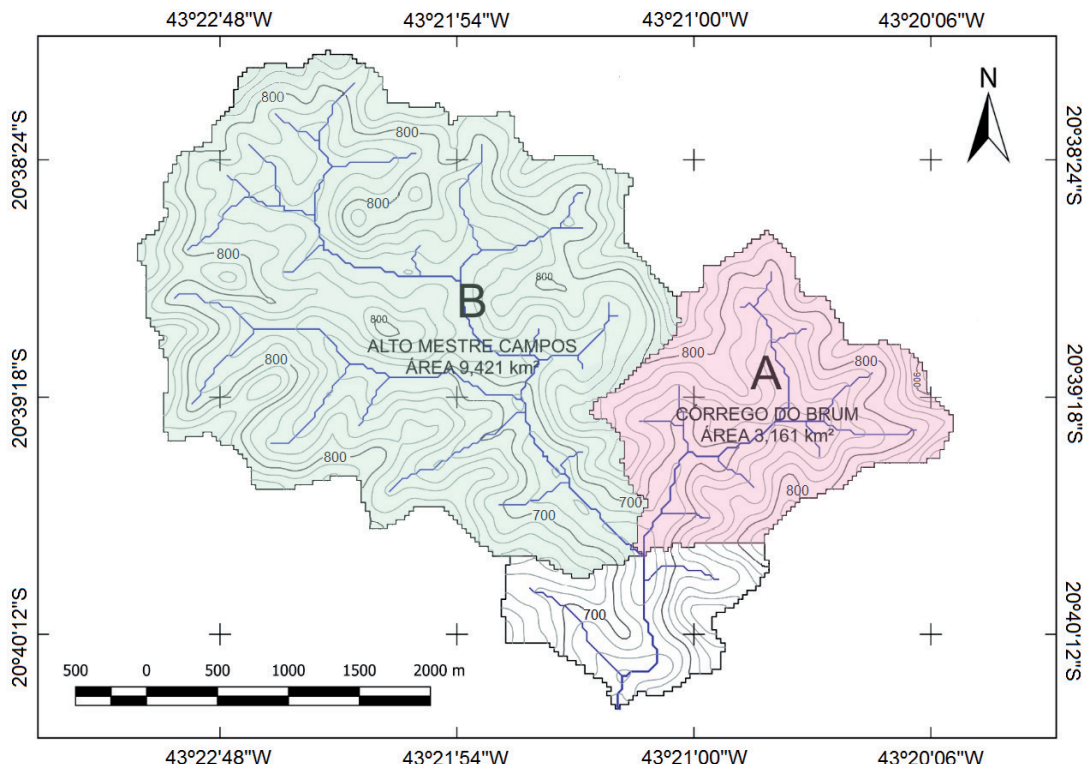
**Sub-watersheds Brum Stream and Alto Mestre Campo**

Table 3 presents the morphometric characterization of Brum Stream and Alto Mestre Campo sub-watersheds, and Figure 5 illustrates the geographical positions of these sub-areas.

**Table 3** – Morphometric and drainage characterization of Brum Stream and Alto Mestre Campo watersheds.

-----	Brum Stream	Alto Mestre Campos
<b>Morphometric characterization</b>		
Contribution area (A)	3.161 km <sup>2</sup>	9.421 km <sup>2</sup>
Watershed perimeter (P)	10.200 km	17.380 km
Length of main axis (L)	2.458 km	4.420 km
Compactness coefficient (Kc)	1.618	1.597
Circularity index (Ic)	0.382	0.392
Form factor (F)	0.523	0.482
Elongation ratio (Re)	0.816	0.783
<b>Drainage network characterization</b>		
Length of drainage channels ( $\Sigma L$ )	6.780 km	19.160 km
Length of main water course (Cp)	2.742 km	5.393 km
Altimetric amplitude of main channel (H)	260.000 m	160.000 m
Drainage density (Dd)	2.145 km km <sup>-2</sup>	2.034 km km <sup>-2</sup>
Mean bifurcation ratio (Rb)	1.625	1.611
Basin order (O)	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Mean declivity of main channel	9.48%	2.966%

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

**Figure 5** – Geographic position of Brum Stream (A) and Alto Mestre Campo (B) sub-watersheds.

**Source:** Elaborated by the authors (2018).



The Mestre Campo Stream watershed has its outlet on Piranga River, whose geographical latitude coordinates are of 20°40'31" South and longitude coordinates of 43°21'17" West, as illustrated in Figure 3. The sub-watersheds of Brum Stream and Alto Mestre Campo have different outlets, located under the geographic latitude coordinates of 20°39'55" South and longitude coordinates of 43°21'10" West, as illustrated in Figure 5. In addition, the sub-watershed Alto Mestre Campo has a contribution area (9.421 km<sup>2</sup>) three times greater than that of Brum Stream (3.161 km<sup>2</sup>).

The estimated values for  $K_c$ ,  $I_c$  and  $F$  indicate oval and elongated shapes for sub-watersheds of Brum Stream and Alto Mestre Campo, respectively. As discussed for Mestre Campo Stream watershed, these results were expected, given the similarity of sub-watersheds geometries of circle and rectangle shapes, respectively.

Smaller values of elongation ratio ( $R_e$ ) are associated with elongated areas, and larger  $R_e$  are associated with rounded areas. According to the classification of Aher et al. (2014), the sub-watershed of Brum Stream tends to be oval while the Alto Mestre Campo is characterized as elongated, corroborating what was mentioned above (TABLE 3).

These results show a heterogeneous morphometric behavior for Mestre Campo Stream watershed, in which the eastern section is more vulnerable to flooding than the western section. Given this scenario, it is necessary to adopt different environmental plans and managements for each space, respecting their variability and potential.

The drainage system found in both sub-watersheds has a dendritic conformation (FIGURE 5), showing a third order branch according to the classification proposed by Strahler (1957). The drainage density observed for the sub-watersheds of Brum Stream and Alto Mestre Campo were close, with values of 2.145 km km<sup>-2</sup> and 2.034 km km<sup>-2</sup>, respectively, being considered medians by Villela and Mattos (1975).

In addition, the main water course in sub-watershed of Brum Stream has an altimetric amplitude of 260 meters distributed in 2.742 km of extension, which generates an average slope of 9.48%, while for the sub-watershed of Alto Mestre Campo, the altimetric amplitude was 160 meters in 5.393 km of the main channel extension, presenting an average slope of 2.76%. These results are in line with those presented in Figure 4, at which it is possible to observe steeper areas in Brum Stream region when compared to Alto Mestre Campo.

According to the NRCS method (1972), these slope values configure an average runoff velocity of 1.514 m s<sup>-1</sup> for the sub-watershed of Brum Stream and 0.846 m s<sup>-1</sup> for Alto Mestre Campo. In addition, the estimated concentration time for the sub-watersheds of Brum Stream and Alto Mestre Campo are 30 minutes and 106 minutes, respectively. These results are consistent with all the discussion presented in this study and they are important for the hydraulic and the hydrological studies of the area.

## Conclusion

The morphometric indices used for Mestre Campo Stream watershed characterization presented a natural space of elongated shape and a drainage network of fourth-order, dendritic configuration and medium capacity of water drainage.

The sub-watersheds that form the Mestre Campo Stream watershed presented heterogeneous physiographies, in which the Brum Stream presented oval shape and the Alto Mestre Campo sub-watershed elongated shape. The particularities of sub-watersheds reveal the need for different

work plans and managements for Mestre Campo Stream watershed, in order to respect the potential and aptitudes of each space.

## **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Mestre Campo, no município de Piranga, Minas Gerais**

### **Resumo**

A múltipla dinâmica ambiental das bacias hidrográficas torna esses ambientes naturais interessantes objetos de estudos e, em áreas com poucas investigações científicas, tal como a bacia hidrográfica do Córrego Mestre Campo, a necessidade dessas investigações é ainda maior. Com a realização do presente trabalho, buscou-se caracterizar a morfometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, localizada no município mineiro de Piranga, como uma primeira atividade à criação de um plano de manejo aos recursos naturais disponíveis na área. Para isso, dados geomorfológicos TOPODATA foram utilizados em sistema de informação geográfica (SIG) para extração das informações morfométricas – área e respectivo perímetro, comprimento do eixo e da rede de drenagem – da área de estudo e, posteriormente, essas variáveis foram utilizadas na estimativa de indicadores físicos – fator de forma, índices de circularidade e de compacidade, razão de alongação e densidade de drenagem – para descrição da bacia hidrográfica. Os índices de forma indicaram comportamento alongado para a bacia, caracterizando-a como um espaço de baixa susceptibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. Além disso, a rede de drenagem apresentou ramificação de quarta ordem e mediana capacidade de drenagem. As sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo também foram caracterizadas e a Sub-bacia do Córrego do Brum apresentou forma arredondada, enquanto a Sub-bacia do Alto Mestre Campo mostrou características alongadas. Esses resultados ressaltam a heterogeneidade da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, que devem ser consideradas na elaboração de um plano para a gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica estudada, respeitando as particularidades do espaço geográfico para uso racional dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** Gestão ambiental. Índices de forma. SIG.

### **References**

AHER, P. D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR, S. D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. **Journal of Hydrology**, v. 511, n. 1, p. 850-860, 2014.

ANTONELI V.; THOMAZ E. L. Caracterização do meio físico da bacia do arroio boa vista - Guamiranga-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 8, n. 21, p. 46-58. 2007.

BERTOLINI, W. Z.; CHEREM, L. F. S. Relação entre o relevo e a rede de drenagem na análise da condição de equilíbrio no alto rio Piranga (MG). **Revista Geografias**, v. 12, n. 1, p. 102-118, 2017.

CAETANO, J. M.; CASAROLI, D. Tendências dos modelos hidrológicos integrados aos sistemas de informações geográficas a partir da cienciometria. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 406-414, 2016.

CAMPANHARO, W. A. **Diagnóstico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce-ES**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010. Disponível em: [http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC\\_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf](http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf). Acesso em: 23 jul. 2019.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; BOECHAT, C. P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo/RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CARVALHO, D. F.; MELLO, J. P. L.; SILVA, L. D. B. **Apostila Hidrologia**. UFRRJ. Rio de Janeiro – RJ. 2006. Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Ed. Bertrand Brasil, 1995. p 93- 48.

COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. de O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 369-381, out.-dez., 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sumula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**, 1979, Rio de Janeiro. Súmula... Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F.; Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. **The Geological Society of America**, v. 56, n. 2, p. 275-370, 1945. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1177/030913339501900406>>. Acesso em 23 jul. 2019.

LACERDA, F. M. Análise geoquímica e ambiental para descrição da bacia do rio Oratórios – MG. **Geochimica Brasiliensis**, v. 28, n. 2, p. 227-236, 2014.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. Análise Comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**. 2011, Curitiba – PR. Anais ... Curitiba: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2011.

LIMA, A. G. G. **Hidrologia**. 2018. Disponível em: < <http://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/morfologiaBacias.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; SANTOS, J. M. Análise geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso (semiárido da Bahia) através da aplicação de parâmetros morfométricos da rede de drenagem. **Revista de Geografia** (Recife), v. 27, n. 2, p. 31-44, 2011.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V.; CARDOSO, M. R. D.; PINTO FILHO, R. D. F. Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Doce. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2011

MATA-LIMA, H.; VARGAS, H.; CARVALHO, J.; GONÇALVES, M.; CAETANO, H.; MARQUE, A.; RAMINHOS, C. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Rem: Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 60, n. 3, p. 525-536, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672007000300014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672007000300014&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 23 jul. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672007000300014>.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 88 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

NASCIMENTO, R. A.; CASTRO, J. F. M. Análise Climatológica Da Bacia Do Rio Piranga-MG:(1951-2012). **Geografia e Pesquisa**, v. 7, n. 1, p. 79-99, 2013.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE – NRCS. **National Engineering Handbook Hydrology Chapters**: Chapter 15 - Time of Concentration. Washington DC: United States Department of Agriculture, 2010. Available from: <<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=27002.wba>>. Access on 23 July 2019.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

QGIS, D. T. **Quantum GIS geographic information system**. Open Source Geospatial Foundation Project, v. 45, 2011.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPO, S. Caracterização morfométrica da micro-bacia hidrográfica do córrego da fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, v. 13, n. 3, p. 310-322, 2008.

RODRIGUES, R. S. S.; FERNANDES, L. L.; CRISPIM, D. L.; VIEIRA, A. S. A.; PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. **Revista Verde**, v.11, n.3, p.143-150, 2016.

SANTOS, H. G.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DART, R. O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Solos. 2013. 353 p.

SILVA, G. C. da; ALMEIDA, F. de P.; ALMEIDA, R. T. S.; MESQUITA, M.; ALVES JUNIOR, J. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel - Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.28; p.244-258, 2018.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SIQUEIRA, H. E.; TIBERY, L. R.; GUIDOLINI, J. F.; VALE JUNIOR, R. F.; RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do Rio Veríssimo, Veríssimo – MG. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2236-2246, 2012.

SOBRINHO, F. A. P.; Composição florística e estrutura de um fragmento de Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial em Viçosa (MG). **Floresta**, v. 39, n. 4, p. 793-805, 2009.

SOUSA, F. R. C. de. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 555-564, 2016.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 1; p. 1117-1142, 1952.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itú / RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 2, p. 219-237, 2015.

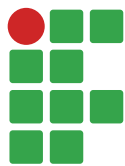
TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/Edusp/ABRH, 2001. 943p.

VILLELA, S. M.; MATTOS A. **Hidrologia Aplicada**, Ed. McGraw-Hill, São Paulo. 1975. 245 p.

ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M.; SERGIO, C. Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.1062–1067, 2011.

**Received in:** April 9, 2019

**Accepted in:** July 31, 2019



# Comparative herbaceous phytosociology in agroforestry and *Calophyllum brasiliense* monoculture on a river terrace

Antonio Carlos Pries Devidé<sup>1</sup>

Cristina Maria de Castro<sup>2</sup>

Raul de Lucena Duarte Ribeiro<sup>3</sup>

Marcos Gervasio Pereira<sup>4</sup>

## Abstract

Invasive forage grasses, especially the *Urochloa* genus, impact reforestation worldwide. The aim of this study was to evaluate management influence on phytosociology of the herbaceous layer, defined as the layer of herbs, sub-shrubs, shrubs and vines, in two agroforestry systems (AFS) (Simple and Biodiverse) in succession to a reforestation of guanandi (*Calophyllum brasiliense*), compared to monoculture of this specie taken as control. The experiment was conducted in Pindamonhangá (SP), Brazil, from 2011 to 2014, in a randomized block design with eight replications and 144.0 m<sup>2</sup> plots. In Simple SAF area, food crops were grown alongside *C. brasiliense* rows: sweet cassava (*Manihot esculenta*) in rotation with arrowroot (*Maranta arundinacea*), pigeon pea (*Cajanus cajan*), banana shrub (*Musa* sp.), and juçara palm (*Euterpe edulis*). In Biodiverse AFS, fourteen native tree species were also planted alongside the food crops. Altogether 41 herbaceous layer species, 38 genera and 24 botanical families were identified; the most abundant families were: Asteraceae, Poaceae e Cyperaceae. The similarity between the areas diverged after three years of management, with the predominance of *Commelina benghalensis* and *M. arundinacea* in the AFS areas and *Urochloa decumbens* in the monoculture, mainly, due to the shadow gradient established for the three systems.

**Keywords:** Ecological reforestation; Biodiversity; Spontaneous plants.

## Introduction

Inadequate agricultural systems can contribute to soil degradation, resulting in productivity loss and other environmental problems. In the Paraíba do Sul Valley, soil degradation has begun in coffee culture cycle and it has intensified by extensive livestock expansion (DEVIDE et al., 2014; SANTOS et al., 2016). From 1962 to 2011, forest cover increased in the sub-regions of the Paraíba River valley, it had gone up by 133.0% in the middle valley (most industrialized region) and by 77.0% in the high valley, a rural sub-region with a strong exodus, in addition to cattle herd reduction (SILVA et al., 2017). The impacts on the landscape resulted in 82.0% of this remaining natural forest coverage dispersed in small fragmented remnants with 20 hectares or less until 2005 (KRONKA et al., 2005), which is considered too small for biodiversity protection and highly vulnerable to invasive grasses. Currently, the most determining factors for natural forest regeneration are the small size and the large

1 Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, pesquisador. [antoniodedevid@apta.sp.gov.br](mailto:antoniodedevid@apta.sp.gov.br). Av. Dr. Antônio Pinheiro Junior, 4009, Caixa postal 32, 12400-970 Pindamonhangaba (SP), Brasil.

2 Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, pesquisadora. [cristinacastro@apta.sp.gov.br](mailto:cristinacastro@apta.sp.gov.br).

3 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, professor do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia. [lucena@ufrj.br](mailto:lucena@ufrj.br).

4 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, professor do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo. [gervasio@gmail.com](mailto:gervasio@gmail.com).

distance of those forest remnants that are surrounded by 213 thousand hectares of pasture areas of high potential for ecological self-recovery and 113 thousand hectares of medium ecological self-recovery potential (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2018).

The grasses species belong to the Poaceae family, which comprises approximately 790 genera and 10,000 species. In Brazil, approximately 200 genera and more than 1,350 species of Poaceae have been described (LONDE; SILVA, 2014). Infestation of non-native forage grasses, mainly of the genus *Urochloa* is one of the most important biological barriers for the restoration in tropical forests areas (GARCÍA-ORTH; MARTÍNEZ-RAMOS, 2011; MANTOANI; TOREZAN, 2016). *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster is an exotic grass that has adapted to the tropical environment throughout Latin America as it is quite tolerant to high levels of aluminum prevalent in acidic soils (SEIFFERT, 1980). Forage grasses can increase fire intensity and native species suppression (CABIN et al., 2002; FLORY et al., 2015).

In commercial and regenerative reforestation, grass control is usually carried out by herbicides, to ensure satisfactory conditions for tree growth (CORDELL et al., 2004; PYWELL et al., 2010; MOORE et al., 2011). The large-scale use of chemicals in mountainous relief and in permeable soils can contaminate water resources and reach underground aquifers (BRITO et al., 2001; AGRAWAL et al., 2010; SOARES et al., 2012; MOREIRA et al., 2012; SOARES et al., 2013) and also reduce spontaneous species richness (CÉSAR et al., 2013). In reforestation of slow-growing native species, such as the guanandi tree (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), chemical control can become costly and increase the impact on environment and on rural workers. *C. brasiliense* is a climax forest specie (BRENES; MONTAGNINI, 2006; PETIT; MONTAGNINI, 2006) that offers a noble wood; therefore, it is widely used for environmental restoration of flooded areas (DURIGAN, 1990; CARVALHO, 2003; BRENES; MONTAGNINI, 2006).

The diversification of forest plantations combined with intercropping crops in agroforestry systems (AFS) can be immensely helpful to restore degraded landscapes (DARONCO et al., 2012; MEDEIROS et al., 2015; CÂNDIDO et al., 2016). In the AFS, tree component provides organic residue and shadows the soil under the tree canopy, which improves the efficiency in the control of non-native grasses (CORDELL et al., 2004), thereby reducing the need for chemical management (MOORE et al., 2011). In AFS areas, producers can grow a wide variety of food crops, forage, and forest products, increasing income and minimizing poverty in rural areas (LUEDELING et al., 2014; ALTIERI; NICHOLLS, 2017; FAO, 2017). Among all AFS models, the Simple AFS is suitable for farmers interested in getting maximum yield from annual crops in association with forest species, and the Biodiverse AFS is suitable for farmers who aim to diversify agricultural production and restore the environment through the consortium of forest diversification and agricultural species of short, medium and long cycles occupying different strata of plant succession in space or over time (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2018). These two systems influence differently the community of spontaneous plants, depending on the management intensity and shading.

This study was carried out to evaluate the changes that occurred in the phytosociology of the herbaceous stratum as a result of agroecological management in two agroforestry systems (Simple AFS and Biodiverse AFS), compared to homogeneous reforestation of *C. brasiliense* taken as control. The hypothesis is that at least one AFS has favorable attributes for agroecological management of spontaneous vegetation, especially when considering non-native grass control.

## Material and methods

The experimental area (22°53'S; 45°23'O) is located in Pindamonhangaba (SP), Brazil, average altitude of 544 m, in a river terrace toposequence of soils classified by Santos et al. (2013) as Cambisol (Cambissolo), dystrophic in the upper and middle third, and Planosol (Planossolo), dystrophic, in the lower portion of the terrace. They present similar chemical characteristics: pH (H<sub>2</sub>O)=5.6; H+Al=3.3 mg dm<sup>-3</sup>; P=60.3 mg dm<sup>-3</sup>; K=18 mg dm<sup>-3</sup>; Ca=1.2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg=0.8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> and organic matter =22.8 dag kg<sup>-1</sup>. These soils have uniform appearance and similar hydrological characteristics throughout the series.

Annual rainfall is intense and concentrated in the summer (MATTOS et al., 1998). The local climate is classified as subtropical humid (Cwa) by Köppen and it presents dry winters, with temperatures under 18.0°C, and hot summers with temperatures that exceed 22.0°C. The experimental area is surrounded by the Capituba stream and was flooded due to high rainfall in the Spring/Summer of 2011 (1307 mm) and 2012 (1497 mm); watercourse interrupted its flow during the extreme drought events that took place in 2013 (1158 mm) and in 2014 (619 mm) (TARGA; BATISTA, 2015) (APTA, 2015).

*C. brasiliense* seedlings were planted at a 3.0 m x 2.0 m spacing in 2008. In 2011, the agroforestry conversion experiment was installed in a randomized block design with eight replications and 144.0 m<sup>2</sup> plots with four rows of six *C. brasiliense* trees in each line. The treatments were: (T1) monoculture of *C. brasiliense* (control), (T2) Simple AFS and (T3) Biodiverse AFS. In the agroforestry systems, two rows of sweet cassava (*Manihot esculenta* Crantz) were initially grown alongside the lines of the *C. brasiliense*; in 2012-2013 and 2013-2014 cycles, arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) was also planted. In the Biodiverse AFS, pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Huth) was added alongside the lines of cassava in 2012 as well as green manure, banana shrub and seedlings of 15 native forest species spaced one meter apart. Nine of these native species were pioneer successional: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Bixa orellana* L., *Citharexylum myrianthum* Cham., *Croton floribundus* Spreng., *Erythrina verna* Vell., *Inga vera* Willd., *Joannesia princeps* Vell., *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake; and six of these species were non-pioneer species: *Euterpe edulis* Mart., *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Handroanthus umbellatus* (Sond.) Mattos, *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng., *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A.Robyns e *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. All the native species were recommended for riparian forests recovery (TORRES et al., 1992; LORENZI, 1992; LORENZI, 1998). The cultures received organic and mineral fertilization in the agroforestry systems, and the monoculture got limestone in cover.

The *C. brasiliense* monoculture experimental areas are partially covered by grasses since the biotic components of the ecosystem are less resilient and show tendencies of inertial degradation, according to Cortines and Valcarcel (2009). Agroforestry systems are treatments in which the cultivated species can positively influence the biotic and physical components, modifying the levels of homeostatic balance and defining trends for degradation or restoration (FIGURE 1).



**Figure 1** – Profile of *C. brasiliense* cultivation systems: A – Single crop with grasses alongside the lines; B – Simple AFS with arrowroot; C – Biodiverse AFS with arrowroot, banana and tree diversity.



**Source:** Antonio Devide (2013).

The management of spontaneous vegetation in monoculture consisted of annual mowing and selective weeding using hoes around the trees, for the control of vines; agroforestry systems received manual weeding in the management of consortium crops. Prior to management, a phytosociological survey of the herbaceous layer was carried out on September 19, 2011; September 24, 2012; September 28, 2013; and October 09, 2014. An inventory was made by walking alongside the lines of the *C. brasiliense* and randomly throwing the Braun-Blanquet square inventory (0,25 m x 0,25 m) eight times in each plot (BRAUN-BLANQUET, 1979; BOLDRINI et al., 2008). All seedlings and herbaceous plants collected in the interior area of the square were identified and compared to literature (LORENZI; MATOS, 2008; LORENZI, 2000). All plants with aerial and underground vegetative parts were considered as individual plants whether they originated from seed propagation or through branches of structure buried in the soil, as an example, grass clumps. Species classification and nomenclature have been updated by APG IV by checking Flora of Brazil 2020 online databases (under construction) and Reflora - Virtual Herbarium<sup>5</sup>.

Absolute frequency (AF%) and relative frequency (RF%), relative density (RD%) and similarity index (SI%) were determined as follows:

Absolute Frequency:

$$AF(\%) = NSs / NSt * 100$$

at which: *NSs*: the number of samples in which the species occurred; *NSt*: the total number of samples.

<sup>5</sup> Available in: [www.reflora.jbrj.gov.br](http://www.reflora.jbrj.gov.br)

Relative Frequency:

$$RF(\%) = AF_s / AF_t * 100$$

at which:  $AF_s$ : the absolute frequency of a given species;  $AF_t$ : the absolute frequency of all species.

Relative density:

$$RD(\%) = I_n / T_n * 100$$

at which:  $I_n$ : the number of individuals of a given species in the samples;  $T_n$ : the total number of individuals sampled.

Jaccard Similarity Index:

$$JSI = (c / (a + b + c)) * 100$$

at which:  $a$ : the number of species unique to the first community;  $b$ : the number of species unique to the second community;  $c$ : the number of species common to both communities (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

## Results

In this study, 41 species, 38 genera, 24 botanical families were identified, and the most abundant were: Asteraceae (nine species), Fabaceae (five species), Poaceae (four species) and Cyperaceae (three species) (TABLE 1). Table 1 lists all species found in the areas, identified with scientific and common names, according to APG IV. The greatest richness of species of herbaceous plants was found in Simple AFS (35 species) followed by Biodiverse AFS (34 species), which were greater than monoculture (25 species); in general, eudicotyledons class prevailed.

**Table 1** – Botanical families, scientific name, popular and species richness of the herbaceous layer in *C. brasiliense* planting in river terrace, Pindamonhangaba (SP), Brazil

Family	Scientific name	Popular name	Class <sup>1</sup>	Mono culture	Simple AFS	Biodiverse AFS
ACANTHACEAE	<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	cipó-africano	E	x	-	x
APIACEAE	<i>Bidens pilosa</i> L.	picão	E	x	x	x
ASTERACEAE	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	erva-de-são-joão	E	x	x	x
ASTERACEAE	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	buva	E	x	x	x
ASTERACEAE	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	serralinha	E	x	x	x
ASTERACEAE	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill	funcho	E	-	x	-
ASTERACEAE	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	botão de ouro	E	-	x	-
ASTERACEAE	<i>Solidago chilensis</i> Meyen	arnica brasileira	E	-	x	-
ASTERACEAE	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	serralha	E	-	x	x

Family	Scientific name	Popular name	Class <sup>1</sup>	Mono culture	Simple AFS	Biodiverse AFS
ASTERACEAE	<i>Synedrellopsis grisebachii</i> Hieron. & Kuntze	agriãozinho	E	x	x	-
ASTERACEAE	<i>Taraxacum officinale</i> Web	dente-de-leão	E	-	x	x
BRASSICACEAE	<i>Coronopus didymus</i> (L.) Sm.	mastruz	E	x	-	x
CALOPHYLLACEAE	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	guanandi	E	-	x	x
COMMELINACEAE	<i>Commelina benghalensis</i> L.	trapoeraba	E	x	x	x
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomea purpurea</i> L.	corda-de-viola	E	x	x	x
CUCURBITACEAE	<i>Momordica charantia</i> L.	melão-de-são-caetano	E	x	x	x
CYPERACEAE	<i>Cyperus rotundus</i> L.	tiririca	M	x	x	x
CYPERACEAE	<i>Eleocharis</i> R.Br.	capim fino	M	x	x	x
CYPERACEAE	<i>Rhynchospora alba</i> (L.) Vahl	cebolinha	M	x	x	x
FABACEAE	<i>Arachis pintoi</i> Krapov. & W.C.Greg.	amendoim forrageiro	E	-	x	x
FABACEAE	<i>Centrosema plumieri</i> (Turpin ex Pers.) Benth.	cipó bravo	E	x	x	x
FABACEAE	<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	feijão bravo	E	x	x	x
FABACEAE	<i>Mimosa pudica</i> L.	dormideira	E	-	x	x
FABACEAE	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby	fedegoso	E	x	-	x
HYPOXIDACEAE	<i>Hypoxis decumbens</i> L.	tiririca-de-flor-amarela	M	-	x	-
LYTHRACEAE	<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	sete sangria	E	-	x	-
MALVACEAE	<i>Malvastrum coromandelianum</i> Garcke	guanxuma	E	x	x	x
MARANTACEAE	<i>Maranta arundinacea</i> L.	araruta	M	x	x	x
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia longifolia</i> (DC.) H.Hara.	cruz-de-malta	E	x	x	x
ORCHIDACEAE	<i>Oceoclades maculata</i> (Lindley) Lindley	orquídea	M	x	x	X
OXALIDACEAE	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	trevo	E	-	x	X
PHYLLANTHACEA	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	quebra-pedra	E	x	x	X

Family	Scientific name	Popular name	Class <sup>1</sup>	Mono culture	Simple AFS	Biodiverse AFS
POACEAE	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	capim carrapicho	M	-	x	X
POACEAE	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	grama seda	M	x	x	X
POACEAE	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	capim-pé-de-galinha	M	x	x	X
POACEAE	<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	brachiaria	M	x	x	X
PORTULACACEAE	<i>Portulaca oleracea</i> L.	beldroega	E	-	-	X
SOLANACEAE	<i>Solanum americanum</i> Mill.	maria-pretinha	E	x	x	X
SOLANACEAE	<i>Solanum sisymbriifolium</i> Lam.	joá-mata-cavalo	E	x	-	X
TALINACEAE	<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	major-gomes	E	-	x	X
Total				26	35	34

<sup>1</sup>E – eudicotyledons; M – Monocotyledons

Source: Elaborated by the authors (2014).

Table 2 shows the most abundant species and the largest number of individuals after three years of management. In the monoculture, *U. decumbens*, *C. rotundus* and *C. benghalensis* predominate; in Simple AFS, *C. benghalensis*, *B. pilosa*, *M. arundinacea* predominate, and in Biodiverse AFS, *C. brasiliense*, *M. arundinacea* and *C. benghalensis* predominate.

**Table 2** – Absolute frequency (AF), relative frequency (RF), relative density (RD) of 15 species of herbaceous strata abundant on a river terrace, in monoculture (T1), Simple AFS (T2) and Biodiverse AFS (T3).

Species	AF			RF			RD		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
<i>U. decumbens</i>	25	2	0	62	4	0	64	2	0
<i>C. rotundus</i>	5	4	0	13	7	0	14	5	0
<i>C. benghalensis</i>	3	15	3	8	25	19	6	36	22
<i>P. tenellus</i>	3	5	1	6	8	3	6	8	2
<i>R. alba</i>	2	2	0	4	3	0	3	2	0
<i>C. virginianum</i>	1	1	0	3	1	0	2	1	0
<i>O. latifolia</i>	1	2	0	1	4	0	2	2	0
<i>Amaranthus sp.</i>	1	2	0	1	3	0	1	2	0
<i>C. bonariensis</i>	1	5	0	1	8	0	2	14	0
<i>B. pilosa</i>	0	7	0	0	12	0	0	12	0
<i>S. oleraceae</i>	0	2	0	0	3	0	0	2	0
<i>T. alata</i>	0	2	0	0	4	0	0	2	0
<i>T. paniculatum</i>	0	2	0	0	4	0	0	3	0
<i>M. arundinacea</i>	0	6	5	0	10	31	0	7	26
<i>C. brasiliense</i>	0	1	6	0	2	37	0	1	41

Source: Elaborated by the authors (2014).

After three years of management, the phytosociological similarity of the Biodiverse AFS herbaceous plant community diverged from other cultivation systems (TABLE 3).

**Table 3** – Jaccard Similarity Index (SI%) of spontaneous plants in *C. brasiliense* monoculture (T1), Simple AFS (T2) and Biodiverse AFS (T3) on a river terrace

Treatments	2011	2012	2013	2014
T1/T2	54	58	60	50
T1/T3	80	60	69	14
T2/T3	52	71	67	18
Average	62	63	65	27

**Source:** Elaborated by the authors (2014).

## Discussion

In the present research, forage grasses were the most abundant species in monoculture, showing that mowing and weeding around the *C. brasiliense* trees were inefficient practices to control *Urochloa*. This species is one of the most important problem for forest natural regeneration once it competes for nutrients and water, preventing the establishment of native species (VIEIRA et al., 1994; NEPSTAD et al., 1996; SOUZA; BATISTA, 2004; CORTINES; VALCARCEL, 2009). In another study, about a silvopastoral system installation with the pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Cambess.), the grasses *Panicum* L. and *Urochloa* P.Beauv. presented a high vegetative development and productivity of dry matter, causing the suppression of styling (*Stylosanthes capitata* Vogel and *Stylosanthes macrocephala* M. B. Ferreira & Sousa Costa) in the consortium (FAVARE et al., 2018). Grasses are C4 plants adapted to full sun that occupy open areas, which can reduce the diversity of herbaceous (RIBEIRO et al., 2005) and woody species from natural regeneration and they can also increase the vulnerability of those areas to fire (CABIN et al., 2002; CORTINES; VALCARCEL, 2009; MOORE et al., 2011; FLORY et al., 2015; MANTOANI; TOREZAN, 2016). Areas infested by grasses have less resilient biotic components of the ecosystem and tend to inertial degradation, by ruderal herbaceous species, with intense cycles of plant growth and senescence, producing a highly flammable dry biomass in hot and dry periods, which inhibits the growth of woody species, whereas in the forest environment there is a natural tendency towards restoration (CORDELL et al., 2004; CORTINES; VALCARCEL, 2009; MOORE et al., 2011). Infestation of non-native grasses can cause damage to crops and forest species, with decreases in productivity, either by direct competition for natural resources or for allelopathic compounds released (SOUSA et al., 2003).

However, many grasses are planted in alleys in AFS aiming to provide phytomass and accelerate the restoration of degraded soils (MICCOLIS et al., 2016). Management is carried out by frequent cut, according to César et al. (2013). Depending on the intensity of management and the location of phytomass in the surroundings or in the cultivation lines of commercial species, grasses form a layer of organic matter that recycles nutrients and maintains soil moisture (MICCOLIS et al., 2016).

In the present research, in agroforestry management, the number of dicotyledonous plants has increased while the number of monocotyledonous plants had decreased due to shading conditions. The Biodiverse AFS with higher density of plants and higher species diversity had greater shading, which resulted in efficient grass control, compared to the Simple AFS. This corroborates the results

of other authors who reported that shading is the best mechanism for invasive non-native grasses control (CORTINES; VALCARCEL, 2009), as verified in the ecological restoration of riparian forests (MOORE et al., 2011), and also in dry forests (CODELL et al., 2004) and in AFS with suppression of guinea grass (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) by canopy cover of native tree vegetation (MANTOANI; TOREZAN, 2016).

In all commercial reforestations (PYWELL et al., 2010), regenerative reforestation (MOORE et al., 2011) and AFS, the tree component, improves efficiency in controlling non-native grasses through shading. The input of organic matter from the tree component improves soil fertility, controls erosion, reduces nutrient leaching (WEZEL et al., 2014), increases soil water availability and resilience to extreme drought conditions (BASCHÉ; EDELSON, 2017), which occurs frequently in tropical regions (TARGA; BATISTA, 2015).

In tropical agrosystems, dominant invasive plant communities are made up of native and cosmopolitan species and agricultural practices such as soil and crop management, significantly, influence the floristic composition and the size of invasive plant communities (SOUSA et al., 2003) in addition to soil attributes (MENEZES et al., 2008).

The Jaccard similarity index, applied on the species of all treatments, can indicate trends for spontaneous regeneration (MAGURRAN, 1988; CORTINES; VALCARCEL, 2009) and demonstrates the sustainability of restoration treatments. While the density of *Urochloa* remained high in monoculture, in AFS, the spaces alongside the lines of *C. brasiliense* were occupied by crop consortium. The areas of monoculture and Simple AFS were more similar in species composition, varying from 54.0% to 60.0% over the years (TABLE 3). Cortines and Valcarcel (2009) found the terrestrial orchid *O. maculata* in forest areas. In the present study, the occurrence of this specie in the Biodiverse AFS characterizes an attribute of spontaneous regeneration of mature forest (CORTINES; VALCARCEL, 2009) with favorable conditions for the recruitment of other species in the advanced stage of natural regeneration. With species similarity between 14.0% and 18.0%, Biodiverse AFS was the system that differed from the others. By intercepting the light energy in the different strata and adding organic matter to the soil, Biodiverse AFS provided the biggest changes in the environment, favorable to the recruitment of shade-tolerant species, such as *C. benghalensis* and *M. arundinacea*.

The introduction of *M. arundinacea* as a cultivated plant turned this species into a bioindicator of environmental resilience in AFS. Due to its rusticity and natural occurrence in the forests of Rio de Janeiro, *M. arundinacea* tolerates shading (MONTEIRO; PERESSIN, 2002; FELTRAN; PERESSIN, 2014), produces rhizomes and abundant aerial biomass (ODEKU, 2013; SWADIJA et al. 2013; SHINTU et al., 2015; ROHANDI et al., 2017) enabling its perennial establishment under favorable conditions. Bianchi et al. (2016) consider geophyte plants that use carbohydrates stored in rhizomes to regenerate as the most adapted to water stress. Grown in the *C. brasiliense* reforestation understorey, *M. arundinacea* was an important native species for ecological restoration work, especially in riparian areas susceptible to flooding, due to its ability to regenerate itself from parts of rhizomes buried in the soil, even in severe water restriction conditions, *M. arundinacea* started to occupy the sites previously colonized by *Urochloa* in the shaded environment of Biodiverse AFS. As a native spontaneous plant of high mycorrhizal activity, *M. arundinacea* can benefit the *C. brasiliense* in addition to rhizomes production in a low environmental impact exploitation model by dispensing soil preparation and turnover for replanting in the AFS.

The origin of the *C. brasiliense* seedlings in the Biodiverse AFS also indicates that there is no barrier to tree colonization; partly due to the presence of litter inherent to agroforestry management

and the presence of natural perches for dispersing bats, which were positioned on the underside face of banana leaves. In addition, grasses form a dense vegetation cover that prevents seeds from reaching the soil (WHELAN et al., 1991; AIDE et al., 1995), or harm its viability due to its high competition (CORTINES; VALCARCEL, 2009), which are justifications for low natural resilience in the areas of monoculture and Simple AFS.

Among the beneficial effects of AFS, in addition to shading, it is worth mentioning the improvement in soil fertility, especially due to the expressive accumulation of organic residues from banana shrubs, which can reach  $55.0 \text{ t ha}^{-1}$  (DEVIDE et al., 2019). The improvement in soil fertility makes the plants of interest more competitive and able to maintain growth and overlap spontaneous vegetation, even in restricted drought conditions. Sousa et al. (2003) also attributed the reduction of monocots number in AFS with cupuaçuzeiro tree (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.), banana shrub (*Musa* sp), pupunha palm (*Bactris gasipaes* Kunth) and ingá tree (*Inga edulis* Mart.) in different soil management systems after adding fertilizers and organic matter.

In the present study, the agroecological management of spontaneous vegetation in the AFS strengthens the conservation of soil and water resources. Chemical grass control is not desirable in this environment due to the topossequence slope, soil permeability and proximity to the watercourse. Cultivation between the lines of reforestation is an efficient technique for controlling non-native invasive grasses and can generate extra income from food production (CÉSAR et al., 2013; CÂNDIDO et al., 2016). Promoting multi-purpose forestry is a sustainable alternative to generate income, strengthen food production, and increase soil, water volume, and biodiversity conservation on rural properties (MONTAGNINI, 2012; ARÉVALO-GARDINI et al., 2015; DEVIDE et al., 2014). In this context, agroforestry cultivation of food species with native trees can control undesirable spontaneous plants (OLIVEIRA et al., 2016; CÉSAR et al., 2013) and favors environmental restoration.

## Conclusions

Biodiverse AFS reduces the density of spontaneous plants, due to the shading of the species that occupy different strata alongside the lines of *C. brasiliense*.

The similarity of spontaneous vegetation diverged after three years of agroforestry management, with the selection of eudicotyledonous species in the areas of AFS and predominance of *Urochloa* in monoculture.

## Acknowledgments

To the Postgraduate Course in Phytotechnics, Area of Concentration in Agroecology, at the Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ) and the Agricultural Research Support Foundation (FUNDAG), for supporting this research within the scope of the first author's PhD.

## Fitossociologia herbácea comparada em sistemas agroflorestais e monocultivo de guanandi em terraço fluvial

### Resumo

Gramíneas forrageiras invasivas, principalmente do gênero *Urochloa*, impactam os reflorestamentos no mundo todo. O objetivo deste estudo foi avaliar alterações na fitossociologia do estrato her-

báceo, definido como a camada de ervas, subarbustos, arbustos e trepadeiras, em função do manejo de dois sistemas agroflorestais (SAF Simples e SAF Biodiverso) na conversão de reflorestamento de guanandi (*Calophyllum brasiliense*), comparado ao monocultivo (testemunha). O experimento foi conduzido entre os anos de 2011-2014 em delineamento em blocos ao acaso com oito repetições e parcelas de 144,0 m<sup>2</sup>. Nos sistemas agroflorestais foram cultivadas culturas alimentares de mandioca (*Manihot esculenta*) e rotação com araruta (*Maranta arundinacea*) nas entrelinhas do guanandi, acrescidas de guandu (*Cajanus cajan*), bananeira (*Musa* sp.), palmeira juçara (*Euterpe edulis*) e 14 espécies arbóreas nativas no SAF Biodiverso. Ao todo foram identificadas 41 espécies no estrato herbáceo, 38 gêneros e 24 famílias botânicas, sendo Asteraceae, Poaceae e Cyperaceae as mais abundantes. A similaridade entre as áreas divergiu após três anos de manejo, com o predomínio de *Commelina benghalensis* e *M. arundinacea* nos SAF e *Urochloa decumbens* no monocultivo, principalmente, em função do gradiente de sombra estabelecido entre os três sistemas.

**Palavras-chave:** Reflorestamento ecológico; Biodiversidade; Plantas espontâneas.

## References

AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS (APTA). **Dados climáticos do Posto Meteorológico do Polo Regional do Vale do Paraíba**, Pindamonhangaba – SP, 2015.

AGRAWAL, A.; PANDEY, R. S.; SHARMA, B. Water Pollution with Special Reference to Pesticide Contamination in India. **J. Water Resource and Protection**, v. 2, p. 432-448, 2010. Disponível em: <<http://doi:10.4236/jwarp.2010.25050>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

AIDE, T. M.; CAVELIER, J. Barriers to lowland forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. **Restoration Ecology**, v. 2, n. 4, p. 219-229, 1994. Disponível em: <<http://doi.org/10.1111/j.1526-100X.1994.tb00054.x>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. **Climatic Change**, v. 140, n. 1, p. 33-45, 2017. Disponível em: <<http://article/10.1007/s10584-013-0909-y>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

ARÉVALO-GARDINI, E.; CANTO, M.; ALEGRE, J.; LOLI, O.; JULCA, A.; BALIGAR, V. Changes in Soil Physical and Chemical Properties in Long Term Improved Natural and Traditional Agroforestry Management Systems of Cacao Genotypes in Peruvian Amazon. **PLoS ONE**, v. 10, n. 7, e0132147, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132147>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

BASCHE, A. D.; EDELSON, O. F. Improving water resilience with more perennially based agriculture. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 41, n. 7, p. 799-824, 2017. Disponível em: <<https://doi/full/10.1080/21683565.2017.1330795>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; SILVA, M. A. Adaptação das plantas ao déficit hídrico. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016. Disponível em: <<http://index.php/actaiguazu/article/view/16006>>. Acesso em: 02 fev. 2019.



BOLDRINI, I. I.; TREVISAN, R.; SCHNEIDER, A. A. Estudo florístico e fitossociológico de uma área às margens da Lagoa do Armazém, Osório, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. 4, p. 355-367, out./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/1117/835>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

BRAUN-BLANQUET J. **Fitosociologia**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. 3. ed., Madrid: Aum, 1979.

BRENES, A. R.; MONTAGNINI, F. Growth, productivity, aboveground biomass, and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 232, n. 1/3, p. 168-178, 2006. Disponível em: <<http://doi:10.1016/j.foreco.2006.05.067>>. Acesso em: 08 dez. 2017.

BRITO, N. M.; AMARANTE JUNIOR, O. P. de; ABAKERLI, R.; SANTOS, T. C. R. dos; RIBEIRO, M. L. Risco de contaminação de águas por pesticidas aplicados em plantações de eucaliptos e coqueiros: análise preliminar. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 11, p. 93-104, jan./dez. 2001. Disponível em: <<http://doi:10.5380/pes.v11i0.3138>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

CABIN, R. J.; WELLER, S. G.; LORENCE, D. H.; CORDELL, S.; HADWAY, L. J.; MONTGOMERY, R.; GOO, D.; URAKAMI, A. Effects of light, alien grass, and native species addition on Hawaiian dry forest restoration. **Ecological Applications**, v. 12, n. 6, 2002, p. 1595–1610. Disponível em: <[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[1595:EOLAGA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[1595:EOLAGA]2.0.CO;2)>. Acesso em: 04 mar. 2017.

CÂNDIDO, V. A.; PINTO, L. V. A.; BOGARIMP, P. C.; ROSAS, D. da; SILVA, R. M.; BARBOSA, J. M. N. Sistema agroflorestal para recomposição de reserva legal em propriedades de agricultores familiares. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 2, p. 65-72, Jun. 2016. Disponível em: <DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v8n22016821>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

CARVALHO, P. E. R. Guanandi. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 14p. (Circular Técnica n. 78).

CÉSAR, R. G.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R. Does crotalaria (*Crotalaria breviflora*) or pumpkin (*Cucurbita moschata*) inter row cultivation in restoration plantings control invasive grasses? **Scientia Agricola**, v. 70, p. 268 - 273, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000400008>>. Acesso em: 06 fev. 2019.

CORDELL, S.; SANDQUIST, D. R.; LITTON, C.; CABIN, R. J.; THAXTON, J.; HADWAY, L.; CASTILLO, J. M.; BISHAW, D. An invasive grass has significant impacts on tropical dry forest ecosystems in Hawaii. 16th Int'l Conference, Society for Ecological Restoration, August 24-26, 2004, **Anais...**, Victoria, Canada.

CORTINES, E.; VALCARCEL, R. Influence of pioneer-species combinations on restoration of disturbed ecosystems in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 927-936, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000500015>>. Acesso em: 03 fev. 2018.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; MACHADO, J. A. R. Consórcio de espécies nativas da Floresta Estacional Semidecidual com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para restauração de mata ciliar. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 291-299, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000200010>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M. de; RIBEIRO, R. L. D. Cultivo agroflorestal de bananeira com guanandi resiliente às alterações climáticas. **Revista Pesquisa & Tecnologia**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/333149196\\_CULTIVO\\_AGROFLORESTAL\\_DE\\_BANANEIRA\\_COM\\_GUANANDI\\_RESILIENTE\\_AS\\_ALTERACOES\\_CLIMATICAS](https://www.researchgate.net/publication/333149196_CULTIVO_AGROFLORESTAL_DE_BANANEIRA_COM_GUANANDI_RESILIENTE_AS_ALTERACOES_CLIMATICAS)>. Acesso em: 11 jul. 2019.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M. de; RIBEIRO, R. L. D.; ABOUD, A. C. S.; PEREIRA, M. G.; RUM-JANEK, N. G. História Ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. **Revista Biociências**, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/1867>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p.

FAVARE, H. G.; TSUKAMOTO, A. A.; COSTA, R. B.; PASA, M. C.; FAVARE, L. G. Desempenho de forrageiras em sistema silvipastoril com *Caryocar brasiliense* Camb. **Cultura Agrônômica**, v. 27, n. 3, p. 340-353, 2018. Disponível em: <<http://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2572/2041>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

FELTRAN, J. C.; PERESSIN, V. A. Araruta. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. de. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: Instituto Agrônômico, v. 6, 2014, p. 36-38. (Boletim 200). Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/pdf/boletim200\\_iac.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/pdf/boletim200_iac.pdf)>. Acesso em: 13 mar. 2018.

FLORA DO BRASIL (2020 em construção) **Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

FLORY, S. L.; CLAY, K.; EMERY, S. M.; ROBB, J. R.; WINTERS, B. Fire and non-native grass invasion interact to suppress tree regeneration in temperate deciduous forests. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, p. 992-1000, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12437>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Agroforestry for landscape restoration: Exploring the potential of agroforestry to enhance the sustainability and resilience of degraded landscapes**. Roma: FAO, 2017. 28p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/b-i7374e.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2017.

GARCÍA-ORTH, X.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Isolated trees and grass removal improve performance of transplanted *Trema micrantha* (L.) Blume (Ulmaceae) saplings in tropical pastures. **Restoration Ecology**, v. 19, p. 24 – 34, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00536.x>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; SHIN-IKE, M. S.; PAVÃO, M.; DURIGAN, G.; LIMA, L. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BAITELLO, J. B.; BORGIO, S. C.; MANETTI, L. A.; BARRADAS, A. M. F.; FUKUDA, J. C.; SHIDA, C. N.; BARBOSA, O.; SOARES, A. P.; JOLY, C. A.; COUTO, H. T. Z. **Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Florestal; Imprensa Oficial, 2005, 200 p. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/2005/03/01/inventario-florestal-da-vegetacao-natural-do-estado-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

LONDE, V.; SILVA, J. C. Characterization of Poaceae (grass) species as indicators of the level of degradation in a stretch of riparian forest in Matutina, Brazil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 102-108, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062014000100010>>.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 544p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. v. 2. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 350 p.

LUEDLING, E.; ROELAND, K.; HUTH, N. I.; KOENING, K. Agroforestry systems in a changing climate — challenges in projecting future performance. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 1-7, 2014. Acesso em: <<http://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.013>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MANTOANI, M. C.; TOREZAN, J. M. D. Regeneration response of Brazilian Atlantic Forest woody species to four years of *Megathyrus maximus* removal. **Forest Ecology and Management**, v. 359, p. 141–146, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.004>>. Acesso em: 08 maio 2018.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VENDRÚSCOLO, D. G. S.; SILVA, F. T. Análise silvicultural e econômica de plantas clonais e seminais de *Tectona grandis* L.f. em sistema taungya. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 893-903, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000500012>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

MENEZES, J. M. T.; van LEEUWEN, J.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. da; LEANDRO, R. C. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 893-898, 2008. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000200043>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCO-VERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. B. **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais**: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal, 2016. 266 p.

MONTAGNINI, F. Los sistemas agroforestales y su contribución para la mitigación y adaptación al cambio climático. **Edición Especial de la Revista Alcance**, 24 p., 2012.

MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Cultura da araruta. In: CEREDA, M. P. **Agricultura**: tuberosas amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2002, p. 440-447.

MOORE, P. L.; HOLL, K. D.; WOOD, D. M. Strategies for Restoring Native Riparian Understory Plants Along the Sacramento River: Timing, Shade, Non-Native Control, and Planting Method. **San Francisco Estuary and Watershed Science**, v. 9, n. 2, p. 1-15, 2011. <http://dx.doi.org/10.15447/sfews.2014v9iss2art1>.

MOREIRA, J. C.; PERES, F.; SIMÕES, A. C.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. de C.; VIEIRA, S. N.; STRÜSSMANN, C.; MOTT, T. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1557-1568, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-812>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. Wiley: New York, 1974. 547 p.

NEPSTAD, D. C.; PEREIRA, C. A.; SILVA, J. M. C. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. **Oikos**, v. 76, n. 1, p. 25-39, 1996. Disponível em: <DOI:10.2307/3545745>. Acesso em: 13 out. 2015.

ODEKU, O. A. Potentials of tropical starches as pharmaceutical excipients: A review. **Starch**, v. 65, n. 1-2, p. 89-106, 2013. Disponível em: <<http://doi.org/10.1002/star.201200076>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

OLIVEIRA, T. J. F. de; BARROSO, D. G.; ANDRADE, A. G. de; FREITAS, S. J. Consórcio de espécies nativas da Mata Atlântica com milho e feijão para revegetação de mata ciliar na região Noroeste Fluminense. **Floresta**, v. 46, n. 3, p. 315 – 324, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v36n2/a10v36n2.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

PETIT, B.; MONTAGNINI F. Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. **Forest Ecology and Management**, v. 233, p. 338–343, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.030>>. Acesso em: 14 maio 2017.

PYWELL, R. F.; HAYES, M. J.; TALLOWIN, J. B.; WALKER, K. J.; MEEK, W. R.; CARVELL, C.; WARMAN, L. A.; BULLOCK, J. M. Minimizing environmental impacts of grassland weed management: can *Cirsium arvense* be controlled without herbicides? **Grass and Forage Science**, v. 65, p. 159 – 174, 2010. Disponível em: <<http://DOI: 10.1111 / j.1365-2494.2010.00735.x>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

REFLORA - Herbário Virtual. **Herbário Virtual**. (2017). Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>> Acesso em: 13 jul. 2019.

RIBEIRO, K. T.; DE FILIPPO, D. C.; PAIVA, C. L.; MADEIRA, J. A.; NASCIMENTO, J. A. Ocupação por *Brachiaria* spp. (Poaceae) no Parque Nacional da Serra do Cipó e infestação decorrente da obra de pavimentação da rodovia MG-010 na APA Morro da Pedreira. Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ESPÉCIES INVASORAS. 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: [s.n.], 2005, p. 1-17.

ROHANDI, A.; BUDIADI; HARDIWINOTO, S.; HARMAYANI, E.; SUDRAJAT, D. J. Variability in morpho-physiology, tuber yield and starch content of several arrowroot populations in Garut district. **AGRIVITA Journal of Agricultural Science**, v. 39, n. 3, p. 311–323, 2017. Disponível em: <<http://doi.org/10.17503/agrivita.v39i3.1002>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. Á.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, G. L. dos; PEREIRA, M. G.; LIMA, S. S. de; CEDDIA, M. B.; MENDONÇA, V. M. M.; DELGADO, R. C. Landform curvature and its effect on the spatial variability of soil attributes, Pinheiral-RJ/BR. **Cerne**, v. 22, n. 4, p. 431-438, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/01047760201622042184>>. Acesso em: 14 maio 2017.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. SÃO PAULO [Estado]. **Oportunidades para restauração de paisagens e florestas na porção paulista do Vale do Paraíba**: Plano de Desenvolvimento Florestal Territorial para a porção paulista do Vale do Paraíba. Porto Alegre: Ideograf, 2018, 213p.

SEIFFERT, N. F. **Gramíneas Forrageiras do Gênero Brachiaria**. Campo Grande: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1980, p. 1-71. (Circular Técnica, n. 1).

SHINTU, P. V.; RADHAKRISHNAN, V. V.; MOHANAN, K. V. Pharmacognostic standardisation of *Marrubium arundinaceum* L. - An important ethnomedicine. **Journal of pharmacognosy and phytochemistry**, v. 4, p. 242 - 246, 2015. Disponível em: <[http://archives/2015/vol4issue3/PartD/4-3-3\\_6.pdf](http://archives/2015/vol4issue3/PartD/4-3-3_6.pdf)>. Acesso em: 21 mar. 2018.

SILVA, R. F. B.; BATISTELLA, M.; MORANA, E. F. Socioeconomic changes and environmental policies as dimensions of regional land transitions in the Atlantic Forest, Brazil. **Environmental Science and Policy**, v. 74, p. 14–22, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2017.04.019>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

SOARES, A. F. S.; LEÃO, M. M. D.; VIANNA NETO, M. R.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Risk estimate of water contamination by pesticides used in coffee crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 425–432, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400013>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SOARES, A. F. S.; LEÃO, M. M. D.; FARIA, V. H. F.; COSTA, M. C. M.; MOURA, A. C. M.; RAMOS, V. D. V.; VIANNA NETO, M. R.; COSTA, E. P. Occurrence of pesticides from coffee crops in surface water. **Ambi-Agua**, v. 8, n. 1, p. 62-72, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1053>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SOUSA, G. F. de; OLIVEIRA, L. A. de; SILVA, J. F. da. Plantas invasoras em sistemas agroflorestais com cupuaçuzeiro no município de Presidente Figueiredo (Amazonas, Brasil). **Acta Amazonica**, v. 33, n. 3, p. 353-370, 2003. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672003000300002>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SOUZA, F. M.; BATISTA, J. F. L. Restoration of semi deciduous forest in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, v. 191, n.1-3, p.185-200, 2004. Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/souza2003.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

SWADIJA, O. K.; PADMNABHAN, V. B.; VIJAYARAGHAVA, K. Growth and yield of arrowroot intercropped in coconut garden as influenced by organic management. **Journal of Root Crops**, v. 39, n. 1, p. 67-72 67, 2013. Disponível em: <<http://ojs/index.php/jrc/article/view/185/73>>. Acesso em: 05 maio 2018.

TARGA, M. S., BATISTA, G. T. Benefits and legacy of the water crisis in Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 2, p. 234 – 239, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1629>>. Acesso em: 22 maio 2018.

TORRES, R. B.; MATTHES, L. A. F.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo. **O Agrônomo**, v. 44, n. 1, 2, 3, 1992. Disponível em: <[http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/lista\\_florestas\\_brejo.pdf](http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/lista_florestas_brejo.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2016.

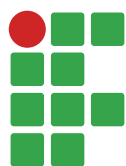
VIEIRA, I. C. G.; UHL, C.; NEPSTAD, D. C. The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a “succession facilitator” in an abandoned pasture, Paragominas, Amazonia. **Vegetation**, v. 115, n. 1, p. 91-99, 1994. Disponível em: <DOI: 10.1007 / BF00044863>. Acesso em: 08 abr. 2019.

WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J. F.; FERRER, A.; PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p.1–20, 2014. <DOI: 10.1007/s13593-013-0180-7>. Acesso em: 10 jul. 2019.

WHELAN, C. J.; WILLSON, M. F.; TUMA, C. A.; SOUZA-PINTO, A. Spatial and temporal patterns of post dispersal seed predation. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, p. 428-436, 1991. Disponível em: <DOI: 10.1139 / b91-059>. Acesso em: 12 abr. 2018.

**Received in:** April 9, 2019

**Accepted in:** July 31, 2019



# Evolution of land use and vegetation cover in the pioneering subwatershed “*Conservador das Águas*” project (2006-2018)

Tatiana Cardoso da Cruz<sup>1</sup>

Luciana Della Coletta<sup>2</sup>

Camila Souza dos Anjos Lacerda<sup>3</sup>

Wilson Messias dos Santos Junior<sup>4</sup>

## Abstract

In this study, we evaluated the spatial-temporal changes in three subwatersheds essential for the hydrodynamics of Jaguari River (Ribeirão das Posses, Forjos and Saltos) after the implementation of the “*Conservador das Águas*” project in the municipality of Extrema (MG). We used satellite images from TM-Landsat-5 from year 2006 and OLI-Landsat-8 from year 2018 to map land use and vegetation cover, and the SPRING software to classify images in Geographic Information Systems (GIS) and quantify the occurrence of the classes analyzed in 2006 and 2018. After these analyses, we observed 19,77% increase in vegetation cover in the three subwatersheds. Surprisingly, we also detected a similar result in adjacent subwatersheds where the project was not implemented. Thus, this study suggests a positive effect of the “*Conservador das Águas*” project to the maintenance of biodiversity and hydric system functioning of that region, resulting in increased environmental quality standards and effectiveness of the environmental services for the community and its properties.

**Keywords:** Space-time analysis. Supervised classification. Bhattacharya.

## Introduction

Deforestation due to conversion of soil's usage into productive area for agrobusiness has taken place in most of Brazil territory and it is considered responsible for the increase of surface runoff in the watersheds. The overexploitation of natural resources and the disorderly occupation of soil has resulted in millions of ha of arboreal vegetation areas converted into pasture (mostly unproductive), crops, in addition to urban centers (DEAN, 1996; BUENO, 2006). As a consequence of changes regarding the soil's usage that began more than 500 years ago, currently in the Atlantic Forest there are only 15% of its original forest, with more than 3 fragmented ha (SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2018), being 80% of these fragments smaller than 50 ha (RIBEIRO et al., 2009).

The watershed of the Rivers Piracicaba and Jaguari (PJ1) has its springs located in the territory of Minas Gerais, in the counties of Camanducaia, Itapeva, Toledo and Extrema. In the state of Minas Gerais, the watershed has a drainage area of 1.165,88 km<sup>2</sup> and stands out for a significant contri-

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, Graduanda. [tatianacardoso@live.com](mailto:tatianacardoso@live.com). Rua Doutor Messuti, 297, Vila Bastos, Santo André/SP, CEP 09041-160.

2 Universidade de Brasília, Pesquisadora Colaboradora. [dellacolettaluciana@gmail.com](mailto:dellacolettaluciana@gmail.com).

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, Professora. [camila.lacerda@ifsuldeminas.edu.br](mailto:camila.lacerda@ifsuldeminas.edu.br).

4 Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Doutor em Geografia. [wilsonmessias@gmail.com](mailto:wilsonmessias@gmail.com).

bution of its water to the Cantareira System, which in addition to watersheds from Rivers Piracicaba, Capivari and Jundiá (CBH-PCJ), are responsible for over 50% of the public supplying for the city of São Paulo (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2013). Anthropogenic action is systematically present in the watershed, with areas destined to agriculture and livestock, with a disorganized planting of exotics that does not have proper handling and the significant increase of the degradation of the natural conditions and its fountainheads, acting as pressure agents over the watershed, even though the entire area is under jurisdiction of the Environmental Protection Area (APA) “Fernão Dias” a Sustainable Use of Conservation Unit, to offset the environmental impacts caused by the duplication of the Fernão Dias Highway (BR-381).

Therefore, many initiatives have started in Brazil in the last 15 years, aiming to protect the fountainheads, especially the public supplying for the current and future generations (MATTEI; ROSSO, 2014; IBAMA, 2011; TEIXEIRA, 2011; VEIGA NETTO, 2008). Among them, the “*Conservador das Águas*” project stands out, which works to remunerate rural producers who adopt practices for the conservation of water resources within the limits of their properties.

The project has as its main goals recomposing groundcover in the subwatersheds from Jaguari River, to generate ecological micro-corridors and to reduce rural diffuse pollution. In 10 years of work, 1.000.911 native seedlings from the Atlantic Forest were planted in the 3 pioneers subwatershed from the project, equivalent to 6.135 reforested ha (PEREIRA et al., 2017). According to Omura et al. (2010), this project proves to be an important initiative, since it encourages the practice of conservation and restoration of natural areas, increasing groundcover.

Natural groundcover is an important indicator of the environmental conditions of a region because it provides direct protection to the soil. The absence of vegetation in a watershed influences the quality and quantity of water, directly interfering in the water regime, besides contributing to the increase of the drift and silting transport of the water bodies (CAMPOS; NEVES, 2009). The restoration of the groundcover improves the seepage, percolation and storage process of water by the water table, causing a decrease in the surface runoff process, and contributing to the subsurface runoff process, resulting in a reduction of erosion (BALBINOT et al., 2008; SANTOS et al., 2007; DUDLEY; STOLTON, 2003), besides serving as a habitat for wild animals, thus contributing to the maintenance of biodiversity.

Therefore, this paper had as its aim a temporal-spatial analysis for the changes of soil and groundcover use in the subwatersheds, which were the pioneers to develop the project “*Conservador das Águas*”, in Extrema (MG). Remote sensing and geoprocessing techniques were applied.

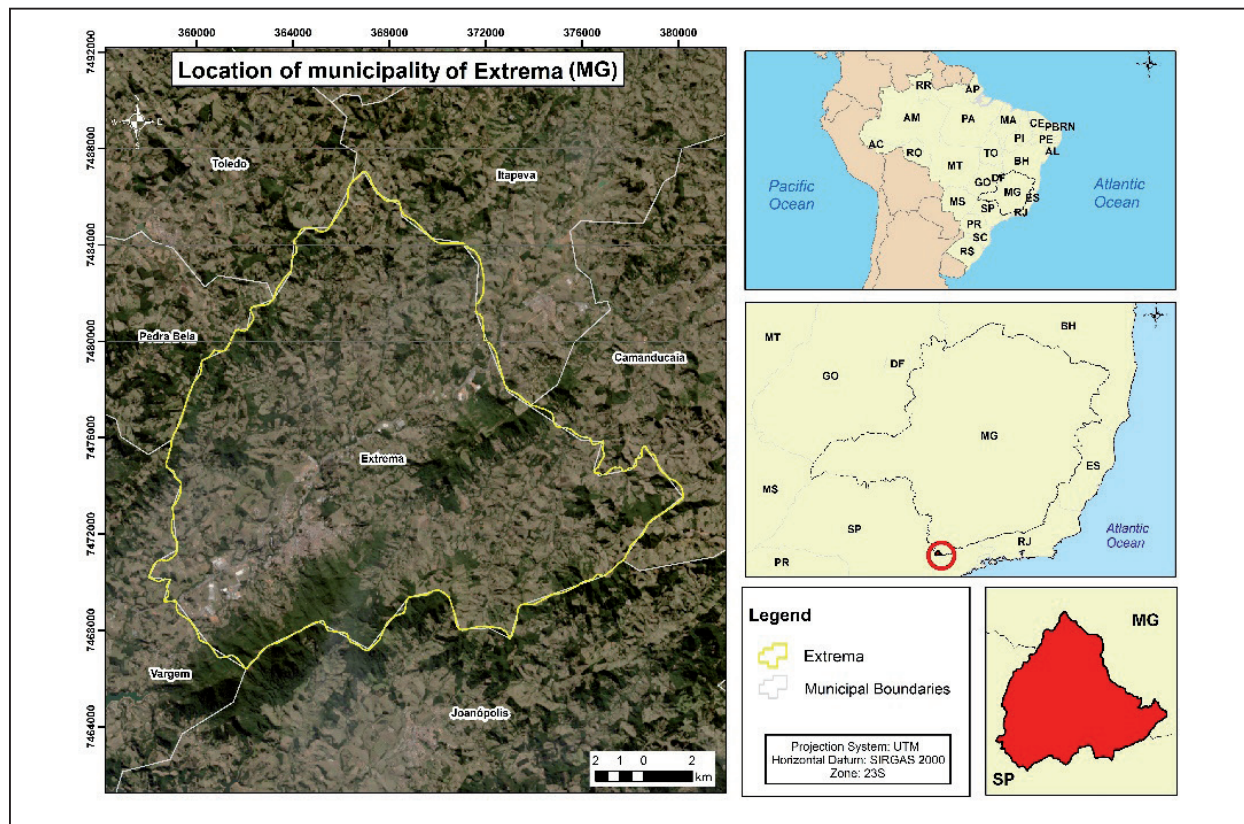
## Material and methods

### Study area

Extrema is located between the geographic coordinates 46°17'43” and 46°20'42” of West longitude and 22°43'6” and 22° 54'16” of South latitude (FIGURE 1). Its territory comprises around 243,09 km<sup>2</sup> and its climate is classified as temperate (Cfb), with mild summers and without occurrence of dry season (ALVARES et al., 2013). During the year in Extrema, the rainfall is significant, presenting an annually average of 1.484 mm.



**Figure 1** – Municipality of Extrema, Minas Gerais State.

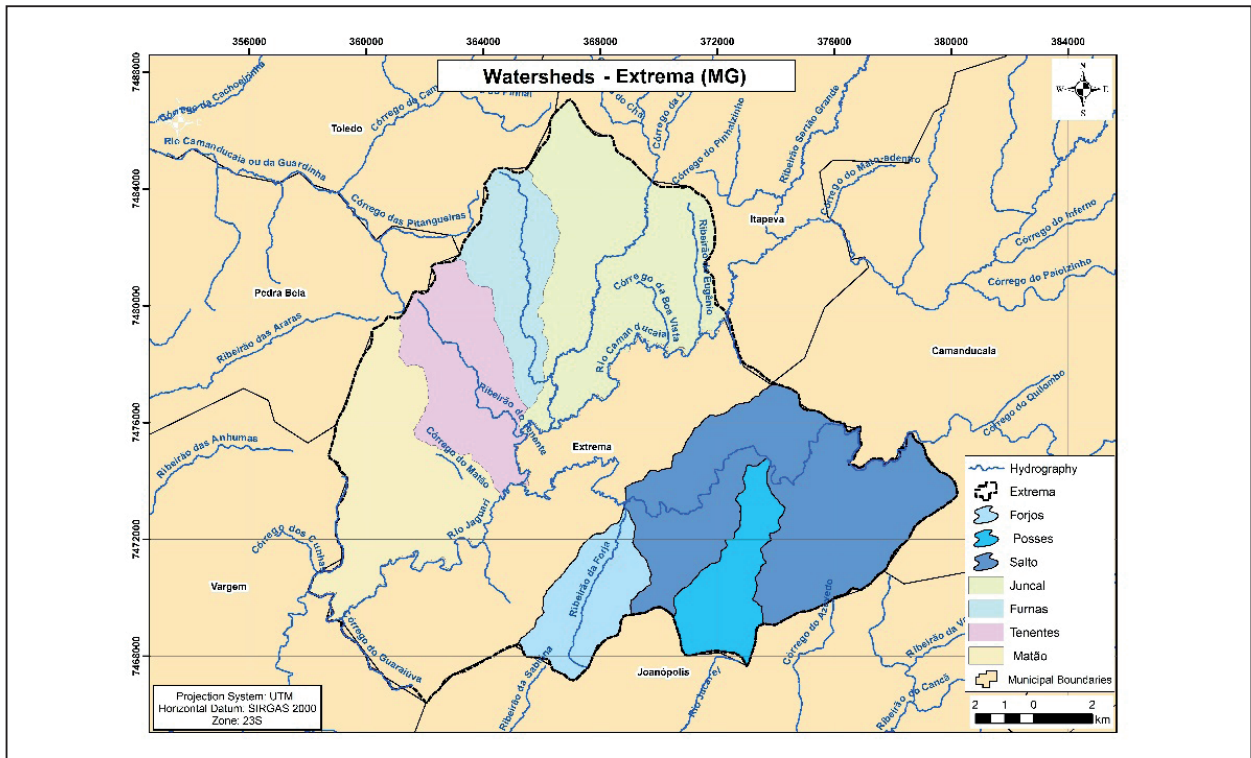


Source: Elaborated by the authors (2018).

### Subwatersheds: Forjos, Posses and Saltos

To implant the project “*Conservador das Águas*”, an analysis was conducted on the existing literature and the 7 subwatersheds in the county were mapped, considering the most significant ones in the Jaguari watershed river: Forjos, Furnas, Juncal, Matão, Posses, Saltos and Tenentes (FIGURE 2). Pereira et al. (2016) mention that the chosen criteria to initiate the project was subwatersheds with the lowest groundcover from the upstream point to downstream of the county water catchment, in the following order: 1<sup>o</sup>- Posses, 2<sup>o</sup>- Saltos, 3<sup>o</sup>- Forjos, 4<sup>o</sup>- Juncal, 5<sup>o</sup>- Furnas, 6<sup>o</sup>- Tenentes, 7<sup>o</sup>- Matão. The first subwatersheds were studied in this article.

**Figure 2** – Map of the division of the subwatersheds in the Jaguari river, Extrema (MG).



**Source:** Elaborated by the authors (2018).

The subwatershed of Ribeirão das Posses has an area of approximately 1.274,8 ha, and, before the project’s implantation, its springs and the remained preservation area were totally unprotected (PEREIRA et al., 2016). Groundcover was the most impacted criteria on the county, therefore it was chosen to initiate the project, in 2007.

Saltos subwatershed, which has 4.918,04 ha, is characterized by its large number of country houses and it is where you can find the largest properties in the county, the project was initiated in 2009.

Restoration work for the Forjos’ subwatershed, 1.312,50 ha, was started at the beginning of 2012 and has been carried out up to now. This was the most preserved watershed in the county for the groundcover’s criteria.

## Methodology

For the mapping of the soil and groundcover’s use in the municipality of Extrema (MG), TM-Landsat-5 images were used in 2006 and OLI-Landsat-8 in the year of 2018, made available for free by National Aeronautics and Space Administration (NASA), in partnership with the United States Geological Survey (USGS), on the Earth Explorer’s page (USGS, 2018).

The methodology mentioned below was the same one used by Santos Junior and Costa (2015). For generating the colorful composition with the bands 2, 3 and 4, corresponding to blue, green and red respectively, the images were added to the platform ArcGIS at which the tool “Composite Bands” was used to generate the colorful composition. The reprojection of the available images by the sensor was necessary because they present “truth North” coordinates. For this, the tool “Project” was used, which inferred the South hemisphere parameters to the image. A spatial-cut tool was used, so we

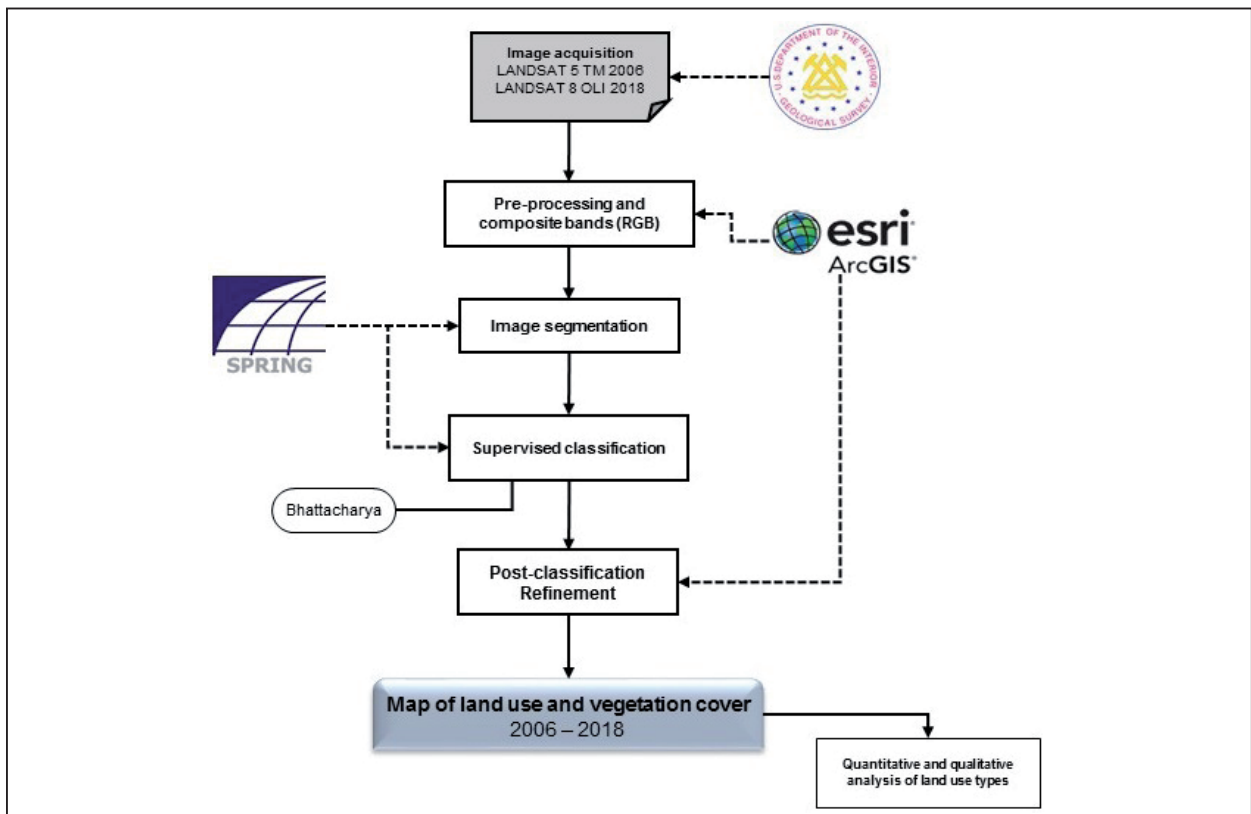
could get a relative area for the municipality of Extrema (MG); after that step, the image was converted from 16 to 8 bits to be worked in the SPRING software 5.5.3 version.

On the SPRING software, developed by the National Institute for Space Research (INPE), it was defined that the segmentation would be assigned by the region growth methodology. In this method, it is necessary to establish the Similarities criteria (minimum number of differences for the levels of low gray, of which two classes are considered similar and grouped in the same region) and Area (minimum number of necessary pixels for the individualization of an area). In order to best separate the largest quantity of features in images, a number of thresholds was tested, assigning 10 for Similarity and 40 for Area. For this research, it was used the Bhattacharya<sup>5</sup> algorithm for the supervised classification<sup>6</sup>, choosing three different classes: “vegetation”, “urban” and “other uses”, being this last one assigned to exposed soil “agriculture”, “pasture” etc.

After processing the information on SPRING, classifications, generation of the calculation for the area and percentage of use to each class and later the construction of the final layout were refined. All of these procedures were executed on ArcGIS software 10.5 version available by ESRI.

The procedures to obtain these mapping is shown in Figure 3.

**Figure 3** – Flowchart that synthesizes the methodological procedures to the elaboration land use maps.



Source: Elaborated by the authors (2018).

<sup>5</sup> The Bhattacharya algorithm works with the distance that is used to measure the statistics separability between a pair of classes, in other words, it measures the average distance between the distribution of probability of these classes (INPE, 2006).

<sup>6</sup> The supervised classification is developed on basis of training samples, in other words, the image pixels are classified according to the rules. Afterwards these pixels are compared to the standard of previously obtained classes in a step in which the operator define them. During this process, an analyst identify in the image the information classes of his/her interest and separates the regions that better represent these classes.

## Results and discussion

The project “*Conservador das Águas*” has become an efficient environmental policy example for referring to the managing of the hydric resources, being an extremely important initiative, not only to the municipality of Extrema (MG) but also to the whole State of São Paulo, which depends on the water provided by the Cantareira System.

The short relationship between the rural owners and the adoption of environmental conservation methods, as an example, the Permanent Preservation Areas (APP) and soil conservation practices, are directly linked to the quantity and quality of available water from the maintenance of biodiversity in these protected areas.

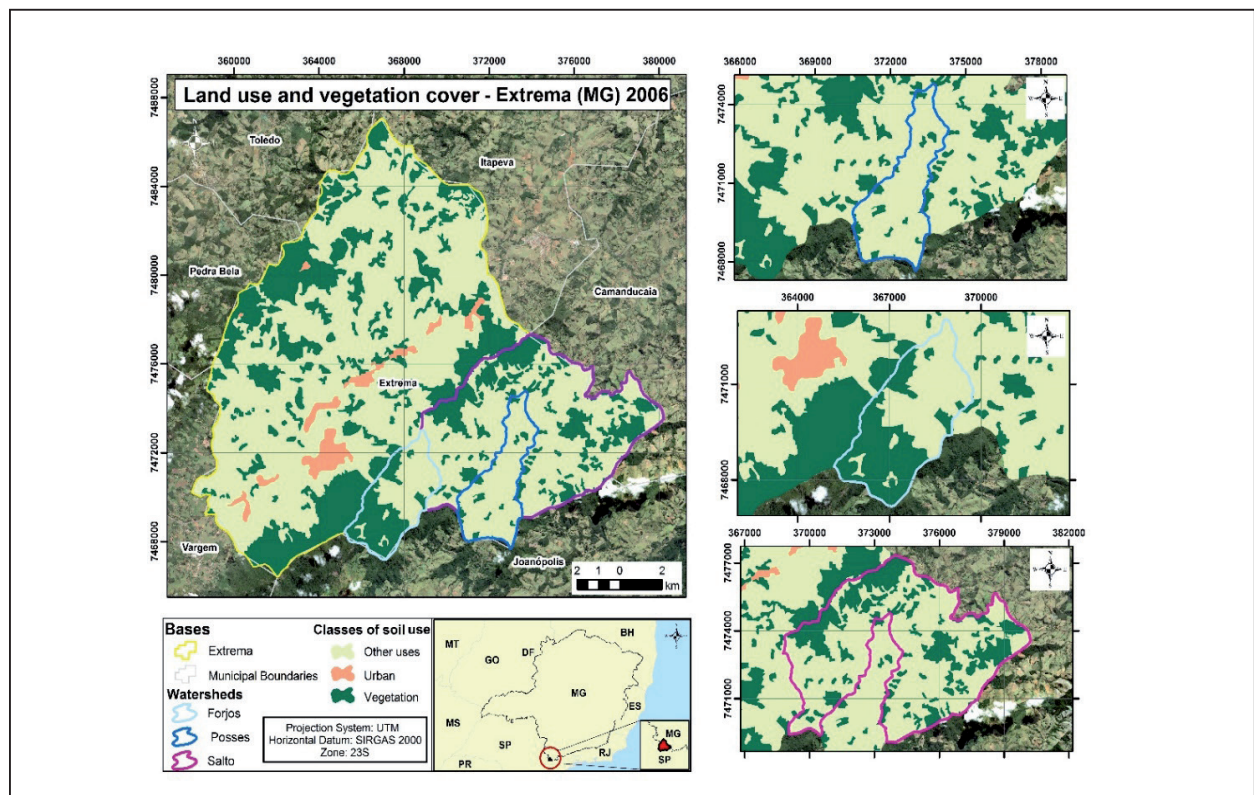
Thus, this article shows that the diligences to the preservation and recuperation of the environment has a short-term return and that those results can be measured and evaluated by geoprocessing tools, which provide temporal data in an accessible way (PAULA et al., 2016).

According to Altmann Eckhardt and Rempel (2009), the disposal of satellite images of a same region of Earth and the computing tools on GIS allow the elaboration of comparison through the usage of temporal dimension as a quality of data acquired in different times.

Therefore, the digital classification of the used images in this article has allowed the quantification of the occurrence of classes of soil and groundcover usage of three pioneers subwatersheds to the implantation of the “*Conservador das Águas*” project, in the municipality of Extrema (MG), in 2006 and 2018, verifying the expansion or reduction of its occurrence at the final period.

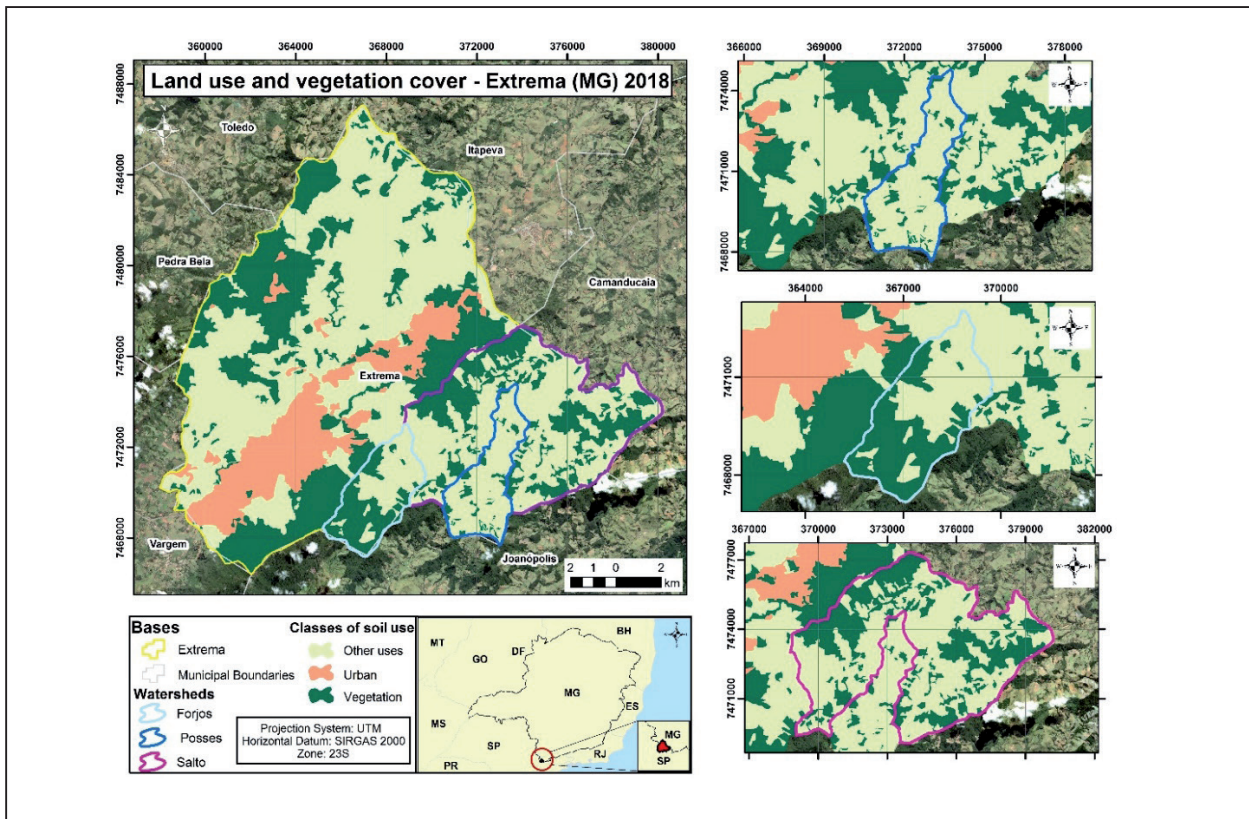
From the methodology used in this study, themed maps were generated from the mapped classes, at which we can identify and follow their evolution, by the quantification results (FIGURES 4 and 5).

**Figure 4** – Land use and vegetation cover maps of Extrema (MG) in 2006.



Source: Elaborated by the authors (2018).

Figure 5 – Land use and vegetation cover maps of Extrema (MG) in 2018.



Source: Elaborated by the authors (2018).

In the two analyzed periods, the total classes of soil and groundcover's use are equal to 24.453,5 ha (TABLE 1), which is similar to the official area established by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2018) to the county, being 24.457,5 ha.

Despite the notable increase of the county's vegetation, it is observed that some areas have been deforested. Table 1 shows the quantification in ha and the percentual for each subwatershed, as well as classes for soil's use, to better identify and analyze the changes over the years analyzed in this study.

**Table 1** – Classes of soil use adopted for the classification and quantification of areas in the years 2006 and 2018.

Year	Watersheds	2006		2018	
<b>Extrema</b>					
	<b>Classification</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
	Other uses	16420,3	67,2	13783,6	56,4
	Urban	614,3	2,5	2815,5	11,5
	Vegetation	7418,9	30,3	7854,5	32,1
	Total	24453,5	100,0	24453,5	100,0
<b>Forjos</b>					
	<b>Classification</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
	Other uses	651,9	51,2	626,1	49,2
	Vegetation	620,8	48,8	646,5	50,8
	Total	1272,6	100,0	1272,6	100,0
<b>Posses</b>					
	<b>Classification</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
	Other uses	1100,0	90,9	1050,1	86,7
	Vegetation	110,7	9,1	160,5	13,3
	Total	1210,7	100,0	1210,7	100,0
<b>Salto</b>					
	<b>Classification</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
	Other uses	3468,9	69,1	3192,1	63,6
	Vegetation	1553,6	30,9	1830,4	36,4
	Total	5022,5	100,0	5022,5	100,0

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

It is important to highlight that the detection of changes in the use and soil cover through remote sensing allows to reconstruct how determined area was used in each period of time, making the understanding of the landscape dynamics possible, as well as its aspects and indicators of the environmental quality improvement (ALTMANN; ECKHARDT; REMPEL, 2009).

Thus, the collected data analyze has allowed us to observe that with respect to the "urban" class, in 2006, the municipality had an area of 614.3 ha, in 2015 the urban area corresponded to 1,452.73 ha (PAULA et al., 2016), increasing to 2,815.5 ha in 2018, there was a significant increase, which currently represents 4.6 times the area of 2006.

This expansion in the urbanized area in the municipality of Extrema (MG) can be related to the establishment of big national and multinational industries that, attracted by the tax incentives offered by the county, have settled in the city offering jobs and attracting population from other Brazilian regions.

Fast urbanization process without proper urban planning causes groundcover withdrawal and soil leaching, generating many negative impacts to the physical aspects of a natural landscape.

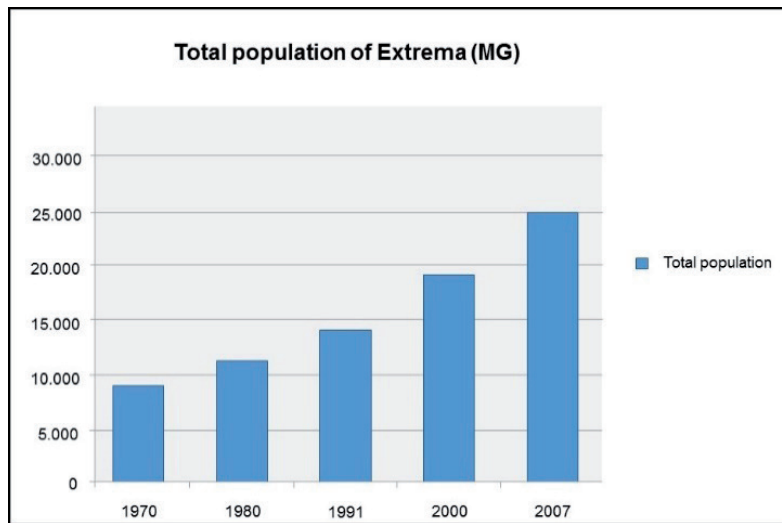
A linear shortfall was observed to the classification of "other uses", which comprehends the areas of agricultural activities, pasture, livestock, exposed soil areas etc. In 2006, the percentage to this category was around 67%. Paula et al. (2016), after performing a similar study, analyzed

changes in land use and claim that these changes corresponded to 59.0% in 2015. In 2018, in this study, agricultural activities, pastures, livestock and exposed soil areas corresponded to 56.0%, that is, despite the short-term evolution, the implementation of the project continues to show positive results over the years.

Considering the quantitative analyzes for the calculation, it was still possible to observe a decrease of 24,2 ha of the “vegetation” class to conversion of soil in urban area in the period of the studied area. Regarding the conversion of “vegetation” to “other uses”, a 1.139,61 loss of ha was registered for the county, which corresponds to 4,66% of its total area (TABLE 2).

This decrease is also justified by the increase of population (FIGURE 6), and territorial expansion of the county during the time, due to the technological advances and industrial hubs settled in the city (FIGURE 7).

**Figure 6** – Total population of Extrema (MG) between 1970 and 2007.



**Source:** Fonseca (2009).

**Figure 7** – Maps of the urban area of Extrema (MG) of 1950, 1978 and 2003.



**Source:** Fonseca (2009).

However, the increase of the “vegetation” class is a fact, since it had an increase of 2% of its total area, despite the conversions not only to urban area, but also to other uses.

Concerning the Ribeirão das Posses subwatershed, specifically, the class “vegetation” could be quantified in 110,7 ha in 2006, increasing to 106,5 ha after the implantation of the “*Conservador das Águas*” project (TABLE 1). By comparing the maps, it was possible to observe a percentual of deforestation, which, consequently, changed the class ‘vegetation’ to “other uses”, corresponding to 25,28 deforested ha (TABLE 2).

**Table 2** – Land use change in Extrema (MG) and subwatershed of Forjos, Posses and Saltos between 2006 and 2018.

<i>Extrema</i>		
Land use	Area (ha)	Percentual (%)
Maintained – Other uses	12628,77	51,65
Maintained – Urban	598,94	2,45
Maintained – Vegetation	6254,9	25,58
From other uses to urban	2193,84	8,97
From other uses to vegetation	1597,56	6,53
From urban to other uses	15,19	0,06
From vegetation to other uses	1139,61	4,66
From vegetation to urban	24,2	0,1
<i>Forjos</i>		
Maintained – Other uses	594,98	46,75
Maintained – Vegetation	589,65	46,33
From other uses to vegetation	56,87	4,47
From vegetation to other uses	31,1	2,45
<i>Posses</i>		
Maintained – Other uses	1024,86	84,65
Maintained – Vegetation	85,39	7,05
From other uses to vegetation	75,14	6,21
From vegetation to other uses	25,28	2,09
<i>Saltos</i>		
Maintained – Other uses	3012,58	59,98
Maintained – Vegetation	1374,01	27,36
From other uses to vegetation	456,34	9,09
From vegetation to other uses	179,55	3,57

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

According to Zolin et al. (2011), the deforestation is due to the scenario of land use and cover where the Posses subwatershed is located, which presents the highest annual soil loss due to a high degree of degradation of vegetation cover (mostly pastures). The lack of APP and RL (Legal Reserve), added to the presence of very steep areas, make it difficult to implement soil conservation practices.



In Forjos' subwatershed, the vegetated area was quantified in 620,8 ha in 2006, and in 646,52 ha in 2018 (TABLE 1). For this subwatershed, there was also a change from the "vegetation" to the "other uses" class in about 2,45% (TABLE 2).

Saltos' subwatershed presented more changes in terms of vegetated area, from 1.553,6 ha in 2006 to 1.830,4 ha in 2018 (TABLE 1). The change from the "vegetation" to "other uses" class in the studied period represented a quantified area of 179,55 ha, equivalent to 3,57% of deforestation to this subwatershed area (TABLE 2).

In a general analyzes perspective, it is important to highlight that the county has presented an increase in the conversion from "other uses" to "vegetation" class of 1.597,56 ha, even in the subwatersheds in which the project has not been implanted yet; in other words, 6,53% of the county area that was before destined to the agriculture, livestock, exposed soil and etc. were converted into arboreal vegetation (TABLE 2). According to Paula et al. (2016), this action can be associated to the increasingly incentive and awareness of the rural producers, as well as the appeal to recovering and preventing vegetation areas, thus reducing areas that were before destined to other kinds of activities.

The results obtained show us that, in the studied period, the quantification of the "other uses" class was converted into 19,77% to the "vegetation" class and it has presented 8,11% of deforestation in the subwatersheds. The reduction in the conversion of the soil's use of vegetated areas into "other uses" can represent the awareness of the rural producers to support environmental causes, due to the importance of the environmental biodiversity, the hydric resources and the conservation of the soil through the reforested areas, which were strengthened and has showed positive results since the implantation of the Project (PEREIRA et al., 2017).

Therefore, the importance and effectiveness of the "*Conservador das Águas*" project, through which groundcover restoration in the subwatersheds of Jaguari River, restoration of the natural areas and the increase of forest cover, even with the expansion of the urban area, have reflected a decrease of areas used to other activities, such as agriculture, livestock etc., thus guaranteeing the environmental improvement of all ecosystem around the county.

This evolution affects directly the maintenance of the local biodiversity and the functioning of the whole hydric system of the region, improving seepage, percolation and water storage procedures, decreasing the subsurface runoff and also the erosion, (BALBINOT et al., 2008; LIMA, 1996; SANTOS et al., 2007; DUDLEY; STOLTON, 2003). The presence of vegetation cover directly influences the reduction of sediment loads in the waterways, reducing the sedimentation processes, with a consequent improvement in the quality of water available for consumption (JARDIM; BURSZTYN, 2010). These factors have resulted in the satisfaction of the rural producers (ZANELLA, 2011), motivating them to maintain or restore the vegetation cover of their properties, with a consequent improvement in water quality, and effective provision of environmental services to the county and to their properties.

Furthermore, the project offers work opportunities, trains workforce to forest restoration, soil conservation practices and environmental leaching (PAGIOLA; VON GLEHN; TAFFARELLO, 2013).

## Conclusion

The project "*Conservador das Águas*" was environmentally efficient, due to the native vegetation restoration in the subwatershed areas, which promotes an improvement of environmental quality.

## Evolução do uso da terra e da cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas pioneiras do projeto "Conservador das Águas" (2006-2018)

### Resumo

Neste trabalho, avaliamos mudanças espaço-temporais ocorridas em três sub-bacias hidrográficas essenciais para a hidrodinâmica do Rio Jaguari (Ribeirão das Posses, Forjos e Saltos) após a implantação do projeto "Conservador das Águas" no município de Extrema (MG). Utilizamos imagens dos satélites TM-Landsat-5 no ano de 2006 e OLI-Landsat-8 no ano de 2018 para mapear o uso da terra e cobertura vegetal, e o software SPRING para classificar as imagens em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e quantificar a ocorrência das classes analisadas nos anos de 2006 e 2018. Após as análises, observamos um aumento de 19,77% de cobertura vegetal nas três sub-bacias. Além disso, para nossa surpresa, observamos um resultado semelhante em sub-bacias adjacentes nas quais o projeto não havia sido implementado. Este estudo sugere um efeito positivo do projeto "Conservador das Águas" para a manutenção da biodiversidade e funcionamento do sistema hídrico da região, resultando na melhoria do padrão de qualidade ambiental e efetivação da prestação de serviços ambientais no município e em suas propriedades.

**Palavras-chave:** Análise espaço-temporal. Classificação supervisionada. Bhattacharya.

### References

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Relatório de gestão das Bacias PCJ - 2013**. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-gestao-bacias-pcj-2013.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

ALTMANN, A. L.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da Terra – estudo de caso no município de Teutônia – RS – Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, p. 273-283, 2009.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <[http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2019.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Revista Ambiência**. Guarapuava, PR, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008. Disponível em: <<http://www.redeacqua.com.br/wp-content/uploads/2011/09/PAPEL-DA-FLORESTA.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BUENO, E. **Capitães do Brasil: A Saga dos Primeiros Colonizadores**. Coleção Terra Brasilis, 3 ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2006.

CAMPOS, J. M.; NEVES, S. M. A. S. Cobertura vegetal e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Paraguai/Jauquara-MT. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UNEMAT, 2., 2009, Barra do Bugres, MT. **Anais....** Barra do Bugres, 2009. 1 p.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira.** São Paulo: Cia das Letras, 1996.

DUDLEY, N.; STOLTON, S. **Running Pure: The Importance of Forest Protected Areas to Drinking Water.** World Bank/WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. Gland, Switzerland: WWF International, 2003. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/intbiodiversity/resources/runningpure2003+.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

FONSECA, C. E. **O crescimento e a expansão urbana e industrial no município de Extrema, Minas Gerais, a partir da duplicação da Rodovia Fernão Dias, BR 381.** (Mestrado em Geografia – 2009). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades: Extrema - MG.** 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/extrema/panorama>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios / Fátima Becker Guedes e Susan Edda Seehusen; Organizadoras.** – Brasília: MMA, 2011. 272p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **SPRING: Tutorial de Geoprocessamento.** 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Revista Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 20, n. 3, p.353-360, set. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n3/1413-4152-esa-20-03-00353.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

LIMA, C. E. S.; GOMES, D. D. M.; GOLDFARB, M. Detecção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Inhaúma–PE/AL, por meio de técnicas de Geoprocessamento e dados de Sensoriamento Remoto. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, 2016.

MATTEI, L; ROSSO, S. Evolução do mercado de pagamento por serviços ecossistêmicos no Brasil: evidências a partir do setor hídrico. In: IPEA. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5562/1/BRU\\_n09\\_evolucao.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5562/1/BRU_n09_evolucao.pdf)>. Acesso em: 04 ago. 2018.

OMURA, P. A. C.; CAMPOS, D. R.; DIEDERICHSEN, A. T. B.; MENEZES, J. P. A.; CAVICHIA, A.; PADOVEZI, A. **Conhecendo as águas e a saúde do rio Jaguari – Uma proposta de trabalho pedagógico abordando a conservação e qualidade dos recursos hídricos.** II Simpósio – Experiências em Gestão dos Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica. 2010.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, 2013.

PAULA, S. L.; MACIEL, D. A.; TEIXEIRA, V. E.; PAULA, J. C. A.; GONÇALVES, T. G.; ALVES, M. C. Avaliação do “Programa Conservador de Água” no município de Extrema/MG, através de técnicas de sensoriamento remoto. In: XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste. **Anais....** Brasília, 2016.

PEREIRA, P. H.; CORTEZ, B. A.; ARANTES, L. G. C.; PEREIRA, K. H.; OMURA, P. A. C.; RODRIGUES, R. R. **Conservador das Águas: 12 anos**. Edição 2017. Extrema: Departamento de Meio Ambiente, 2017. 187p. Disponível em: <<http://extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/conservador-das-agua-livro-12-anos.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

PEREIRA, P. H.; CORTEZ, B. A.; OMURA, P. A. C.; ARANTES, L. G. C.; **Projeto Conservador das Águas**. Extrema: Departamento de Meio Ambiente, 2016. 37p. Disponível em: <<http://www.extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/Projeto-Conservador-das-aguas-versao-fevereiro-de-2016.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

RIBEIRO, M. C., METZGER, J. P., MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p.1141-1153, 2009.

SANTOS, G.V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. N. C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa- MG. **Revista Árvore**, v.31, n. 5, 931-940 p. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v31n5/a17v31n5.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

SANTOS JUNIOR, W. M. ; COSTA, V. C. **Práticas no Ensino de Geoprocessamento: Pré-Processamento com Bandas Multiespectrais de Imagens do Sensor Landsat 8**. 2015.

SOS MATA ATLÂNTICA.; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: Período 2016-2017**. São Paulo: SOS, 2018. Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/link/Atlas\\_Mata\\_Atlantica\\_2016-2017\\_relatorio\\_tecnico\\_2018\\_final.pdf](https://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2018.

TEIXEIRA, C. G. **Pagamento por serviços ambientais de proteção às nascentes como forma de sustentabilidade e preservação ambiental**. 2011. 198p. Dissertação (Pós-Graduação). Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Curitiba. Disponível em: <<http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/PSA%20pela%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20das%20nascentes%20Carlos%20Geraldo%20Teixeira.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE – USGS. Earth Explorer - Collection - **Landsat Archive**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 21 jul. 2018.

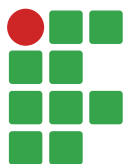
VEIGA NETO, F. C. A. **Construção dos mercados de pagamentos por serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil.** 2008. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://tede.ufrrj.br/jspui/bitstream/tede/714/1/2008%20-%20Fernando%20Cesar%20da%20Veiga%20Neto.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

ZANELLA, M. A. **Conservador das Águas, Extrema:** Resultados de pesquisa. Humboldt-Universität zu Berlin. 2011. Disponível em: <[https://www.ciliosdoribeira.org.br/sites/ciliosdoribeira.org.br/files/arquivos/Resultados\\_PSA\\_Extrema.Jul11%28MAZ%29.pdf](https://www.ciliosdoribeira.org.br/sites/ciliosdoribeira.org.br/files/arquivos/Resultados_PSA_Extrema.Jul11%28MAZ%29.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2019.

ZOLIN, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MINGOTI, R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; PAULINO, J.; GONZÁLES, A. M. G. O. Minimização da erosão em função do tamanho e localização das áreas de floresta no contexto do programa “Conservador das Águas”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2157-2166 p., 2011. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600030>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

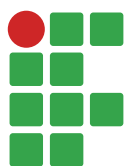
**Received in:** April 25, 2019

**Accepted in:** August 12, 2019



# Sumário

Efeito de herbicidas de contato associados ao adjuvante no controle de trapoeraba .....	135
Tomaz Marques Leite, Gustavo Rabelo Botrel Miranda, Willis dos Santos Medeiros, Priscila Pereira Botrel, Alberto Donizete Alves	
Efeitos do Neonicotinóide Imidacloprido no Comportamento Alimentar de <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lep. ....	143
Luiz Guilherme de Lima Costa, Angel Roberto Barchuk, Isabel Ribeiro do Valle Teixeira	
Efeito de biofertilizante na fertilidade do solo e nutrição de alface .....	154
Westefann dos Santos Sousa, José Roberto Vergínio de Pontes, Osmanny Francisco Pereira de Melo	
Zoneamento agroclimático do milho “safrinha” para a primeira dezena de fevereiro em Goiás, Brasil .....	168
Raphael Maia Aveiro Cessa, Felipe Gimenes Rues Silva, Givaldo Dantas Sampaio Neto, Nilton Nélio Cometti	
Soluções e tempos de lavagem de espuma fenólica na produção de mudas de alface ....	178
Pedro Sebrían Concaro, Kamila Cristina de Credo Assis, Cintia Moda Salatino Guardabaxo, Jéssica Azevedo Batista, Felipe Campos Figueiredo	
Produção de mudas de ingá-do-rio ( <i>Inga vera</i> Willd) e cereja-do-rio- grande ( <i>Eugenia involucrata</i> DC.) fertirrigadas com soro de leite .....	188
Rita de Cássia da Silva, Lilian Vilela Andrade Pinto	
Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Mestre Campo, no município de Piranga, Minas Gerais .....	201
Paulo Henrique da Silva Câmara, Kleber Mariano Ribeiro, Kátia Daniela Ribeiro, Tainá Ramos Pereira	
Fitossociologia herbácea comparada em sistemas agroflorestais e monocultivo de guanandi em terraço fluvial.....	217
Antonio Carlos Pries Devide, Cristina Maria de Castro, Raul de Lucena Duarte Ribeiro, Marcos Gervasio Pereira	
Evolução do uso da terra e da cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas pioneiras do projeto “Conservador das Águas” (2006-2018) .....	234
Tatiana Cardoso da Cruz, Luciana Della Coletta, Camila Souza dos Anjos Lacerda, Wilson Messias dos Santos Junior	



# Efeito de herbicidas de contato associados ao adjuvante no controle de trapoeraba

Tomaz Marques Leite<sup>1</sup>

Gustavo Rabelo Botrel Miranda<sup>2</sup>

Willis dos Santos Medeiros<sup>3</sup>

Priscila Pereira Botrel<sup>4</sup>

Alberto Donizete Alves<sup>5</sup>

## Resumo

A trapoeraba é uma planta daninha tolerante a alguns herbicidas, e uma das alternativas para seu controle é a adição de adjuvantes na calda para melhoria da eficácia desses produtos. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes herbicidas com e sem adjuvantes no controle da trapoeraba. O experimento foi implantado em abril de 2015 e conduzido em condições de campo no Sítio Santo Azarias no município de Muzambinho, sul de Minas Gerais com o cultivar Catuaí/Vermelho 144 em plantio convencional de espaçamento 3,00m x 1,00m (recepada). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), contendo 9 tratamentos em 3 blocos, totalizando 27 parcelas, sendo utilizados quatro tipos de herbicidas de contato, mais um adjuvante: Heat<sup>®</sup> (saflufenacil, 700,0 g kg<sup>-1</sup> i.a.), na dose de 140,0 g p.c. ha<sup>-1</sup>, Basagram<sup>®</sup> (bentazona 600,0 g L<sup>-1</sup> i.a.), na dose 1,2 L p.c. ha<sup>-1</sup>, Gramoxone<sup>®</sup> (paraquat, 200,0 g L<sup>-1</sup> i.a.), na dose de 3,0 L p.c. ha<sup>-1</sup>, MSMA<sup>®</sup> (sodium hydrogen methylarsonate, 720,0 g L<sup>-1</sup> i.a.), na dose de 4,0 L p.c. ha<sup>-1</sup> e adjuvante Nimbus<sup>®</sup> (óleo mineral, 428,0 g L<sup>-1</sup>), na dose 0,3% sobre o volume de calda. O experimento foi avaliado por três pessoas a cada três dias usando uma escala de notas de controle. As plantas foram pesadas a cada sete dias após aplicação do herbicida para avaliar a percentagem de perda de água. Os tratamentos MSMA<sup>®</sup> e MSMA<sup>®</sup> com adição de Nimbus<sup>®</sup> apresentaram os melhores resultados para o controle da trapoeraba.

**Palavras-chave:** *Commelina spp.* Planta daninha. Controle químico.

## Introdução

O cafeeiro está sujeito a uma série de fatores, abióticos ou bióticos, que podem afetar o seu desenvolvimento e a sua produção. Dentre os fatores bióticos, destaca-se a interferência das plantas daninhas sobre as plantas cultivadas em decorrência da competição por luz, nutrientes e água e dos efeitos alelo-

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – *Campus* Muzambinho. Graduado em Tecnólogo em Cafeicultura. [tomazmarques.mb@gmail.com](mailto:tomazmarques.mb@gmail.com).

2 IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professor. [grbmiranda@gmail.com](mailto:grbmiranda@gmail.com). Estrada de Muzambinho, km 35, Bairro Morro Preto, Cx. Postal 02, CEP: 37890-000, Muzambinho, MG, Brasil.

3 IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Graduado em Tecnólogo em Cafeicultura. [willis.medeiros@hotmail.com](mailto:willis.medeiros@hotmail.com).

4 IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professora. [priscila.botrel@muz.ifsuldeminas.edu.br](mailto:priscila.botrel@muz.ifsuldeminas.edu.br).

5 IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professor. [alberto.alves@muz.ifsuldeminas.edu.br](mailto:alberto.alves@muz.ifsuldeminas.edu.br).

páticos. Ademais, elas são hospedeiras de pragas e doenças e atrapalham operações como a colheita, as adubações e as aplicações de produtos fitossanitários (PITELLI; DURIGAN, 1984).

Dentre as espécies de plantas daninhas que mais competem com a cultura do café, destaca-se a trapoeraba. Essa planta pertence ao gênero *Commelina* e *Tripogandra* (família Commelinaceae) e é uma das mais importantes plantas daninhas do mundo, sendo a *Commelina benghalensis* L. a espécie mais difundida (HOLM et al., 1997).

A interferência imposta pelas plantas daninhas agrava-se na cultura em instalação e no início do desenvolvimento. Nesses casos, o cafeeiro apresenta um crescimento menor que o normal, sofrendo os efeitos da intensa competição pelos recursos do ambiente (KOGAN, 1992).

A trapoeraba se reproduz por sementes e reprodução vegetativa, é uma planta perene, ereta ou semi prostrada e herbácea, com grande facilidade para disseminação, apresenta preferência por solos argilosos, úmidos e sombreados, tornando-se um grande problema para a cultura do café, que proporciona essas características no ambiente da entre linha. Além disso, o controle mecânico para a trapoeraba é ineficiente devido à facilidade de propagação vegetativa da espécie (BATISTA et al., 2010).

Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao herbicida a ser utilizado e pouca importância à técnica de aplicação, desprezando a relevância de uma boa distribuição da calda na folhagem, que pode ser adquirida com uso de adjuvante e gerar êxito nas aplicações graças ao melhor espalhamento foliar da calda (CUNHA, et al., 2003; MATIELLO; FREITAS; GOUVÊA, 2005).

Os adjuvantes são muito utilizados com herbicidas, a fim de melhorar a eficácia das formulações, independentemente do tipo de alvo. É geralmente aceito que existem duas maneiras principais por meio das quais adjuvantes podem melhorar o desempenho final do produto: alguns adjuvantes, de alguma forma, alteram a química da calda (surfactantes), favorecendo a retenção do produto na superfície foliar, por exemplo, reduzindo a tensão superficial da água e aumentando o espalhamento da gota na folha; outros alteram a superfície foliar da planta (aditivos) e favorece a penetração e a absorção do produto na planta.

Os adjuvantes são utilizados nas caldas de pulverização com o intuito de modificar suas características físico-químicas, alterando as forças interfaciais, o que resulta na melhoria de ambas as substâncias, favorecendo a uniformização da calda a ser aplicada e reduzindo a tensão superficial da água (IOST, 2008).

Alves et al. (2010) mencionaram que entre as técnicas recomendadas no uso de herbicidas em cafeeiros está a rotação de produtos com diferentes ingredientes ativos, a qual consiste em uma estratégia química que evita o surgimento e a proliferação de plantas resistentes ou tolerantes aos herbicidas.

Diante das considerações realizadas acima, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o controle da trapoeraba com diferentes herbicidas de contato associado ao uso de adjuvante.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo no Sítio Santo Azarias no município de Muzambinho, sul de Minas Gerais, Latitude 21°17'26,64"S, Longitude 46°29'58,44"W e Altitude 974 metros), no mês de abril, em uma lavoura de café, cultivar Catuaí/Vermelho 144 em plantio convencional de espaçamento 3,00m x 1,00m (recepada), com plantio realizado em 1985.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), contendo 9 tratamentos e 3 repetições, em 27 parcelas de 2,5 m por 1 m, sendo utilizados 4 tipos de herbicidas de contato, mais um adjuvante.

Foram utilizados os seguintes tratamentos: Heat® (saflufenacil, 700,0 g kg<sup>-1</sup> i.a.), na dose de 140,0g p.c. ha<sup>-1</sup>, Basagram® (Bentazona 600,0 g L<sup>-1</sup> i.a.), na dose 1,2 L p.c. ha<sup>-1</sup>, Gramoxone®



(paraquat, 200,0 g L<sup>-1</sup> i.a.), na dose 3,0 L p.c. ha<sup>-1</sup>, MSMA<sup>®</sup> (sodium hydrogen methylarsonate, 720,0 g L<sup>-1</sup> i.a.), na dose 4,0 L p.c. ha<sup>-1</sup> e adjuvante Nimbus<sup>®</sup> (óleo mineral, 428,0 g L<sup>-1</sup>), na dose 0,3% sobre o volume de calda.

A pulverização foi realizada com o pulverizador pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com pontas de pulverização tipo leque duplo TJ-60 (110/02 vs), calibrado para uma vazão de 383,0 L ha<sup>-1</sup> de calda (teste em branco) e 241,3 kPa de pressão. No momento da aplicação, as condições climáticas foram: velocidade do vento de 1,4 m s<sup>-1</sup>, temperatura máxima de 26,8°C e mínima de 24,6°C e umidade de 73%.

As avaliações foram realizadas conforme escalas de notas dadas por três pessoas, a cada 3 dias, de acordo com Velini (1994), sendo: (5, controle excelente ou total da espécie em estudo; 4, controle bom, aceitável sobre a infestação da área; 3, controle moderado, insuficiente para a infestação da área; 2, controle deficiente ou inexpressivo; 1, ausência de controle).

Também foi realizada avaliação direta de eficácia de herbicidas, usando o critério dessecação, sendo realizada a pesagem das plantas (trapoerabas) de 7 em 7 dias após aplicação, massa úmida e seca. Para a secagem das amostras foi utilizada uma estufa (Med Clav, mod. 5) a 45°C até que a massa se tornasse constante, totalizando 60 h. As amostras coletadas no campo perfaziam uma área de 0.16 m<sup>2</sup> conferida pela área de um aro metálico.

Os dados foram tabulados em Planilha Excel e submetidos à avaliação pelo Teste F e, posteriormente, as médias foram avaliadas pelo Teste de Scott-Knott a 5% de significância para avaliação indireta, por escalas de notas, e a 10% para o método direto de avaliação por dessecação da planta, utilizou-se do Programa Estatístico SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2011).

## Resultados e discussão

Os resultados obtidos para avaliação indireta por escala de notas aos 3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21 dias após a aplicação (DAA) estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Notas atribuídas ao controle da trapoeraba pelos herbicidas associados à adjuvante. Muzambinho/MG, 2019.

Tratamento	Dias após aplicação (DAA)*						
	3DAA	6DAA	9DAA	12DAA	15DAA	18DAA	21DAA
Saflufenacil	1,000B	2,333B	2,666A	2,666A	2,333A	1,666B	2,000B
Saflufenacil+Óleo Mineral	1,000B	4,000A	3,666A	3,666A	2,666A	2,666A	2,333B
Bentazona	1,000B	2,333B	2,333A	1,666B	1,333B	1,000B	1,000C
Bentazona+Óleo Mineral	1,000B	1,333B	1,000B	1,000B	1,000B	1,000B	1,000C
Paraquat	1,666B	4,333A	3,333A	3,333A	3,333A	3,000A	2,333B
Paraquat+Óleo Mineral	3,333A	4,666A	4,666A	4,000A	3,333A	3,000A	2,333B
MSMA <sup>®</sup>	1,666B	4,000A	4,333A	4,000A	4,000A	3,666A	4,000A
MSMA <sup>®</sup> +Óleo Mineral	1,000B	3,333A	3,000A	3,333A	2,666A	3,000A	4,000A
Testemunha	1,000B	1,000B	1,000B	1,000B	1,000B	1,000B	1,000C
CV (%)	9,350	15,16	15,92	14,82	15,54	16,97	9,2

\*Significativo à probabilidade de 5% Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2019).

Conforme Tabela 1, observa-se que aos 3 DAA somente o Paraquat com adição de Nimbus® obteve controle, sendo os demais tratamentos iguais à testemunha.

Neste trabalho, o adjuvante acelerou a ação do Paraquat aos 3 DAA, o que converge com os conceitos apresentados por Theisen e Ruedell (2004), que relatam que a adição de adjuvantes melhora o ambiente da calda de aplicação e as condições para a proteção e a absorção dos herbicidas.

Conforme Tabela 1, aos 6 DAA, somente os tratamentos Saflufenacil com adição de Nimbus®, Paraquat, Paraquat com adição de Nimbus®, MSMA® e MSMA® com adição de Nimbus® apresentaram controle, sendo os demais tratamentos ineficientes.

Marchi et al. (2008) mencionaram que os herbicidas de contato reagem rapidamente no ponto de contato e não se movem nos sistemas internos das plantas (não translocados), ao contrário dos sistêmicos que se movimentam das folhas para o ponto de crescimento das plantas (translocados via floema), tornando os herbicidas de contato preferidos aos sistêmicos por matarem muito rapidamente e, como não há persistência, uma cultura pode ser plantada logo em seguida ao tratamento.

Os resultados corroboram a observação de que os herbicidas de contato são mais eficientes em termos de rapidez de controle da planta daninha.

Pode-se observar que aos 9 DAA, o tratamento Bentazona com adição de Nimbus® não obteve controle, permanecendo igual à testemunha.

De fato, mesmo com a adição de óleo mineral, melhoria do ambiente da calda de aplicação e as condições para a proteção e absorção dos herbicidas, alguns ingredientes ativos não são eficazes, como no caso da Bentazona.

Conforme Tabela 1, dos 12 DAA aos 15 DAA, os tratamentos Bentazona e Bentazona com adição de Nimbus® não apresentaram controle, permanecendo semelhantes à testemunha.

Segundo Silva et al. (2001), antes de apresentar ação fitotóxica, todo herbicida deve ser absorvido via sistema apoplasto ou simplasto e alcançar o seu sítio de ação, que se situa geralmente no interior de uma organela (HESS; FALK, 1990). Entretanto, ao atingir a superfície foliar, parte do herbicida aplicado pode escorrer e ser lavado, volatilizar, secar como um sedimento amorfo, cristalizar após a evaporação do solvente ou, ainda, penetrar na cutícula e permanecer associado a componentes lipídicos desta camada, não sendo translocado. Uma consequência imediata é a redução na ação do herbicida no controle das plantas daninhas.

Alguns herbicidas de contato agem rapidamente no controle da erva daninha, mas sua eficácia não é satisfatória em relação à ação residual em DAA.

Conforme Tabela 1, aos 18 DAA, os tratamentos Saflufenacil, Bentazona e Bentazona com adição de Nimbus® não obtiveram controle, permanecendo semelhantes à testemunha.

Heap (2006) definiu resistência de plantas daninhas a herbicidas como “a habilidade de uma planta sobreviver e reproduzir, após exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o biótipo selvagem da planta”. Está implícito nessa definição que a característica de resistência a herbicidas de uma planta pode ser de ocorrência natural (selecionada em populações de plantas daninhas de ocorrência natural no campo) ou induzida por técnicas como engenharia genética ou seleção de variantes produzidas por culturas de tecidos ou mutagênese.

Após receberem as doses dos herbicidas, a trapoeraba, depois de 18 DAA, obteve rebrota, ou seja, teve a capacidade de sobreviver e se reproduzir, não sendo eficazes os herbicidas utilizados.

Conforme Tabela 1, aos 21 DAA, os tratamentos MSMA® e MSMA® com adição de Nimbus® demonstraram melhores controles em relação aos demais tratamentos e não diferiram entre si.

Para Pitelli (1990), a meta primária de qualquer sistema de manejo de plantas daninhas é a manutenção de um ambiente o mais inóspito possível ao mato, por meio do emprego específico ou combinado de métodos biológicos, culturais, mecânicos e químicos.

Também deve ser considerada a escolha do método de controle para a planta daninha em questão. Para isso, torna-se necessário o conhecimento do técnico com a planta para obter melhor eficiência do método e render um menor custo financeiro ao produtor.

Conforme Tabela 2, observa-se que dos 7 aos 14 DAA não houve diferenciação de dessecação em relação à testemunha.

**Tabela 2** – Eficácia na perda de água (dessecação realizada em estufa a 45°C), após aplicação dos herbicidas aos 7, 14 e 21 DAA, Muzambinho/MG, 2019.

Tratamento	Perda de Água (%) **		
	7 DAA	14 DAA	21 DAA
Saflufenacil	59,333A	37,333A	74,666B
Saflufenacil+Óleo Mineral	55,000A	39,333A	69,333A
Bentazona	65,000A	33,000A	73,666B
Bentazona+Óleo Mineral	62,000A	36,666A	77,333B
Paraquat	62,666A	36,000A	68,333A
Paraquat+Óleo Mineral	64,000A	40,666A	69,333A
MSMA®	61,666A	38,666A	62,000A
MSMA®+Óleo Mineral	63,000A	40,000A	64,333A
Testemunha	69,333A	37,666A	72,333B
CV (%)	12,94	14,11	7,85
Fc	5,241	0,476	0,513

\*\*Significativo à probabilidade de 1%

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott a 10% de probabilidade.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2019).

Conforme Tabela 2, aos 21 DAA, os tratamentos Saflufenacil sem adição de Nimbus®, Bentazona com e sem adição de Nimbus® e testemunha mostraram uma maior perda de água em relação aos demais tratamentos.

Segundo Wilson (1981), a dificuldade de controle de espécies da família Commelinaceae pode ser atribuída ao duplo mecanismo de reprodução que elas apresentam: por sementes e por enraizamento dos nós.

Pode-se observar que a perda de água foi relativamente menor nos tratamentos pulverizados com Saflufenacil com adição de Nimbus®, Paraquat com e sem adição de Nimbus® e MSMA com e sem adição de Nimbus®, em razão da pouca quantidade de água armazenada, causada pela dessecação promovida pelos herbicidas aplicados com e sem adjuvantes.

## Conclusões

Os tratamentos MSMA e MSMA com adição de Nimbus apresentaram um melhor controle, com maior tempo residual.

A adição de óleo mineral aos herbicidas não proporcionou melhoria de controle de trapoeraba.

## Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, pela disponibilização dos profissionais e pelo apoio financeiro.

## Contact herbicides combined with mineral oil to control dayflower weeds

### Abstract

Dayflower weeds are tolerant to some herbicides; an alternative for their control is the addition of adjuvants in the solution to be applied to improve the efficiency of these products. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of application of different herbicides with and without adjuvants on the control of dayflower weeds. The experiment was conducted under field conditions in April 2015 on the Santo Azarias Farm, Muzambinho, state of Minas Gerais, Brazil. The area had coffee crops (cultivar Catuaí/Vermelho 144) with plant spacing of 3.00 m × 1.00 m, which had been subjected to a hard pruning. A randomized block experimental design was used, with 9 treatments in 3 blocks, totaling 27 plots. The treatments consisted of four contact herbicides (Saflufenacil 700.0 g kg<sup>-1</sup>, at 140.0 g c.p. ha<sup>-1</sup>; Bentazon 600.0 g L<sup>-1</sup>, at 1.2 L c.p. ha<sup>-1</sup>; Paraquat 200.0 g L<sup>-1</sup>, at 3.0 L c.p. ha<sup>-1</sup>; and MSMA 720.0 g L<sup>-1</sup>, at 4.0 L c.p. ha<sup>-1</sup>) and an adjuvant (Nimbus®, mineral oil, 428.0 g L<sup>-1</sup>) at the rate of 0.3% of the solution volume. The plants in the treatments were evaluated visually by three people every three days, using a scale of grades of control. The plants were weighed every seven days after application of the herbicides to evaluate the percentage of water loss. The treatments MSMA, and MSMA combined with mineral oil presented the best results for the control of dayflower weeds.

**Keywords:** *Commelina* spp. Weed control. Chemical control.

### Referências

ALVES, V. M.; RIBEIRO, A. M.; JULIATTI, F. C.; SOUZA Jr., J. A.; ALCATARA, E. N. Avaliação de Flumioxazin em Misturas com Oxyfluorfen e Clorimuronetil em Cafeeiros Novos. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais ...** Ribeirão Preto, 2010. Disponível em: <[http://www.sbcpcd.org/portal/anais/XXVII\\_CBCPD/PDFs/571.pdf](http://www.sbcpcd.org/portal/anais/XXVII_CBCPD/PDFs/571.pdf)>. Acesso em: 30 jul. 2013.

BATISTA, M. A. V.; FREITAS, F. C. L.; TOMAZ, H. V. Q.; QUEIROZ, R. F.; DANTAS, D. J.; NASCIMENTO, P. G. M. L. Eficácia de herbicidas no controle da trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.). CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2010. Disponível em: <[http://www.sbcpcd.org/portal/anais/XXVII\\_CBCPD/PDFs/595.pdf](http://www.sbcpcd.org/portal/anais/XXVII_CBCPD/PDFs/595.pdf)>. Acesso em: 30 jul. 2018.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agro tecnologia** (UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.weedscience.com>. Acesso em: out. 2006.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on the leaf surface. **Weed Sci.**, v. 38, p. 280-288, 1990.

HOLM, L. R. G.; PLUCKNETT, D. L.; PANCHO, J. V.; HERBERGER, J. P. **The World's Worst Weeds. Distribution and Biology**. Honolulu: University Press of Hawaii, 1997.

KOGAN, M. A. Interferencia de las malezas em plantaciones y estrategias de control. In: **avances em manejo de malezas en producción agrícola y forestal**. Santiago: Pontificia Universidad Católica, 1992. p. 119.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu, 2008, 2009, Vitória. VI Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, 2009. v. 6.

MARCHI, G.; CARVALHO, E. S. M.; GRACIOLLI, T. G.. **Herbicidas: mecanismo de ação e uso**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrado, 2008. III Título, IV Serie.

MATIELLO, J. B.; FREITAS J. L.; GOUVÊA, L. F. **Controle da ferrugem do cafeeiro via canhão-atomizador com formulações de triazóis e estrubirulinas**. 2004. Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira - Coffea. Ano 2 – nº 5 – Janeiro/Fevereiro – 2005.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHED, 1984. p. 37.

PITELLI, R. A.; **Biologia de Plantas Daninhas. Semana de Controle de Plantas Daninhas, 10. Anais...** Bandeirantes/PR: Fundação Faculdade de Agronomia "Luiz Meneghel", 1990. p. 58-100.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, J. F.; **Controle de Plantas Daninhas**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR – ABEAS. Curso de Proteção de Plantas. Brasília: 2001. 260p (Modulo 3 ABEAS).

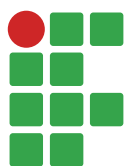
THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora. 2004. 90 p.

VELINI, E. D. **Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados a matologia**. 1994. 250 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1994.

WILSON, A. K. Commelinaceae - a review of the distribution, biology and control of the important weeds belonging to this family. **Trop. Pest Manag.**, v. 27, p. 405-418, 1981.

**Submetido em:** 26/01/2019

**Aceito em:** 20/05/2019



# Efeitos do Neonicotinóide Imidacloprido no Comportamento Alimentar de *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lep.

Luiz Guilherme de Lima Costa<sup>1</sup>

Angel Roberto Barchuk<sup>2</sup>

Isabel Ribeiro do Valle Teixeira<sup>3</sup>

## Resumo

Os meliponíneos estão entre os maiores agentes polinizadores dos ecossistemas neotropicais, porém, devido a ações antrópicas, como o uso indiscriminado de agrotóxicos, as populações destas abelhas estão em declínio. Os inseticidas do grupo dos Neonicotinóides, entre eles o Imidacloprido, usados em muitas culturas, têm sido apontados como um dos que mais interferem na saúde das colônias. O objetivo deste trabalho foi analisar a capacidade de percepção da presença de Imidacloprido em dietas artificiais e o efeito do inseticida sobre o comportamento de operárias adultas de *Melipona quadrifasciata*, uma espécie de abelha nativa brasileira sem ferrão. Para esta finalidade, foram realizados experimentos comportamentais com abelhas campeiras em arenas de observação com simulação de flores artificiais e respectivos nectários com diferentes concentrações do composto inseticida (0%, 1%, 5%, 10% e 20%) em dietas de xarope e mel. Os resultados mostraram que as abelhas não diferenciaram as diferentes concentrações de Imidacloprido, mesmo com doses elevadas na dieta (20%). Constatou-se também que a presença do produto interferiu na comunicação entre as abelhas, diminuindo a intensidade dos eventos de antenação. Ambos os fatores, a incapacidade das abelhas de perceber a presença do inseticida e os distúrbios na comunicação ocasionados pela sua ingestão, devem aumentar as chances de contaminação e desaparecimento das colônias destes insetos na natureza.

**Palavras-chave:** Meliponini. Abelhas sem ferrão. Mandaçaia. Inseticida. Antenação. Forrageamento.

## Introdução

A maioria dos meliponíneos, também conhecidos como abelhas sem ferrão (ASF), está restrita à região Neotropical, o que corresponde a cerca de 75% das aproximadamente 500 espécies conhecidas mundialmente (COSTA et al., 2003). Nessas regiões são considerados os polinizadores mais importantes em muitos ecossistemas (WITTER; NUNES-SILVA, 2014). Entre as ASF, a espécie *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (1836) é conhecida popularmente no Brasil como Mandaçaia e pode ser encontrada naturalmente nos estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo, além de ocorrer em algumas regiões da Argentina e Paraguai. A espécie se destaca das demais ASF por apresentar um longo período diário

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Graduado em Ciências Biológicas. [guitramp@gmail.com](mailto:guitramp@gmail.com).

2 Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). Pesquisador e docente. [barchuk@unifal-mg.edu.br](mailto:barchuk@unifal-mg.edu.br).

3 IFSULDEMINAS. Professora EBTT. [isabel.teixeira@ifsuldeminas.edu.br](mailto:isabel.teixeira@ifsuldeminas.edu.br).

de forrageamento, uma vez que este se inicia logo após o nascer do sol e se encerra um pouco antes do pôr do sol (AIDAR, 2011), o que possibilita grande número de visitação floral.

A polinização resultante da interação entre insetos e flores é considerada um fator-chave para o equilíbrio dos ecossistemas naturais que os abrigam, pois a maioria das plantas só pode produzir frutos e sementes quando submetida a esse processo (VILLAS-BÔAS, 2012). A ação dos polinizadores também é considerada elemento-chave na produção agrícola e na conservação ambiental, pois age diretamente na reprodução de 40% a 90% das espécies vegetais nativas (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; NOGUEIRA-NETO, 1997). Venturieri et al. (2012) apontam a criação de meliponídeos como uma importante alternativa à criação intensa e constante de *Apis mellifera* Linnaeus 1758, principalmente com o objetivo de polinização de espécies nativas e de plantas de interesse econômico, como a berinjela, pimenta, abóbora, morango, pimentão, tomate, guaraná, girassol, urucum.

Com as projeções do aumento da população humana para 9.000 milhões até 2050, a demanda por alimentos crescerá proporcionalmente e, como a produtividade dos alimentos está diretamente relacionada com a existência de abelhas, a conservação das populações destes insetos se torna ainda mais relevante (FIGUEROA-MATA et al., 2016). Assim, são cada vez mais necessários trabalhos científicos que busquem estudar efeitos ambientais que influenciam a sobrevivência e a reprodução das abelhas.

Apesar de sua evidente importância ecológica e econômica, as populações de abelhas se encontram em declínio pelo mundo (NRC, 2006), principalmente devido a ações antrópicas, entre as quais o uso indiscriminado de agrotóxicos. Seu declínio é amplamente atribuído ao fenômeno conhecido como Distúrbio do Colapso das Colônias (CCD), que corresponde a uma rápida perda de abelhas adultas, o que compromete a busca por alimentos, bem como a defesa da colônia contra os ataques de outras abelhas, demais artrópodes, microorganismos e vírus. A ausência de abelhas adultas mortas dentro e ao redor das colmeias afetadas sugere que elas morrem enquanto procuram alimentos (TOMÉ et al., 2012).

Os efeitos dos defensivos agrícolas sobre os insetos podem ser letais, causando a morte imediata do organismo, ou subletais, que causam efeitos no comportamento ou na sua fisiologia, tais como agressividade, lentidão e desorientação durante o voo (SILVA et al., 2014). Quanto ao risco de impacto ambiental, a preocupação maior é pelo uso de inseticidas de amplo espectro, que atingem uma grande variedade de insetos (inclusive os benéficos), e que, quando aplicados sobre as plantas, podem deixar resíduos em doses subletais, difíceis de serem detectados, como é o caso do fipronil e dos neonicotinóides, que possuem doses letais muito baixas (MESSAGE et al., 2012).

De acordo com Soares (2009), mesmo existindo inseticidas com diversos mecanismos de ação, atualmente o principal alvo desses químicos tem sido o sistema nervoso dos insetos. Esses inseticidas possuem ação neurotóxica, interferindo na transmissão axônica, nas sinapses periféricas ou nas centrais, apresentando um efeito rápido e eficaz contra insetos. Entre os neurotóxicos, os neonicotinóides são substâncias quimicamente semelhantes à nicotina e agem na propagação dos impulsos nervosos, competindo com o neurotransmissor acetilcolina, ligando-se a seu receptor de maneira irreversível. Desde que os neonicotinóides são insensíveis à ação da enzima acetilcolinesterase, a ativação dos receptores de acetilcolina pelas moléculas do inseticida se prolonga de forma anormal, gerando uma alta excitabilidade do sistema nervoso central. Os sintomas mais comuns resultantes da intoxicação por neonicotinóides em insetos são tremores, colapso do sistema nervoso e morte (FARIA, 2009).

O inseticida sistêmico Imidacloprido é um dos neonicotinóides mais usados no mundo. No Brasil, ele é aplicado em uma grande variedade de culturas, tais como a do algodão, amendoim, cevada, feijão, milho, soja, trigo, abacaxi, abóbora, alface, alho, almeirão, batata, berinjela, brócolis, cebola, chicória, couve, fumo, girassol, melancia, melão, jiló, pepino, repolho, tomate, cana-de-açúcar, café



e uva (BOVI, 2013). Como o Imidacloprido é um inseticida sistêmico (incorporado em diferentes tecidos da planta), seus resíduos podem se acumular no pólen, néctar e cera, acarretando um alto risco para as abelhas. Vários países europeus, incluindo França e Itália, suspenderam tratamentos de sementes com Imidacloprido, considerando que seus resíduos são o principal fator responsável pelo declínio da população de abelhas. Em contraste, o uso de Imidacloprido é extensivo em áreas tropicais, particularmente em campos agrícolas brasileiros (TOMÉ et al., 2012).

Muitos trabalhos têm apontado os efeitos de neonicotinóides na biologia dos insetos, especialmente na das abelhas (exemplos: ARCE et al., 2018; BLACQUIÈRE et al., 2012; Manjon et al., 2018; GOÑALONS; FARINA, 2018; TOMÉ et al., 2012), porém há muito ainda a ser investigado, principalmente em relação às abelhas nativas do Brasil. Considerando que a percepção e a eventual rejeição do Imidacloprido em material de coleta de abelha (néctar, pólen ou resina) evitaria a sua contaminação, este trabalho teve por finalidade avaliar o comportamento de *M. quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, 1836, durante o processo de busca de alimento e sua capacidade de percepção da presença de Imidacloprido em dietas artificiais.

## Material e métodos

O estudo foi realizado no Meliponário e no Laboratório de Biologia do Instituto Federal do Sul de Minas, *Campus* Poços de Caldas (21°50'16.7" S e 46°33'36.1" W). A arena de observação usada em todos os experimentos estava composta de um suporte de plástico com tampa transparente (15cm de altura x 25cm de diâmetro), tendo em seu interior 5 simuladores florais (SF) construídos a partir de frascos plásticos de 7,0cm de altura x 2,5cm de diâmetro, com flores artificiais confeccionadas a partir de papel cartão amarelo com 5 pétalas arredondadas de 1,5cm de comprimento, colocadas na parte superior do recipiente, ao redor da abertura. Na abertura foi inserido um canudo de acrílico que conduzia até o interior do frasco, onde a dieta foi colocada (nectário). Tanto o modelo experimental quanto a atratividade da cor e do formato das pétalas foram testados e aprovados anteriormente (COSTA; TEIXEIRA, 2018). Esses autores testaram diferentes simuladores florais em arena de observação similar à usada aqui e verificaram, pelo maior número de visitas, a preferência de abelhas mandacari pela cor amarela e pelo formato arredondado das pétalas.

Para cada observação, foram utilizadas seis abelhas campeiras (25 a 40 dias de vida), capturadas aleatoriamente na entrada das 12 colônias disponíveis no Meliponário (sorteadas ao acaso), com o auxílio de um frasco de plástico. As abelhas coletadas foram colocadas cuidadosamente dentro da arena, onde foram observadas continuamente pelo tempo de uma hora (60 minutos). Ao longo do processo foram registradas todas as vezes que as abelhas pousavam em um dos simuladores florais (número de visitas), todas as vezes que entravam no interior do simulador floral para encontrar o alimento (dieta) contido no fundo do recipiente (consideradas como tentativas de ingestão) e os eventos de antenação (contato de antenas entre duas ou mais abelhas).

O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, buscou-se avaliar o comportamento de *M. quadrifasciata* em relação à preferência por diferentes dietas artificiais (sem Imidacloprido). Na segunda etapa, foi avaliado o comportamento de preferência ou rejeição por dietas com Imidacloprido (neonicotinóide) em diferentes concentrações. Todos os experimentos foram realizados no meliponário entre 09h e 15h, intervalo de maior atividade de forrageamento na localização do experimento (observação pessoal – dados não publicados).

## Etapa 1: Avaliação da preferência por diferentes dietas

Todas as observações aconteceram de abril a junho de 2018. Em cada um dos 5 simuladores florais, foram adicionados 5 mL de uma dieta diferente, apresentando a seguinte configuração: D1 (apenas xarope, composto de 50% de água e 50% de açúcar); D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*); D3 (50% xarope + 50% suco de limão); D4 (50% xarope + 50% aminomix®) e D5 (controle): sem alimento. O Aminomix® consiste de um complemento alimentar veterinário com todos os aminoácidos essenciais. As dietas foram escolhidas por terem sido usadas em pesquisa anterior (TEIXEIRA et al., 2017). Foram realizadas 8 observações de 60 minutos.

## Etapa 2: Avaliação da sensibilidade a diferentes concentrações de Imidacloprido

As observações ocorreram entre os meses de julho e setembro de 2018. A Dieta base utilizada foi a D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*), detectada como a de maior preferência na etapa 1. Em cada um dos simuladores florais (SF), foram adicionados 5,0 mL de dieta, com diferentes concentrações do inseticida Imidacloprido (Termidil 200 SC®, 100 mL, líquido, Dipil Industria Química – lote 002.18M- fabricado em 18/01/18 – 2 anos de validade), configurando a seguinte organização: SF 1 (xarope + 1%); SF 2 (xarope + 5%); SF 3 (xarope + 10%); SF 4 (xarope + 20%); SF 5 (controle: sem adição de Imidacloprido). Foram realizadas 8 observações de 60 minutos. As concentrações utilizadas foram bem maiores que as obtidas pelas diluições em campo, uma vez que o enfoque foi percepção/rejeição. A diluição em campo, apesar de ser variável de acordo com a cultura e substrato, dá-se por volta de 0,05% segundo a bula do produto utilizado.

## Análise Estatística

Foi utilizado o Teste de Kruskal-Wallis, considerando o grau de significância  $p \leq 0,05$  tanto para os testes com múltiplas opções quanto para “Two-sample paired” T teste, quando foram comparados os comportamentos de antenação em situação com ou sem Imidacloprido. O programa computacional BioEstat 5.3 (AYRES et al. 2007) foi utilizado para realizar as análises.

## Resultados e discussão

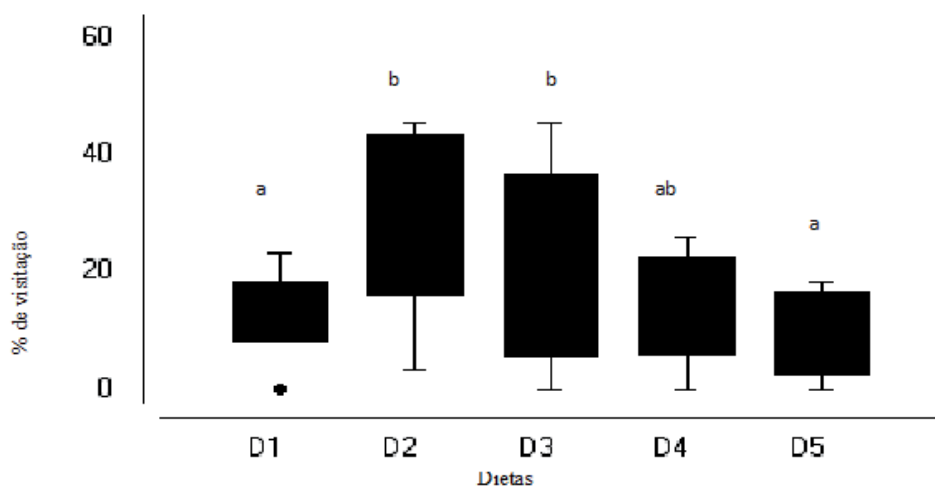
Os neonicotinóides formam um dos grupos de inseticidas mais difundidos na agricultura, possivelmente devido a sua baixa toxicidade para os mamíferos e a sua natureza sistêmica. No entanto, tem havido crescentes preocupações quanto ao seu impacto sobre os organismos não alvo (GONÑALONS; FARINA, 2018), por exemplo nas abelhas. Neste trabalho, verificamos que, apesar das abelhas mandacari apresentarem capacidade de diferenciar dietas com diferentes composições, a presença de Imidacloprido não influencia o seu comportamento de seleção de alimentos.

O ato de buscar alimento no meio ambiente chama-se forrageamento, o qual pode ser dividido em quatro fases: busca, captura, manuseio e ingestão do alimento (KREBS; DAVIES, 1996). Ao simular uma situação de forrageamento entre diferentes dietas, as abelhas apresentaram preferência por D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*) e por D3 (50% xarope + 50% suco de limão) (FIGURA 1) e um maior número de tentativas de ingestão em D2 (FIGURA 2). As dietas simulam o néctar das flores. O néctar coletado pelas operárias durante as visitas florais na natureza apresenta diferentes tipos de açúcares, como sacarose, glicose ou frutose, além de pequenas proporções de ácidos orgânicos, lipídios, minerais, vitaminas e compostos aromáticos (HARBORNE, 1994), sendo que esses últimos podem ter função de indicadores químicos no momento da coleta (atrativo/repelen-

te). Em dietas artificiais, a presença do mel possivelmente fornece os demais compostos atrativos ao açúcar, o que explicaria a preferência de visitação e ingestão pela D2 (FIGURAS 1 e 2).

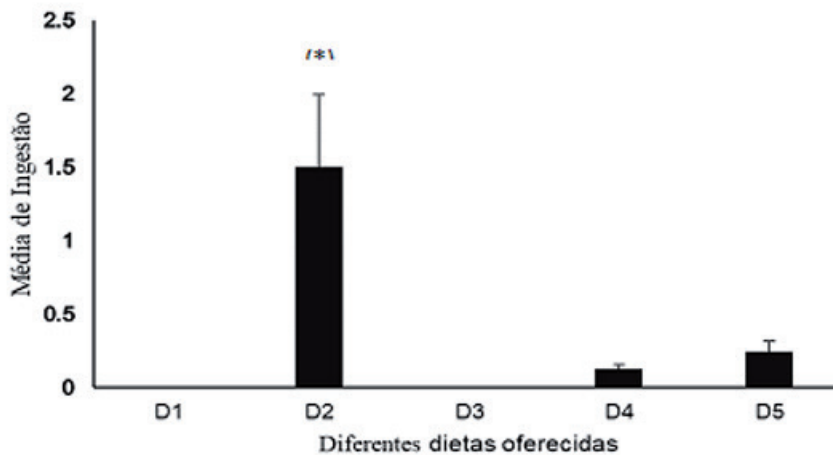
Nas abelhas, sabe-se que os receptores gustativos se encontram principalmente nas antenas e segmentos distais do primeiro par de pernas (FRINGS; FRINGS, 1949) e são essas estruturas que permitem discriminar itens comestíveis dos não comestíveis, pois são muito sensíveis à estimulação por diferentes concentrações de sacarose (HARBORNE 1994; HAUPT, 2004). Além disso, atualmente se conhece que tais cerdas gustativas também reagem a glicose, frutose, NaCl e KCl e esses compostos estão presentes no mel (SANCHEZ, 2011) e conseqüentemente na dieta preferida pelas abelhas utilizadas em nossos experimentos. Desta forma, supomos que tais compostos atrativos devem ser mais efetivos na determinação da direção e da ingestão do alimento do que a possível deterência a ser exercida pela presença de um determinado composto estranho, como os neonicotinóides.

**Figura 1** – Preferência de visitação em simuladores florais com diferentes dietas.



Relação do número médio de visitações em simuladores florais com diferentes dietas. Respectivamente D1- (apenas xarope composto de 50% de água e 50% de açúcar); D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*); D3 (50% xarope + 50% suco de limão); D4 (50% xarope + 50% aminomix®) e D5 (controle): sem alimento. Foram feitas 08 repetições. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas (Kruskal-Wallis  $p \leq 0,02$ ).

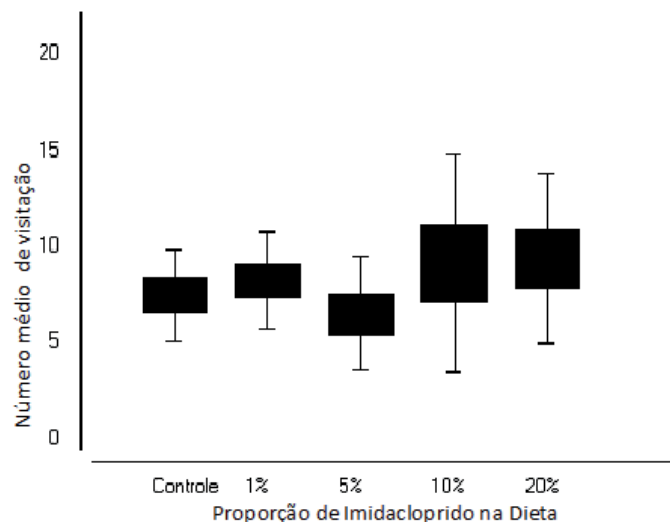
**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

**Figura 2** – Preferência de Ingestão de Diferentes Dietas.

Relação do número de tentativas de entrar nos alimentadores com diferentes dietas. Respectivamente, D1 (apenas xarope composto de 50% de água e 50% de açúcar); D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*); D3 (50% xarope + 50% suco de limão); D4 (50% xarope + 50% aminomix®) e D5 (controle): sem alimento. Foram feitas 08 repetições. (\*) A dieta 2 obteve maior quantidade de tentativas de ingestão (Kruskal-Wallis  $p \leq 0,01$ ).

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

Desta forma, as abelhas expostas a simuladores florais com a dieta D2 e Imidacloprido não apresentaram comportamento de seleção diferente entre as concentrações disponibilizadas deste composto, ou seja, não houve diferenças entre o número de visitas (FIGURA 3) e de tentativas de ingestão (FIGURA 4). É importante mencionar que todas as abelhas que entraram em contato com dietas com o inseticida morreram ainda dentro do simulador floral, independentemente da concentração na dieta (0%, 1%, 5%, 10% ou 20%).

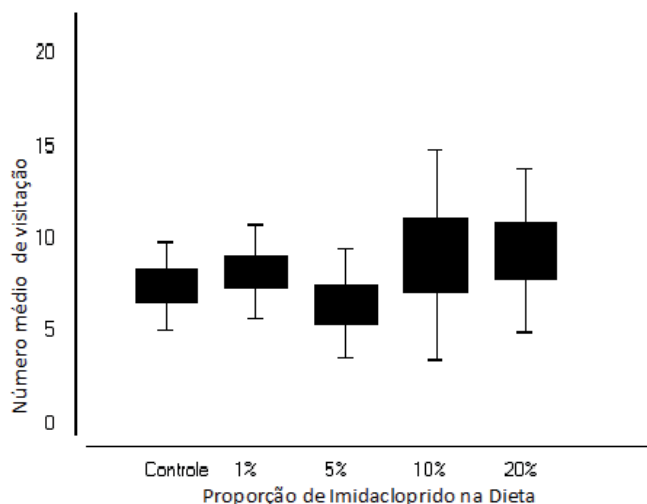
**Figura 3** – Preferência de visitação em simuladores florais com dietas com diferentes concentrações de Imidacloprido.

Relação da média/desvio do número de visitas em Simuladores Florais contendo 5,0 mL de dieta xarope e mel de *A. mellifera*, com diferentes concentrações de Imidacloprido: SF1 (1%); SF 2 (5%); SF 3 (10%); SF 4 (20%); SF 5 (controle: sem adição de Imidacloprido). Foram feitas 8 repetições (Kruskal-Wallis  $p = 0,7$ ).

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

Conclui-se, desta forma, que não há rejeição pelo alimento contaminado, mesmo em dietas com alta concentração de inseticida (20%). Em relação às abelhas *A mellifera*, é conhecido que elas não apenas ingerem alimentos com neonicotinóides, como também estão adquirindo propensão a visitar plantas com flores contaminadas (ARCE et al., 2018).

**Figura 4** – Tentativas de ingestão de dietas com diferentes concentrações de Imidacloprido.



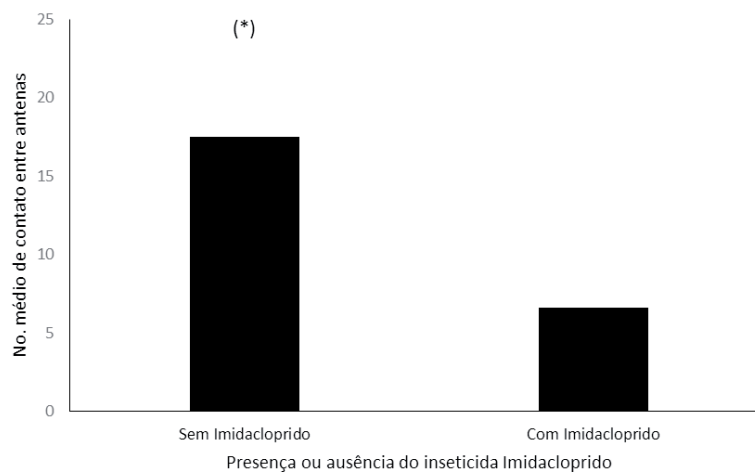
Relação do número de tentativas de ingestão do alimento tratado com diferentes concentrações de Imidacloprido. O controle não possuía inseticida, apenas a dieta composta por xarope e mel de *A. mellifera*. Foram realizadas 8 repetições (Kruskal-Wallis  $p = 0,8$ ).

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

O fato de as abelhas não reconhecerem nem rejeitarem as dietas com Imidacloprido na natureza é também apoiado por Mitchell et al. (2017), que encontraram altas concentrações do composto em méis comerciais. A ingestão de mel ou pólen contaminado pelas abelhas de uma colônia pode causar vários distúrbios no seu comportamento e fisiologia. Goñalons e Farina (2018), usando concentrações de Imidacloprido bem menores do que as encontradas nos méis comercializados, detectaram que a associação entre Imidacloprido e Glifosato no alimento das abelhas prejudica a aprendizagem olfativa e gustativa de abelhas jovens, bem como o papel desses insetos dentro da colônia e ainda prejudica a resposta positiva à sacarose (pois essas têm aumentado o seu limiar para percepção).

Entre os diferentes comportamentos exibidos pelos insetos sociais, a comunicação é crucial, principalmente na atividade de busca de alimentos. Uma das formas de comunicação entre insetos que exibem algum grau de socialidade é a antenação, ou seja, o ato de se tocarem com as antenas em um sinal tátil (MAGGENTI et al., 2005). A antenação está relacionada intimamente ao comportamento de forrageamento e especialmente à aprendizagem e à memória (TOMÉ et al., 2012). Nossos dados demonstram uma forte relação entre a presença de Imidacloprido e a atividade de antenação, pois a presença deste composto nos alimentos oferecidos promoveu um menor número de contatos entre as antenas das abelhas. Nos experimentos sem Imidacloprido foram registradas 17,5 ( $\pm 6,63$ ) antenações por hora, enquanto nas observações com Imidacloprido foi registrada uma média de 6,6 ( $\pm 3,42$ ) antenações por hora (FIGURA 5). A perda deste importante instrumento de comunicação pode afetar grandemente a sobrevivência da colmeia.

**Figura 5** - Atividade de antenação de abelhas visitando fonte de alimento artificial com ou sem Imidacloprido.



Relação da intensidade da atividade de antenação entre as abelhas observadas na ausência e na presença do Imidacloprido. Média de 16 observações de 1 hora. (\*) Os grupos foram diferentes (Two-sample paired t test  $p \leq 0,05$ ).

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

## Conclusão

Nossos ensaios mostram que operárias forrageiras de *M. quadrifasciata anthidioides* não apresentam rejeição por alimentos tratados com doses letais do inseticida Imidacloprido. Ademais, fica evidente a interferência exercida pelo Imidacloprido no comportamento de forrageamento, especificamente na comunicação das abelhas, pois este diminui significativamente a intensidade na atividade de antenação. Ambos fatores, a incapacidade das abelhas de perceber a presença do inseticida e os distúrbios na comunicação ocasionados pela sua ingestão, devem aumentar as chances de contaminação e desaparecimento das colônias destes insetos na natureza.

## Agradecimentos

Ao IFSULDEMINAS – Poços de Caldas pela bolsa de Iniciação científica PIC-NIPE concedida ao primeiro autor e por todo o apoio recebido.

## Effects of the Neonicotinoid Imidacloprid on the Feeding Behavior of *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lep.

### Abstract

Even though meliponines are among the greatest pollinating agents in Neotropical ecosystems, the populations of these bees are in decline due to anthropic actions, such as the indiscriminate use of pesticides. Neonicotinoids, such as Imidacloprid, are used in many crops and have been shown to be one of the pesticides groups with the most damaging effects on the health of bee colonies. The

goals of this work were (1) to evaluate the ability of *Melipona quadrifasciata*, a native Brazilian stingless bee species, to detect the presence of Imidacloprid in artificial diets, and (2) to evaluate how this insecticide may affect their behavior. For this purpose, behavioral experiments were carried out in observation arenas where artificial flowers containing different concentrations of Imidacloprid (0%, 1%, 5%, 10%, and 20%) were made available to forager bees and their choice and behavior were registered. Our results showed that bee choices were not affected by the different concentrations of Imidacloprid, even at extremely high doses in the flowers (20%). It was also found that the presence of this insecticide interfered with the communication between individuals as a result of reduced antennation events. Both findings, the apparent inability of bees to detect the presence of the insecticide and the change in behavior caused by the exposition to the volatilized product, may rapidly lead to colony losses in nature.

**Keywords:** Meliponini. Stingless bee. Mandaçaia. Insecticide. Antennation. Foraging.

## Referências

AIDAR, D. S. **A mandaçaia**. 2. ed. Editora Funpec. São Paulo, SP, Brasil. 162p. 2011.

ARCE, A. N.; RODRIGUES, A. R.; YU, J.; COLGAN, T. J.; WURM, Y.; GILL, R. J. Foraging bumblebees acquire a preference for neonicotinoid-treated food with prolonged exposure. **Proceedings of the Royal Society B**. Londres, v. 285, p. 1-7, ago. 2018. Disponível em: <<http://rspb.royalsocietypublishing.org>> Acesso em: nov. 2018.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. 2007. **BIOESTAT** - Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas. Mamirauá. Belém, PA. 364 p.

BLACQUIÈRE, T.; SMAGGHE, G.; VAN GESTEL CA.; MOMMAERTS V. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. **Ecotoxicology**, v. 21, n. 4, p. 973-992. 2012.

BOVI, T. S. **Toxicidade de inseticidas para abelhas *Apis mellifera* L.** 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Botucatu, 2013. p. 1-21.

COSTA, L. G. L.; TEIXEIRA, I. R. V. Comportamento de *Melipona quadrifasciata* Lep. frente a diferentes dietas, cores e formas e relação entre a intensidade de sua atividade e a temperatura ambiental. JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 10., **Anais...**, Muzambinho, 2018.

COSTA, M. A.; LAMA, D. A. D.; MELO, G. A. R.; SHEPPARD, W. S. Molecular phylogeny of the stingless bees (Apidae, Apinae, Meliponini) inferred from mitochondrial 16S rDNA sequences. **Apidologie**, v. 34, p. 73-84, 2003.

FARIA, A. B. C. Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais. **Ambiência – Revista do setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 345-358, maio/ago. 2009.

FIGUEROA-MATA, G.; PRENDAS-ROJAS, J.; RAMÍREZ-BOGANTES, M.; AGUILAR-MONGE, I.; HERRERA-GONZÁLEZ, E.; TRAVIESO-GONZÁLEZ, C. Identificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) a partir de la clasificación de los descriptores SIFT de una imagen del ala derecha anterior. **Tecnología en Marcha**. Edición especial. Matemática Aplicada, Mayo 2016. p. 51-63.

FRINGS, H.; FRINGS, M. The loci of contact chemoreceptors in insects: a review with new evidence. **The American Midland Naturalist**. v. 41, n. 3, p. 602- 658, maio, 1949.

GOÑALONS, C. M.; FARINA, W. M. Impaired associative learning after chronic exposure to pesticides in young adult honey bees. **Journal of Experimental Biology**, v. 221, p. 1-7, 2018.

HARBORNE, J. B. **Introduction to ecological biochemistry**. 4. ed. London Academic Press, 1994. 317 p.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços ambientais**. São Paulo: Editora da USP, 2012. p. 25-45.

KREBS, J. R.; DAVIES, N. B. **Introdução à ecologia comportamental**. Atheneu Editora São Paulo, 1996.

MAGGENTI, M. A. B.; MAGGENTI, A. R.; GARDNER S. L. (Ed). **Online Dictionary of Invertebrate Zoology**. [S.l.]. 2005. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/onlinedictinvertzoology/2/>>. Acesso em: 2018.

MANJON, C.; TROCZKA, B. J.; ZAWORRA, M.; BEADLE, K.; RANDALL, E.; HERTLEIN, G.; SINGH, K. S.; ZIMMER, C. T.; HOMEM, R. A.; LUEKE, B.; REID, R.; KOR, L.; KOHLER, M.; BENTING, J.; WILLIAMSON, M. S.; DAVIES, T. G. E.; FIELD, L. M.; BASS, C.; NAUEN, R. Unravelling the Molecular Determinants of Bee Sensitivity to Neonicotinoid Insecticides. **Current Biology**, 28, 1137–1143, 2018.

MESSAGE, D.; TEIXEIRA, E. W.; DE JONG, D. Situação da Sanidade das Abelhas no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços ambientais**. São Paulo: Editora da USP, 2012. p. 237-256.

MITCHELL, E. A. D.; MULHAUSER, B.; MULOT, M.; MUTABAZI, A.; GLAUSER, G.; AEBI, A. A worldwide survey of neonicotinoids in honey. **Science**, v. 358, p. 109-111; 2017.

NRC - National Research Council, **Status of pollinators in North America**. Washigton, DC: National Academy of Sciences. 2006.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997. p. 33-38.

SANCHEZ, M. G. B. Taste Perception in Honey Bees. **Chemical Senses**, Oxford, v. 36, n. 8, p. 675-692, out. 2011.



SILVA, F. O.; BARREIRA, H. C. S.; COSTA NETO, W.; ARAUJO, R. B.; LIMA, M. C.; ROCHA, S. A.; VIANA, B. F. **Agrotóxicos e Polinizadores: Isso combina?** Rio de Janeiro: Funbio, 2014.

SOARES, H. M. **Avaliação dos efeitos do Imidaclopride sobre o sistema nervoso de *Apis mellifera* africanizada através da expressão de proteína FOS.** 2009. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Ciências Biológicas, UNESP, Rio Claro, 2009. p. 6-15.

TEIXEIRA, I. R. V.; CRUZ, F.; CARVALHO, J.; CASTRO, R. M.; BEIJO, L. A.; BARCHUK, A. R. Physicochemical Characteristics of Honey Produced by Colonies of the Stingless bee *Melipona quadrifasciata*: Seasonal Variations and Influence of Food Supplementation. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, v. 6, ago 2017.

TOMÉ, H. V. V.; MARTINS, G. F.; LIMA, M. A. P.; CAMPOS, L. A. O.; GUEDES, R. N. C. Imidacloprid-Induced Impairment of Mushroom Bodies and Behavior of the Native Stingless Bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. **PLoS ONE**, v. 7, n. 6. DOI: 10.1371/journal.pone.0038406. 2012.

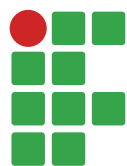
VENTURIERI, G. C.; ALVES, D. A.; VILLAS-BÔAS, J. K.; CARVALHO, C. A. L.; MENEZES, C.; VOLLETT-NEO, A.; CONTRERA, F. A. L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Meliponicultura no Brasil: Situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços ambientais.** São Paulo: Editora da USP, 2012. p. 213-236.

VILLAS-BÔAS, J. K. **Manual tecnológico: mel de abelhas sem ferrão.** Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012. p. 11-25.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P. **Manual de boas práticas para o manejo e conservação de abelhas nativas (meliponídeos).** Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2014. p. 19-57.

**Submetido em:** 19/02/2019

**Aceito em:** 04/06/2019



# Efeito de biofertilizante na fertilidade do solo e nutrição de alface

Westefann dos Santos Sousa<sup>1</sup>

José Roberto Vergínio de Pontes<sup>2</sup>

Osmanny Francisco Pereira de Melo<sup>3</sup>

## Resumo

Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito da aplicação de Microrganismos Eficientes (EMs), na forma de um biofertilizante, sobre a fertilidade do solo e nutrição foliar da alface durante dois ciclos da cultura. Um dos maiores desafios da produção orgânica é a fertilização das culturas. Os EMs são considerados uma técnica alternativa, sustentável, segura e de baixo custo para aumentar a produtividade dos alimentos orgânicos, sendo sua utilização uma boa opção de manejo agroecológico. Para a captura dos EMs e produção do biofertilizante, utilizou-se de um substrato de arroz, conforme a metodologia empregada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Foram coletadas amostras de solo no início do primeiro ciclo e no final do segundo ciclo. As amostras foram encaminhadas para análise química, com a finalidade de avaliar possíveis alterações na concentração de Ca, Mg, K, P e Zn, assim como os níveis de CTC, saturação por bases, matéria orgânica e pH. Para a análise foliar, foram observadas as concentrações foliares dos seguintes nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn. Os resultados se mostraram satisfatórios para o tratamento que recebeu aplicação semanal de Microrganismos Eficientes, o qual resultou em um maior incremento dos elementos K, Zn e Ca no solo. Quanto às concentrações foliares, houve diferença significativa para N e P (48 e 9,2 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente) no tratamento que utilizou o biofertilizante.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L. Produção orgânica. Microrganismos eficientes. Coquetel biológico.

## Introdução

A cultura do alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, sendo cultivada em todo o país. Por isso, contribui melhorando a renda e a qualidade de vida, principalmente de pequenos produtores que comercializam o produto diretamente em feiras (INAGAKI et al., 2011).

As hortaliças, inclusive a alface, quando cultivadas no sistema orgânico são tão produtivas quanto as convencionais, além do maior valor comercial (SAMPAIO, 2013). Nesse sentido, o maior aprofundamento em pesquisas na área agroecológica, principalmente no emprego de técnicas que aumentem a produtividade de hortaliças, mantendo sua qualidade, pode beneficiar tanto o produtor quanto o consumidor e o meio ambiente.

Entre os inúmeros desafios da produção orgânica, a manutenção da fertilidade do solo é um dos principais, devido à produtividade das culturas estar diretamente relacionada à fertilidade do solo,

1 Universidade Estadual de Goiás, mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, mestrando. westefannanos@hotmail.com. Rodovia GO-330, Km 241, Anel Viário, Ipameri (GO).

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Campus de Conceição do Araguaia, Pará, professor doutor. jrvpontes@hotmail.com.

3 Universidade Estadual de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, mestrando. osmanny16@gmail.com.

que na produção orgânica deve ser mantida com fontes naturais de nutrientes. Pereira et al. (2014) atestam a eficácia da utilização de fertilizantes à base de Microrganismos Eficientes (EM), além de considerar a técnica uma alternativa, sustentável, segura e de baixo custo para o aumento da produtividade de alimentos orgânicos.

No contexto agroecológico, a utilização do biofertilizante na produção agrícola é necessária em substituição aos insumos químicos, privilegiando mais os processos biológicos nos sistemas produtivos à semelhança do que ocorre nos ecossistemas naturais (KATHOUNIAN, 2001).

O produto à base de EM surgiu no Japão e foi desenvolvido pelo professor doutor Teruo Higa, sendo utilizado na agricultura orgânica desde a década de 80 (MITSUIKI, 2006). Atualmente, este produto é produzido e distribuído no Brasil pela Fundação Mokiti Okada. Apesar deste produto comercial, produzido e distribuído formalmente pela Fundação citada, tem-se o conhecimento do método caseiro de captura de microrganismos, o que, para a produção feita na família agrícola, permite que a tecnologia social seja mais adaptável às condições locais, tornando-se acessível pelo baixo custo e pelas facilidades de sua produção (ANDRADE, 2011).

Os microrganismos denominados “eficientes” são dotados da capacidade de exercerem função primordial, desde a captação de energia solar até suas transformações na terra. De acordo com Andrade (2011), são classificados em dois grupos: os microrganismos regenerativos (que produzem substâncias orgânicas e úteis às plantas, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo) e os degenerativos (que produzem substâncias prejudiciais às plantas e compactam o solo, impedindo o crescimento das plantas e favorecendo a infestação de pragas e doenças). O grupo de interesse deste trabalho é o de microrganismos regenerativos, existentes em abundância na natureza e em sua grande maioria já são utilizados na indústria de alimentos, por isso são inofensivos ao homem e aos animais (BATTISTI; SANTOS, 2011).

Unindo a tradição de produção à tendência mundial de consumo de produtos orgânicos, este trabalho teve como objetivo analisar o efeito da aplicação de um biofertilizante, proveniente de Microrganismos Eficientes, na fertilidade química do solo e na nutrição foliar da alface, durante dois ciclos da cultura em uma área de agricultura familiar, no município de Conceição do Araguaia, Pará.

## Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em propriedade de agricultura familiar no município de Conceição do Araguaia, Pará. O estudo se iniciou no primeiro semestre de 2018 e foi concluído no segundo semestre do respectivo ano. O clima da região, classificado conforme Köppen-Geiger, insere-se na categoria de equatorial úmido seco no inverno, tipo Aw, a temperatura média anual é de 26,1°C e a pluviosidade média anual corresponde a 1.734 mm.

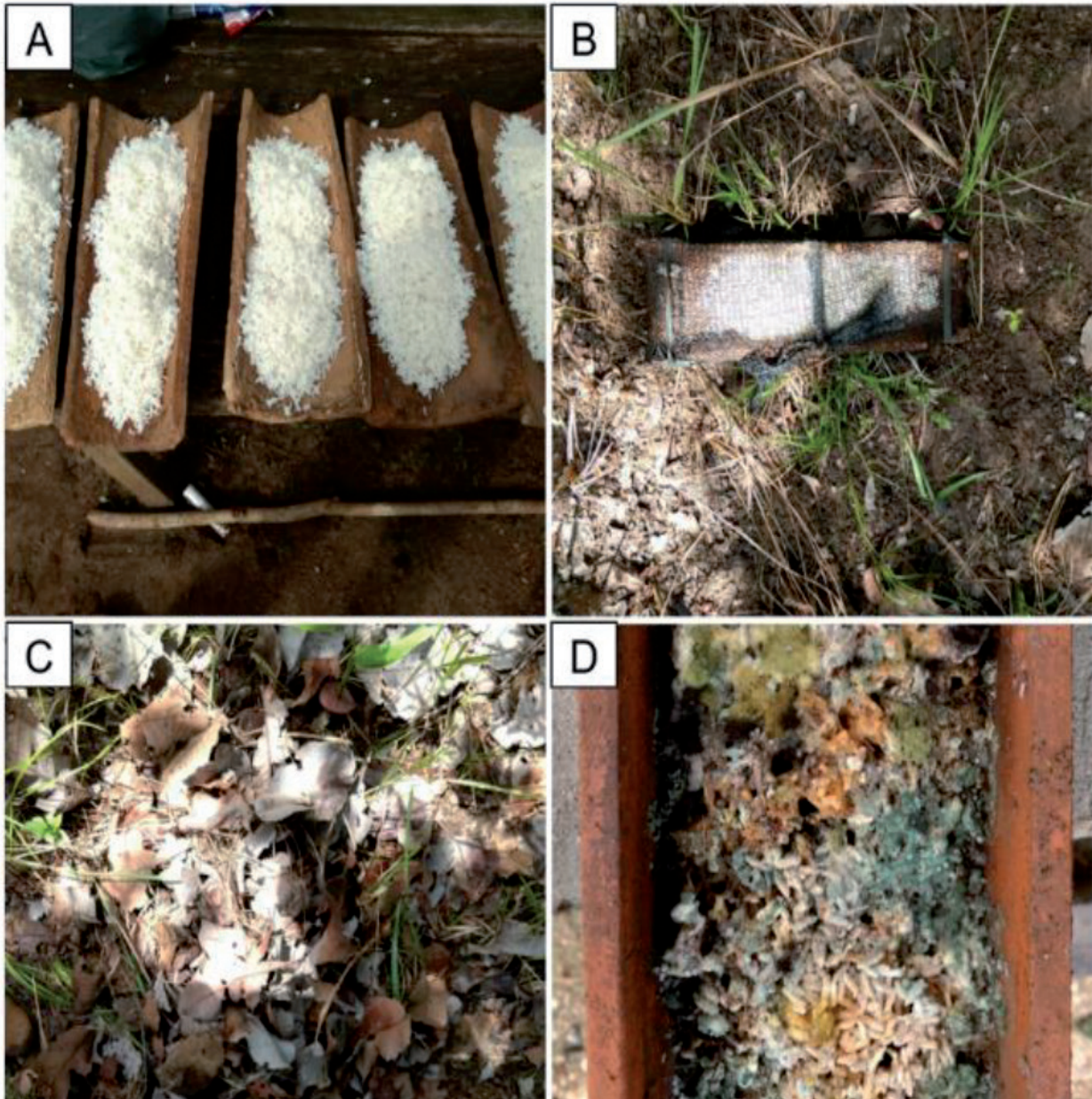
Os Microrganismos Eficientes foram capturados em uma mata de reserva, próxima à propriedade, e em seguida os EMs foram ativados com melão para preparo do biofertilizante.

Para a captura dos EMs e preparo do biofertilizante, foi empregada uma metodologia disposta por Leite e Meira (2016) nas fichas agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os substratos para a captura dos Microrganismos Eficientes constituíram de uma mistura caseira de arroz cozido (1,0 kg) sem sal e óleo. A mistura foi distribuída em telhas e coberta com sombrite, com interceptação de 50% da radiação luminosa. Após, foi espalhada na mata, permanecendo na superfície do solo e coberta com serapilheira, por 15 dias (FIGURA 1).

Decorrido o prazo, as telhas foram descobertas e as porções de arroz separadas de acordo com sua coloração rosa, amarelo, azul e alaranjado, indicando a presença de bolores, os quais são

considerados Microrganismos Eficientes (LEITE; MEIRA, 2016). As porções de arroz com coloração escura (cinza, marrom e preto) foram descartadas na própria mata, por serem constituídas de microrganismos não benéficos.

**Figura 1** – (A) Substrato utilizado para captura dos EMs. (B) Telha com substrato depositado na mata. (C) Cobertura da telha com serapilheira. (D) Porção de arroz coberto pelos bolores, que foram selecionados e utilizados no preparo do biofertilizante.

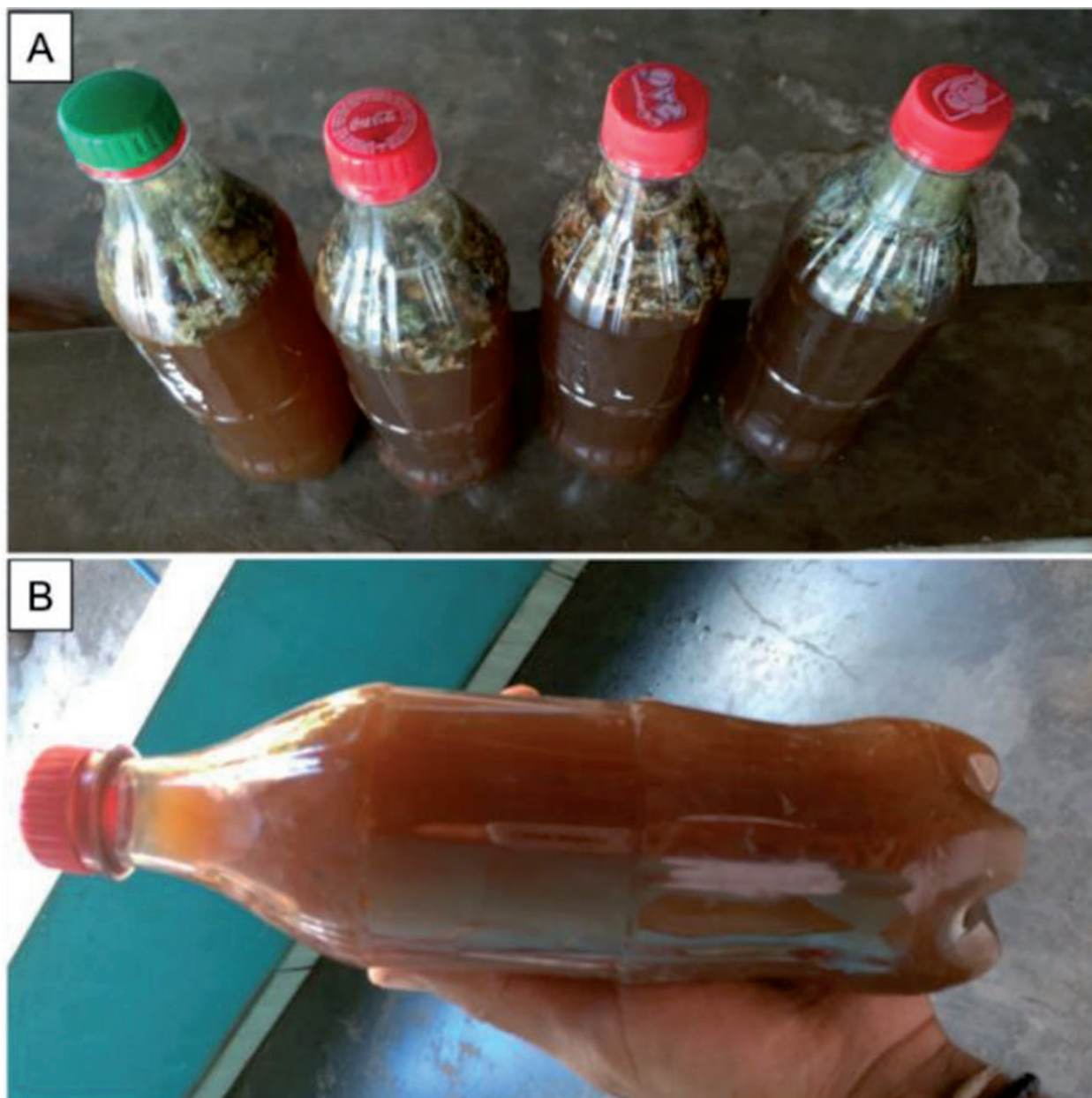


**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

Do material colonizado pelos fungos, 25,0 g foram colocados em garrafas tipo pet, transparentes, de 600 ml. No preparo do biofertilizante foram utilizadas quatro garrafas pets, nas quais foram adicionados 50,0 g de açúcar mascavo, o volume foi completado com água. As garrafas foram fechadas, deixadas à sombra e abertas a cada dois dias para a retirada do gás produzido.

O biofertilizante ficou pronto entre 10 e 20 dias, quando cessou a produção de gás no interior da garrafa. De acordo com Siqueira e Siqueira (2013), o biofertilizante pode permanecer armazenado por até um ano, mas o cheiro deve ser doce e agradável, característicos de fermentação láctica e acética, além de coloração alaranjada (FIGURA 2). O desenvolvimento de odor desagradável indica que o biofertilizante está impróprio para uso.

**Figura 2** – (A) Microrganismos Eficientes armazenados em garrafas pets para preparo do biofertilizante. (B) Biofertilizante pronto para uso, após aproximadamente 20 dias de fermentação.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, contendo 8 blocos e 3 tratamentos. A unidade experimental foi instalada em uma estufa de produção com dimensões de

16,0 m x 5,0 m, cada bloco foi formado por 1 canteiro de 8,0 m<sup>2</sup> e parcelas de 2,5 m<sup>2</sup>. As parcelas correspondentes a cada tratamento foram compostas por três fileiras de plantas, com espaçamento de 0,25 m x 0,25 m entre plantas e entre linhas, totalizando 27 plantas por parcela. A parcela útil de plantas utilizadas nas análises foi composta pela fileira central da parcela.

Os tratamentos utilizados foram: T1 - Pulverização semanal do Microrganismo Eficiente (biofertilizante); T2 - Pulverização semanal de um fertilizante mineral (NPK 30-10-10); T3 - Testemunha, sem nenhuma adubação.

Para cada parcela do tratamento T1 foram preparados 5,0 litros de calda misturando-se em 5,0 litros de água, 10,0 ml do biofertilizante, acrescidos de 10,0 ml de melaço, de acordo com o preconizado por Leite, Meira e Moreira (2016). A aplicação da solução de microrganismos foi feita semanalmente, nas horas mais frescas do dia, durante os dois ciclos da cultura, desde o transplântio até a colheita.

No tratamento T2, cada parcela recebeu semanalmente 5,0 litros da calda do fertilizante mineral NPK 30-10-10. Para o preparo da calda, segundo a recomendação descrita no produto, foram utilizados 15,0 gramas do produto para 5,0 litros de água. Na aplicação de ambos os tratamentos, utilizou-se de um regador de plástico com crivos finos.

A variedade de alface utilizada no experimento foi a *Lucy Brown*, do grupo “Americana Repolhuda”. Ela possui boa aceitação entre os produtores e consumidores. Caracterizada por ser uma planta grande, precoce, uniforme e pela formação de cabeça. Possui coloração verde brilhante e com folhas crocantes devido à maior espessura (MATOS et al., 2011).

As mudas foram produzidas por meio de sementeira em bandejas de isopor com 128 células, usando um substrato comercial, em cultivo protegido (estufa com filme plástico). Os canteiros, também em cultivo protegido, foram preparados em concomitância com a formação das mudas, permanecendo em “descanso” até o momento do transplântio. O preparo foi comum a todos os tratamentos e a operação envolveu o revolvimento manual do solo.

Durante os ciclos da cultura foram efetuadas limpezas manuais para a retirada das plantas daninhas por meio de arranquio manual (monda), com a finalidade de evitar ao máximo a competição por luz e nutrientes e não foi utilizado nenhum produto químico para o controle fitossanitário.

Foi coletada uma amostra simples de solo, de aproximadamente 200,0 g, em cada parcela dos tratamentos, no início (antes da aplicação dos tratamentos) e no final do experimento, com o auxílio de um trado holandês em uma profundidade de até 20,0 cm. Posteriormente, misturaram-se as amostras simples para formar uma amostra composta de 500,0 g de cada tratamento. Transferiram-se as amostras para sacos plásticos identificados, os quais foram encaminhados para laboratório especializado (ESALQ, 2013). As amostras foram submetidas à análise química, com a finalidade de observar as concentrações de Ca, Mg, K, P e Zn e, também, os níveis de CTC, saturação por bases, matéria orgânica e pH.

Para a análise foliar e determinação da concentração de nutrientes nas folhas das plantas, foi coletada uma amostra de cada parcela, a coleta foi realizada na formação da cabeça e as folhas selecionadas estavam recém-maduras, uma recomendação de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

O material foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até a massa constante. Em seguida, foram encaminhadas para análise no laboratório agropecuário Solocria, para a determinação de: N, pelo método Kjeldahl (destilação e titulação do nitrogênio); P, K, S, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, por meio da abertura com digestão úmida com HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub> (3:1, respectivamente); B, por meio da digestão seca (SILVA, 2009).

Com os resultados das análises em tecidos foliares, empregou-se o método Desvio Percentual do Ótimo (DOP), com o intuito de conhecer o percentual de desvio da concentração de determinado nutriente, em relação a um valor de referência – norma (RIBEIRO et al., 1999).

Todos os resultados dos parâmetros avaliados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e posteriormente pelo teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no programa Sisvar, versão 5.6.

## Resultados e discussão

Os resultados das análises químicas, realizadas no solo antes da aplicação dos tratamentos e ao término do experimento, encontram-se organizados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Resultados das análises Química para cada tratamento, primeiro e segundo ciclo.

Amostras por Tratamento	-----cmolc/ dm <sup>3</sup> -----			-----mg/dm <sup>3</sup> -----		g/dm <sup>3</sup>	Dados complementares		
	Ca	Mg	K	P	Zn	MO	CTC	V%	pH
SOLO INICIAL (antes da aplicação dos tratamentos)									
T1	4,8 c	3,6 a	0,54 c	183 b	17,8 c	39 c	11,34 c	78,84 c	5,4 c
T2	6,0 a	3,5 b	0,67 b	188 a	24,7 a	46 a	11,87 a	85,68 a	5,7 a
T3	5,6 b	3,5 b	0,68 a	175 c	23,2 b	40 b	11,58 b	84,46 b	5,6 b
SOLO FINAL (ao término do experimento)									
T1	5,3 c	2,6 c	0,76 b	155 c	20,8 c	25 b	10,66 c	81,24 c	5,2 b
T2	5,9 a	3,6 a	0,80 a	183 a	24 a	27 a	12 a	85,83 a	5,5 a
T3	5,4 b	2,9 b	0,70 c	175 b	23,7 b	27 a	11 b	81,82 b	5,2 b

Valores com a mesma letra na coluna, para solo inicial e solo final separadamente, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, com nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

Estatisticamente (Tukey  $p < 0,05$ ), os maiores níveis dos elementos cálcio, fósforo, zinco, matéria orgânica, CTC, saturação por bases e pH se deram para o tratamento T2 (fertilizante mineral) no início do experimento (solo inicial); no final do experimento (solo final), os mesmos elementos continuaram com os níveis no solo altos, para o tratamento T2, acrescentando-se o elemento potássio.

É possível observar uma diminuição no teor de matéria orgânica em todos os tratamentos, com relação ao valor do solo inicial, a CTC variou de 10 a 12, a saturação por bases de todos os tratamentos ficou acima de 80%, caracterizando um solo Eutófico, que segundo Santos e Zaroni (2006) está relacionado diretamente à fertilidade do solo; o pH se manteve entre 5,0 e 5,5, o que é considerado de acidez média.

Calculando-se a relação entre cálcio, magnésio e potássio, conforme os teores desses elementos na análise de solo descritos acima, constatou-se que em todos os tratamentos de ambos os ciclos a interação entre esses elementos é considerada mediana, conforme Braga (2010). Apenas a relação Mg/K no primeiro ciclo resultou em valores adequados, mas logo no segundo ciclo passou para mediana (TABELA 2).

**Tabela 2** – Resultados para as relações entre Ca, Mg e K para todos os tratamentos nos dois ciclos da cultura.

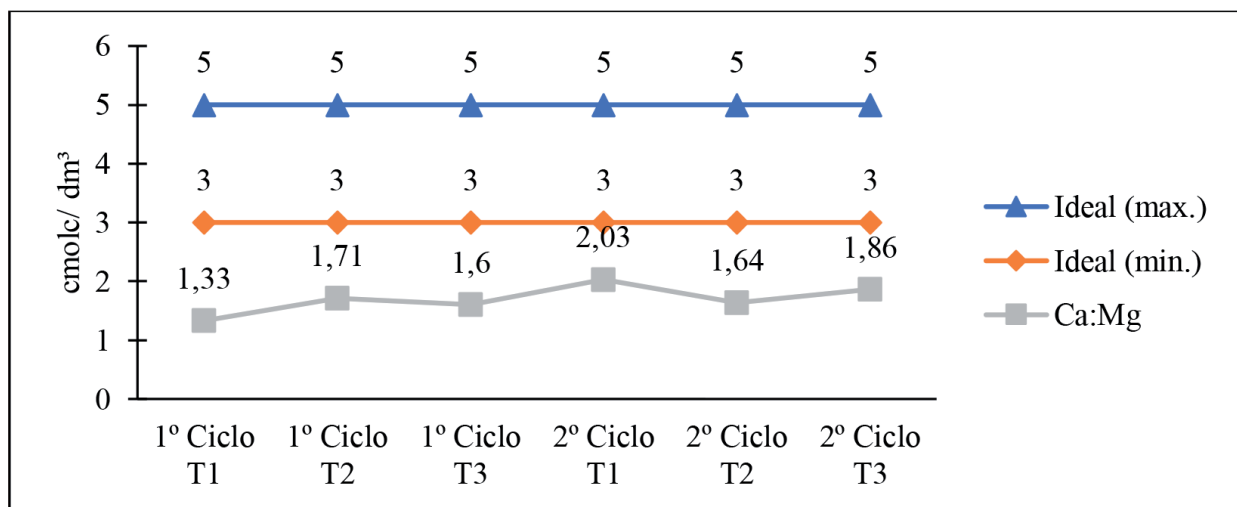
1º CICLO						
	----- Ca/K -----		----- Mg/K -----		----- (Ca+ Mg)/K -----	
T1	8,9	Médio	6,7	Adequado	15,6	Médio
T2	9,0	Médio	5,2	Adequado	14,2	Médio
T3	8,2	Médio	5,1	Adequado	13,4	Médio
2º CICLO						
	----- Ca/K -----		----- Mg/K -----		----- (Ca+ Mg)/K -----	
T1	7,0	Médio	3,4	Médio	10,4	Médio
T2	7,4	Médio	4,5	Médio	11,9	Médio
T3	7,7	Médio	4,1	Médio	11,9	Médio

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Braga (2010) declara que esses elementos são importantes no processo de nutrição das plantas e a interação entre eles é fundamental, em termos de favorecer ou inibir a absorção pelas plantas de um elemento em detrimento do outro.

O cálcio em excesso inibe a absorção de magnésio e vice-versa, sobre esta interação (Ca:Mg), Braga (2010) declara que o recomendado para a maioria das culturas é uma relação entre 3-5 cmolc/dm<sup>3</sup>, considerada como ideal (GRÁFICO 1).

**Gráfico 1** – Relação Ca:Mg para todos os tratamentos nos dois ciclos da cultura, comparando-se com o valor considerado ideal.

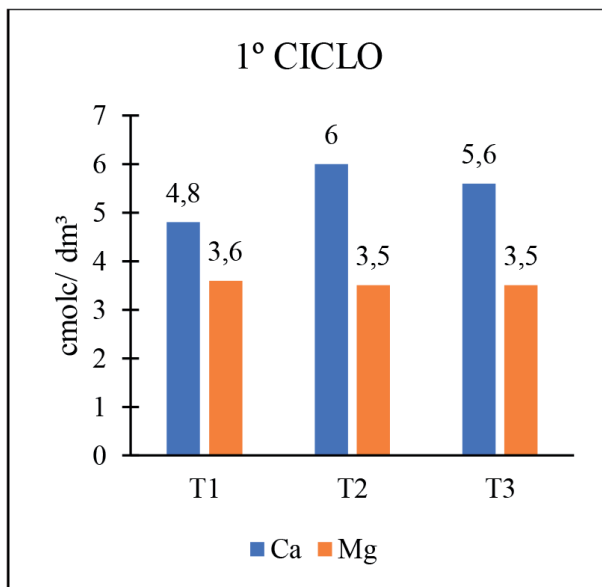


Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

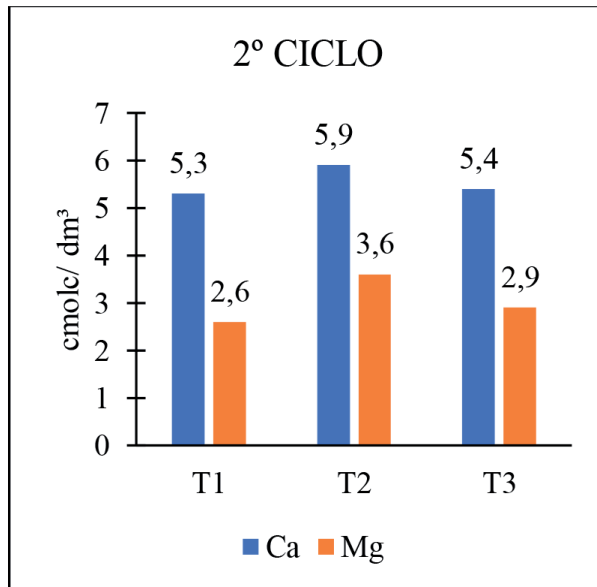
Com base no gráfico acima, é possível dizer que todos os tratamentos, em ambos os ciclos, não estavam com interações Ca:Mg dentro do que é considerado ideal. Observa-se que em todos os tratamentos, o cálcio demonstrou valores mais altos do que de magnésio, variando de 4,8 a 6,0 e 5,3 a 5,9 (GRÁFICOS 2 e 3) no primeiro e segundo ciclo respectivamente.



**Gráfico 2** – Valores de cálcio e magnésio para os tratamentos no primeiro ciclo da cultura.



**Gráfico 3** – Valores de cálcio e magnésio para os tratamentos no segundo ciclo da cultura.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

Os tratamentos não influenciaram esta interação (Ca:Mg), em que o cálcio, por estar alto seu teor no solo, pode ter sido um fator determinante na inibição da absorção do magnésio, em virtude do antagonismo do cálcio, interferindo na disponibilidade do magnésio no solo. Neste caso, pode-se adicionar calcário dolomítico para regularizar as relações, cuidando da reposição de potássio para manter o equilíbrio.

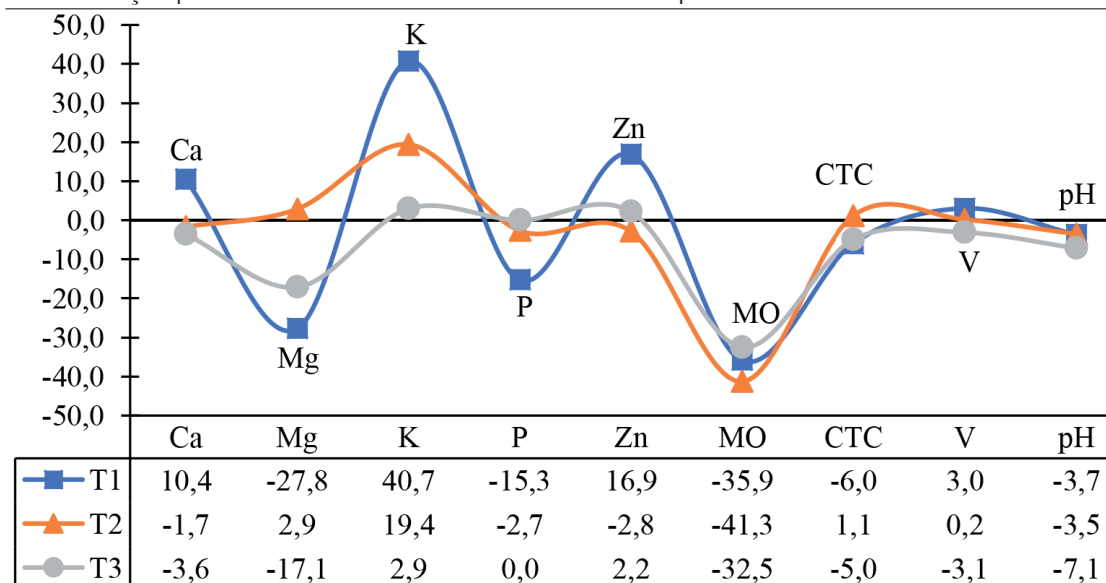
O nível de teor do fósforo no solo, para todos os tratamentos utilizados, foi considerado muito alto, segundo a interpretação de teores de fósforo em solos para hortaliças do Instituto Agronômico, o qual considera: entre 0-10: muito baixo; entre 11-25: baixo; entre 26-60: médio; entre 61-120: alto; maior que 120: muito alto (CAMARGO et al., 2009).

Nota-se que para o tratamento com EM, o teor de fósforo no solo reduziu acentualmente quando comparado com o nível no solo inicial, antes da aplicação dos tratamentos ( $183 - 155 \text{ mg dm}^{-3}$ ), isso porque, segundo Mendes e Reis Junior (2003), as bactérias, fungos e actinomicetos (componentes dos Microrganismos Eficientes) estão envolvidos nos processos de solubilização e mineralização do fósforo no solo, logo, esta redução no teor de fósforo pode estar relacionada com a exportação deste nutriente pela colheita das plantas de alface, visto que não ocorreu sua reposição no solo.

De acordo com Camargo et al. (2009), o nível de zinco no solo é considerado alto quando é maior que  $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$ , ou seja, todos os tratamentos resultaram em teores de zinco acima do considerado alto, variando entre  $17,8$  e  $24,7 \text{ mg dm}^{-3}$ , e segundo Fageria (1999), esses teores de zinco entre  $12,5$  a  $47 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo são considerados tóxicos.

Quando observado o aumento dos níveis de cada elemento, é possível dizer que o tratamento com Microrganismos Eficientes (T1) resultou em um maior incremento dos elementos potássio, zinco e cálcio em relação ao solo inicial e aos demais tratamentos, que foi de 40,7%, 16,9% e 10,4%, respectivamente (GRÁFICO 4).

**Gráfico 4** – Variação para os elementos observados nas análises químicas do solo de todos os tratamentos.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

Os resultados se mostraram satisfatórios, quando observado o aumento dos níveis de cada elemento, para o tratamento que recebeu aplicação semanal de Microrganismos Eficientes. Esse tratamento resultou em um maior incremento no solo dos elementos potássio, zinco e cálcio em relação ao resultado da análise química do solo no início do experimento e dos demais tratamentos.

Não foram observadas grandes variações para a matéria orgânica, CTC, saturação por bases e o pH no tratamento aplicado de microrganismos eficientes, o que está em desacordo com o afirmado por Battisti e Santos (2011), que observaram em seu trabalho uma elevação na disponibilidade de matéria orgânica, na saturação por bases e no pH do solo, após aplicação do EM ao longo do cultivo da alface.

Os resultados das concentrações de cada nutriente observado na análise foliar e o nível ideal para cada nutriente, conforme preconizado por Ribeiro, Guimarães e Venegas (1999), estão dispostos na Tabela 3.

**Tabela 3** – Teores foliares dos nutrientes observados na análise química, primeiro e segundo ciclo, e a NORMA dos níveis ideais para cada nutriente.

	1º CICLO										
	-----g/kg-----						-----mg/kg-----				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T1	40 b	6,1 a	35,2 a	4 b	2,3 b	3 a	14 a	9 a	180 a	48 a	67 a
T2	44 a	6 b	33,6 b	4,1 a	2,4 a	2,7 b	13 b	7 c	127 c	36 b	65 b
T3	40 b	6 b	32 c	3,8 c	2,1 c	2,6 c	14 a	8 b	150 b	30 c	58 c
2º CICLO											
T1	48 a	9,2 a	62 b	6,6 c	3,6 b	2,2 c	18 c	10 a	277 b	70 c	110 c
T2	47 b	9,1 b	61 c	7,2 b	3,7 a	2,5 a	24 b	9 b	290 a	93 b	130 b
T3	46 c	8,8 c	65 a	7,4 a	3,7 a	2,4 b	28 a	10 a	263 c	95 a	150 a
NORMA	40	8	70	15,4	4	1,9	80	15	125	150	137,5

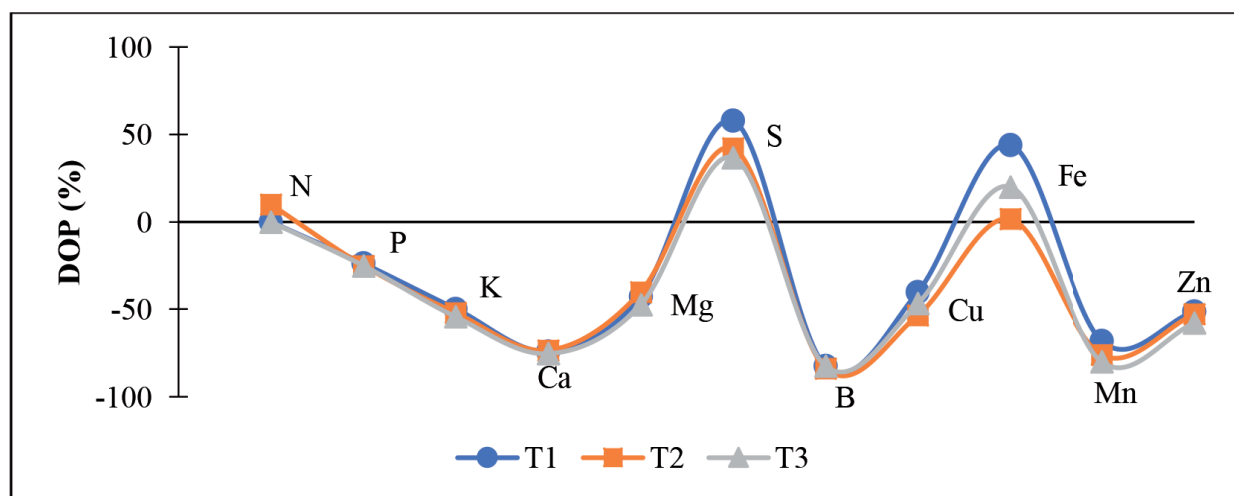
Valores com a mesma letra na coluna, para o 1º e 2º ciclo separadamente, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey com nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

Segundo o Teste de Tukey, as plantas submetidas ao Tratamento 1 (Microrganismos Eficientes) no primeiro ciclo apresentavam as maiores concentrações de fósforo, potássio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco, porém no segundo ciclo esse número foi reduzido e as maiores concentrações de nutrientes encontrados nos tecidos foliares das plantas de alface foram o nitrogênio, fósforo e cobre. Battisti e Santos (2011) relatam resultado semelhante, em que a alface cultivada com aplicação de EM apresentou concentrações de nitrogênio e fósforo mais elevadas.

Utilizando o DOP (Desvio Percentual do Ótimo), observou-se que no primeiro ciclo as concentrações de nitrogênio, no tecido foliar, eram consideradas ótimas para o tratamento utilizando os Microrganismos Eficientes (T1) e para a testemunha (T3). Os demais nutrientes resultaram em índices positivos ou negativos, demonstrando que as concentrações de determinados nutrientes estavam em excesso ou em estado de carência, respectivamente (GRÁFICO 5), ressaltando que os nutrientes enxofre e ferro apresentaram os maiores níveis de concentração no tratamento T1.

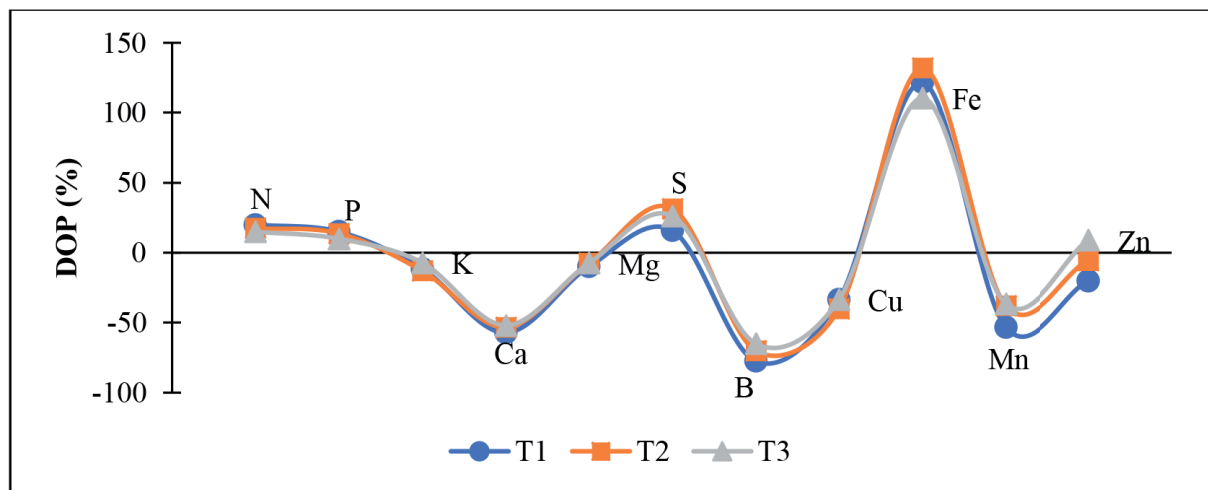
**Gráfico 5** – Desvio percentual ótimo para as concentrações de nutrientes nos tecidos foliares de todos os tratamentos no primeiro ciclo.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

No segundo ciclo, o mesmo resultado foi obtido, sendo que as concentrações de nitrogênio para os tratamentos T1 e T3, que anteriormente estavam equilibradas, mostraram-se em excesso (GRÁFICO 6). Outro ponto importante foram os elementos enxofre e ferro, que no primeiro ciclo mostraram maior concentração no Tratamento 1, e no segundo ciclo este aumento ocorreu para o Tratamento 2.

**Gráfico 6** – Desvio percentual ótimo para as concentrações de nutrientes nos tecidos foliares de todos os tratamentos no segundo ciclo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Relacionando os dois ciclos, é possível observar que os valores de concentração aumentaram significativamente no segundo ciclo, para todos os tratamentos, obtendo algumas pequenas variações. Além disso, o comportamento foi semelhante para todos os nutrientes em todos os tratamentos.

## Conclusão

Constatou-se que o tratamento com microrganismos eficientes resultou, no final do experimento, em uma maior concentração foliar de nitrogênio e fósforo, quando comparados com os demais tratamentos. O produto utilizado mostrou-se eficiente na disponibilidade de fósforo para as plantas, uma vez que os teores de P no solo reduziram acentualmente, quando comparado com o seu nível no solo inicial, ou seja, os Microrganismos Eficientes possibilitaram maior absorção do P pelas plantas de alface.

Os resultados obtidos neste experimento evidenciam que o EM é um produto que pode ser utilizado como biofertilizante no cultivo de alface *Lucy Brown* do grupo “Americana Repolhuda”, trazendo efeitos positivos sobre a fertilidade química do solo e nutrição da cultura, o que pode ser bastante promissor para a produção agroecológica, diversificando as técnicas já existentes.

De acordo com os resultados obtidos neste experimento, é necessário que haja uma continuidade na temática desta pesquisa, testando diferentes concentrações e doses do produto, verificando mais profundamente a sua relação com a dinâmica dos nutrientes no solo, aprimorando a técnica, tornando-a ferramenta confiável e acessível ao produtor.

## Effect of biofertilizer on soil fertility and lettuce nutrition

### Abstract

This work aimed to evaluate the effect of the application of efficient microorganisms (EM), in the form of a biofertilizer, on soil fertility and leaf nutrition of lettuce during two crop cycles. One of the

biggest challenges of organic production is the fertilization of crops. EMs are considered an alternative, sustainable, safe and low-cost technique to increase the productivity of organic foods, and their use is a good option for agroecological management. For the capture of the EMs and the production of the biofertilizer, a rice substrate was used, according to the methodology used by Brazilian Ministry of Agriculture, Cattle and Supplying (MAPA, in Portuguese: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Soil samples were collected at the beginning of the first cycle and at the end of the second cycle. The samples were sent for chemical analysis, in order to evaluate possible changes in the concentration of Ca, Mg, K, P and Zn, as well as the levels of CTC, base saturation, organic matter and pH. For leaf analysis, leaf concentrations of the following nutrients were observed: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn. The results were satisfactory for the treatment that received weekly application of efficient microorganisms, which resulted in a greater increase of the elements K, Zn and Ca in the soil. As for leaf concentrations, there was a significant difference for N and P (48 and 9.2 g kg<sup>-1</sup>, respectively) in the treatment used with biofertilizer.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L. Organic production. Efficient microorganisms. Organic cocktail.

## Referências

ANDRADE, F. M. C. **Cadernos dos microrganismos eficientes (EM):** Instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM. 2 ed. Viçosa: [s.n.], 2011.

BATTISTI, M. B.; SANTOS, M. G. **Avaliação da eficiência da aplicação de microrganismos eficientes EM•1® em cultivo de alface.** 2011. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/459>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

BRAGA, G. N. M. **A Relação Ca:Mg do Solo e o Ideal para as Plantas.** 2010. Disponível em: <<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2010/08/relacao-camg-do-solo-e-o-ideal-para-as.html>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. **Instruções para Coleta e Remessa de Amostras.** Departamento de Ciência do Solo – USP, 2013. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/Iso/coleta.htm>>. Acesso em: 15 maio 2019.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de Zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p.390-395, out. 1999. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/212439/1/CNPAF2000nkf.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

INAGAKI, A. M.; DIAMANTE, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S. NUNES, M. C. M.; SILVA, M. B.; NEVES, S. M. A. S. Identificação, mapeamento e comercialização de alface em Cáceres, Mato Grosso – Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p.353-361, jul. 2011. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV\\_5/A4138\\_T6262\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_5/A4138_T6262_Comp.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

CAMRGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo. Boletim técnico, Edição revisada e atualizada, 106. 77 p. 2009. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/produtos/eservicos/analisedosolo/docs/Boletim\\_Tecnico\\_106\\_rev\\_atual\\_2009.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/produtos/eservicos/analisedosolo/docs/Boletim_Tecnico_106_rev_atual_2009.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

KATHOUNIAN, C. A. **A reestruturação ecológica da agricultura**. Botucatu: Muccio & Associado, 2001. 345 p. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4353522/mod\\_resource/content/0/A%20reconstrucao%20ecologica%20da%20agricultura.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4353522/mod_resource/content/0/A%20reconstrucao%20ecologica%20da%20agricultura.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L. **Preparo de microrganismos eficientes (EM)**. Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), n. 31, 2016.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L.; MOREIRA, V. R. R. **Uso de microrganismos eficientes em Plantas, Sementes e Solo**. Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, n. 32, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MATOS, F. A. C.; COSTA JÚNIOR, A. D.; SERRA, D. D.; BOAVENTURA, E. C.; DIAS, R. L.; CASCELLI, S. M. F. **Alface: saiba como cultivar hortaliças para colher bons negócios**. Brasília: Plano Mídia, (Agricultura Familiar). 2011, 32 p.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidade de Fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. Planaltina: Embrapa, 2003. 26 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568171/1/doc85.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

MITSUIKI, C. **Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata**. 2006. 98 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-26022007-151401/pt-br.php>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

PEREIRA, T. G.; SILVA, S.; MORAIS, E. G.; LOPES, M. A. P.; PEREIRA, J. G.; GONÇALVES, L. D. **Utilização de microrganismos eficientes (EM) na produção de alimentos orgânicos**. In: VII Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG – Campus Bambuí, 2014.

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

SAMPAIO, B. S. **Biofertilizante na produção de Alface**. 2013. 85 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/5196>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

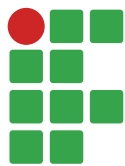
SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. **Saturação por bases**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2006. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CON-TAG01\\_21\\_2212200611544.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CON-TAG01_21_2212200611544.html)>. Acesso em: 29 out. 2018.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed., revista ampliada. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. **Bokashi**: adubo orgânico fermentado. Niterói: Coordenadoria de Difusão de Tecnologia, 2013. 18 p. Programa Rio Rural. Disponível em: <[http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/40\\_Bokashi\\_Adubo\\_organico\\_fermentado.pdf](http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/40_Bokashi_Adubo_organico_fermentado.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

**Submetido em:** 05/03/2019

**Aceito em:** 04/06/2019



# Zoneamento agroclimático do milho “safrinha” para a primeira dezena de fevereiro em Goiás, Brasil

Raphael Maia Aveiro Cessa<sup>1</sup>

Felipe Gimenes Rues Silva<sup>2</sup>

Givaldo Dantas Sampaio Neto<sup>3</sup>

Nilton Nélio Cometti<sup>4</sup>

## Resumo

O zoneamento agroclimático facilita o entendimento das orientações sobre as localidades mais aptas de cultivo das espécies vegetais por meio de mapas, minimizando riscos de perda de produtos em decorrência de adversidades climáticas. Objetivou-se com o presente estudo um zoneamento agroclimático para cultivo do milho “safrinha” não irrigado, no estado de Goiás, semeado na primeira dezena de fevereiro. As etapas metodológicas foram: delimitação das faixas representativas das exigências climáticas da cultura; espacialização dos elementos climáticos da região; reclassificação espacial dos elementos climáticos com base nas exigências climáticas da cultura; elaboração do mapa de zoneamento agroclimático. Fez-se uso das temperaturas do ar média, mínima e máxima, da precipitação acumulada, da evapotranspiração real da cultura e da umidade relativa do ar, entre os meses de fevereiro e julho dos anos de 2013 a 2017. As áreas mais aptas ao cultivo do milho safrinha não irrigado semeado na primeira dezena de fevereiro em Goiás estabelecidas pelo zoneamento agroclimático estão concentradas nas Regiões Sul-Sudoeste e Noroeste do estado. Tal favorecimento de aptidão é dado pela presença expressiva da classe de solo Latossolo, bem como pela proximidade dos valores dos elementos climáticos, precipitação acumulada, temperatura e altitude, adequados ao desenvolvimento do milho safrinha.

**Palavras-chave:** Chuvas. Agricultores. Mapas.

## Introdução

O zoneamento agroclimático é uma ferramenta útil aos técnicos e agricultores. Disponibilizado por meio de mapa, facilita o entendimento das orientações sobre as localidades mais aptas de cultivo das espécies vegetais, minimizando riscos de perda de produtos em decorrência de adversidades climáticas (LANDAU et al., 2013). Importante ressaltar que zoneamentos agroclimáticos não contemplam o cultivo em áreas de preservação obrigatória de acordo com a Lei nº 12.727 de 2012 (novo Código Florestal).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – *Campus* Planaltina, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – Área Agronomia. [raphael.cessa@ifb.edu.br](mailto:raphael.cessa@ifb.edu.br). Rodovia BR 128, km 21, Zona Rural de Planaltina, Brasília, Distrito Federal, CEP: 73380-900.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso – *Campus* Confresa, Engenheiro Florestal. [felipe.silva@cfs.ifmt.edu.br](mailto:felipe.silva@cfs.ifmt.edu.br).

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – *Campus* Diamantino, Engenheiro Agrônomo. [givaldo.neto@dmf.ifmt.edu.br](mailto:givaldo.neto@dmf.ifmt.edu.br).

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – *Campus* Planaltina, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – Área Agronomia. [nilton.cometti@ifb.edu.br](mailto:nilton.cometti@ifb.edu.br).



O cultivo de espécies agrícolas depende da adaptação dessas às condições edafoclimáticas; é necessário que os componentes climáticos sejam semelhantes aos dos locais de origem das plantas – ou dos locais onde foram melhoradas geneticamente – de acordo com as exigências das espécies, sendo isso a base dos zoneamentos agroclimáticos (LANDAU et al., 2013; FRITZSONS et al, 2016).

Consenso entre técnicos e agricultores, a época de semeadura do milho safrinha no estado de Goiás associada a menores riscos climáticos e elevada produtividade é a primeira dezena de fevereiro. Isso porque a semeadura precoce permite que a planta “escape” de déficit hídrico em estágios fenológicos, como floração e enchimento de grãos; o período também apresenta menores valores de precipitação acumulada. Esses fatores são importantes ao ciclo completo de desenvolvimento do milho (HEINEMANN et al., 2009). Ainda, semeaduras tardias fazem com que parte expressiva do ciclo da planta seja contemplado por temperaturas mais elevadas, que interferem nos aspectos fisiológicos da planta, como fotorrespiração e respiração (MARENCO; LOPES, 2013).

Objetivou-se com o presente estudo um zoneamento agroclimático para cultivo do milho “safrinha” não irrigado, em Goiás, semeado na primeira dezena de fevereiro.

## Material e métodos

Os atributos necessários à rasterização para obtenção de mapas foram: temperaturas média, mínima e máxima, umidade relativa do ar, evapotranspiração real e precipitação acumulada (dados climáticos), classes de solo, altitude e declividade do terreno.

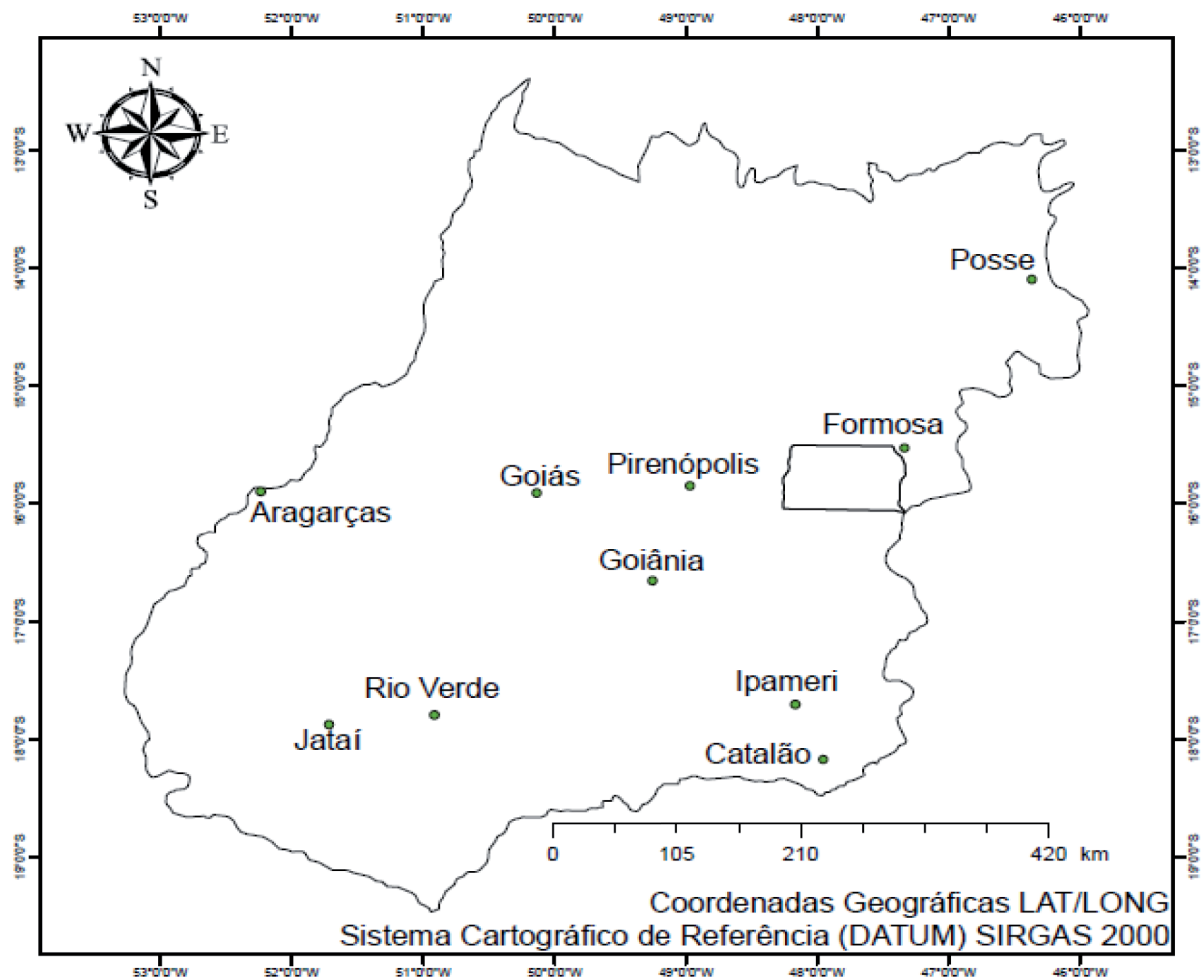
Para confecção do mapa de zoneamento agroclimático fez-se necessária a conversão de dados vetoriais em formato matricial, o que possibilitou o desenvolvimento das operações de álgebra de mapas, por meio do aplicativo computacional ArcGIS 10.1 em sua função *kriging*. O sistema de coordenadas geográficas e de projeção cartográfica utilizados foram respectivamente Latitude/Longitude e SIRGAS 2000 (Datum).

As etapas metodológicas utilizadas na elaboração de um zoneamento agroclimático constam da delimitação das faixas representativas das exigências climáticas da cultura, espacialização dos elementos climáticos da região, reclassificação espacial dos elementos climáticos da região, com base nas exigências climáticas da cultura, e elaboração do mapa de zoneamento agroclimático, o qual delimita as áreas em que há concordância, não concordância ou restrições entre as exigências climáticas da cultura e os limites permissíveis dos índices climáticos para a cultura (SANTOS et al., 2015).

Os dados climáticos foram extraídos das séries históricas do Instituto Nacional de Meteorologia, provenientes das estações meteorológicas automáticas localizadas no Estado de Goiás, considerando a primeira dezena de fevereiro entre 2013 e 2017.

Para cada elemento climático em cada estação meteorológica automática, obteve-se a média mensal entre os meses de fevereiro e julho – período de cultivo do milho safrinha em Goiás – e, posteriormente, com a média mensal, estimou-se a média do período entre os anos de 2013 e 2017. Assim, cada estação meteorológica automática (FIGURA 1) continha um valor médio do período de cada elemento climático, formando um gride amostral para produção de mapas de isolinha pelo modelo krigagem.

Figura 1 – Localização das estações meteorológicas automatizadas do Instituto Nacional de Meteorologia



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Os mapas de altitude e declividade do Estado de Goiás foram obtidos por meio da geração do modelo digital de elevação do terreno produzidos pelos sensores ativos Shuttle Radar Topography Mission. Com esses dados vetoriais, gera-se o modelo numérico de terreno rasterizado para confecção do mapa de altitude e declividade. O mapa de classes digital de solo foi disponibilizado na extensão computacional *shapfile* pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás, na escala 1:100.000.

Inicialmente, criou-se um mapa de zoneamento climático para a cultura do milho safrinha não irrigado na primeira dezena de fevereiro no Estado de Goiás por meio do aplicativo computacional ArcGIS 10.1. A partir de dados vetoriais, confeccionaram-se mapas no formato raster dos elementos climáticos citados anteriormente e que foram reclassificados (função *reclassify* do Arc GIS 10.1) segundo as classes e os coeficientes descritos nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, resultando no mapa de zoneamento.

**Tabela 1** – Faixas, classes para precipitação acumulada e coeficientes

Faixa precip. acumulada	Classe	Coeficientes
≤550 mm	Baixa	4
>550 mm a 650 mm	Boa	7
>650 mm a 750 mm	Adequada	10

600 mm: precipitação acumulada média utilizada como referência para criação das classes.

Fonte: Fancelli (1991) e Pegorare et al. (2015).

**Tabela 2** – Faixas, classes para temperatura mínima do período entre fevereiro e julho e respectivos coeficientes

Faixas de temperatura mínima	Classe	Coeficientes
16,5°C a 18°C	Razoável	1
>18°C a 19°C	Boa	2
>19°C a 20,5°C	Adequada	3

10,0°C: temperatura mínima para desenvolvimento das pantas de milho utilizada como referência para criação das classes.

Fonte: Fancelli e Dourado Neto (2000).

**Tabela 3** – Faixas, classes para temperatura média e respectivos coeficientes

Faixa de temperatura média	Classe	Coeficientes
<23°C	Razoável	1
≥23°C a 24°C	Boa	2
≥24°C a 25°C	Adequada	3

25,0°C: temperatura média para desenvolvimento das pantas de milho utilizada como referência para criação das classes.

Fonte: Fancelli e Dourado Neto (2000).

**Tabela 4** – Faixa, classes para temperatura máxima e respectivos coeficientes

Faixa de temperatura máxima	Classe	Coeficientes
29°C a 30°C	Adequada	3
>30°C a 31°C	Razoável	2
>31°C a 32,5°C	Elevada	1

35°C: temperatura máxima para desenvolvimento das pantas de milho utilizada como referência para criação das classes.

Fonte: Fancelli e Dourado Neto (2000).

**Tabela 5** – Faixa, classes para umidade relativa e respectivos coeficientes

Faixa de umidade relativa	Classe	Coeficientes
66% a 67%	Razoável	1
>67% a 68%	Boa	2
69,0% a 70%	Adequada	3

70%: umidade relativa ideal ao desenvolvimento das plantas de milho.

Fonte: adaptado de Fancelli (2015).

**Tabela 6** – Faixas, classes para evapotranspiração real acumulada e respectivos coeficientes

Faixa de evapotranspiração real	Classes	Coeficientes
421,0 mm a 426,0 mm	Desfavorável	1
>426,0 mm a 430,0 mm	Razoável	2
>430,0 mm a 435,0 mm	Boa	3

450 mm: evapotranspiração real acumulada de referência durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de milho.

**Fonte:** adaptado de Souza et al. (2012).

Utilizando mapas reclassificados e rasterizados dos elementos climáticos e a função *raster calculator* do Arc GIS 10.1 pelo modelo algébrico: (precipitação acumulada x peso 40)+(temperatura média x peso 30)+(evapotranspiração real x peso 10)+(umidade relativa x peso 10)+(temperatura mínima x peso 5)+(temperatura máxima x peso 5), criou-se um mapa rasterizado, o qual foi reclassificado segundo a Tabela 7, originando o mapa do zoneamento climático (FIGURA 2).

**Tabela 7** – Classes e coeficientes utilizados no zoneamento climático

Faixas de condições climáticas	Coeficientes
Apta	10
Apta com alguma restrição climática	8
Restrita	5
Muito restrita	3
Inapta	1

**Fonte:** Elaboração dos autores (2020).

Ainda, foram obtidos mapas rasterizados (FIGURA 2) do modelo numérico de terreno (MNT), classes de solo e declividade, os quais foram reclassificados segundo classes e os coeficientes descritos nas Tabelas 8, 9 e 10.

**Tabela 8** – Faixas, classes para altitude e respectivos coeficientes

Faixa Altitude	Classe	Coeficientes
< 700,0 m	Razoável	5
> 700,0 m	Ideal	8

De acordo com EMBRAPA (2018, a e b), maiores produtividades de grãos de milho são obtidas em altitudes superiores a 700,0 m.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2020).

**Tabela 9** – Faixas de classes de solo, classes e respectivos coeficientes

Faixa de classe de solo	Classes	Coeficientes
Afloramento	Inapto	1
Neossolos	Inapto	2
Gleissolos	Muito restrito	2
Plintossolos	Muito restrito	3
Cambissolos	Restrito	5

Faixa de classe de solo	Classes	Coefficientes
Planossolos	Restrito	5
Argissolos	Apto	7
Latossolos	Apto	10
Chernossolos	Apto	10

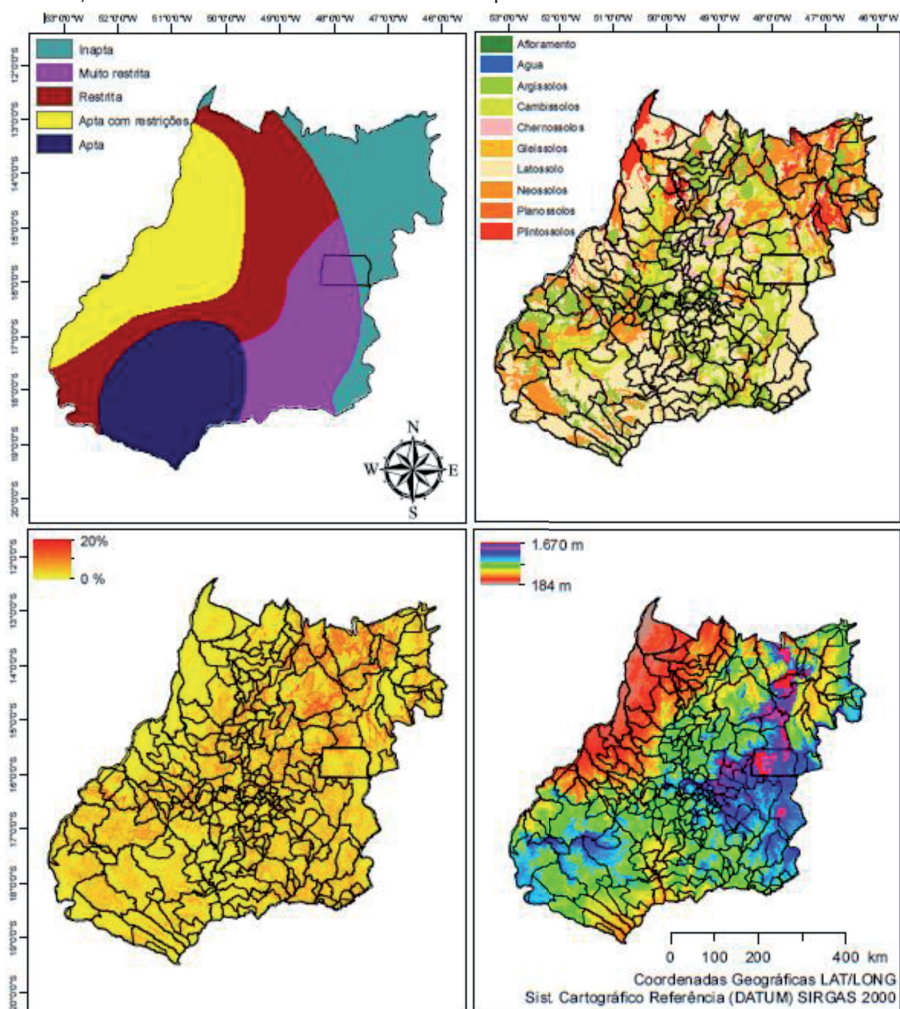
Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Tabela 10 – Faixas, classes para declividade e respectivos coeficientes

Declividade	Classe	Coefficientes
0,0% a 5,0%	Extremamente apta	4
>5,0% a 10,0%	Muito apta	3
>10,0% a 15,0%	Apta	2
>15,0% a 20,0%	Moderadamente apta	1

Fonte: Höfig e Araujo-Junior (2015).

Figura 2 – Zoneamento climático do milho safrinha não irrigado semeado na primeira dezena de fevereiro em Goiás, classes de solo, altimetria em metros e declividade percentual



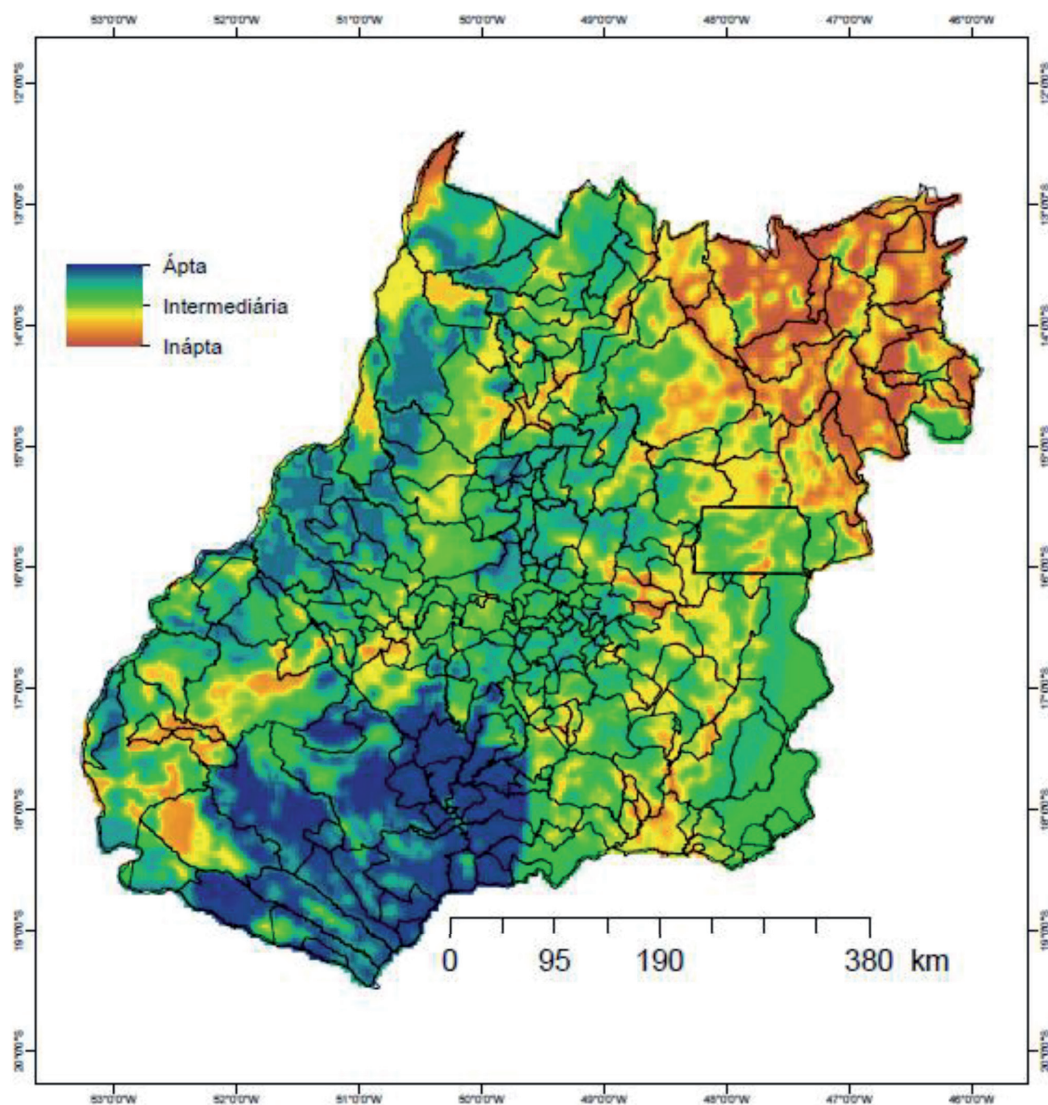
Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Por fim, procedeu-se à interposição dos mapas reclassificados das classes do solo, declividade, MNT e zoneamento climático pela função *raster calculator* do Arc GIS 10.1, utilizando o modelo algébrico: (classe de solo x peso 50)+(zoneamento climático x peso 30)+(MNT x peso 10)+(declividade x peso 10). No mapa rasterizado da interposição foram inseridas as classes apta, intermediária e inapta.

## Resultados e discussão

No Estado de Goiás, a Região Sul-Sudoeste e partes da Região Noroeste concentram as maiores porções de áreas mais aptas do zoneamento, seguidas pelo Sudeste Goiano (FIGURA 3). A Região Nordeste concentra áreas de menores aptidões ou até mesmo inaptas.

**Figura 3** – Zoneamento agroclimático do milho safrinha não irrigado semeado na primeira dezena de fevereiro em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

As Regiões Sul-Sudoeste e Noroeste possivelmente foram as mais aptas (FIGURA 3) no presente zoneamento agroclimático, em virtude da presença da classe de solos Latossolo e condições climáticas favoráveis ao cultivo do milho, com temperaturas médias (25°C) e precipitações acumuladas no período estudado (600 mm) próximas àquelas ideais à cultura do milho safrinha. Tal possibilidade é sustentada uma vez que as classes de solo e o zoneamento climático tiveram “pesos” de 50% e 30% respectivamente na construção do presente zoneamento agroclimático.

Na Região Nordeste, contendo áreas de menor aptidão ou inaptas (FIGURA 3), estão presentes classes de solos Plintossolo, Gleissolo e Neossolo, bem como valores de precipitação acumulada abaixo daquele de referência (600 mm) e temperaturas máximas maiores, mas não acima da máxima para a cultura 35°C, do que aquelas observadas nas Regiões Sul-Sudoeste e Noroeste, o que classifica a Região Nordeste como “restrita” no mapa de zoneamento climático (FIGURA 2).

A referida variação de temperatura no parágrafo anterior, quando se comparou o Sudoeste e Sul com o Noroeste e Norte, é influenciada pela altitude (FRITZSONS et al., 2016) e foi relatada por Nimer (1979), que atribuiu à latitude maiores temperaturas no Norte (24°C) e menores no Sul (22°C), enquanto o relevo favorece maiores temperaturas médias próximas a 22°C em locais de menores altitudes, diminuindo para 20°C em áreas mais elevadas. Esta variabilidade espacial também foi encontrada por Marcuzzo e Faria (2012) que, ao espacializarem a temperatura média anual do Estado de Goiás e Distrito Federal, observaram médias anuais entre 26°C e 27°C no Noroeste (menor latitude e altitude) em comparação ao Sudeste e Leste (maior latitude e altitude) com valores entre 20°C e 22°C.

Em 2005, Ribeiro et al. (2005) já constatavam que Goiás, em especial a Região Sudoeste, tinha condições de solo e clima favoráveis à produção de grãos, com elevado percentual de solos com textura média a argilosa em grandes planícies e chapadões e precipitação pluvial concentrada nos meses de setembro a maio. Além disso, os referidos autores afirmavam que o sistema de safrinha passaria por transformações ao longo dos anos, assim como todo sistema de produção agrícola.

Naturalmente, os programas ininterruptos de pesquisa em novos sistemas de cultivo de milho safrinha e de melhoramento genético possibilitam o cultivo de plantas em localidades antes tidas como inaptas. As alterações climáticas também podem alterar o zoneamento agroclimático no sentido da localização e do desempenho das plantas em termos produtivos.

Minuzzi e Lopes (2015), estudando cenários climáticos futuros para cultivo de milho safrinha na Região Centro-Oeste do Brasil, identificaram que haverá redução na duração do ciclo da planta devido a esse estar baseado no conceito dos graus-dia acumulado. Como as projeções sugeriram elevação da temperatura, a cultura do milho safrinha vai atingir seu requerimento de energia para completar seu ciclo mais cedo. As reduções do ciclo no milho safrinha para o Centro-Oeste são de dois a oito dias em curto prazo (2016-2035) e de seis a onze dias em médio prazo (2046-2065). Para o Sul de Goiás, representado no estudo dos referidos autores pelo município de Rio Verde, haverá no cenário de curto prazo reduções no ciclo e produtividade aproximadamente de 11 dias e 0,802 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o cenário de longo prazo, os valores são de 16 dias e 0,937 t ha<sup>-1</sup>.

## Conclusão

As áreas mais aptas ao cultivo do milho safrinha não irrigado semeado na primeira dezena de fevereiro no estado de Goiás, estabelecidas pelo zoneamento agroclimático, estão concentradas nas Regiões Sul-Sudoeste e Noroeste. Tal favorecimento de aptidão é dado pela presença expressiva da

classe de solo Latossolo, bem como pela proximidade dos valores dos elementos climáticos precipitação acumulada, temperatura e altitude adequados ao desenvolvimento do milho safrinha.

## Agroclimatic zoning of off-season (*safrinha*) corn for the first ten days of February in Goiás, Brazil

### Abstract

Through maps, agroclimatic zoning can help us understand the guidelines for the most suitable locations for sowing, minimizing risks of produce loss due to climatic adversities. The aim of the present study is to develop an agroclimatic zoning for the cultivation of a non-irrigated off-season (*safrinha*) corn in the state of Goiás, sown in the first ten days of February. The methodological steps were the delimitation of the representative bands of the climatic requirements for the crop; the spatialization of the climatic elements in the region; the spatial reclassification of climatic elements based on the climatic requirements for the crop; elaboration of the agroclimatic zoning map. Average, minimum, and maximum air temperature, accumulated precipitation, actual crop evapotranspiration and relative humidity of the air registered between February and July for the years 2013 to 2017 were used. The most suitable areas for the cultivation of the non-irrigated off-season corn sown in the first ten days of February in Goiás established by the agroclimatic zoning are concentrated in the South-Southwest and Northwest regions. The expressive presence of Latosol soil class and the proximity of the values of the climatic elements accumulated precipitation, temperature and altitude, which are proper for the development of the off-season corn, favour suitability of the areas.

**Keywords:** Rain. Farmers. Maps.

### Referências

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Ensaio Nacionais de Cultivares de Milho Centro Precoce 2016/2017**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1347058/27288493/ENCPN2016-17.pdf/f15b3eac-e264-c730-847a-705393648b1c>. Acesso em: 15 maio 2018a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Ensaio Nacionais de Cultivares de Milho centro superprecoce 2016/2017**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1347058/27288493/ENCSP2016-17.pdf/03b4ca53-38ae-b2e0-80e9-d63f9e812aca>. Acesso em: 15 maio 2018b.

FANCELLI, A. L. Milho e feijão: elementos de manejo em agricultura irrigada. In: DOURADO NETO, D.; SAAD, A. M.; JONG VAN LIER, Q. **Fertirrigação**: algumas considerações. Piracicaba:ESALQ, Depto. de Agricultura, 1991. p.156-167.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. **Visão Agrícola**, v. 1, n. 13, p. 24 – 29, 2015.



FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, n. 1, p. 80 – 92, 2016.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. L. T. de; GOMIDE, R. L.; AMORIM, A. O.; PAZ, R. L. da. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência Agrotecnológica**, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, 2009.

HÖFIG, P.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 195 - 203, 2015.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P. **Mapeamento das épocas aptas para o plantio de milho consorciado com braquiária na segunda safra agrícola no Brasil**. Sete Lagoas-MG: EMBRAPA CNPMS, 2013. 15 p. (Circular Técnica nº 187).

MARCUZZO, F.; FARIA, T. G.; PINTO FILHO, R. F. Chuvas no estado de Goiás: análise histórica e tendência futura. **ACTA Geográfica**, v. 6, n. 12, p. 125-137, 2012.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal - fotossíntese respiração relações hídricas nutrição mineral**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2013. 486 p.

MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 12, p. 734-740, 2015.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.

PEGORARE, A. B.; FEDATO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, P. L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2015.

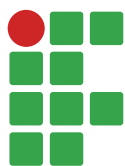
RIBEIRO, P. H. E.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C. Características do sistema de produção de milho safrinha no estado de Goiás. SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8, 2005, Assis. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 2005. p. 91–104.

SANTOS, A. R. dos; RIBEIRO, C. A. A. S.; SEDIYAMA, G. C.; PELUZIO, J. B. E.; PEZZOPANE, J. E.; BRAGANÇA, R. **Zoneamento agroclimático no ArcGIA 10.3.1: passo a passo**. Alegre-ES: CAUFES, 2015. 58p.

SOUZA, A. P. de; LIMA, M. E. de; CARVALHO, D. F. de. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucunacinha, usando lisímetros de pesagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 142-149, 2012.

**Submetido em:** 03/02/2019

**Aceito em:** 17/06/2019



# Soluções e tempos de lavagem de espuma fenólica na produção de mudas de alface

Pedro Sebrian Concaro<sup>1</sup>

Kamila Cristina de Credo Assis<sup>2</sup>

Cintia Moda Salatino Guardabaxo<sup>3</sup>

Jéssica Azevedo Batista<sup>4</sup>

Felipe Campos Figueiredo<sup>5</sup>

## Resumo

A espuma fenólica possui as principais características inerentes a um substrato de ótima qualidade, como esterilidade, excelente aeração e alta capacidade de sustentação. No entanto, por ser proveniente de uma resina fenólica, a espuma apresenta alguns resíduos que podem afetar o desenvolvimento das plantas. Neste sentido, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar diferentes tratamentos na lavagem da espuma fenólica sob a germinação e crescimento inicial de mudas de alface em dois tempos de imersão. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5x2, contendo quatro repetições com 56 plantas por parcela. Cada repetição foi composta por uma placa de espuma fenólica. Os fatores experimentais consistiram em diferentes substâncias: soda cáustica (NaOH), cal de pintura (CaOH<sub>2</sub>), ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>), vinagre (CH<sub>3</sub>COOH) e água em solução com água destilada e dois tempos de imersão (30 minutos e 18 horas). Foi acrescentado um tratamento testemunha em que não houve nenhuma imersão. Com imersão de 18 horas, o tratamento com ácido cítrico apresentou o melhor desenvolvimento em altura e biomassa nas mudas de alface. O vinagre 4,0% não é viável como pré-tratamento em espuma fenólica em nenhum dos tempos analisados. Existe um decréscimo significativo na biomassa das mudas quando não é adotado nenhum tipo de tratamento na espuma antes de semear as sementes de alface. A soda cáustica obteve menores resultados para índice de velocidade de emergência, biomassa fresca parte aérea, altura e número de folhas no tempo de 18 horas quando comparados ao tempo de 30 minutos.

**Palavras-chave:** Ácidos. Bases. Emergência. *Lactuca sativa*. Tempo de Imersão.

## Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais importante no mundo e a mais comercializada no Brasil, sendo consumida, principalmente, in natura, na forma de saladas (SALA; COSTA, 2012, SANTI et al., 2013) e constitui-se na espécie mais popular entre aquelas em que as folhas são consumidas cruas e ainda frescas (COMETTI et al., 2004).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Discente no curso de Engenharia Agrônômica. [pedrosebrian@gmail.com](mailto:pedrosebrian@gmail.com).

2 Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"-Unesp/Faculdade de Ciências Agrônômicas-FCA. Mestranda em Agronomia - Irrigação e Drenagem. [kamilac.cassis@hotmail.com](mailto:kamilac.cassis@hotmail.com).

3 IFSULDEMINAS. Discente no curso de Engenharia Agrônômica. [cintiamoda@gmail.com](mailto:cintiamoda@gmail.com).

4 IFSULDEMINAS. Laboratorista. [jessikbio@hotmail.com](mailto:jessikbio@hotmail.com).

5 IFSULDEMINAS. Professor e pesquisador. [felipe.figueiredo@ifsuldeminas.edu.br](mailto:felipe.figueiredo@ifsuldeminas.edu.br).

Em função da demanda por essa hortaliça, existe a necessidade de produção durante todo o ano. Entretanto, fatores como altas e baixas temperaturas, acima de 20,0°C e abaixo de 10,0°C, solos ácidos e alcalinos, deficientes em nutrientes e solos compactados ou muito argilosos limitam a produção da hortaliça com características qualitativas desejáveis: cabeças com maior peso fresco, compacidade das cabeças, plantas com resistência a pragas e doenças e incidência de anomalias fisiológicas (TANAMATI, 2012).

Entre os sistemas de cultivo adotados para a alface, o hidropônico atualmente vem ganhando espaço devido à alta tecnologia empregada e produtividade. Segundo Furlani et al. (1999), a hidroponia é uma técnica alternativa de cultivo na qual o solo é substituído por uma solução aquosa contendo apenas os elementos minerais indispensáveis aos vegetais. Essa técnica tem sido associada à produção de hortícolas de qualidade sanitária e rendimento superior às cultivadas de forma convencional (CARRASCO, 2004).

Segundo Resh (1997), o grande incremento em produtividade no sistema hidropônico frente ao sistema convencional dá-se por diversos fatores entre os quais destacam-se os físicos, biológicos e nutricionais do solo. Os solos podem apresentar carência de algum nutriente e apresentar estrutura ruim que impossibilite o crescimento radicular da planta, além de propagar enfermidades.

Para a obtenção de mudas de boa qualidade para a hidroponia, que garantam o sucesso dos cultivos comerciais, faz-se necessário observar alguns cuidados, como as características do substrato, as necessidades hídricas e a nutrição mineral das plântulas (TRANI et al., 2004). A produção de mudas de qualidade contribui para dar resistência contra os danos mecânicos no momento do transplante, boa capacidade de adaptação ao novo ambiente e, portanto, redução no ciclo de produção, além de uma maior resistência a doenças (MENEZES JUNIOR et al., 2002; CAÑIZARES et al., 2002).

O substrato é o componente mais sensível e complexo do sistema de produção de mudas, pois qualquer variação na sua composição pode alterar o processo final da produção de mudas, desde a não germinação das sementes até o desenvolvimento das plantas (MINAMI, 1995). De acordo com Gonçalves (1994), o substrato tem como principais funções: a sustentação da planta, o fornecimento de nutrientes e a aeração, permitindo as trocas gasosas no sistema radicular. Ele é composto de uma parte sólida (partículas minerais e orgânicas) e uma gasosa formada pelos poros, que podem ser ocupados pela água ou pelo ar.

O substrato também deve ser abundante, de baixo custo, isento de pragas e fitopatógenos e de substâncias tóxicas, permitir a esterilização sem mudar de propriedade ou qualidade, ser uniforme e estável em toda a extensão, não apresentar odores desagradáveis, não deixar resíduos que prejudiquem o ambiente ou a saúde, ser leve, poder ser armazenado por longo tempo sem perder suas características, como também promover adequada integração com o sistema radicular e não ficar aderido ao recipiente, a fim de possibilitar com eficiência sua remoção e manuseio (MEDEIROS et al., 2007).

Entre os substratos mais utilizados, destaca-se a espuma fenólica, que apresenta boa capacidade de retenção de umidade, excelente aeração e baixa possibilidade de desintegração no manuseio (BURES, 1997).

Martinez e Silva Filho (1999) salientam que além das características inerentes às propriedades físico-químicas, a espuma fenólica ocupa pouco espaço e possui baixo custo. Para algumas culturas agrícolas, a espuma já foi estudada e observou-se comportamento similar ao desenvolvimento das plantas em relação aos procedimentos adotados usualmente (MATIAS et al., 1999; PAULUS et al., 2005; FERNÁNDEZ et al., 2007).

A espuma fenólica é um composto à base de resina fenólica formada a partir de reação química com ácidos orgânicos ou inorgânicos. Para sua melhor utilização na agricultura, recomenda-se a cor-

reção de pH para lixiviar e neutralizar resíduos ácidos. Essa operação é normalmente realizada com lavagem com água e também com soluções de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), ou hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) (SILVA et al., 2012). Os resíduos ácidos resultantes do processo de fabricação prejudicam a germinação, a emergência e o crescimento das plântulas (PAULUS et al., 2005). Segundo Bezerra Neto et al. (2010), devido ao baixo pH proveniente dos resíduos da espuma sem a lavagem, as sementes têm baixa taxa de germinação e quando germinam têm morte precoce devido à dificuldade de absorção de nutrientes.

Visando à obtenção de um pré-tratamento mais eficiente para a utilização da espuma fenólica na produção de mudas de alface, este trabalho teve o objetivo de avaliar diferentes tratamentos na lavagem da espuma fenólica, sob a germinação e o crescimento inicial de mudas de alface em dois tempos de imersão.

## Material e métodos

### Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, no setor de Biotecnologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Muzambinho-MG*, no período de outubro a novembro de 2018.

### Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial  $5 \times 2$ , contendo quatro repetições com 56 plantas por parcela. Cada repetição foi composta por uma placa de espuma fenólica. Os fatores experimentais consistiram em diferentes substâncias: hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ), cal de pintura ( $\text{CaOH}_2$ ), ácido cítrico ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ), vinagre comercial de álcool ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) e água em solução com água destilada e dois tempos de imersão: 30 minutos e 18 horas. Foi acrescentado um tratamento testemunha no qual não houve nenhuma imersão. O hidróxido de sódio foi colocado em solução em 0,1 N e seu pH foi utilizado como padrão para determinar a concentração de cal de pintura. O vinagre utilizado foi o comercial e seu pH foi utilizado como padrão para determinar a concentração de ácido cítrico. Na Tabela 1 são apresentadas as concentrações e o pH das soluções.

**Tabela 1** – Concentração dos solutos em solução e pH dos tratamentos preestabelecidos para lavagem de espuma fenólica na produção de mudas de alface em diferentes tempos de imersão (IFSULDEMINAS-2018).

Solutos	pH	Concentração
Soda cáustica	12,7	3,99 g L <sup>-1</sup>
Cal de pintura	12,5	3,3 g L <sup>-1</sup>
Vinagre de álcool	2,7	40 mL L <sup>-1</sup>
Ac. Cítrico (C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> )	2,7	3,35 g L <sup>-1</sup>
Água	7,4	1,0 L

Fonte: Elaboração dos autores (2018)

### Instalação e condução do experimento

A espuma fenólica foi separada conforme os tratamentos preestabelecidos e foi colocada em pratos plásticos com 500,0 mL da solução para a sua lavagem. O volume foi suficiente para manutenção do encharcamento durante os períodos de 30 minutos e 18 horas. O tempo de 30 minutos foi considerado devido ao fato de na literatura ser utilizado esse tempo para a lavagem na maioria dos ensaios, o tempo de 18 horas foi considerado como período em que já seria possível obter um resultado estável.

Esgotado o período de exposição às soluções, as placas foram lavadas em imersão com 3,0 L de água oriunda da estação de tratamento localizada no interior do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas. O procedimento foi repetido por 4 vezes com tempo total de 80 minutos.

Após a remoção dos solutos, as espumas foram perfuradas com objeto pontiagudo e semeadas com alface cv. Vanda. O orifício perfurado foi coberto com vermiculita a fim de propiciar às sementes o escuro necessário à emissão da radícula. A umidade da espuma foi levada à capacidade de campo por meio de regadores. A condução se deu sempre elevando a espuma à umidade em que todo conteúdo ficasse retido pela espuma. A umidade foi mantida com água por cinco dias. A partir do 5º dia, aplicou-se solução nutritiva segundo Furlani et al. (1999) a 25,0% de concentração até o 11º dia quando a solução foi conduzida a 50,0% de sais até o final da condução experimental.

### Características avaliadas

As mudas foram retiradas da casa de vegetação após 21 dias. Foram avaliadas porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), número de folhas, altura de planta, biomassa fresca e biomassa seca de parte aérea e sistema radicular e diâmetro.

Para a determinação das biomassas foi utilizada balança analítica, a secagem das amostras para determinar a biomassa seca foi realizada por meio de estufa de circulação forçada de ar por um período de 24 horas. O diâmetro foi aferido com paquímetro digital MTX-316119 no colo da muda e a altura foi obtida com régua de 30,0 cm.

O IVE foi avaliado durante a condução do experimento, sendo as avaliações realizadas todos os dias, a partir do dia em que as primeiras sementes emitiram alça visível até o dia da última contagem do teste. Para o cálculo, foi utilizada a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$\text{IVE} = (E1/N1) + (E2/N2) + \dots + (Emn/Nn) \quad (1)$$

em que: IVE = índice de velocidade de emergência; E= número de plântulas normais computadas nas contagens; N = número de dias da semeadura à 1ª, 2ª... 21ª avaliação.

## Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com o emprego do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), sendo a diferença significativa entre tratamentos determinada pelo Teste F. Detectando-se diferenças entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo Teste de Scott-Knott com nível de 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

Os dados referentes ao índice de velocidade de emergência são apresentados na Tabela 2. Para a variável houve interação entre os fatores. Para o tempo de imersão somente o ácido cítrico obteve melhor média no tempo de 18 horas em relação ao tempo de 30 minutos. Nos demais tratamentos não houve diferença significativa no fator tempo.

**Tabela 2** – Índice de velocidade de emergência de alface cv. Vanda semeada em espuma fenólica tratada com diferentes solutos em solução em diferentes tempos de imersão (IFSULDEMINAS-2018).

Tratamentos	IVE	
	Tempos de imersão	
	30 min	18 horas
Sem lavar	12,13Ba	12,13Ba
Água tratada	15,7Aa	15,61Aa
Vinagre de álcool	0,0Da	0,0Ca
Ácido cítrico	10,13Cb	14,65Aa
Cal pintura	13,37Ba	14,37Aa
Soda Caustica	12,69Ba	11,9Ba
CV (%)	10,53	

(\*) Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si com nível de 0,05 de significância pelo Teste Scott Knott.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

No tempo de 30 minutos, a solução com água apresentou maior média diferindo dos demais tratamentos. No entanto, quando as placas fenólicas foram submetidas a 18 horas apesar de a água apresentar o maior IVE, este não diferiu significativamente do ácido cítrico e da cal de pintura. Não

houve emergência das sementes de alface nas placas de espuma fenólica tratadas com vinagre em nenhum dos tempos de imersão. Os demais valores de IVE ficaram dentro do exposto por Marini et al. (2008) para a cultura da alface.

Os resultados encontrados para o número de folhas, altura e biomassa fresca da parte aérea dos demais tratamentos tiveram interações entre os fatores estudados e estão apresentados na Tabela 3.

Para todas as variáveis, o tratamento sem lavagem proporcionou as menores médias do número de folhas, altura e biomassa fresca de parte aérea (BFPA). Resultados semelhantes foram obtidos por Bezerra Neto et al. (2010), que testando diferentes concentrações de hidróxido de sódio e dióxido de potássio, concluíram que existe a necessidade de pré-tratamento da espuma fenólica, visto que ela apresenta pH abaixo de 1,0 na condição que é comercializada, longe da faixa requerida pela alface que, segundo Filgueira (2007), está entre os valores de pH 6,0 e 6,7.

**Tabela 3** – Número de folhas, altura e biomassa fresca da parte aérea (BFPA) de alface cv. Vanda semeada em espuma fenólica tratada com diferentes solutos em solução em diferentes tempos de imersão (IFSULDEMINAS-2018).

Tratamentos	Nº de Folhas		Altura (cm)		BFPA (g)	
	Tempos de imersão		Tempos de imersão		Tempos de imersão	
	30 min	18 horas	30 min	18 horas	30 min	18 horas
Sem lavar	2,92 Da	2,92 Da	5,82 Ca	5,82 Da	0,220 Ba	0,220 Ba
Água tratada	3,75 Aa	3,33 Bb	8,13 Ba	7,89 Ba	0,490 Aa	0,410 Aa
Ácido cítrico	3,47 Ba	3,55 Aa	8,97 Ab	9,49 Aa	0,440 Aa	0,500 Aa
Cal pintura	2,99 Db	3,14 Ca	5,57 Cb	6,54 Ca	0,300 Ba	0,340 Ba
Soda Cáustica	3,25 Ca	2,97 Db	8,09 Ba	7,12 Db	0,510 Aa	0,300 Bb
CV (%)	18,57	18,57	29,32	29,32	28,8	28,8

(\*) Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si com nível de 0,05 de significância pelo Teste Scott Knott.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

No tratamento com ácido cítrico não foi encontrada diferença para o número de folhas em função do tempo de imersão; em contrapartida, na utilização do hidróxido de sódio e água foram encontrados os melhores resultados no tempo de imersão de 30 minutos. Nesse ensaio, somente a cal de pintura apresentou melhores resultados para a variável no tempo de 18 horas em comparação ao tempo de 30 minutos.

No tempo de imersão de 18 horas, o ácido cítrico como soluto proporcionou maior média para o número de folhas e diferiu dos demais. Considerando o tempo de 30 minutos, a melhor média para o número de folhas foi obtida na utilização da água como único componente da solução na imersão e apresentou diferença entre todos os demais tratamentos seguidos pelo ácido cítrico e pela soda cáustica. O tratamento sem lavagem da placa e a cal de pintura proporcionaram as menores médias e não diferiram entre si. Resultados diferentes foram encontrados por Pessoa et al. (2007), que testando diferentes concentrações de hidróxido de sódio e água por 30 minutos, obtiveram melhores resultados no uso da base para número de folhas.

Considerando o tempo de imersão de 18 horas, a maior média para a variável número de folhas foi obtida quando na solução foi utilizado o ácido cítrico, seguido pela água e pela cal de pintura, que diferiram entre si e entre os demais tratamentos que não apresentaram diferença significativa entre eles.

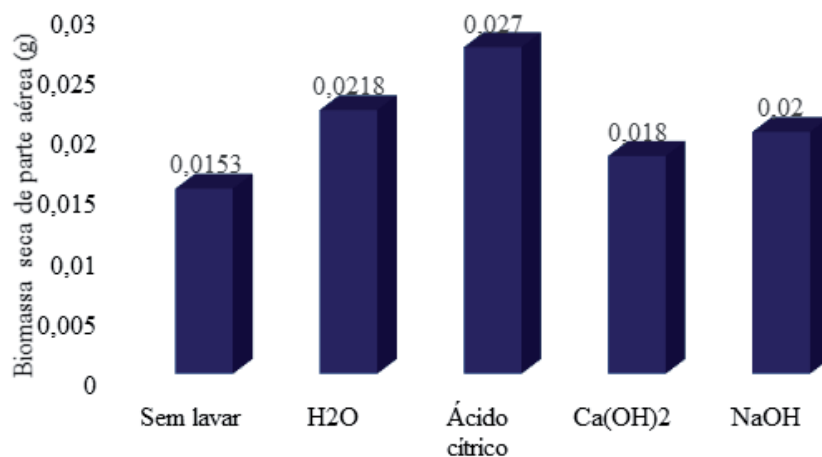
Para a variável altura de planta, independentemente do tempo, as maiores médias foram obtidas com a utilização de ácido cítrico como soluto na lavagem.

Considerando a biomassa fresca, somente o hidróxido de sódio apresentou diferença significativa quando houve aumento do tempo de imersão. No tempo de 18 horas, a variável apresentou menor média quando comparada ao tempo de 30 minutos.

No tempo de imersão de 18 horas, as menores médias encontradas para a biomassa fresca foram para o hidróxido de sódio e a cal de pintura, que não diferiram da testemunha sem lavagem e diferiram dos demais tratamentos. O aumento do tempo pode ter aumentado significativamente o pH da espuma promovido pelas bases, fato que atrapalhou o desenvolvimento das mudas. No tempo de 30 minutos, somente o tratamento com a cal hidratada se assemelhou à testemunha e diferiu de todos os demais tratamentos. O aumento do pH também pode ter sido o motivo para tal resultado.

Para a variável biomassa seca da parte aérea (FIGURA 1), independentemente do tempo, as maiores médias foram obtidas com a utilização de ácido cítrico como componente da solução em que foi submetida a placa de espuma.

**Figura 1** – Biomassa seca da parte aérea de alface cv. Vanda em espuma fenólica submetida a tratamentos com diferentes soluções para sua lavagem. As médias seguidas pela mesma letra não diferiram entre si pelo Teste Scott Knott, com nível de 0,05 (IFSULDEMINAS) 2018.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

Devido à exposição durante a imersão da solução contendo o ácido, sugere-se que o ácido cítrico possa ter permanecido em pequenas concentrações na espuma. Essa permanência acarretou algumas reações orgânicas que promoveram melhor desenvolvimento da planta. Tal resultado colabora para a hipótese de Guppy et al. (2005), de que alguns ácidos possuem radicais carboxílicos funcionais que os tornam capazes de formar complexos orgânicos com Al, Fe, Ca e Mg.



## Conclusão

Com imersão de 18 horas, o tratamento com ácido cítrico proporcionou o maior crescimento em altura e biomassa seca nas mudas de alface.

O vinagre 4,0% não é uma opção viável como pré-tratamento em espuma fenólica em nenhum dos tempos analisados.

Existe um decréscimo de 56,0% na biomassa fresca das mudas quando não é adotado nenhum tipo de tratamento com relação à soda cáustica no tempo de 30 minutos e ao ácido cítrico no tempo de 18 horas. Com relação à biomassa seca, o decréscimo é de 42,0%, também com relação ao ácido cítrico.

A soda cáustica obteve menores resultados para índice de velocidade de emergência, biomassa fresca parte aérea, altura e número de folhas no tempo de 18 horas quando comparados ao tempo de 30 minutos.

## Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), *Campus* Muzambinho, em especial ao Laboratório de Biotecnologia pelo financiamento do projeto.

## Solutions and washing times of phenolic foam in lettuce seedlings production

### Abstract

The main characteristics of the phenolic foam are inherent to a substrate of excellent quality such as sterility, excellent aeration and high load-bearing capacity. However, as it comes from a phenolic resin, the foam has some residues that can affect the development of plants. Thus, this work aimed to evaluate different treatments for washing phenolic foam under the germination and initial growth of lettuce seedlings in two immersion times. The experimental design was completely randomized (DIC), in a 5x2 factorial scheme, containing four replications with 56 plants per plot. Each repetition was composed of a phenolic foam board. The experimental factors consisted of different substances: caustic soda (NaOH), pint lime (CaOH<sub>2</sub>), citric acid (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>), vinegar (CH<sub>3</sub>COOH) and water in solution with distilled water, and two immersion times (30 minutes and 18 hours). For the witness treatment, there was no immersion. After 18-hour immersion, the treatment with citric acid presented the best development for height and biomass in the lettuce seedlings. On the other hand, the 4,0% vinegar pretreatment was not considered viable for phenolic foam for any of the times analysed. There was a significant decrease in seedling biomass when no treatment in the foam was carried out before sowing the lettuce seeds. The caustic soda presented lower results for emergence speed index, fresh aerial biomass, height and number of leaves for the 18-hour immersion compared to the 30-minute immersion.

**Keywords:** Acids. Bases. Emergency. *Lactuca sativa*. Immersion time.

## Referências

BEZERRA NETO, E.; SANTOS, L. R.; PESSOA, A. M. P.; ANDRADE, B. K. P.; OLIVEIRA, G. K. S.; MENDONÇA, F. I. Tratamento de espuma fenólica para a produção de mudas de alface. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 418-422, 2010.

BURÉS, S. **Sustratos**. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341p.

CAÑIZARES, K. A.; COSTA, P. C.; GOTO, R.; VIEIRA, A. R. M. Desenvolvimento de mudas de pepino em diferentes substratos com e sem uso de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 227-229, 2002.

CARRASCO, G. EI NFT. En: URRESTARAZU, M. (1ed.). **Manual de cultivo sin suelo**. Mundi Prensa. Madrid. p. 541-554, 2004.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira** v. 22, n. 2, p.748-753, 2004.

DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

FERNÁNDEZ, M.; TEJERO, J. R.; PÉREZ, I.; SORIA, F.; RUIZ, F.; LÓPEZ, G. Effect of copper coating nursery containers on plant growth and root morphology of *Eucalyptus globulus* Labill. cuttings and seedlings. **Silva Lusitana**, Oeiras, v. 15, n. 2, p. 215-227, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 35, n. 6. Lavras. nov./dec. 2011.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C.P; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, N. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999, 52p.

GONÇALVES, A. L. Substratos para produção de mudas ornamentais. In: MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J.; PENTEADO, S. R.; SCARPARE FILHO, J. A. **Produção de mudas hortícolas de alta qualidade**. Piracicaba: ESALQ/SEBRAE, 1994.156p.

GUPPY, C. N. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**. Melbourne, v. 43, n. 2, p. 189-202, apr. 2005.

MARINI, P.; LOWE, R. T.; MORAES, L. C.; MORAES, M. D.; LOPES, F. N. Qualidade fisiológica de sementes de alface (*Lactuca sativa*) submetidas ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 222-227, 2008.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. Substratos para Hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20. n. 200/201, p. 81-89. 1999.

MATIAS, G. C. S.; COMETTI, N. N.; GÓMEZ, G. P.; ROCHA, J. D. S. Avaliação de substratos comerciais para a produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 159-162, 1999.

MEDEIROS, C. A. B.; CUNHA, B. P.; ANTUNES, L. E. C.; REISSER JR, C. 2007. Cultivo sem solo do morangueiro: avaliação de substratos constituídos de casca de arroz, casca de arroz carbonizada e casca de acácia compostada. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 47, 2007, Porto Seguro. **Anais...**Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2007. CDRom.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; NICOLA, M. C.; MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; MENDEZ, M. E. G. Produção de mudas de alface em espuma fenólica fertirrigada com solução nutritiva mineral, orgânica e organomineral. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento 2.

MINAMI, K. **Produção de mudas de hortaliças de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: TA Queiroz. 1995. 128p.

PAULUS, D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; RIFFEL, C.; FABBRIN, E.; PAULUS, E. Substratos na produção hidropônica de mudas de hortelã. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 48-50, 2005.

PESSOA, P. M. A.; ANDRADE, P. K. B.; OLIVEIRA, S. K. G.; MENDONÇA, I. F.; SANTOS, R. L.; BEZERRA NETO, E. Pré-tratamento de espuma fenólica para produção de mudas de alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47., e SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CUCURBITÁCEAS, 4. Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: ABI, p.1-4, 2007.

RESH, H. M. **Cultivos Hidroponicos**: Nuevas técnicas de producción. 4 ed. Madrid: Mundi Prensa, 1997, 509 p.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, n. 30 p. 187-194, 2012.

SANTI, A.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; NEUHAUS, A.; DALLACORT, R.; KRAUSE, W.; TIEPPO, R. C. Desempenho agrônomico de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 31 n. 1, p. 338-343, 2013.

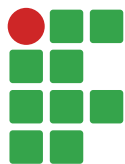
SILVA, P. H. M.; KAGER, D.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Produção de mudas clonais de eucalipto em espuma fenólica: crescimento inicial e mortalidade. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 639-649, 2012.

TANAMATI, Y. F. **Fontes e doses de corretivos de acidez do solo na nutrição e produção de alface**. 59p. 2012. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012.

TRANI, P. E.; NOVO, M. C. S. S.; CAVALLARIO JÚNIOR, M. L.; TELES, L. M. G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 290-294, 2004.

**Submetido em:** 30/03/2019

**Aceito em:** 01/07/2019



# Produção de mudas de ingá-do-rio (*Inga vera* Willd) e cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.) fertirrigadas com soro de leite

Rita de Cássia da Silva<sup>1</sup>

Lilian Vilela Andrade Pinto<sup>2</sup>

## Resumo

Os efluentes residuários das indústrias de laticínios contaminam os recursos hídricos, assim, pesquisas que buscam medidas sustentáveis para reverter essa situação devem ser incentivadas. Este trabalho teve como objetivo determinar se o soro de leite pode ser utilizado como fertirrigação e definir a proporção de soro que deverá ser fertirrigada para as espécies *Inga vera* e *Eugenia involucrata*. A pesquisa foi constituída por dois experimentos, um com a espécie *I. vera* e o outro com a espécie *E. involucrata*, por se tratar de espécies com comportamento ecológico diferente, pioneiro e secundário tardio, respectivamente. Ambos seguiram o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, foram avaliadas quatro fertirrigações (T1: 100% água; T2: 25% de soro e 75% de água; T3: 50% de soro e 50% de água; T4: 100% de soro). Os indicadores avaliados foram a altura da planta, diâmetro do coleto, peso da parte aérea e das raízes e o índice de qualidade de desenvolvimento (IQD). O soro de leite fresco promoveu respostas diferentes ao desenvolvimento das mudas das espécies *Eugenia involucrata* e *Inga vera*, não sendo recomendado o uso do soro como fertirrigação para a espécie *Eugenia involucrata*. Recomendam-se estudos de irrigação fazendo uso de soro de leite na concentração de 100% para a produção de mudas de *Inga vera* diariamente ou em dias alternados, reduzindo a pressão pela disponibilidade da água de qualidade.

**Palavras-chave:** Reutilização de efluente. Espécies nativas. Mata Atlântica. Fertirrigação.

## Introdução

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de leite (JUNG; MATTE, 2016), gerando uma grande quantidade de resíduos orgânicos (GIROTO; PAWLOWSKY, 2001), tanto sólidos quanto líquidos (CASTELLANOS, 2015).

A quantidade de soro residuária da indústria de laticínio caracterizada como porção aquosa liberada do coágulo durante a fabricação convencional de queijo é em média de nove a doze litros de soro para cada quilo de queijo produzido (GIROTO; PAWLOWSKY, 2001) e pode acarretar graves problemas ambientais associados ao seu alto teor de matéria orgânica (OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012).

1 Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, discente em Tecnologia em Gestão Ambiental. [ritacassiasilvabb@gmail.com](mailto:ritacassiasilvabb@gmail.com).

2 Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, professora. [lilian.vilela@ifsuldeminas.edu.br](mailto:lilian.vilela@ifsuldeminas.edu.br). Praça Tiradentes, 416. Centro Inconfidentes, MG. CEP 37576-000.

O soro de leite é constituído de alguns minerais como cálcio, sódio, magnésio, potássio e fósforo e em menores concentrações cobre, zinco, flúor, iodo e ferro; a maior parte de sua composição é baseada em água (93%-94%); lactose (4,5%-5,0%); proteínas (0,8%-1,0%); gorduras (0,3%-0,5%); vitaminas presentes no leite; ácido cítrico e láctico; compostos nitrogenados não proteicos (ureia e ácido úrico) (NUNES; SANTOS, 2016). Isso demonstra a necessidade de uma melhor destinação dos resíduos das indústrias de laticínios, em que o uso agrícola é uma forma sustentável (RUIZ, 2012).

Uma das formas de reutilizar os resíduos advindos das indústrias de laticínios é utilizando os resíduos sólidos como biofertilizantes produzidos pela compostagem dos sólidos orgânicos e fazendo uso dos efluentes para também utilizá-los como fertilizante, entretanto sem processo degenerativo do material por microrganismos usando apenas a fertirrigação, ou seja, irrigação com nutrientes oriundos desses processos produtivos industriais (GHERI; FERREIRA; CRUZ, 2003). A reutilização desses efluentes como fertilizantes na produção de mudas e de espécies vegetais mostraram ter potencial, conforme Schuster (2008) e Castellanos (2015), respectivamente.

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas - *Campus* Inconfidentes tem uma produção de leite mensal de 12.000 litros e uma média mensal de 6.000 litros de soro residuário gerado do processo de fabricação de queijos, visto que boa parte do leite é comercializada após pasteurização.

Partindo da necessidade de redução dos custos com fertilizantes minerais e saídas mais sustentáveis para o grande volume de efluentes pode-se utilizar o soro de leite para fins agrícolas e silviculturais, atuando como fonte orgânica de nutrientes às plantas e ao solo, podendo ser a maneira mais eficiente e econômica para eliminação dos resíduos das indústrias de laticínios (RUIZ, 2012), conservando o recurso natural água.

A importância da água não está relacionada apenas às suas funções na natureza, mas também ao seu papel como recurso estratégico econômico e social, garantindo saúde e qualidade de vida a todos de forma mais sustentável, sendo caracterizada como um bem comum a todos, visto que sem esse recurso os processos metabólicos sejam de forma indireta ou direta não aconteceriam (SOUZA et al., 2014). Por esse motivo, a conservação do recurso natural água deve ter atenção de toda a sociedade.

Objetivou-se determinar se o soro de leite pode ser utilizado como fertirrigação e definir a proporção de soro que deverá ser fertirrigado para as espécies *Inga vera* e *Eugenia involucreta*, espécies frutíferas de diferentes grupos ecológicos do Bioma Mata Atlântica.

## Material e métodos

### Caracterização da área

A pesquisa foi conduzida em estufa fechada (FIGURA 1) localizada no viveiro de mudas localizado na Fazenda do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - *Campus* Inconfidentes. A estufa tem como características a cobertura em filme de polietileno difusor de luz, com espessura de 150 micra, com tratamento contra raios UV, permitindo uma temperatura mais alta do que a do ambiente externo. A opção pela escolha da estufa ocorreu com o objetivo de evitar que possíveis precipitações interferissem nos resultados por apresentar riscos de promover a diluição da fertirrigação.

**Figura 1** – Estufa em que o experimento foi instalado, localizada no viveiro de mudas do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Foram avaliadas mudas de duas espécies: ingá-do-rio (*Inga vera*), representado na Figura 2A e cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata*), representado na Figura 2B, espécies classificadas quanto ao grupo ecológico em pioneira de recobrimento e secundária tardia, respectivamente (CARVALHO, 2008). Essas espécies apresentam potencial para serem utilizadas na recuperação de áreas degradadas localizadas no Bioma Mata Atlântica por serem frutíferas atrativas para a fauna, responsáveis pela polinização e dispersão de sementes, atividades inerentes à revegetação.

**Figura 2** – Mudanças das espécies *Inga vera* (A) e *Eugenia involucrata* (B).



**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Todas as mudas haviam sido repicadas para os sacos plásticos de 10 cm x 17 cm há três meses e para a seleção das unidades amostrais de cada tratamento foi realizada uma avaliação visual tendo como parâmetro a altura das mudas de modo a se ter uniformidade no tamanho das mudas entre os tratamentos. Desta maneira, no início do experimento (medição 1 – zero dias de aplicação do soro), as mudas de *Inga vera* e *Eugenia involucrata* apresentaram 8,8 cm e 5,85 cm de altura média e 1,7 mm e 1,3 mm de diâmetro, respectivamente.

### Delineamento experimental

A pesquisa foi constituída por dois experimentos, um com a espécie *I. vera* e o outro com a espécie *E. involucrata*, por se tratar de espécies com comportamento ecológico diferente, pioneiro e secundário tardio, com ciclo de produção de mudas diferentes, de 180 e 270 dias, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2016). Ambos seguiram o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados e foram avaliadas quatro fertirrigações (T1: 100% água; T2: 25% de soro e 75% de água; T3: 50% de soro e 50% de água; T4: 100% de soro) contendo 3 repetições/blocos com 9 unidades amostrais cada, totalizando 27 mudas para cada tratamento e 108 mudas por experimento (FIGURA 3).

O sorteio da ordem dos tratamentos nos blocos para uma espécie foi utilizado para a outra, a fim de facilitar a aplicação dos tratamentos (fertirrigação) e a medição das mudas (FIGURA 3). Para a separação das parcelas dentro dos blocos foram utilizados fios de lã colorida.

A Figura 3 ilustra como as mudas foram enumeradas, as destacadas com um círculo indicam as unidades amostrais avaliadas para o monitoramento da matéria seca da parte aérea e raízes e do índice de desenvolvimento das mudas no fim do experimento após 8 meses de monitoramento.

**Figura 3** – Croqui da distribuição dos tratamentos (T1: 0% soro e 100% água; T2: 25% de soro e 75% de água; T3: 50% de soro e 50% de água; T4: 100% de soro) nos blocos (I, II e III) contendo a enumeração das mudas e destaque para as unidades amostrais avaliadas.

Bloco 1	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #cccccc;"></td><td>T1</td></tr> <tr><td style="background-color: #808080;"></td><td>T2</td></tr> <tr><td style="background-color: #ffa500;"></td><td>T3</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000;"></td><td>T4</td></tr> </table>		T1		T2		T3		T4
		T1																			
		T2																			
	T3																				
	T4																				
96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85										
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84										
Bloco 2	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61									
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60									
	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37									
Bloco 3	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36									
	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12									

\*As unidades amostrais marcadas pelo círculo consistem nas que foram avaliadas para o monitoramento da matéria seca da parte aérea e raízes e do índice de desenvolvimento das mudas.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

## Fertirrigação

A fertirrigação se deu com soro de leite oriundo do laticínio do IFSULDEMINAS- *Campus* Inconfidentes, o qual seria levado para caixa de gordura do sistema de tratamento de efluentes do setor. Destaca-se que o soro utilizado era fresco, colhido no dia da aplicação da fertirrigação (tratamentos) por volta das 11h. Cada muda recebeu 90 mL da fertirrigação proposta e para que a mesma quantidade fosse distribuída foi utilizada uma proveta como medidor e um becker para aplicação.

As fertirrigações ocorreram a cada sete dias no primeiro mês e a cada 15 dias a partir do fim do primeiro mês de condução do experimento que se estendeu por 240 dias (8 meses de experimento e 9 medições, sendo a primeira para se ter a caracterização das mudas dos diferentes tratamentos).

## Avaliações

O monitoramento do crescimento das mudas iniciou-se 30 dias após a primeira fertirrigação e consistiu na avaliação dos indicadores morfológicos:

- Altura da parte aérea (H): medida mensalmente com régua do colo da planta até a última inserção foliar, em centímetros, como mostrado na Figura 4A.

- Diâmetro do coleto (DC): mensurado mensalmente no colo da muda utilizando paquímetro digital, em milímetros, como mostrado na Figura 4B.

- Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e das raízes (PMSR): após as raízes serem separadas e lavadas em água corrente sobre peneira de malha 0,02 mm, as raízes e a parte aérea foram secas ao sol para retirada de água superficial (FIGURA 4C) e em seguida acondicionadas separadamente em sacos de papel *craft* identificados (FIGURA 4D), para posterior secagem em estufa com circulação/renovação de ar a 65°C até atingirem peso constante. Esse procedimento durou uma semana e neste tempo os sacos de papel *craft* foram invertidos nas grades em dias alternados para melhor secagem e circulação do ar quente. As raízes e a parte aérea secas foram retiradas dos saquinhos (FIGURA 4E) e tiveram suas massas quantificadas em balança analítica eletrônica (0,001 g). Esses indicadores foram quantificados aos 8 meses após o início do experimento nas unidades amostrais destacadas na Figura 3;

- Índice de Qualidade de Desenvolvimento (IQD): aos 8 meses foi determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), do peso de matéria seca das raízes (PMSR) e do peso de matéria seca total (PMST = PMSPA + PMSR), por meio da equação de Dickson, Leaf e Hosner (1960) (EQUAÇÃO 1):

$$IQD = \frac{PMST(g)}{H(cm)/DC(mm) + PMSPA(g)/PMSR(g)} \quad (1)$$

Unidade: adimensional.

Para a determinação do índice de qualidade de desenvolvimento (IQD) foram quantificados os indicadores das mudas destacadas com um círculo, como pode ser observado na Figura 3.



**Figura 4** – Procedimentos realizados durante o monitoramento das mudas: A) medição da altura; B) medição do diâmetro do coleto (DC); C) mudas passando pela secagem antes da separação da parte aérea da raiz; D) identificação dos sacos de papel *craft* para o acondicionamento da parte aérea e das raízes; E) raízes e parte aérea secas em estufas prontos para o monitoramento da massa.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste Scott-Knott, com nível de 5% de significância, por meio do programa “Sisvar 4.2” (FERREIRA, 2008).

## Resultados e discussões

Os dados da altura e do diâmetro do coleto das mudas de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.) e ingá-do-rio (*Inga vera* Willd) são referentes aos oito meses do experimento (de

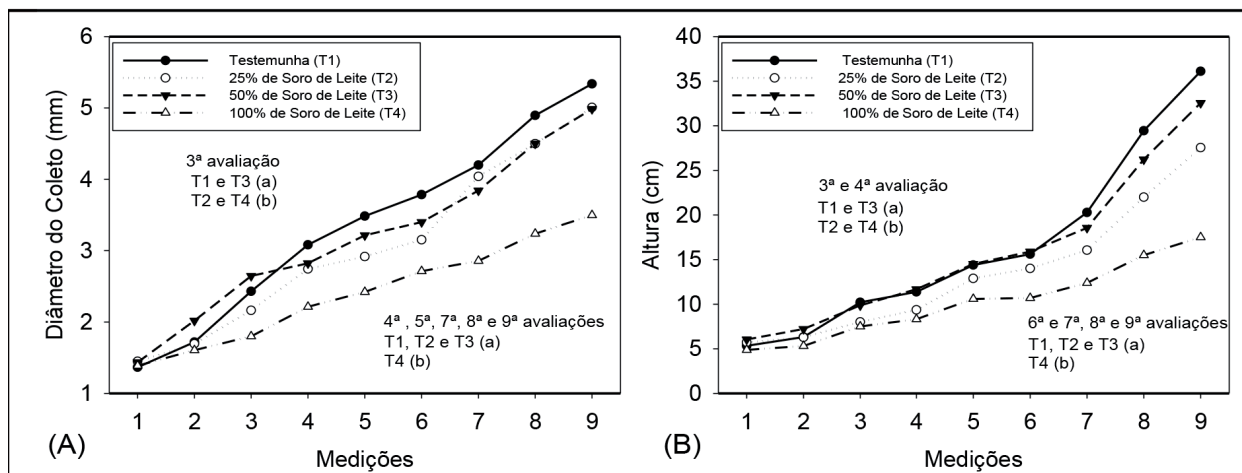
fevereiro de 2017 a outubro de 2017), período em que as mudas receberam a fertirrigação com soro residual da indústria de laticínio.

### Cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.)

O diâmetro do coleto das mudas apresentou crescimento diferenciado ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos a partir do segundo mês (3ª medição) de aplicação da fertirrigação com o soro de leite tendo sido superior nos tratamentos T1 (0% soro e 100% água) e T3 (50% de soro e 50% de água). A partir do terceiro mês de aplicação do soro de leite (4ª medição) até o final da condução do experimento, apenas o Tratamento T4 (100% soro) promoveu inibição no crescimento do DC (FIGURA 5A).

Em relação à altura, as mudas apresentaram variação no segundo e terceiro mês (3ª e 4ª medição) de aplicação de soro de leite, tendo alcançado as maiores alturas nos Tratamentos T1 (0% soro e 100% água) e T3 (50% de soro e 50% de água). A partir do quinto mês (6ª medição) de aplicação do soro de leite até o final do experimento, apenas o Tratamento T4 (100% soro) promoveu inibição no crescimento da altura (FIGURA 5B).

**Figura 5** – Avaliações de indicadores de crescimento diâmetro do coleto (A) e altura (B) para a espécie cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.) submetidas a diferentes fertirrigações. IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2017. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste de Scott - Knott a 5% de probabilidade.



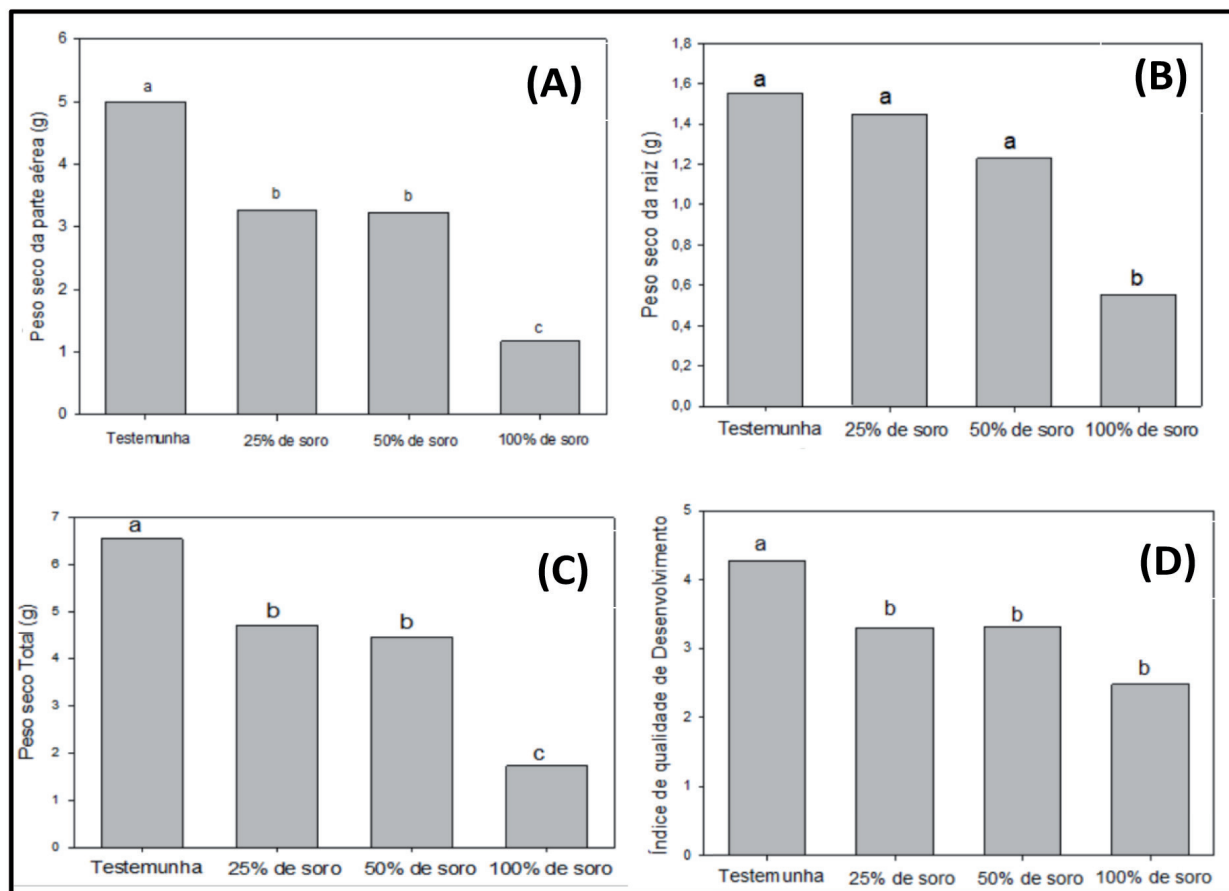
Fonte: Elaboração dos autores (2017).

O peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA) (FIGURA 6A) apresentado pelas mudas do T1 (0% soro e 100% água) foi estatisticamente superior ( $P < 0,05$ ) aos demais tratamentos, tendo sido em média 36% superior aos valores observados em T2 (25% soro e 75% água) e T3 (50% de soro e 50% de água), os quais não diferiram entre si, e 77% superior aos valores observados em T4 (100% de soro). Na Figura 6A pode-se observar que a aplicação de 100% de soro (T4) inibiu fortemente o crescimento da parte aérea das mudas.

O peso da matéria seca da raiz (PMSR) (FIGURA 6B) sofreu menos interferência da aplicação do soro quando comparado ao PMSPA. Essa afirmação advém de que nas doses dos tratamentos T2 (25% de soro e 75% de água) e T3 (50% de soro e 50% de água) não foram observados valores de PMSR inferiores à testemunha (T1: 0% soro e 100% água), diferença observada com o PMSPA.

A aplicação de 100% de soro (T4) também inibiu fortemente o crescimento das raízes das mudas, promovendo uma redução de pelo menos 55% no PMSR.

**Figura 6** – Avaliação dos indicadores para peso da matéria seca da parte aérea - PMSPA (A), da matéria seca da raiz - PMSR (B), peso da matéria seca total - PMST (C) e índice de qualidade e desenvolvimento - IQD (D), para a espécie cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.) submetidas a diferentes fertirrigações. IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2017. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste de Scott – Knott, a 5 % de probabilidade.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

O peso da matéria seca total (PMST) (FIGURA 6C) apresentou resultados estatísticos semelhantes ao PMSPA, sendo que as mudas do T1 (100% de água) se desenvolveram melhor em relação aos demais tratamentos, tendo sido 28% superior em relação ao Tratamento T2 (25% soro e 75% água) e 32% maior ao T3 (50% de soro e 50% de água), os quais não apresentaram diferenças estatísticas entre si e 74% excedente ao T4 (100% de soro), diferente estatisticamente de todos os tratamentos avaliados.

O índice de qualidade de desenvolvimento (IQD) (FIGURA 6D) é um excelente indicador de qualidade por considerar o vigor (H e DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda (PMSPA e PMSR). Esse indicador revelou que o T1 (0% soro e 100% de água) é a melhor condição entre as demais estudadas que utilizaram diferentes proporções do soro de leite para a produção de mudas de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.).

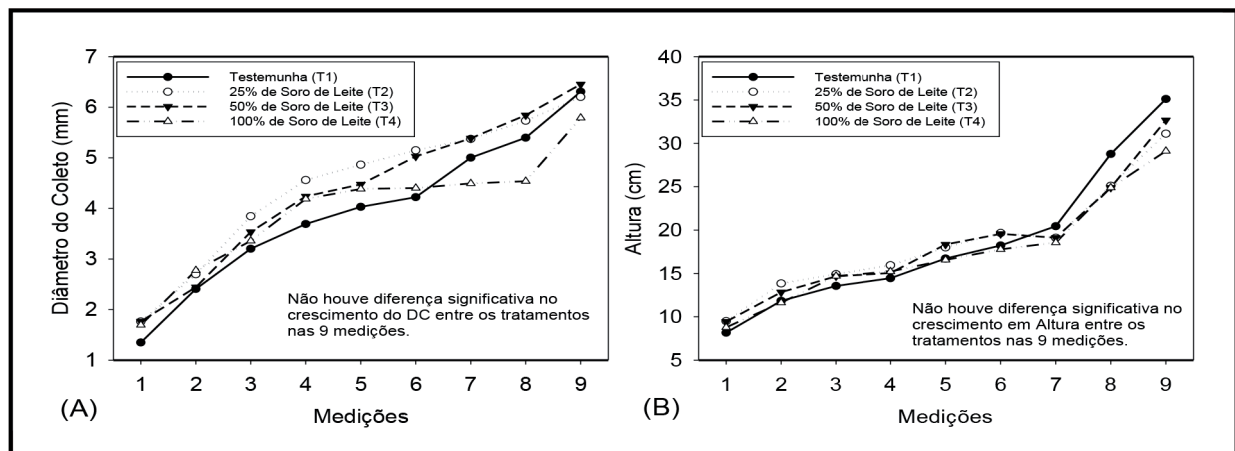
A cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata*) requer solos de fertilidade química alta e bem drenados (CARVALHO, 2008). Logo se esperava uma resposta satisfatória do desenvolvimento das mudas dessa espécie na presença do soro de leite residual, visto que, segundo Nunes e Santos (2016), esse resíduo apresenta carga de macro e micronutrientes: cálcio, sódio, magnésio, potássio e fósforo e em menores concentrações cobre, zinco, flúor, iodo e ferro, juntamente com alguns compostos nitrogenados (ureia e ácido úrico). Porém o observado foi uma toxicidade do soro de leite nas concentrações de 25% (T2), 50% (T3) e 100% (T4) aplicadas como fertirrigação, prejudicando o desenvolvimento das mudas.

Resultados semelhantes foram observados por Daló Júnior (2016) na produção de mudas de uvaia (*Eugenia pyriformis*) e por Paula (2009) no cultivo de forragem de milho hidropônico, os quais observaram que o aumento das doses de soro de leite prejudicava linearmente o crescimento das mudas de uvaia e o peso da matéria fresca e seca da parte aérea do milho.

### Ingá-do-rio (*Inga vera* Willd)

Os valores do diâmetro do coleto (DC) (FIGURA 7A) e da altura (FIGURA 7B) das mudas de ingá-do-rio (*Inga vera* Willd) submetidas a diferentes fertirrigações (T1: 0% soro e 100% água; T2: 25% de soro e 75% de água; T3: 50% de soro e 50% de água; T4: 100% de soro) não apresentaram mudanças significativas ( $P < 0,05$ ) ao longo das medições mensais nos oito meses de condução do experimento.

**Figura 7** – Avaliações de indicadores de crescimento diâmetro do coleto (A) e altura (B) para a espécie ingá-do-rio (*Inga vera* Willd) submetidas a diferentes fertirrigações. IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2017. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste de Scott - Knott a 5% de probabilidade.



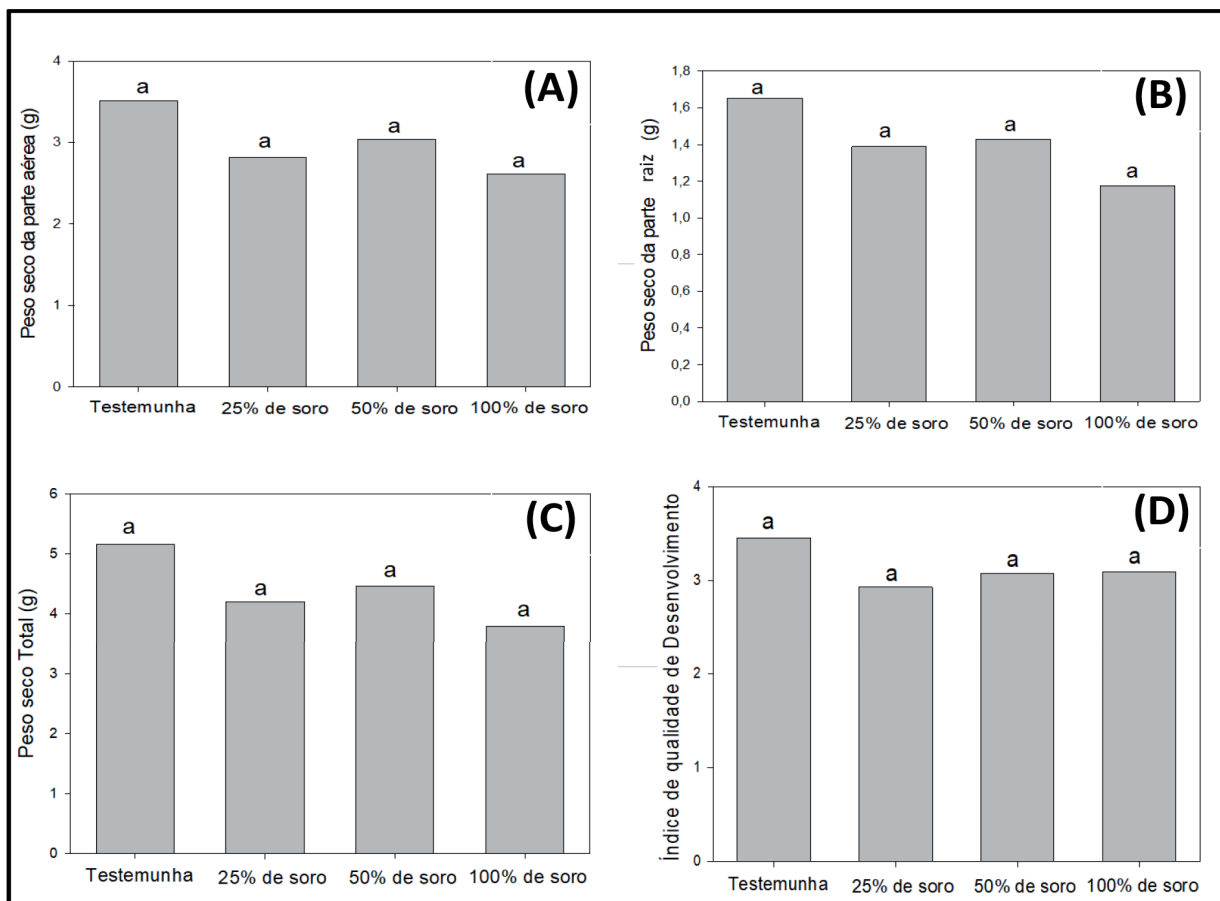
Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Os valores do peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA), do peso de matéria seca da raiz (PMSR), do peso da matéria seca total (PMST) e do índice de qualidade de desenvolvimento (IQD) também não apresentaram mudanças significativas no oitavo mês de condução do experimento (FIGURAS 8A, 8B, 8C e 8D).

Desta maneira, afirma-se que a aplicação de diferentes doses do soro de leite é indiferente para o desenvolvimento de mudas da espécie pioneira ingá-do-rio (*Inga vera* Willd), ou seja, não potencia-

liza nem prejudica quando comparado à testemunha (T1: 0% de soro e 100% de água). Resultados diferentes dos observados para a espécie cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata*), que apresentou o desenvolvimento prejudicado em todas as doses avaliadas. Respostas também diferentes às observadas por Gheri, Ferreira e Cruz (2003) que, após aplicação de soro ácido de leite no capim-tanzânia, obtiveram aumento na produção de matéria seca, tendo maior produção após aplicação de 390 m<sup>3</sup>/ha de soro; por Schuster (2008) em mudas de eucalipto que receberam rega diária de 200 mL e 400 mL tendo observado um incremento em altura e em diâmetro de colo com a aplicação da dose maior e por Mantovani et al. (2015) que avaliaram o potencial do soro de leite como fonte de nutrientes para o milho e observaram que o soro ácido de leite no solo aumenta a produção de matéria seca das plantas de milho e as acumulações de N, P, K e Ca na parte aérea, se usado soro de leite em valores superiores a 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

**Figura 8** – Avaliação dos indicadores para peso da matéria seca da parte aérea - PMSPA (A), matéria seca da raiz - PMSR (B), matéria seca total - PMST (C) e índice de qualidade e desenvolvimento- IQD (D), para a espécie ingá-do-rio (*Inga vera* Willd) submetidas a diferentes fertirrigações. IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2017. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste de Scott - Knott a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

O propósito do trabalho era usar o soro de leite como fertirrigação de modo a evitar o uso de fertilizantes artificiais. Contudo, com os resultados observados para a espécie pioneira *Inga vera*, recomenda-se para essa espécie e outras do grupo ecológico das pioneiras o reuso do soro de leite em substituição à irrigação com água de qualidade, indo ao encontro dos relatos de Kummer (2012) que salienta que para suprir a necessidade da utilização de água, muitas vezes escassas, tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior.

## Conclusão

O soro de leite fresco promoveu respostas diferentes ao desenvolvimento das mudas das espécies *Eugenia involucrata* e *Inga vera*, não sendo recomendado o uso do soro como fertirrigação para a espécie *Eugenia involucrata*.

Recomendam-se estudos de irrigação fazendo uso de soro de leite na concentração de 100% para a produção de mudas de *Inga vera* diariamente ou em dias alternados, reduzindo a pressão pela disponibilidade da água de qualidade.

Sugerimos mais pesquisas para avaliar o uso do soro de leite na irrigação para outras espécies pioneiras, diminuindo o consumo da água potável e também pesquisas que busquem encontrar a melhor concentração de soro de leite para espécies arbóreas tolerantes à alta carga de nutrientes.

Contudo esta proposta se destaca por dois motivos, primeiro por reduzir o resíduo no ambiente e segundo por diminuir a pressão no uso da água de qualidade.

## Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), pelo apoio financeiro.

## Production of *Inga vera* Willd and *Eugenia involucrata* DC. seedlings fertigated with whey

### Abstract

Residuary effluents from dairy industry contaminate hydric resources, so researches aiming sustainable methods to revert this situation must be stimulated. The objective of this study was to determine if whey can be used as fertigation and to define the proportion of whey that shall be fertigated for species *Inga vera* and *Eugenia involucrata*. This research consisted in two experiments, one with *Inga vera* and the other with *Eugenia involucrata*, since the species have distinct ecological behavior, being pioneer and late secondary, respectively. Both experiments were designed in completely randomized blocks and four fertigations were evaluated: T1: 100% water; T2: 25% whey and 75% water; T3: 50% whey and 50% water; and T4: 100% whey. The indicators evaluated were: plant height, collar diameter, aerial part weight, root weight, and development quality rate. Fresh whey promoted different responses in the development of *Eugenia involucrata* and *Inga vera* seedlings and the use of whey as fertigation for the species *Eugenia involucrata* is not recommended. Studies of irrigation using whey at the concentration of 100% is recommended for the production of *Inga vera* seedlings, daily or in alternate days, minimizing pressure on clean water availability.

**Keywords:** Effluent reuse. Native species. Atlantic Forest. Fertigation.

## Referências

CARVALHO, P. E. R. Cerejeira - *Eugenia involucrata*. In: Espécies arbóreas brasileiras. **Revista Embrapa Informação Tecnológica**, v. 3. 8 p. 2008. Comunicado técnico. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/578655/cerejeira---eugenia-involucrata>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

CASTELLANOS, A. H. A. **Efeito do soro de leite bovino na produção e qualidade dos frutos de tomate santa clara sob fertilização orgânica**. 2015. 40 p. Projeto de pesquisa apresentado à disciplina estágio supervisionado do Curso de Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília. Brasília. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14245/1/2015\\_AlessandraHelenaAmanajasCastellanos.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14245/1/2015_AlessandraHelenaAmanajasCastellanos.pdf)>. Acesso em: 24 maio 2018.

DALÓ JÚNIOR, O. **Avaliação do crescimento de mudas de uvaia (*Eugenia pyriformis*) com fertirrigação de soro de leite**. 2016. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação-Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas *Campus Inconfidentes*, Inconfidentes-MG, 2016.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. Disponível em: <<http://pubs.cif-ifc.org/doi/abs/10.5558/tfc36010-1>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

FERREIRA, D. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/meusarquivospdf/art63.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

GHERI, E. O.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 753-760, jun. 2003. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/109106/1/v38n6a12.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

GIROTO, J. M.; PAWLOWSKY, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. **Revista Brasil Alimento**, n. 10, p. 43-46, set/out. 2001. Disponível em: <<http://www.signuseditora.com.br/ba/pdf/10/10%20-%20Laticinios.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

JUNG, C. F.; MATTE, A. A. Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. **Revista Ágora**, v. 19, n. 01, p. 34-47, jan./jun. 2017. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/agora/article/viewFile/8446/6126>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

KUMER, A. C. B.; SILVA, I. P. F.; LOBO, T. F.; FILHO, H. G. Qualidade da água residuária para irrigação do trigo. **Irriga**, Edição Especial, p. 297 - 308, 2012. Disponível em: <<http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/454>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

MANTOVANI, J. R.; CARRERA, M.; LANDGRAF, P. R. C.; MIRANDA, J. M. Soro ácido de leite como fonte de nutrientes para o milho. **Agriambi**, v. 4, n. 19, p.324-329, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n4/1415-4366-rbeaa-19-04-0324.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

NUNES, L.; SANTOS, M. G. Caracterização físico-química de soros obtidos de diferentes tipos de queijos. **Revista Horizonte Científico**, v. 10, n. 2. 2016. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/31172/17270>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64-71, mar/abr. 2012. Disponível em: <<https://www.revistadoilct.com.br/riict/article/view/215>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

OLIVEIRA, M. C.; OGATA, R. S.; ANDRADE, G. A. de; SANTOS, D. S.; SOUZA, R. M.; GUIMARAES, T. G.; SILVA JÚNIOR, M. C. da; PEREIRA, D. J. S.; RIBEIRO, J. F. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 128 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1042301/manual-de-viveiro-e-producao-de-mudas-especies-arboreas-nativas-do-cerrado>>. Acesso em: 28 maio 2018.

PAULA, L. de. **Soro de leite em substituição à solução nutritiva no cultivo da forragem de milho hidropônico**. 2009. 53 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Disponível em: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/5638>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

RUIZ, J. G. C. L. **Mineralização do soro ácido de leite em função do ph do solo**. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88263>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

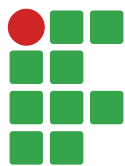
SCHUSTER, A. A. **Fertirrigação em Eucalipto com efluentes de indústrias de laticínios**. 2015.15 p. Artigo apresentado na disciplina de Estágio Supervisionado do Curso Técnico em Química do Centro de Educação Profissional UNIVATES, Lajeado. Disponível em: <<https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/adriana.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

SOUZA, J. R.; MORAIS, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza-CE , v. 8, n. 1, p. 26-45, abr. 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/rede/article/view/1115>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

**Submetido em:** 23/03/2018

**Aceito em:** 30/05/2018





# Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Mestre Campo, no município de Piranga, Minas Gerais

Paulo Henrique da Silva Câmara<sup>1</sup>

Kleber Mariano Ribeiro<sup>2</sup>

Kátia Daniela Ribeiro<sup>3</sup>

Tainá Ramos Pereira<sup>4</sup>

## Resumo

A múltipla dinâmica ambiental das bacias hidrográficas torna esses ambientes naturais interessantes objetos de estudos e, em áreas com poucas investigações científicas, tal como a bacia hidrográfica do Córrego Mestre Campo, a necessidade dessas investigações é ainda maior. Com a realização do presente trabalho, buscou-se caracterizar a morfometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, localizada no município mineiro de Piranga, como uma primeira atividade à criação de um plano de manejo aos recursos naturais disponíveis na área. Para isso, dados geomorfológicos TOPODATA foram utilizados em sistema de informação geográfica (SIG) para extração das informações morfométricas – área e respectivo perímetro, comprimento do eixo e da rede de drenagem – da área de estudo e, posteriormente, essas variáveis foram utilizadas na estimativa de indicadores físicos – fator de forma, índices de circularidade e de compacidade, razão de alongação e densidade de drenagem – para descrição da bacia hidrográfica. Os índices de forma indicaram comportamento alongado para a bacia, caracterizando-a como um espaço de baixa susceptibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. Além disso, a rede de drenagem apresentou ramificação de quarta ordem e mediana capacidade de drenagem. As sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo também foram caracterizadas e a Sub-bacia do Córrego do Brum apresentou forma arredondada, enquanto a Sub-bacia do Alto Mestre Campo mostrou características alongadas. Esses resultados ressaltam a heterogeneidade da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, que devem ser consideradas na elaboração de um plano para a gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica estudada, respeitando as particularidades do espaço geográfico para uso racional dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** Gestão ambiental. Índices de forma. SIG.

## Introdução

A bacia hidrográfica pode ser entendida como um sistema físico, natural e aberto, que capta um volume de água precipitada e, por meio de suas superfícies vertentes, conduz esse volume e outros materiais presentes na área até o exutório (CHRISTOFOLETTI, 1980; COELHO NETO, 1995;

1 Universidade Federal de Santa Catarina, Mestrando em Agroecossistemas, paulo0313@outlook.com. Rodovia Admar Gonzaga, n° 1346, Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina. CEP: 88.034-000.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG), *Campus* Rio Pomba, Professor Doutor. kleber.ribeiro@ifsudestemg.edu.br.

3 Centro Universitário de Formiga (UNIFOR), Professora Doutora. katiadr@bol.com.br.

4 IF Sudeste MG, *Campus* Rio Pomba, Graduanda em Agroecologia. tainarp30@gmail.com.

SILVEIRA, 2001). Esse espaço geográfico é ocupado por diversos organismos – tais como solo, fauna, flora, cursos d'água e comunidades – e a estruturação e a interação desses elementos dentro da bacia hidrográfica torna essa área natural um interessante objeto de estudo.

A Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo, área de estudo do presente trabalho, é um espaço natural localizado no município de Piranga, Minas Gerais, e que possui poucos estudos científicos descrevendo o local. Dessa forma, o levantamento de informações que permitam conhecer a dinâmica ambiental dessa bacia hidrográfica é muito importante para o gerenciamento dessa unidade ecológica, de forma a planejar as ações de acordo com as aptidões das áreas (PORTO; PORTO, 2008), com o uso racional e sustentável dos recursos naturais.

Neste contexto, o estudo da forma de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros procedimentos na área ambiental para levantamento do potencial natural existente e as informações técnicas podem ser base para o planejamento e a gestão das ações. A combinação de parâmetros morfométricos – como área de drenagem da bacia, perímetro, comprimento do eixo e comprimento de seus canais de drenagem – permitem estimar indicadores físicos específicos para o meio local – por exemplo, fator de forma, índices de circularidade e de compacidade, razão de alongação e densidade de drenagem – e possibilitam estudar a vulnerabilidade ambiental e antrópica da bacia hidrográfica (LIMA et al., 2011; RODRIGUES et al., 2016).

Sousa (2016), ao estudar a Bacia Hidrográfica do Rio Tapuio, no Ceará, concluiu que o levantamento das características morfométricas resultaram em importantes análises que permitiram revelar a baixa propensão para enchentes da bacia estudada. Coutinho et al. (2011), estudando a Bacia Hidrográfica do Rio da Prata, localizada no sul do Espírito Santo, também verificaram que a bacia hidrográfica apresentou índices morfométricos de poucas tendências a enchentes, desconsiderando ocorrências anormais de precipitação.

Silva et al. (2018), analisando dados de morfometria da Bacia Hidrográfica do Riacho Rangel, um dos principais afluentes do Rio Gurguéia, que abastece todo sul do estado do Piauí, caracterizaram a bacia como de médio porte, pouco favorável a inundações, de elevada permeabilidade do solo, com canais retilíneos e de baixa declividade. Os autores concluíram que as análises morfométricas constituem elementos indispensáveis para o planejamento e a avaliação do comportamento hidrológico da bacia, auxiliando nas tomadas de decisões quanto à conservação, uso e ocupação das terras.

Portanto, as características físicas possuem importante papel no ciclo hidrológico da bacia hidrográfica, influenciando infiltração, deflúvio produzido, escoamento superficial e subsuperficial, evapotranspiração, entre outros (RODRIGUES et al., 2008), e as ferramentas computacionais têm sido grandes aliadas no estudo morfométrico desses espaços naturais, como relatado por Antoneli e Thomaz (2007).

Os sistemas de informações geográficas (SIGs), tal como o Quantum GIS, vêm sendo bem aceito em estudos de bacias hidrográficas, facilitando a extração de características, a visualização das observações e a modelagem e correlação dos dados (CARDOSO et al., 2006; TRENTIN et al., 2015; CAETANO; CASAROLI, 2016).

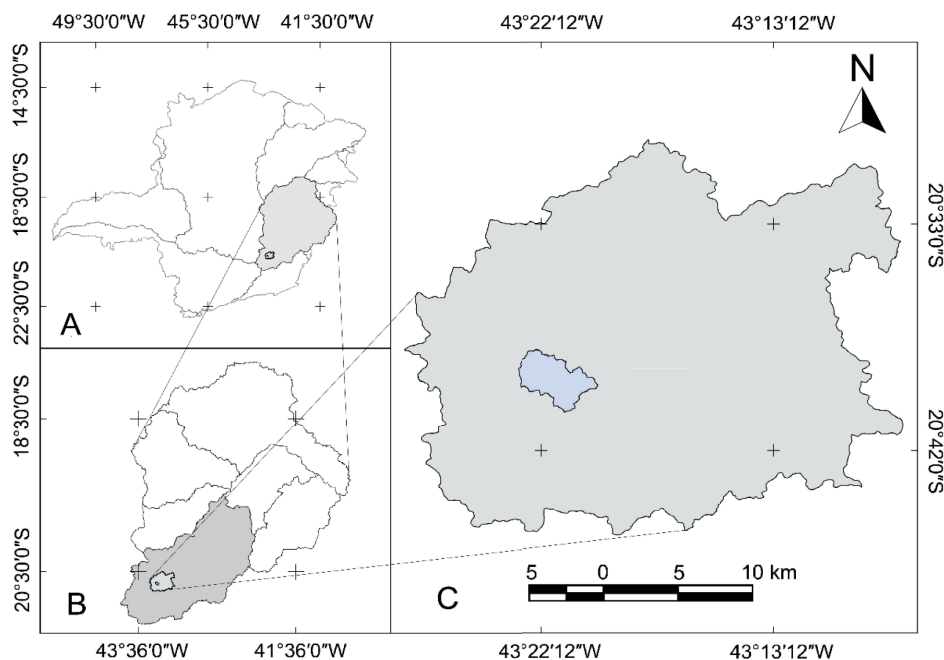
Desta forma, o presente estudo buscou mapear a morfometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, no município de Piranga, estado administrativo de Minas Gerais, como uma potencial ferramenta para subsidiar a criação de um plano diretor para a gestão dos recursos naturais presentes na área.

## Material e métodos

### Caracterização da área de estudo

A área em estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, localizada a oeste do município de Piranga, Estado de Minas Gerais. Com 13,93 km<sup>2</sup>, a área do estudo está localizada entre as coordenadas geográficas 20°37'58" e 20°40'31" de latitude sul e 43°21'17" a 43°22'21" de longitude oeste, conforme ilustrado na Figura 1.

**Figura 1** – Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo no estado de Minas Gerais (A.), em relação à bacia hidrográfica federal do Rio Doce (B.) e ao município de Piranga (C.).



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

A bacia hidrográfica em estudo possui o Córrego Mestre Campo como talvegue principal; este, por sua vez, é um afluente do Rio Piranga que ao confluir com o Rio do Carmo formam o Rio Doce, considerado uma das maiores bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais. O tipo de solo predominante na bacia é o latossolo vermelho amarelo, segundo o Mapa Digital de Solos elaborado pela Embrapa Solos (SANTOS et al., 2013), e a vegetação predominante é composta por florestas tropicais estacionais semidecidual e se insere nos domínios da Mata Atlântica (SOBRINHO et al., 2009).

O clima regional da bacia hidrográfica é tropical de altitude, com verões quentes e chuvosos e inverno seco e de temperaturas moderadas, recebendo a designação Cwa na classificação de Köppen (LACERDA, 2014). As temperaturas médias registradas ficam entre 12°C e 33°C (NASCIMENTO; CASTRO, 2013).

Para a realização das propostas aqui apresentadas, o trabalho foi dividido em duas etapas, sendo elas:

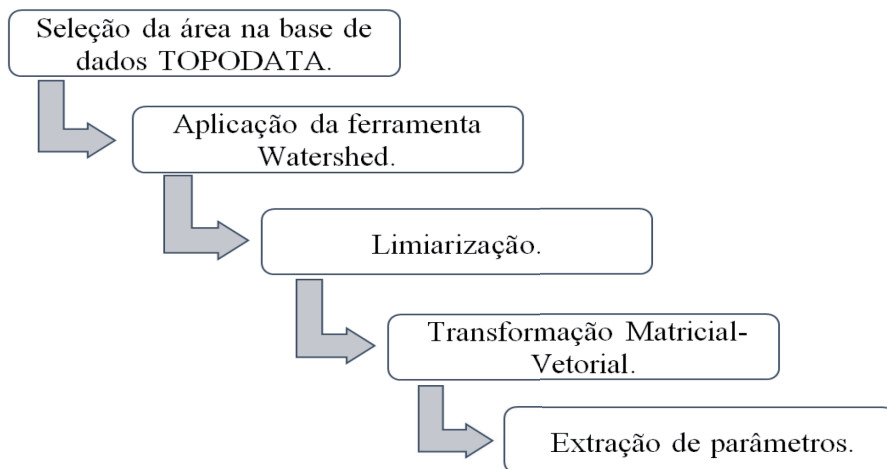
- A. Levantamento dos dados morfométricos;
- B. Análise e interpretação dos resultados.

### Levantamento dos dados morfométricos

Dados geomorfométricos da área em estudo, disponíveis na seção da Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram utilizados na análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo. Essa base de dados, conhecida como TOPODATA, é corrigida pelo INPE antes de seu compartilhamento com o usuário e se adequa a regiões com relevo acidentado, como é o caso do município de Piranga (LANDAU; GUIMARÃES, 2011), justificando sua escolha para este estudo.

Sobre a base de dados TOPODATA foi aplicada a técnica *watershed* de segmentação de imagens para a delimitação da bacia hidrográfica e, sobre essa saída, foi aplicado o método de limiarização (valor limiar igual a 50) para a definição da rede de drenagem da bacia hidrográfica. Os dados matriciais da bacia hidrográfica delimitada e a rede de drenagem demarcada foram convertidos para o formato vetorial e, em seguida, extraídas as variáveis área e perímetro da bacia, comprimento do eixo principal e comprimento dos canais de drenagem. A Figura 2 é um fluxograma que ilustra a metodologia empregada para obtenção dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica.

**Figura 2** – Configuração experimental utilizada para extração dos parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

Os parâmetros morfométricos (área, perímetro, comprimento do eixo principal e comprimento dos canais de drenagem) observados foram utilizados, via indicadores físicos, para classificar a bacia hidrográfica quanto à sua forma e quanto ao seu sistema natural de drenagem. Assim, foram estimados o coeficiente de compactidade ( $K_c$ ), o índice de circularidade ( $I_c$ ), o fator de forma ( $F$ ), a razão de alongação ( $R_e$ ), a ordem da bacia, a razão de bifurcação ( $R_b$ ) e a densidade da rede de drenagem ( $D_d$ ), todos detalhados a seguir.

## Coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (Ic)

Os índices de compacidade e de circularidade foram estimados por meio das Equações 1 e 2, descritas matematicamente abaixo, conforme Cardoso et al. (2006).

$$Kc = 0,28 \cdot P / A^{0,5} \quad (1)$$

$$Ic = 12,57 \cdot A / P^2 \quad (2)$$

em que:

Kc e Ic correspondem aos coeficientes compacidade e circularidade, respectivamente, e são adimensionais;

P é o perímetro da bacia hidrográfica, em km;

A é a área de drenagem da bacia hidrográfica, em km<sup>2</sup>.

Os valores Kc e Ic observados apoiaram a classificação morfométrica da bacia hidrográfica e auxiliaram as discussões. Os valores de Kc são sempre superiores à unidade, e índices entre 1,00 e 1,25 denotam bacias com formato arredondado; Kcs entre 1,25 e 1,50 descrevem áreas ovaladas; valores superiores a 1,50 indicam bacias hidrográficas alongadas. Os valores de Ic oscilam entre o zero e a unidade, em que bacias hidrográficas com formatos próximos do arredondado tendem para índices unitários, e valores próximos do nulo caracterizam formatos alongados da área (CARDOSO et al. 2006).

## Fator de forma (F) e razão de alongação (Re)

O fator de forma, semelhante ao índice de circularidade, apresenta valores entre o nulo e a unidade, em que F menores que 0,50 indicam bacias alongadas, valores entre 0,50 e 0,75 caracterizam tendência média a enchentes e acima de 0,75, áreas com características arredondadas e sujeitas a enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975). O índice F foi estimado por meio da Equação 3 (CARDOSO et al, 2006).

$$F = A / L^2 \quad (3)$$

em que:

F corresponde ao fator de forma, adimensional;

L é o comprimento do eixo principal da bacia hidrográfica, em km.

A razão de alongação (Re), descrita matematicamente pela Equação 4, apresenta valores elevados para bacias com características arredondadas e susceptíveis a enchentes e índices menores para áreas naturais com formatos alongados e de menor susceptibilidade a enchentes (MOSCA, 2003; FERRARI, 2013).

$$Re = 1,128 \cdot A^{0,5} / L \quad (4)$$

Aher et al. (2014) classificam as bacias hidrográficas como alongadas quando os valores de  $R_e$  ficam entre 0,60 e 0,79; as que apresentam índice maior que 0,89, qualificam-se como ovais.

### Ordem da bacia, razão de bifurcação (Rb) e densidade da rede de drenagem (Dd)

A ordem dos cursos d'água e a razão de bifurcação (Rb) expressam o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia hidrográfica (TUCCI, 2001) e quanto maior a ramificação maior será a tendência para o pico de cheia da bacia hidrográfica. O presente trabalho utilizou o método de Strahler (1952) para análise da ordem da bacia e a Equação 5 (CAMPANHARO, 2010) para estimativa da razão de bifurcação de cada ordem.

$$R_{bO} = N_c / N_{c_{+1}} \quad (5)$$

em que:

$R_{bO}$  é a razão de bifurcação de cada ordem, adimensional;

$N_c$  é o número de canais de determinada ordem;

$N_{c_{+1}}$  corresponde ao número de canais da ordem imediatamente superior.

Para a obtenção da razão de bifurcação da bacia hidrográfica foi utilizada a Equação 6 (HORTON, 1945).

$$R_{b_{BH}} = \Sigma R_{bO} / N_{R_{bO}} \quad (6)$$

em que:

$R_{b_{BH}}$  é a razão de bifurcação da bacia hidrográfica, adimensional;

$N_{R_{bO}}$  corresponde ao número de  $R_{bO}$  da bacia hidrográfica.

Lima (2018) cita que a relação de bifurcação varia entre 2 e 4 para a maioria das bacias hidrográficas. Pela razão de bifurcação, entende-se que quanto maior for o índice maior o grau de ramificação da rede de drenagem de uma bacia e maior a tendência para o pico de cheia (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2006).

A densidade de drenagem da bacia (Dd), determinada pela Equação 7 (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2006), retrata a relação entre o comprimento total dos cursos d'água da bacia e a sua área total. Valores de Dd classificados como baixos representam baixa capilaridade e podem afetar o risco de enchentes, o tempo de concentração e o risco de erosões graves ao longo do leito do corpo d'água (STRAHLER, 1957).

$$Dd = \Sigma L / A \quad (7)$$

em que:

Dd consiste da densidade da rede de drenagem, em  $\text{km km}^{-2}$ ;

$\Sigma L$  é o somatório de todos os canais presentes na bacia, em km.

De acordo com Villela e Mattos (1975), esse índice varia de 0,5  $\text{km km}^{-2}$  para bacias com drenagem pobre e de 3,5  $\text{km km}^{-2}$  ou mais para bacias muito bem drenadas.

Cabe destacar que todo o processamento descrito esquematicamente pela Figura 2 foi realizado com o sistema de informação geográfica QGIS 2.18 (QGIS, 2011) e a biblioteca interna GRASS GIS 7.

## Análise e interpretação dos resultados

A análise dos resultados baseou-se em parâmetros quantitativos e qualitativos. Os sete índices morfométricos estimados – coeficiente de compacidade, índice de circularidade, fator de forma, razão de alongação, ordem da bacia, razão de bifurcação e densidade da rede de drenagem – somados aos mapas e cartas gerados foram as referências para as avaliações quantitativas. Os dados quantitativos obtidos foram confrontados entre si e com a literatura pertinente para caracterização do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica analisada.

As análises qualitativas dos dados foram subsidiadas pelas visitas à bacia hidrográfica, em que o diagnóstico do uso e a ocupação do solo da bacia foram registrados em fotografias obtidas *in loco*.

## Resultados e discussão

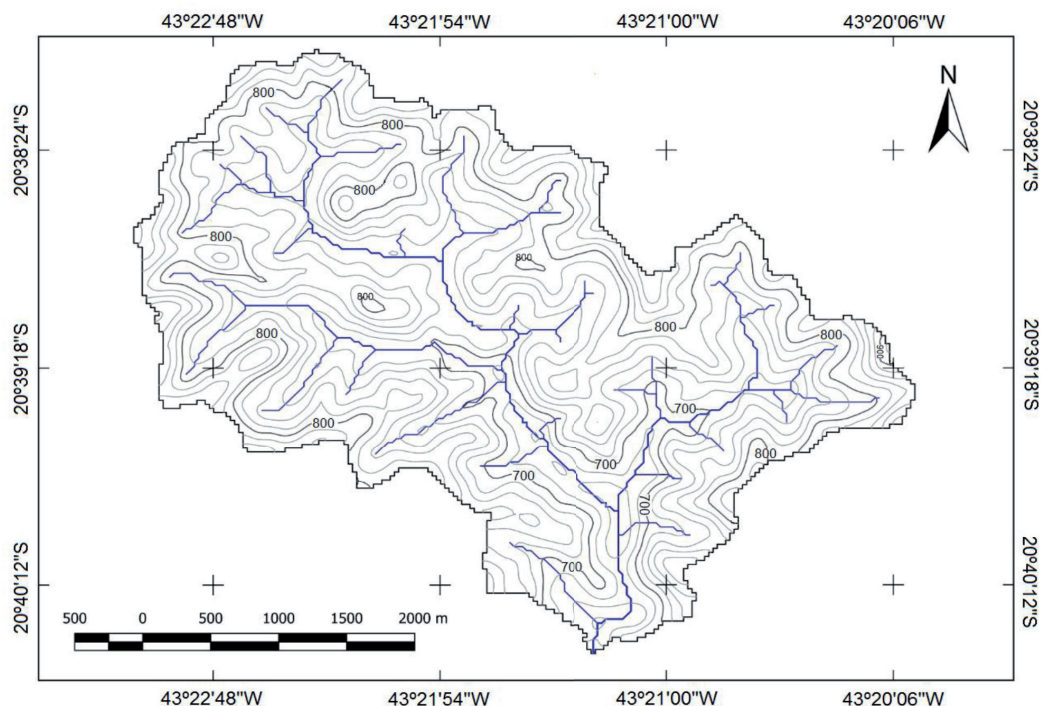
### Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo

A Tabela 1 traz a caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo e a Figura 3 apresenta graficamente o espaço geográfico natural.

**Tabela 1** – Caracterização morfométrica e da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo.

<b>Caracterização morfométrica</b>	
Área de contribuição (A)	13,930 km <sup>2</sup>
Perímetro da bacia (P)	23,560 km
Comprimento do eixo principal (L)	5,278 km
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,781
Índice de Circularidade (Ic)	0,315
Fator de Forma (F)	0,500
Razão de Alongação (Re)	0,798
<b>Caracterização da rede de drenagem</b>	
Comprimento dos canais de drenagem ( $\Sigma L$ )	28,634 km
Comprimento do curso d'água principal (Cp)	6,869 km
Amplitude altimétrica do canal principal (H)	190,000 m
Densidade de Drenagem (Dd)	2,056 km km <sup>-2</sup>
Razão de bifurcação média (Rb)	2,664
Ordem da Bacia conforme Strahler (1952) (O)	4 <sup>a</sup>
Declividade média do canal principal	2,766%

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2018).

**Figura 3** – Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2018).

Com área de 13,93 km<sup>2</sup>, perímetro de 23,56 km e comprimento do eixo principal de 5,28 km (TABELA 1), a Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo pode ser caracterizada como alongada, uma vez que os índices Kc (1,781), Ic (0,315), F (0,500), Re (0,798) e Rb (2,664) apresentaram o mesmo comportamento morfométrico. Esse resultado se confirma ao se analisar, na Figura 3, que a geometria da bacia se distancia do formato circular, assemelhando-se mais ao formato retangular, o que reflete a forma alongada da bacia caracterizada pela interpretação dos índices morfométricos supracitados.

Bacias hidrográficas com forma alongada tendem a ser conservadoras (SIQUEIRA et al., 2012), pois apresentam maior tempo de concentração e são menos susceptíveis a enchentes em condições normais de precipitação (RODRIGUES et al., 2016).

Para a Bacia Hidrográfica do Rio Doce, na qual o Córrego Mestre Campo está inserido, Marcuzzo et al. (2011) observaram geometria próxima da triangular. Esses resultados mostram que as sub-bacias podem apresentar morfometria distinta das bacias hidrográficas principais, conforme discutido por Bertolini e Cherem (2017), e que a caracterização fisiográfica das sub-bacias são necessárias para melhor detalhamento do espaço natural e gerenciamento ambiental, respeitando suas aptidões de uso da terra.

O sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo apresenta configuração dendrítica (FIGURA 3), ramificação de quarta ordem (STRAHLER, 1957), densidade de drenagem de 2,056 km km<sup>-2</sup> e razão de bifurcação média de 2,66, considerado por Villela e Mattos (1975) como sendo de mediana capacidade de drenagem. As informações refletem na capacidade de escoamento da bacia hidrográfica, em que valores de densidade de drenagem maiores estão relacionados



a menor tempo de esgotamento da bacia e menor risco de erosão, conforme discutido por Cardoso et al. (2006) e Zanata et al. (2011).

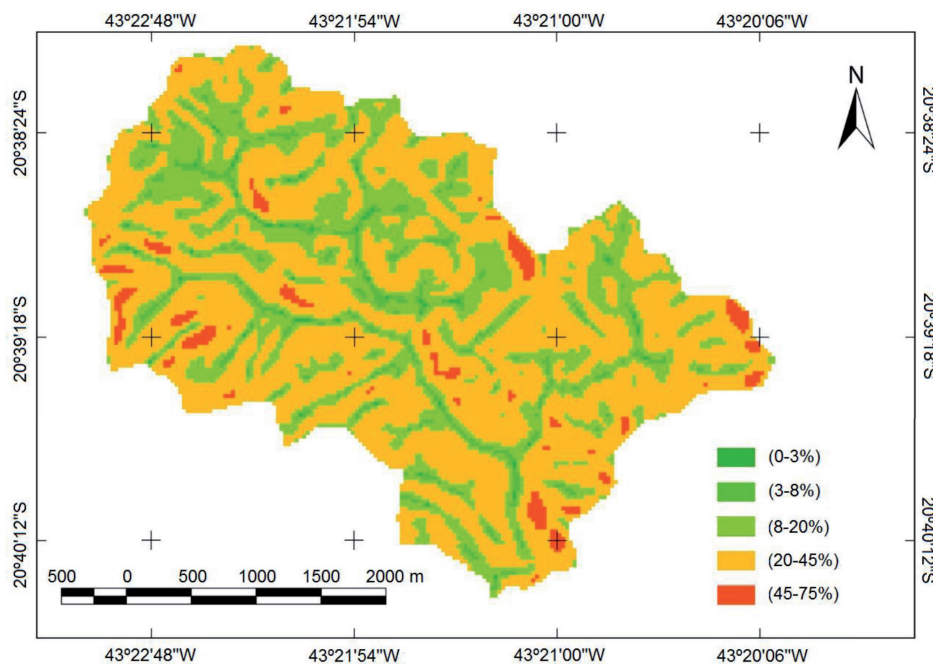
A bacia hidrográfica federal superior à do Córrego Mestre Campo, Bacia do Rio Doce, apresenta maior ramificação da rede de drenagem (décima ordem), porém menor valor para a densidade de drenagem (0,03 km km<sup>-2</sup>) e razão de bifurcação (2,16) (MARCUIZZO et al., 2011). Esses valores mostram que a sub-bacia apresenta maior capacidade de drenagem que a bacia hidrográfica na qual está inserida.

Ainda sobre a drenagem das águas na Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, o curso d'água principal possui amplitude altimétrica de 190 metros distribuídos em 6,869 km de extensão, com declividade média de 2,77%. Esses valores permitem estimar a velocidade média de escoamento das águas (0,818 m s<sup>-1</sup>, segundo o *NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE - NRCS*, 2010) e o tempo de concentração da bacia hidrográfica (de 140 minutos, de acordo com NRCS, 2010), importantes variáveis em análises hidráulicas, em especial no dimensionamento de condutos livres.

O tempo de concentração depende, essencialmente, do escoamento sobre o terreno, sendo que, quanto menor a velocidade de escoamento, maior é o tempo de concentração das bacias hidrográficas (MATA-LIMA et al., 2007) e, conseqüentemente, menor a propensão a enchentes das bacias.

A declividade média observada para as vertentes da bacia hidrográfica foi de 24,45%, correspondente a 61,79% da área de estudo, permitindo classificá-la como uma bacia de relevo fortemente ondulado (EMBRAPA, 1979), conforme ilustrado na Figura 4 e descrito na Tabela 2.

**Figura 4** – Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2018).

**Tabela 2** – Distribuição das classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo.

Declividade	Descrição	Área – km <sup>2</sup>	Percentual
0,0 % – 3,0 %	Plano	0,51275	3,75 %
3,1 % – 8,0 %	Suave ondulado	0,51275	3,75 %
8,1 % – 20,0 %	Ondulado	3,81521	27,93 %
20,1 % – 45,0 %	Forte ondulado	8,43733	61,79 %
45,1% – 75,0 %	Montanhoso	0,38355	2,81 %
> 75,0 %	Escarpado	0	0,00 %

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

É possível observar na Figura 4 que há uma suavização da declividade ao se deslocar das encostas para o talvegue principal. Cardoso et al. (2006) e Rodrigues et al. (2016) ressaltam a importância do relevo em estudos hidrológicos, tal como a relação precipitação e deflúvio da bacia hidrográfica em estudos hidráulicos, visto que são importantes na estimativa velocidade no escoamento superficial das águas, por exemplo.

Uma vez que o Córrego Mestre Campo apresentou forma distinta de sua bacia hidrográfica superior e que a descrição morfológica dessas subunidades se faz importante no planejamento e no gerenciamento da unidade ecológica, as Sub-bacias do Córrego do Brum e Alto Mestre Campo, que juntas formam o Córrego Mestre Campo, também foram caracterizadas segundo suas formas, os resultados estão apresentados na próxima seção.

### Sub-bacias do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo

A Tabela 3 apresenta a caracterização morfométrica das Sub-bacias do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo, enquanto a Figura 5 ilustra as posições geográficas dessas subáreas.

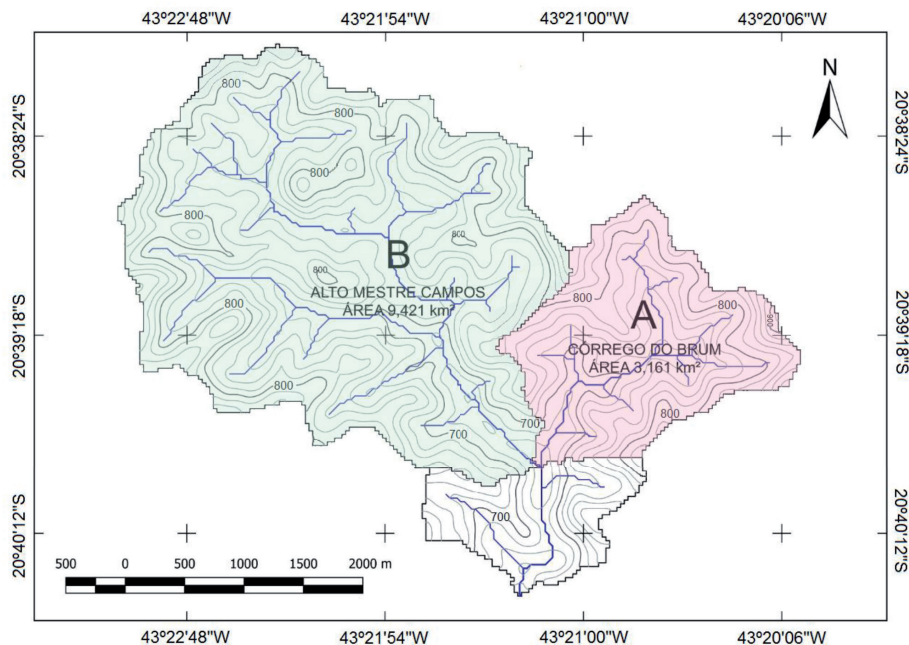
**Tabela 3** – Caracterização morfométrica e da rede de drenagem das Bacias Hidrográficas do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo.

-----	Córrego do Brum	Alto Mestre Campos
<b>Caracterização morfométrica</b>		
Área de Contribuição (A)	3,161 km <sup>2</sup>	9,421 km <sup>2</sup>
Perímetro da Bacia (P)	10,200 km	17,380 km
Comprimento do Eixo (L)	2,458 km	4,420 km
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,618	1,597
Índice de Circularidade (Ic)	0,382	0,392
Fator de Forma (F)	0,523	0,482
Razão de Elongação (Re)	0,816	0,783
<b>Caracterização da rede de drenagem</b>		
Comprimento dos Canais ( $\Sigma L$ )	6,780 km	19,160 km
Comprimento do curso canal principal (Cp)	2,742 km	5,393 km
Amplitude altimétrica do canal principal (H)	260,000 m	160,000 m
Densidade de Drenagem (Dd)	2,145 km km <sup>-2</sup>	2,034 km km <sup>-2</sup>
Razão de bifurcação média (Rb)	1,625	1,611

-----	Córrego do Brum	Alto Mestre Campos
Caracterização morfométrica		
Ordem da Bacia (O)	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Declividade média do canal principal	9,48%	2,966%

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Figura 5 – Posição geográfica das Sub-bacias do Córrego do Brum (A) e do Alto Mestre Campo (B).



Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

A Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo tem seu exutório no Rio Piranga, cujas coordenadas geográficas são 20°40'31" de latitude sul e 43°21'17" de longitude oeste, conforme ilustrado na Figura 3. As sub-bacias do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo possuem exutórios diferentes, situados sob as coordenadas geográficas 20°39'55" de latitude sul e 43°21'10" de longitude oeste, conforme ilustrado na Figura 5. Em adição, a sub-bacia do Alto Mestre Campo possui área de contribuição (9,421 km<sup>2</sup>) três vezes superior à do Córrego do Brum (3,161 km<sup>2</sup>).

Os valores estimados para Kc, Ic e F indicam formas ovalada e alongada para as Sub-bacias do Córrego do Brum e Alto Mestre Campo, respectivamente. Assim como discutido para a Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo, esses resultados eram previstos, visto a semelhança das geometrias das sub-bacias de formatos em círculo e retângulo, respectivamente.

Valores menores de razão de alongação (Re) estão associados a áreas alongadas e Re maiores estão associados a espaços físicos arredondados. Pela classificação de Aher et al. (2014), a Sub-bacia do Córrego do Brum tende a ser ovalada enquanto a Sub-bacia do Alto Mestre Campo caracteriza-se como alongada, corroborando as informações da Tabela 3.

Os resultados mostram um comportamento morfométrico heterogêneo na Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo, em que a parte leste desse espaço natural apresenta maior vulnerabilidade a enchentes que a seção oeste da área geográfica. Diante desse cenário, faz-se necessária a

adoção de planejamentos e gerenciamentos ambientais distintos para cada espaço, respeitando suas variabilidades e potenciais.

O sistema de drenagem encontrado em ambas sub-bacias possui conformação dendrítica (FIGURA 5), apresentando ramificação de terceira ordem conforme classificação proposta por Strahler (1957). A densidade de drenagem observada para as Sub-bacias do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo foram próximas, com valores de 2,145 km km<sup>-2</sup> e 2,034 km km<sup>-2</sup>, respectivamente, sendo consideradas medianas (VILLELA; MATTOS, 1975).

Ainda sobre a drenagem das águas na Sub-bacia do Córrego do Brum, o curso d'água principal possui amplitude altimétrica de 260 metros distribuídos em 2,742 km de extensão, o que gera uma declividade média de 9,48%, enquanto para a Sub-bacia do Alto Mestre Campo, a amplitude altimétrica foi de 160 metros em 5,393 km de extensão do canal principal, apresentando declividade média de 2,76%. Esses resultados vão ao encontro dos apresentados na Figura 4, em que é possível observar áreas mais íngremes na região do Córrego do Brum quando comparado com o Alto Mestre Campo.

Segundo o método NRCS (1972), esses valores de declividade configuram uma velocidade média de escoamento das águas de 1,514 m.s<sup>-1</sup> para a Sub-bacia do Córrego do Brum e 0,846 m s<sup>-1</sup> para a do Alto Mestre Campo. Além disso, o tempo de concentração estimado para as Sub-bacias hidrográficas do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo são de 30 minutos e 106 minutos, respectivamente, resultados condizentes com toda discussão supracitada e importantes para os estudos hidráulicos e hidrológicos da área.

## Conclusão

Os índices morfométricos utilizados na caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo mostraram um espaço natural com forma alongada e rede de drenagem do tipo dendrítica, de quarta ordem e com mediana capacidade de escoamento da água.

As sub-bacias que compõem a Bacia do Córrego Mestre Campo mostraram fisiografias heterogêneas, em que a Sub-bacia do Córrego do Brum apresentou forma ovalada e a Sub-bacia do Alto Mestre Campo forma alongada. As particularidades das sub-bacias revelam a necessidade de planos de trabalhos e gerenciamentos distintos na Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, de forma a respeitar o potencial e as aptidões de cada espaço.

## Morphometric characterization of Mestre Campo Stream Watershed, in Piranga City, Minas Gerais

### Abstract

The multiple environmental dynamics of watersheds make these natural spaces interesting objects of study, and in areas with few scientific investigations, such as the Mestre Campo Stream watershed, the need for these investigations is even greater. The accomplishment of this paper sought to characterize the morphometry of Mestre Campo Stream Watershed, located in Piranga City, Minas Gerais, Brazil, as a first activity to create a management plan for the natural resources available in the area. Therefore, TOPODATA geomorphological data were used in a geographic information system (GIS) to extract the morphometric information – area and respective perimeter, length of axis and of drainage network – from the study area and, then, these variables were used to estimate the following

indicators: form factor, circularity and compactness indexes, elongation ratio and drainage density, in order to describe the watershed. The morphometric indexes indicated an elongated behavior for the watershed, characterizing it as a space of low susceptibility to flooding under normal precipitation conditions. In addition, the drainage network showed fourth-order ramifications and a median capacity of drainage. The sub-watersheds that makes the Mestre Campo Stream Watershed were also characterized, the Sub-watershed of Brum Stream presented a rounded shape, while the Alto Mestre Campo Sub-watershed presented elongated characteristics. These results highlight the heterogeneity of Mestre Campo Stream Watershed, which must be considered when elaborating the management plan for the studied watershed, respecting the particularities of that geographic space in order to properly explore its natural resources.

**Keywords:** Environmental management. Shape indexes. GIS.

## Referências

AHER, P. D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR, S. D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. **Journal of Hydrology**, v. 511, n. 1, p. 850-860, 2014.

ANTONELI V.; THOMAZ E. L. Caracterização do meio físico da bacia do arroio boa vista - Guamiranga-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 8, n. 21, p. 46-58. 2007.

BERTOLINI, W. Z.; CHEREM, L. F. S. Relação entre o relevo e a rede de drenagem na análise da condição de equilíbrio no alto rio Piranga (MG). **Revista Geografias**, v. 12, n. 1, p. 102-118, 2017.

CAETANO, J. M.; CASAROLI, D. Tendências dos modelos hidrológicos integrados aos sistemas de informações geográficas a partir da cienciometria. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 406-414, 2016.

CAMPANHARO, W. A. **Diagnóstico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce-ES**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010. Disponível em: [http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC\\_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf](http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf). Acesso em: 23 jul. 2019.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; BOECHAT, C. P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo/RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CARVALHO, D. F.; MELLO, J. P. L.; SILVA, L. D. B. **Apostila Hidrologia**. UFRRJ. Rio de Janeiro – RJ. 2006. Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.

COELHO NETTO. A. L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Ed. Bertrand Brasil, 1995. p 93- 48.

COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. de O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 369-381, out.-dez., 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sumula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**, 1979, Rio de Janeiro. Súmula... Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F.; Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. **The Geological Society of America**, v. 56, n. 2, p. 275-370, 1945. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1177/030913339501900406>>. Acesso em 23 jul. 2019.

LACERDA, F. M. Análise geoquímica e ambiental para descrição da bacia do rio Oratórios – MG. **Geochimica Brasiliensis**, v. 28, n. 2, p. 227-236, 2014.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. Análise Comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**. 2011, Curitiba – PR. Anais ... Curitiba: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2011.

LIMA, A. G. G. **Hidrologia**. 2018. Disponível em: < <http://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/morfologiaBacias.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; SANTOS, J. M. Análise geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso (semiárido da Bahia) através da aplicação de parâmetros morfométricos da rede de drenagem. **Revista de Geografia** (Recife), v. 27, n. 2, p. 31-44, 2011.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V.; CARDOSO, M. R. D.; PINTO FILHO, R. D. F. Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Doce. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2011

MATA-LIMA, H.; VARGAS, H.; CARVALHO, J.; GONÇALVES, M.; CAETANO, H.; MARQUE, A.; RAMINHOS, C. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 60, n. 3, p. 525-536, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672007000300014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672007000300014&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 23 jul. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672007000300014>.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 88 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

NASCIMENTO, R. A.; CASTRO, J. F. M. Análise Climatológica Da Bacia Do Rio Piranga-MG:(1951-2012). **Geografia e Pesquisa**, v. 7, n. 1, p. 79-99, 2013.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE – NRCS. **National Engineering Handbook Hydrology Chapters**: Chapter 15 - Time of Concentration. Washington DC: United States Department of Agriculture, 2010. Available from: <<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=27002.wba>>. Access on 23 July 2019.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

QGIS, D. T. **Quantum GIS geographic information system**. Open Source Geospatial Foundation Project, v. 45, 2011.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPO, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego da fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, v. 13, n. 3, p. 310-322, 2008.

RODRIGUES, R. S. S.; FERNANDES, L. L.; CRISPIM, D. L.; VIEIRA, A. S. A.; PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. **Revista Verde**, v.11, n.3, p.143-150, 2016.

SANTOS, H. G.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DART, R. O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Solos. 2013. 353 p.

SILVA, G. C. da; ALMEIDA, F. de P.; ALMEIDA, R. T. S.; MESQUITA, M.; ALVES JUNIOR, J. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel - Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.28; p.244-258, 2018.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SIQUEIRA, H. E.; TIBERY, L. R.; GUIDOLINI, J. F.; VALE JUNIOR, R. F.; RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do Rio Veríssimo, Veríssimo – MG. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2236-2246, 2012.

SOBRINHO, F. A. P.; Composição florística e estrutura de um fragmento de Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial em Viçosa (MG). **Floresta**, v. 39, n. 4, p. 793-805, 2009.

SOUSA, F. R. C. de. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 555-564, 2016.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 1; p. 1117-1142, 1952.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itú / RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 2, p. 219-237, 2015.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/Edusp/ABRH, 2001. 943p.

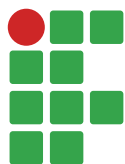
VILLELA, S. M.; MATTOS A. **Hidrologia Aplicada**, Ed. McGraw-Hill, São Paulo. 1975. 245 p.

ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M.; SERGIO, C. Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.1062–1067, 2011.

**Submetido em:** 09/04/2019

**Aceito em:** 31/07/2019





# Fitossociologia herbácea comparada em sistemas agroflorestais e monocultivo de guanandi em terraço fluvial

Antonio Carlos Pries Devidé<sup>1</sup>

Cristina Maria de Castro<sup>2</sup>

Raul de Lucena Duarte Ribeiro<sup>3</sup>

Marcos Gervasio Pereira<sup>4</sup>

## Resumo

Gramíneas forrageiras invasivas, principalmente do gênero *Urochloa*, impactam os reflorestamentos no mundo todo. O objetivo deste estudo foi avaliar alterações na fitossociologia do estrato herbáceo, definido como a camada de ervas, subarbustos, arbustos e trepadeiras, em função do manejo de dois sistemas agroflorestais (SAF Simples e SAF Biodiverso) na conversão de reflorestamento de guanandi (*Calophyllum brasiliense*), comparado ao monocultivo (testemunha). O experimento foi conduzido entre os anos de 2011-2014 em delineamento em blocos ao acaso com oito repetições e parcelas de 144,0 m<sup>2</sup>. Nos sistemas agroflorestais foram cultivadas culturas alimentares de mandioca (*Manihot esculenta*) e rotação com araruta (*Maranta arundinacea*) nas entrelinhas do guanandi, acrescidas de guandu (*Cajanus cajan*), bananeira (*Musa* sp.), palmeira juçara (*Euterpe edulis*) e 14 espécies arbóreas nativas no SAF Biodiverso. Ao todo foram identificadas 41 espécies no estrato herbáceo, 38 gêneros e 24 famílias botânicas, sendo Asteraceae, Poaceae e Cyperaceae as mais abundantes. A similaridade entre as áreas divergiu após três anos de manejo, com o predomínio de *Commelina benghalensis* e *M. arundinacea* nos SAF e *Urochloa decumbens* no monocultivo, principalmente, em função do gradiente de sombra estabelecido entre os três sistemas.

**Palavras-chave:** Reflorestamento ecológico; Biodiversidade; Plantas espontâneas.

## Introdução

Os sistemas agrícolas podem contribuir para a degradação dos solos, resultando na redução da produtividade e em outros problemas ambientais. No Vale do Paraíba do Sul, a degradação dos solos teve início no ciclo do café e se agravou com a expansão da pecuária extensiva (DEVIDE et al., 2014; SANTOS et al., 2016). De 1962 a 2011, a cobertura florestal aumentou entre as sub-regiões do vale paulista, em 133,0% no Vale Médio (região mais industrializada) e em 77,0% no Alto Vale, sub-região rural com forte êxodo acompanhada da diminuição do rebanho bovino (SILVA et al., 2017). Os impactos na paisagem resultaram em 82,0% da cobertura de floresta natural remanescente dispersa em fragmentos com até 20 hectares até o ano de 2005 (KRONKA et al., 2005), considerados muito pequenos para a proteção da biodiversidade e altamente vulneráveis às gramíneas invasivas. Atualmente, os fatores mais determinantes para regeneração natural da floresta são o

1 Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, pesquisador. [antoniodedevid@apta.sp.gov.br](mailto:antoniodedevid@apta.sp.gov.br). Av. Dr. Antônio Pinheiro Junior, 4009, Caixa postal 32, 12400-970 Pindamonhangaba (SP), Brasil.

2 Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, pesquisadora. [cristinacastro@apta.sp.gov.br](mailto:cristinacastro@apta.sp.gov.br).

3 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, professor do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia. [lucena@ufrj.br](mailto:lucena@ufrj.br).

4 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, professor do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo. [gervasio@gmail.com](mailto:gervasio@gmail.com).

pequeno tamanho e a grande distância entre esses remanescentes florestais; são 213 mil hectares de áreas ocupadas por pastagens de alto potencial de autorrecuperação ecológica e 113 mil ha de médio potencial (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2018).

As gramíneas pertencem à família Poaceae, que compreende aproximadamente 790 gêneros e 10.000 espécies. No Brasil, aproximadamente 200 gêneros e mais de 1.350 espécies de Poaceae foram descritas (LONDE; SILVA, 2014). A infestação de gramíneas forrageiras não nativas, principalmente do gênero *Urochloa* é uma das mais importantes barreiras biológicas para restauração das florestas tropicais (GARCÍA-ORTH; MARTÍNEZ-RAMOS, 2011; MANTOANI; TOREZAN, 2016). *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster é uma gramínea exótica que se adaptou ao ambiente tropical em toda a América Latina por ser bastante tolerante aos altos níveis de alumínio predominantes nos solos ácidos (SEIFFERT, 1980). As gramíneas forrageiras podem aumentar a intensidade do fogo e suprimir espécies nativas (CABIN et al., 2002; FLORY et al., 2015).

Nos reflorestamentos comerciais e regenerativos, o controle de gramíneas é normalmente realizado com herbicidas, para garantir condições satisfatórias para o desenvolvimento das árvores (CORDELL et al., 2004; PYWELL et al., 2010; MOORE et al., 2011). O uso em larga escala de produtos químicos em relevo montanhoso e em solos permeáveis pode contaminar os corpos d'água, atingir os aquíferos subterrâneos (BRITO et al., 2001; AGRAWAL et al., 2010; SOARES et al., 2012; MOREIRA et al., 2012; SOARES et al., 2013) e reduzir a riqueza de espécies espontâneas (CÉSAR et al., 2013). Em reflorestamentos com espécies nativas de lento crescimento, como é o caso do guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), o controle químico pode se tornar oneroso e elevar o impacto ao meio ambiente e ao trabalhador rural. O guanandi é uma espécie florestal tardia (BRENES; MONTAGNINI, 2006; PETIT; MONTAGNINI, 2006), produtora de madeira nobre e com ampla utilização na restauração ambiental de áreas inundáveis (DURIGAN, 1990; CARVALHO, 2003; BRENES; MONTAGNINI, 2006).

A diversificação de plantios florestais mediante a consorciação de cultivos em sistemas agroflorestais (SAF) ajuda a restaurar paisagens degradadas (DARONCO et al., 2012; MEDEIROS et al., 2015; CÂNDIDO et al., 2016). No SAF, o componente arbóreo aporta resíduo orgânico e sombreia o solo sob a copa das árvores, o que melhora a eficiência no controle de gramíneas não nativas (CORDELL et al., 2004), reduzindo, desta maneira, a necessidade do manejo químico (MOORE et al., 2011). Nos SAFs são produzidas variedades de alimentos, forragens e produtos florestais, que geram renda e aliviam a pobreza no meio rural (LUEDELING et al., 2014; ALTIERI; NICHOLLS, 2017; FAO, 2017). Entre os modelos de SAFs, existem o SAF Simples, em que o sistema é adequado para agricultores interessados em obter o máximo rendimento de cultivos anuais em associação com a espécie florestal e o SAF Biodiverso, adequado para agricultores que almejam diversificar a produção agrícola e restaurar o ambiente por meio do consórcio de diversidade de espécies florestais e agrícolas de ciclo curto, médio e longo, ocupando os diversos estratos da sucessão vegetal no espaço e no tempo (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2018). Esses sistemas podem atuar de maneira contrastante sobre a comunidade de plantas espontâneas, conforme a intensidade de manejo e o sombreamento.

Este estudo foi realizado para avaliar as mudanças que ocorrem na fitossociologia do estrato herbáceo em função do manejo agroecológico em dois sistemas agroflorestais (SAF Simples e SAF Biodiverso), comparados ao reflorestamento puro de guanandi (testemunha). A hipótese é de que ao menos um SAF apresente atributos favoráveis ao manejo agroecológico da vegetação espontânea, principalmente no quesito de controle de gramíneas não nativas.

## Material e métodos

A área do estudo (22°53'S; 45°23'O) está localizada em Pindamonhangaba (SP), em altitude média de 544 m, em uma topossequência em terraço fluvial com solos classificados, segundo Santos et al. (2013), como Cambissolo Flúvico tb Distrófico típico no terço superior e médio, e Planossolo Háplico tb Distrófico, na porção inferior do terraço. Eles apresentam características químicas similares: pH (H<sub>2</sub>O)=5,6; H+Al=3,3 mg dm<sup>-3</sup>; P=60,3 mg dm<sup>-3</sup>; K=18 mg dm<sup>-3</sup>; Ca=1,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg=0,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e matéria orgânica=22,8 dag kg<sup>-1</sup>. Esses solos apresentam aspecto uniforme com características hidrológicas semelhantes ao longo da série.

A precipitação anual é intensa e concentrada no verão (MATTOS et al., 1998). O clima classificado como subtropical úmido (Cwa) segundo Köppen apresenta inverno seco, temperaturas inferiores a 18,0°C e verão quente que supera 22,0°C. A área experimental contornada pelo Ribeirão Capituba foi inundada pela alta precipitação pluvial na primavera-verão dos anos de 2011 (1307 mm) e de 2012 (1497 mm), e o curso d'água interrompeu o fluxo nos eventos de seca extrema (TARGA; BATISTA, 2015) que aconteceram em 2013 (1158 mm) e em 2014 (619 mm) (APTA, 2015).

O guanandi foi plantado no espaçamento 3,0 m x 2,0 m no ano de 2008. No ano de 2011, foi instalado o experimento de conversão agroflorestal no delineamento em blocos ao acaso, com oito repetições e parcelas de 144,0 m<sup>2</sup>, com quatro linhas de seis árvores de guanandi em cada linha. Os tratamentos foram: (T1) monocultivo de guanandi (testemunha), (T2) SAF Simples e (T3) SAF Biodiverso. Nos sistemas agroflorestais, inicialmente foram cultivadas nas entrelinhas do guanandi duas fileiras de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e, nos ciclos 2012-2013 e 2013-2014, realizou-se o plantio de araruta (*Maranta arundinacea* L.). O SAF Biodiverso foi acrescido nas entrelinhas da mandioca em 2012 com guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) para adubação verde, mudas de bananeiras e 15 espécies florestais nativas espaçadas em um metro entre si, sendo: nove da classe sucessional pioneira (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Bixa orellana* L., *Citharexylum myrianthum* Cham., *Croton floribundus* Spreng., *Erythrina verna* Vell., *Inga vera* Willd., *Joannesia princeps* Vell., *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake), e seis não pioneiras (*Euterpe edulis* Mart., *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Handroanthus umbellatus* (Sond.) Mattos, *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng., *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A.Robyns e *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.), indicadas para recuperação de matas ciliares (TORRES et al., 1992; LORENZI, 1992; LORENZI, 1998). As culturas receberam adubação orgânica e mineral nos sistemas agroflorestais e o monocultivo, calcário em cobertura.

A monocultura de guanandi contém áreas cobertas por gramíneas em que os componentes bióticos do ecossistema são menos resilientes e apresentam tendências de degradação inercial, conforme Cortines e Valcarcel (2009). Os sistemas agroflorestais são tratamentos em que as espécies cultivadas podem influenciar positivamente os componentes bióticos e físicos, modificando os níveis de equilíbrio homeostático e definindo tendências para degradação ou restauração (FIGURA 1).

**Figura 1** – Perfil dos sistemas de cultivo de guanandi: A – Monocultivo com gramíneas na entrelinha; B – SAF Simples com araruta; C – SAF Biodiverso com araruta, bananeira e diversidade arbórea.



**Fonte:** Antonio Devidé (2013).

O manejo da vegetação espontânea no monocultivo consistiu em roçadas anuais e capinas seletivas com enxada no entorno das árvores, para o controle de lianas; os sistemas agroflorestais receberam capinas manuais no manejo das culturas consortes. Previamente ao manejo, realizou-se o levantamento fitossociológico do estrato herbáceo em 19 de setembro de 2011, 24 de setembro de 2012, 28 de setembro de 2013 e 09 de outubro de 2014. Ao caminhar nas entrelinhas do guanandi, foi lançado ao acaso o quadrado inventário (0,25 m x 0,25 m) de Braun-Blanquet oito vezes em cada parcela (BRAUN-BLANQUET, 1979; BOLDRINI et al., 2008). Foram identificadas em bibliografia especializada (LORENZI; MATOS, 2008; LORENZI, 2000) todas as plântulas e plantas herbáceas coletadas enraizadas na área interior da moldura. Foram considerados indivíduos todas as emissões aéreas com propagações vegetativas subterrâneas ativas individualizadas, sendo originárias por propagação de sementes ou por meio de ramificações de estrutura enterrada no solo, como exemplo, as touceiras de capins. A classificação das espécies e a nomenclatura foram atualizadas conforme APG IV em consulta nas bases de dados on-line Flora do Brasil 2020 (em construção) e do Re flora – Herbário Virtual<sup>5</sup>.

Determinou-se a frequência absoluta (FA%) e relativa (FR%), a densidade relativa (DR%) e o índice de similaridade (IS%).

### Frequência Absoluta:

$$FA (\%) = \frac{NAe}{NAT} * 100 \quad (1)$$

em que: *NAe*: número de amostras em que ocorreu a espécie; *Nat*: número total de amostragens;

<sup>5</sup> Disponível em: [www.reflora.jbrj.gov.br](http://www.reflora.jbrj.gov.br)

Frequência Relativa:

$$FR (\%) = FAe / Fat * 100 \quad (2)$$

em que: FAe: frequência absoluta de determinada espécie; e Fat: frequência absoluta de todas as espécies;

Densidade Relativa:

$$DR (\%) = Ne / Nt * 100 \quad (3)$$

em que: Ne: número de indivíduos de determinada espécie nas amostras; Nt: número total de indivíduos amostrados;

Índice de Similaridade de Jaccard:

$$JSJ = (c / (a + b + c)) * 100 \quad (4)$$

em que: a: número de espécies exclusivas da primeira comunidade; b: número de espécies exclusivas da segunda comunidade; c: número de espécies comuns às duas comunidades (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

## Resultados e discussão

Neste estudo, foram identificadas 41 espécies, 38 gêneros, 24 famílias botânicas, sendo as mais abundantes: Asteraceae (nove espécies), Fabaceae (cinco espécies), Poaceae (quatro espécies) e Cyperaceae (três espécies) (TABELA 1). Na Tabela 1, são relacionadas todas as espécies encontradas nas áreas, identificadas com nomes científico e vulgar, conforme APG IV. A maior riqueza de espécies de plantas herbáceas foi verificada no SAF Simples (35 espécies) e SAF Biodiverso (34 espécies), superiores ao monocultivo (25 espécies); no geral, predominou-se a classe eudicotiledôneas.

**Tabela 1** – Famílias botânicas, nome científico, popular e riqueza de espécies do estrato herbáceo em plantios de guanandi em terraço fluvial, Pindamonhangaba (SP)

Família	Nome científico	Nome popular	Classe <sup>1</sup>	Mono cultivo	SAF Simples	SAF Biodiverso
ACANTHACEAE	<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	cipó-africano	E	x	-	x
APIACEAE	<i>Bidens pilosa</i> L.	picão	E	x	x	x
ASTERACEAE	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	erva-de-são-joão	E	x	x	x
ASTERACEAE	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	buva	E	x	x	x
ASTERACEAE	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	serralinha	E	x	x	x
ASTERACEAE	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill	funcho	E	-	x	-
ASTERACEAE	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	botão de ouro	E	-	x	-
ASTERACEAE	<i>Solidago chilensis</i> Meyen	arnica brasileira	E	-	x	-
ASTERACEAE	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	serralha	E	-	x	x

Família	Nome científico	Nome popular	Classe <sup>1</sup>	Mono cultivo	SAF Simples	SAF Biodiverso
ASTERACEAE	<i>Synedrellopsis grisebachii</i> Hieron. & Kuntze	agriãozinho	E	x	x	-
ASTERACEAE	<i>Taraxacum officinale</i> Web	dente-de-leão	E	-	x	x
BRASSICACEAE	<i>Coronopus didymus</i> (L.) Sm.	mastruz	E	x	-	x
CALOPHYLLACEAE	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	guanandi	E	-	x	x
COMMELINACEAE	<i>Commelina benghalensis</i> L.	trapoeraba	E	x	x	x
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomea purpurea</i> L.	corda-de-viola	E	x	x	x
CUCURBITACEAE	<i>Momordica charantia</i> L.	melão-de-são-caetano	E	x	x	x
CYPERACEAE	<i>Cyperus rotundus</i> L.	tiririca	M	x	x	x
CYPERACEAE	<i>Eleocharis</i> R.Br.	capim fino	M	x	x	x
CYPERACEAE	<i>Rhynchospora alba</i> (L.) Vahl	cebolinha	M	x	x	x
FABACEAE	<i>Arachis pintoii</i> Krapov. & W.C.Greg.	amendoim forrageiro	E	-	x	x
FABACEAE	<i>Centrosema plumieri</i> (Turpin ex Pers.) Benth.	cipó bravo	E	x	x	x
FABACEAE	<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	feijão bravo	E	x	x	x
FABACEAE	<i>Mimosa pudica</i> L.	dormideira	E	-	x	x
FABACEAE	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby	fedegoso	E	x	-	x
HYPOXIDACEAE	<i>Hypoxis decumbens</i> L.	tiririca-de-flor-amarela	M	-	x	-
LYTHRACEAE	<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	sete sangria	E	-	x	-
MALVACEAE	<i>Malvastrum coromandelianum</i> Garcke	guanxuma	E	x	x	x
MARANTACEAE	<i>Maranta arundinacea</i> L.	araruta	M	x	x	x
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia longifolia</i> (DC.) H.Hara.	cruz-de-malta	E	x	x	x
ORCHIDACEAE	<i>Oceoclades maculata</i> (Lindley) Lindley	orquídea	M	x	x	x
OXALIDACEAE	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	trevo	E	-	x	x
PHYLLANTHACEA	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	quebra-pedra	E	x	x	x
POACEAE	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	capim carrapicho	M	-	x	x
POACEAE	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	grama seda	M	x	x	x
POACEAE	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	capim-pé-de-galinha	M	x	x	x
POACEAE	<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	brachiaria	M	x	x	x
PORTULACACEAE	<i>Portulaca oleracea</i> L.	beldroega	E	-	-	x

Família	Nome científico	Nome popular	Classe <sup>1</sup>	Mono cultivo	SAF Simples	SAF Biodiverso
SOLANACEAE	<i>Solanum americanum</i> Mill.	maria-pretinha	E	x	x	x
SOLANACEAE	<i>Solanum sisymbriifolium</i> Lam.	joá-mata-cavalo	E	x	-	x
TALINACEAE	<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	major-gomes	E	-	x	x
Total				26	35	34

<sup>1</sup>E – eudicotiledôneas; M – monocotiledôneas

Fonte: Elaboração dos autores (2014).

A Tabela 2 apresenta as espécies mais abundantes e com maior número de indivíduos após três anos de manejo. No monocultivo, predominam *U. decumbens*, *C. rotundus* e *C. benghalensis*; no SAF Simples, *C. benghalensis*, *B. pilosa*, *M. arundinacea* e no SAF Biodiverso, *C. brasiliense*, *M. arundinacea* e *C. benghalensis*.

**Tabela 2** – Frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR) e densidade relativa (DR) de 15 espécies do estrato herbáceo abundantes em terraço fluvial, em monocultivo (T1), SAF Simples (T2) e SAF Biodiverso (T3).

Espécies	FA			FR			DR		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
<i>U. decumbens</i>	25	2	0	62	4	0	64	2	0
<i>C. rotundus</i>	5	4	0	13	7	0	14	5	0
<i>C. benghalensis</i>	3	15	3	8	25	19	6	36	22
<i>P. tenellus</i>	3	5	1	6	8	3	6	8	2
<i>R. alba</i>	2	2	0	4	3	0	3	2	0
<i>C. virginianum</i>	1	1	0	3	1	0	2	1	0
<i>O. latifolia</i>	1	2	0	1	4	0	2	2	0
<i>Amaranthus sp.</i>	1	2	0	1	3	0	1	2	0
<i>C. bonariensis</i>	1	5	0	1	8	0	2	14	0
<i>B. pilosa</i>	0	7	0	0	12	0	0	12	0
<i>S. oleraceae</i>	0	2	0	0	3	0	0	2	0
<i>T. alata</i>	0	2	0	0	4	0	0	2	0
<i>T. paniculatum</i>	0	2	0	0	4	0	0	3	0
<i>M. arundinacea</i>	0	6	5	0	10	31	0	7	26
<i>C. brasiliense</i>	0	1	6	0	2	37	0	1	41

Fonte: Elaboração dos autores (2014).

Após três anos de manejo, a similaridade fitossociológica divergiu entre a comunidade de plantas herbáceas do SAF Biodiverso e os demais sistemas de cultivo (TABELA 3).

**Tabela 3** – Índice de Similaridade de Jaccard (IS%) de plantas espontâneas em monocultivo de guanandi (T1), SAF Simples (T2) e SAF Biodiverso (T3) em terraço fluvial

Tratamentos	2011	2012	2013	2014
T1/T2	54	58	60	50
T1/T3	80	60	69	14
T2/T3	52	71	67	18
Média	62	63	65	27

Fonte: Elaboração dos autores (2014).

## Discussão

Na presente pesquisa, as gramíneas forrageiras foram as espécies mais abundantes no monocultivo, em que a roçada e a capina-seletiva no entorno das árvores de guanandi não foram eficientes para o controle da *Urochloa*. Esta espécie constitui um dos maiores problemas para a regeneração natural da floresta por competir por nutrientes e água, impedindo o estabelecimento de espécies nativas (VIEIRA et al., 1994; NEPSTAD et al., 1996; SOUZA; BATISTA, 2004; CORTINES; VALCARCEL, 2009). Em outro estudo, na instalação de um sistema silvipastoril com o pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Cambess.), as gramíneas *Panicum* L. e *Urochloa* P.Beauv. apresentaram maior desenvolvimento e produtividade de matéria seca, causando a supressão do estilósante (*Stylosanthes capitata* Vogel e *Stylosanthes macrocephala* M.B.Ferreira & Sousa Costa) no consórcio (FAVARE et al., 2018). As gramíneas são plantas C4 adaptadas a pleno sol que ocupam áreas abertas, podendo reduzir a diversidade de espécies herbáceas (RIBEIRO et al., 2005) e lenhosas da regeneração natural, além de tornar essas áreas mais suscetíveis ao fogo (CABIN et al., 2002; CORTINES; VALCARCEL, 2009; MOORE et al., 2011; FLORY et al., 2015; MANTOANI; TOREZAN, 2016). Áreas infestadas de gramíneas apresentam componentes bióticos do ecossistema menos resilientes e tendências de degradação inercial, com espécies herbáceas ruderais, com ciclos intensos de crescimento vegetal e senescência, produzindo uma biomassa seca altamente inflamável em períodos quentes e secos, que inibe o crescimento de espécies lenhosas, ao passo que no ambiente de floresta há uma tendência natural para a restauração (CORDELL et al., 2004; CORTINES; VALCARCEL, 2009; MOORE et al., 2011). A infestação de gramíneas não nativas pode causar prejuízos às lavouras e espécies florestais, com decréscimos acentuados da produtividade, quer pela competição direta pelos fatores de produção, quer pelos compostos alelopáticos liberados (SOUSA et al., 2003).

Entretanto, muitas gramíneas são cultivadas em faixas em SAF com objetivo de fornecer fitomassa e acelerar a restauração dos solos degradados (MICCOLIS et al., 2016). O manejo é realizado mediante o corte frequente, segundo César et al. (2013). A depender da intensidade de manejo e da localização da fitomassa no entorno ou nas linhas de cultivo das espécies comerciais, as gramíneas formam um manto de matéria orgânica que recicla nutrientes e mantém a umidade do solo (MICCOLIS et al., 2016).

Na presente pesquisa, nas áreas de manejo agroflorestal, o número de plantas dicotiledôneas aumentou e o de monocotiledôneas diminuiu. Isto ocorre em função do sombreamento. O SAF Biodiverso com maior densidade de plantio de diversidade de espécies apresentou maior sombreamento, o que resultou no controle eficiente de gramíneas, em comparação ao SAF Simples. Isto corrobora os resultados de outros autores que relatam que o sombreamento é o principal mecanismo de controle



de gramíneas não nativas invasoras (CORTINES; VALCARCEL, 2009), conforme verificado na restauração ecológica de florestas ripárias (MOORE et al., 2011), de florestas secas (CODELL et al., 2004) e em SAF na supressão do capim-guiné (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) com a cobertura de copa da vegetação arbórea nativa (MANTOANI; TOREZAN, 2016).

Tanto nos reflorestamentos comerciais (PYWELL et al., 2010) quanto nos regenerativos (MOORE et al., 2011) e SAF, o componente arbóreo melhora a eficiência no controle de gramíneas não nativas por meio do sombreamento. O aporte de matéria orgânica do componente arbóreo melhora a fertilidade dos solos, controla a erosão, reduz a lixiviação de nutrientes (WEZEL et al., 2014), aumenta a disponibilidade de água no solo e a resiliência às condições de seca extrema (BASCHE; EDELSON, 2017), que tem ocorrido com maior frequência nas regiões tropicais (TARGA; BATISTA, 2015).

Nos grossistemas tropicais, as comunidades de plantas invasoras dominantes são formadas por espécies nativas e cosmopolitas e as práticas agrícolas, os sistemas de manejo do solo e das culturas exercem influência acentuada na composição florística e no tamanho das comunidades de plantas invasoras (SOUSA et al., 2003) além dos atributos do solo (MENEZES et al., 2008).

O índice de similaridade de Jaccard, aplicado entre as espécies de todos os tratamentos pode indicar tendências para a regeneração espontânea (MAGURRAN, 1988; CORTINES; VALCARCEL, 2009) e demonstra a sustentabilidade dos tratamentos de restauração. Enquanto a densidade de *Urochloa* manteve-se alta no monocultivo, nos SAF, os espaços nas entrelinhas do guanandi foram ocupados com consórcios de culturas. As áreas de monocultivo e de SAF Simples foram mais semelhantes na composição de espécies, variando de 54,0% a 60,0% ao longo dos anos (TABELA 3). Cortines e Valcarcel (2009) encontraram a orquídea terrícola *O. maculata* em áreas de florestas. No presente estudo, a ocorrência dessa espécie no SAF Biodiverso caracteriza um atributo de regeneração espontânea de floresta madura (CORTINES; VALCARCEL, 2009) com condições favoráveis ao recrutamento de outras espécies do estágio avançado da regeneração natural. Com similaridade de espécies entre 14,0% e 18,0%, o SAF Biodiverso foi o sistema que diferiu dos demais. Ao interceptar a energia luminosa nos diferentes estratos e adicionar matéria orgânica ao solo, o SAF Biodiverso proporcionou as maiores modificações no ambiente, favoráveis ao recrutamento de espécies tolerantes à sombra, tais como *C. benghalensis* e *M. arundinacea*.

A introdução de *M. arundinacea* como planta cultivada tornou essa espécie bioindicadora da resiliência ambiental nos SAFs. Por sua rusticidade e ocorrência natural nas matas do Rio de Janeiro, *M. arundinacea* tolera o sombreamento (MONTEIRO; PERESSIN, 2002; FELTRAN; PERESSIN, 2014), produz rizomas e abundante quantidade de fitomassa aérea (ODEKU, 2013; SWADIJA et al. 2013; SHINTU et al., 2015; ROHANDI et al., 2017), capaz de se tornar perene sob condições favoráveis. Bianchi et al. (2016) consideram as plantas geófitas, que usam carboidratos armazenados em rizomas para se regenerar, como as mais adaptadas ao estresse hídrico. Cultivada no sub-bosque do reflorestamento de guanandi, *M. arundinacea* se torna uma importante espécie nativa chave para o trabalho de restauração ecológica, principalmente nas áreas ciliares suscetíveis à inundação. Por apresentar capacidade de se regenerar de partes de rizomas enterrados no solo, mesmo com a severa restrição hídrica, *M. arundinacea* passou a ocupar os sítios antes colonizados por *Urochloa* no ambiente sombreado do SAF Biodiverso. Como planta espontânea nativa com alta atividade micorrízica, *M. arundinacea* pode beneficiar o guanandi, além de produzir rizomas em um modelo de exploração de baixo impacto ambiental ao dispensar a necessidade do revolvimento do solo para o replantio nos SAFs.

A origem das plântulas de guanandi no SAF Biodiverso também indica que não há barreira à colonização arbórea, devido à presença de serapilheira inerente ao manejo agroflorestal e à presença

de poleiros naturais para morcegos dispersores, que se posicionaram na face abaxial das folhas das bananeiras. Ademais, as gramíneas formam uma cobertura vegetal densa que impede que as sementes atinjam o solo (WHELAN et al., 1991; AIDE et al., 1995) ou prejudiquem sua viabilidade pelo alto poder competitivo (CORTINES; VALCARCEL, 2009), que são justificativas para baixa resiliência natural nas áreas de monocultivo e SAF Simples.

Entre os efeitos benéficos dos SAF, além do sombreamento, merece destaque a melhoria na fertilidade do solo, principalmente pelo expressivo acúmulo de resíduos orgânicos aportados pela bananeira, que pode atingir 55,0 t ha<sup>-1</sup> (DEVIDE et al., 2019). A melhoria da fertilidade do solo torna as plantas de interesse mais competitivas e capazes de manter o crescimento e se sobreporem à vegetação espontânea, mesmo em condições restritas de seca. De maneira similar, Sousa et al. (2003) atribuíram a redução do número de monocotiledôneas em SAF com cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.), bananeira (*Musa* sp), pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) e ingazeiro (*Inga edulis* Mart.) em diferentes sistemas de manejo do solo à adição de adubos e matéria orgânica.

No presente estudo, o manejo agroecológico da vegetação espontânea nos SAFs fortalece a conservação do solo e dos recursos hídricos. O controle químico de gramíneas não é desejável nesse ambiente devido à declividade da topossequência, à permeabilidade dos solos e à proximidade do curso d'água. O cultivo nas entrelinhas do reflorestamento é uma técnica eficiente para o controle de gramíneas invasoras não nativas e pode gerar renda com a produção de alimentos (CÉSAR et al., 2013; CÂNDIDO et al., 2016). Promover uma silvicultura com fins múltiplos é alternativa sustentável para gerar renda, reforçar a produção de alimentos, conservar o solo, a água e a biodiversidade nas propriedades rurais (MONTAGNINI, 2012; ARÉVALO-GARDINI et al., 2015; DEVIDE et al., 2014). Neste contexto, o cultivo agroflorestal de espécies alimentícias com árvores nativas pode auxiliar no controle de plantas espontâneas indesejáveis (OLIVEIRA et al., 2016; CÉSAR et al., 2013) e favorecer a restauração ambiental.

## Conclusões

O SAF Biodiverso reduz a densidade de plantas espontâneas, devido ao sombreamento das espécies que ocupam os diferentes estratos nas entrelinhas do guanandi.

A similaridade da vegetação espontânea divergiu após três anos de manejo agroflorestal, com a seleção de espécies eudicotiledôneas nas áreas de SAF e predomínio de *Urochloa* no monocultivo.

## Agradecimentos

Ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Agroecologia, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e à Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG), pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa no âmbito do doutoramento do primeiro autor.

## Comparative herbaceous phytosociology in agroforestry and *Calophyllum brasiliense* monoculture on a river terrace

### Abstract

Invasive forage grasses, especially the *Urochloa* genus, impact reforestation worldwide. The aim of this study was to evaluate management influence on phytosociology of the herbaceous layer, defined as the layer of herbs, sub-shrubs, shrubs and vines, in two agroforestry systems (AFS) (Simple and Biodiverse) in succession to a reforestation of guanandi (*Calophyllum brasiliense*), compared to monoculture of this specie taken as control. The experiment was conducted in Pindamonhangá (SP), Brazil, from 2011 to 2014, in a randomized block design with eight replications and 144.0 m<sup>2</sup> plots. In Simple SAF area, food crops were grown alongside *C. brasiliense* rows: sweet cassava (*Manihot esculenta*) in rotation with arrowroot (*Maranta arundinacea*), pigeon pea (*Cajanus cajan*), banana shrub (*Musa* sp.), and juçara palm (*Euterpe edulis*). In Biodiverse AFS, fourteen native tree species were also planted alongside the food crops. Altogether 41 non-stratified species, 38 genera and 24 botanical families were identified; the most abundant families were: Asteraceae, Poaceae e Cyperaceae. The similarity between the areas diverged after three years of management, with the predominance of *Commelina benghalensis* and *M. arundinacea* in the AFS areas and *Urochloa decumbens* in the monoculture, mainly, due to the shadow gradient established for the three systems.

**Keywords:** Ecological reforestation; Biodiversity; Spontaneous plants.

### Referências

AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS (APTA). **Dados climáticos do Posto Meteorológico do Polo Regional do Vale do Paraíba**, Pindamonhangaba – SP, 2015.

AGRAWAL, A.; PANDEY, R. S.; SHARMA, B. Water Pollution with Special Reference to Pesticide Contamination in India. **J. Water Resource and Protection**, v. 2, p. 432-448, 2010. Disponível em: <<http://doi:10.4236/jwarp.2010.25050>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

AIDE, T. M.; CAVELIER, J. Barriers to lowland forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. **Restoration Ecology**, v. 2, n. 4, p. 219-229, 1994. Disponível em: <<http://doi.org/10.1111/j.1526-100X.1994.tb00054.x>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. **Climatic Change**, v. 140, n. 1, p. 33-45, 2017. Disponível em: <<http://article/10.1007/s10584-013-0909-y>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

ARÉVALO-GARDINI, E.; CANTO, M.; ALEGRE, J.; LOLI, O.; JULCA, A.; BALIGAR, V. Changes in Soil Physical and Chemical Properties in Long Term Improved Natural and Traditional Agroforestry Management Systems of Cacao Genotypes in Peruvian Amazon. **PLoS ONE**, v. 10, n. 7, e0132147, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132147>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

BASCHE, A. D.; EDELSON, O. F. Improving water resilience with more perennially based agriculture. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 41, n. 7, p. 799-824, 2017. Disponível em: <<https://doi/full/10.1080/21683565.2017.1330795>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; SILVA, M. A. Adaptação das plantas ao déficit hídrico. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016. Disponível em: <<http://index.php/actaiguazu/article/view/16006>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

BOLDRINI, I. I.; TREVISAN, R.; SCHNEIDER, A. A. Estudo florístico e fitossociológico de uma área às margens da Lagoa do Armazém, Osório, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. 4, p. 355-367, out./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/1117/835>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

BRAUN-BLANQUET J. **Fitossociologia**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. 3. ed., Madrid: Aum, 1979.

BRENES, A. R.; MONTAGNINI, F. Growth, productivity, aboveground biomass, and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**; v. 232, n. 1/3, p. 168-178, 2006. Disponível em: <<http://doi:10.1016/j.foreco.2006.05.067>>. Acesso em: 08 dez. 2017.

BRITO, N. M.; AMARANTE JUNIOR, O. P. de; ABAKERLI, R.; SANTOS, T. C. R. dos; RIBEIRO, M. L. Risco de contaminação de águas por pesticidas aplicados em plantações de eucaliptos e coqueiros: análise preliminar. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 11, p. 93-104, jan./dez. 2001. Disponível em: <<http://doi:10.5380/pes.v11i0.3138>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

CABIN, R. J.; WELLER, S. G.; LORENCE, D. H.; CORDELL, S.; HADWAY, L. J.; MONTGOMERY, R.; GOO, D.; URAKAMI, A. Effects of light, alien grass, and native species addition on Hawaiian dry forest restoration. **Ecological Applications**, v. 12, n. 6, 2002, p. 1595–1610. Disponível em: <[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[1595:EOLAGA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[1595:EOLAGA]2.0.CO;2)>. Acesso em: 04 mar. 2017.

CÂNDIDO, V. A.; PINTO, L. V. A.; BOGARIMP, P. C.; ROSAS, D. da; SILVA, R. M.; BARBOSA, J. M. N. Sistema agroflorestal para recomposição de reserva legal em propriedades de agricultores familiares. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 2, p. 65-72, Jun. 2016. Disponível em: <DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v8n22016821>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

CARVALHO, P. E. R. Guanandi. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 14p. (Circular Técnica n. 78).

CÉSAR, R. G.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R. Does crotalaria (*Crotalaria breviflora*) or pumpkin (*Cucurbita moschata*) inter row cultivation in restoration plantings control invasive grasses? **Scientia Agricola**, v. 70, p. 268 - 273, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000400008>>. Acesso em: 06 fev. 2019.

CORDELL, S.; SANDQUIST, D. R.; LITTON, C.; CABIN, R. J.; THAXTON, J.; HADWAY, L.; CASTILLO, J. M.; BISHAW, D. An invasive grass has significant impacts on tropical dry forest ecosystems in Hawaii. 16th Int'l Conference, Society for Ecological Restoration, August 24-26, 2004, **Anais...**, Victoria, Canada.

CORTINES, E.; VALCARCEL, R. Influence of pioneer-species combinations on restoration of disturbed ecosystems in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 927-936, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000500015>>. Acesso em: 03 fev. 2018.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; MACHADO, J. A. R. Consórcio de espécies nativas da Floresta Estacional Semidecidual com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para restauração de mata ciliar. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 291-299, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000200010>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M. de; RIBEIRO, R. L. D. Cultivo agroflorestal de bananeira com guanandi resiliente às alterações climáticas. **Revista Pesquisa & Tecnologia**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/333149196\\_CULTIVO\\_AGROFLORESTAL\\_DE\\_BANANEIRA\\_COM\\_GUANANDI\\_RESILIENTE\\_AS\\_ALTERACOES\\_CLIMATICAS](https://www.researchgate.net/publication/333149196_CULTIVO_AGROFLORESTAL_DE_BANANEIRA_COM_GUANANDI_RESILIENTE_AS_ALTERACOES_CLIMATICAS)>. Acesso em: 11 jul. 2019.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M. de; RIBEIRO, R. L. D.; ABBOUD, A. C. S.; PEREIRA, M. G.; RUMJANEK, N. G. História Ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. **Revista Biociências**, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/1867>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p.

FAVARE, H. G.; TSUKAMOTO, A. A.; COSTA, R. B.; PASA, M. C.; FAVARE, L. G. Desempenho de forrageiras em sistema silvipastoril com *Caryocar brasiliense* Camb. **Cultura Agrônômica**, v. 27, n. 3, p. 340-353, 2018. Disponível em: <<http://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2572/2041>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

FELTRAN, J. C.; PERESSIN, V. A. Araruta. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. de. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: Instituto Agrônômico, v. 6, 2014, p. 36-38. (Boletim 200). Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/pdf/boletim200\\_iac.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/pdf/boletim200_iac.pdf)>. Acesso em: 13 mar. 2018.

FLORA DO BRASIL (2020 em construção) **Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

FLORY, S. L.; CLAY, K.; EMERY, S. M.; ROBB, J. R.; WINTERS, B. Fire and non-native grass invasion interact to suppress tree regeneration in temperate deciduous forests. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, p. 992–1000, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12437>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Agroforestry for landscape restoration: Exploring the potential of agroforestry to enhance the sustainability and resilience of degraded landscapes**. Roma: FAO, 2017. 28p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/b-i7374e.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2017.

GARCÍA-ORTH, X.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Isolated trees and grass removal improve performance of transplanted *Trema micrantha* (L.) Blume (Ulmaceae) saplings in tropical pastures. **Restoration Ecology**, v. 19, p. 24–34, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00536.x>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; SHIN-IKE, M. S.; PAVÃO, M.; DURIGAN, G.; LIMA, L. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BAITELLO, J. B.; BORGIO, S. C.; MANETTI, L. A.; BARRADAS, A. M. F.; FUKUDA, J. C.; SHIDA, C. N.; BARBOSA, O.; SOARES, A. P.; JOLY, C. A.; COUTO, H. T. Z. **Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Florestal; Imprensa Oficial, 2005, 200 p. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/2005/03/01/inventario-florestal-da-vegetacao-natural-do-estado-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

LONDE, V.; SILVA, J. C. Characterization of Poaceae (grass) species as indicators of the level of degradation in a stretch of riparian forest in Matutina, Brazil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 28, n. 1, p. 102-108, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062014000100010>>.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 544p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. v. 2. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 350 p.

LUDELING, E.; ROELAND, K.; HUTH, N. I.; KOENING, K. Agroforestry systems in a changing climate — challenges in projecting future performance. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 1-7, 2014. Acesso em: <<http://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.013>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MANTOANI, M. C.; TOREZAN, J. M. D. Regeneration response of Brazilian Atlantic Forest woody species to four years of *Megathyrus maximus* removal. **Forest Ecology and Management**, v. 359, p. 141–146, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.004>>. Acesso em: 08 maio 2018.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VENDRÚSCOLO, D. G. S.; SILVA, F. T. Análise silvicultural e econômica de plantas clonais e seminais de *Tectona grandis* L.f. em sistema taungya. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 893-903, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000500012>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

MENEZES, J. M. T.; van LEEUWEN, J.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. da; LEANDRO, R. C. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 893-898, 2008. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000200043>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCO-VERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. B. **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais**: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal, 2016. 266 p.

MONTAGNINI, F. Los sistemas agroforestales y su contribución para la mitigación y adaptación al cambio climático. **Edición Especial de la Revista Alcance**, 24 p., 2012.

MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Cultura da araruta. In: CEREDA, M. P. **Agricultura**: tuberosas amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2002, p. 440-447.

MORE, P. L.; HOLL, K. D.; WOOD, D. M. Strategies for Restoring Native Riparian Understory Plants Along the Sacramento River: Timing, Shade, Non-Native Control, and Planting Method. **San Francisco Estuary and Watershed Science**, v. 9, n. 2, p. 1-15, 2011. <http://dx.doi.org/10.15447/sfews.2014v9iss2art1>.

MORIRA, J. C.; PERES, F.; SIMÕES, A. C.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. de C.; VIEIRA, S. N.; STRÜSSMANN, C.; MOTT, T. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1557-1568, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-812>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. Wiley: New York, 1974. 547 p.

NEPSTAD, D. C.; PEREIRA, C. A.; SILVA, J. M. C. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. **Oikos**, v. 76, n. 1, p. 25-39, 1996. Disponível em: <DOI:10.2307/3545745>. Acesso em: 13 out. 2015.

ODEKU, O. A. Potentials of tropical starches as pharmaceutical excipients: A review. **Starch**, v. 65, n. 1-2, p. 89-106, 2013. Disponível em: <<http://doi.org/10.1002/star.201200076>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

OLIVEIRA, T. J. F. de; BARROSO, D. G.; ANDRADE, A. G. de; FREITAS, S. J. Consórcio de espécies nativas da Mata Atlântica com milho e feijão para revegetação de mata ciliar na região Noroeste Fluminense. **Floresta**, v. 46, n. 3, p. 315 – 324, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v36n2/a10v36n2.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

PETIT, B.; MONTAGNINI F. Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. **Forest Ecology and Management**, v. 233, p. 338–343, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.030>>. Acesso em: 14 maio 2017.

PYWELL, R. F.; HAYES, M. J.; TALLOWIN, J. B.; WALKER, K. J.; MEEK, W. R.; CARVELL, C.; WARMAN, L. A.; BULLOCK, J. M. Minimizing environmental impacts of grassland weed management: can *Cirsium arvense* be controlled without herbicides? **Grass and Forage Science**, v. 65, p. 159 – 174, 2010. Disponível em: <<http://DOI: 10.1111 / j.1365-2494.2010.00735.x>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

REFLORA - Herbário Virtual. **Herbário Virtual**. (2017). Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>> Acesso em: 13 jul. 2019.

RIBEIRO, K. T.; DE FILIPPO, D. C.; PAIVA, C. L.; MADEIRA, J. A.; NASCIMENTO, J. A. Ocupação por *Brachiaria* spp. (Poaceae) no Parque Nacional da Serra do Cipó e infestação decorrente da obra de pavimentação da rodovia MG-010 na APA Morro da Pedreira. Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ESPÉCIES INVASORAS. 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: [s.n.], 2005, p. 1-17.

ROHANDI, A.; BUDIADI; HARDIWINOTO, S.; HARMAYANI, E.; SUDRAJAT, D. J. Variability in morpho-physiology, tuber yield and starch content of several arrowroot populations in Garut district. **AGRIVITA Journal of Agricultural Science**, v. 39, n. 3, p. 311–323, 2017. Disponível em: <<http://doi.org/10.17503/agrivita.v39i3.1002>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. Á.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, G. L. dos; PEREIRA, M. G.; LIMA, S. S. de; CEDDIA, M. B.; MENDONÇA, V. M. M.; DELGADO, R. C. Landform curvature and its effect on the spatial variability of soil attributes, Pinheiral-RJ/BR. **Cerne**, v. 22, n. 4, p. 431-438, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/01047760201622042184>>. Acesso em: 14 maio 2017.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. SÃO PAULO [Estado]. **Oportunidades para restauração de paisagens e florestas na porção paulista do Vale do Paraíba**: Plano de Desenvolvimento Florestal Territorial para a porção paulista do Vale do Paraíba. Porto Alegre: Ideograf, 2018, 213p.

SEIFFERT, N. F. **Gramíneas Forrageiras do Gênero Brachiaria**. Campo Grande: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1980, p. 1-71. (Circular Técnica, n. 1).

SHINTU, P. V.; RADHAKRISHNAN, V. V.; MOHANAN, K. V. Pharmacognostic standardisation of *Maranta arundinacea* L. - An important ethnomedicine. **Journal of pharmacognosy and phytochemistry**, v. 4, p. 242 - 246, 2015. Disponível em: <<http://archives/2015/vol4issue3/PartD/4-3-36.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

SILVA, R. F. B.; BATISTELLA, M.; MORANA, E. F. Socioeconomic changes and environmental policies as dimensions of regional land transitions in the Atlantic Forest, Brazil. **Environmental Science and Policy**, v. 74, p. 14–22, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2017.04.019>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

SOARES, A. F. S.; LEÃO, M. M. D.; VIANNA NETO, M. R.; Oliveira, S. M. A. C. Risk estimate of water contamination by pesticides used in coffee crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 425–432, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400013>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SOARES, A. F. S.; LEÃO, M. M. D.; FARIA, V. H. F.; COSTA, M. C. M.; MOURA, A. C. M.; RAMOS, V. D. V.; VIANNA NETO, M. R.; COSTA, E. P. Occurrence of pesticides from coffee crops in surface



water. **Ambi-Agua**, v. 8, n. 1, p. 62-72, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1053>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SOUSA, G. F. de; OLIVEIRA, L. A. de; SILVA, J. F. da. Plantas invasoras em sistemas agroflorestais com cupuaçuzeiro no município de Presidente Figueiredo (Amazonas, Brasil). **Acta Amazonica**, v. 33, n. 3, p. 353-370, 2003. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672003000300002>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SOUZA, F. M.; BATISTA, J. F. L. Restoration of semi deciduous forest in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, v. 191, n.1-3, p.185-200, 2004. Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/souza2003.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

SWADIJA, O. K.; PADMNABHAN, V. B.; VIJAYARAGHAVA, K. Growth and yield of arrowroot intercropped in coconut garden as influenced by organic management. **Journal of Root Crops**, v. 39, n. 1, p. 67-72, 2013. Disponível em: <<http://ojs/index.php/jrc/article/view/185/73>>. Acesso em: 05 maio 2018.

TARGA, M. S., BATISTA, G. T. Benefits and legacy of the water crisis in Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 2, p. 234 – 239, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1629>>. Acesso em: 22 maio 2018.

TORRES, R. B.; MATTHES, L. A. F.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo. **O Agrônomo**, v. 44, n. 1, 2, 3, 1992. Disponível em: <[http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/lista\\_florestas\\_brejo.pdf](http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/lista_florestas_brejo.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2016.

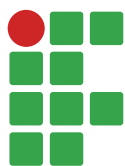
VIEIRA, I. C. G.; UHL, C.; NEPSTAD, D. C. The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a “succession facilitator” in an abandoned pasture, Paragominas, Amazonia. **Vegetation**, v. 115, n. 1, p. 91-99, 1994. Disponível em: <DOI: 10.1007 / BF00044863>. Acesso em: 08 abr. 2019.

WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J. F.; FERRER, A.; PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p.1–20, 2014. <DOI: 10.1007/s13593-013-0180-7>. Acesso em: 10 jul. 2019.

WHELAN, C. J.; WILLSON, M. F.; TUMA, C. A.; SOUZA-PINTO, A. Spatial and temporal patterns of post dispersal seed predation. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, p. 428-436, 1991. Disponível em: <DOI: 10.1139 / b91-059>. Acesso em: 12 abr. 2018.

**Submetido em:** 09/04/2019

**Aceito em:** 31/07/2019



# Evolução do uso da terra e da cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas pioneiras do projeto “Conservador das Águas” (2006-2018)

Tatiana Cardoso da Cruz<sup>1</sup>

Luciana Della Coletta<sup>2</sup>

Camila Souza dos Anjos Lacerda<sup>3</sup>

Wilson Messias dos Santos Junior<sup>4</sup>

## Resumo

Neste trabalho, avaliamos mudanças espaço-temporais ocorridas em três sub-bacias hidrográficas essenciais para a hidrodinâmica do Rio Jaguari (Ribeirão das Posses, Forjos e Saltos) após a implantação do projeto “Conservador das Águas” no município de Extrema (MG). Utilizamos imagens dos satélites TM-Landsat-5 no ano de 2006 e OLI-Landsat-8 no ano de 2018 para mapear o uso da terra e cobertura vegetal, e o software SPRING para classificar as imagens em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e quantificar a ocorrência das classes analisadas nos anos de 2006 e 2018. Após as análises, observamos um aumento de 19,77% de cobertura vegetal nas três sub-bacias. Além disso, para nossa surpresa, observamos um resultado semelhante em sub-bacias adjacentes nas quais o projeto não havia sido implementado. Este estudo sugere um efeito positivo do projeto “Conservador das Águas” para a manutenção da biodiversidade e funcionamento do sistema hídrico da região, resultando na melhoria do padrão de qualidade ambiental e efetivação da prestação de serviços ambientais no município e em suas propriedades.

**Palavras-chave:** Análise espaço-temporal. Classificação supervisionada. Bhattacharya.

## Introdução

O desmatamento para conversão do uso da terra em áreas produtivas para a agropecuária ocorreu em grande parte do território brasileiro e é o principal responsável pelo aumento do escoamento superficial em bacias hidrográficas. A exploração em demasia dos recursos naturais e a ocupação do solo de forma desordenada resultaram em milhões de hectares de áreas de vegetação arbórea convertidas em pastagens (em sua maioria improdutivas), lavouras, além de centros urbanos (DEAN, 1996; BUENO, 2006). Como consequência das mudanças do uso da terra que começou há mais de 500 anos, atualmente na Mata Atlântica restam apenas 15,0% de sua floresta original em fragmentos maiores que 3,0 ha (SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2018), sendo 80,0% desses fragmentos menores que 50,0 ha (RIBEIRO et al., 2009).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, Graduanda. [tatianacardoso@live.com](mailto:tatianacardoso@live.com). Rua Doutor Messuti, 297, Vila Bastos, Santo André/SP, CEP 09041-160.

2 Universidade de Brasília, Pesquisadora Colaboradora. [dellacolettaluciana@gmail.com](mailto:dellacolettaluciana@gmail.com).

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, Professora. [camila.lacerda@ifsuldeminas.edu.br](mailto:camila.lacerda@ifsuldeminas.edu.br).

4 Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Doutor em Geografia. [wilsonmessias@gmail.com](mailto:wilsonmessias@gmail.com).

A bacia hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguari (PJ1) tem suas nascentes localizadas em território mineiro, nos municípios de Camanducaia, Itapeva, Toledo e Extrema. No Estado de Minas Gerais, a bacia apresenta uma área de drenagem de 1.165,88 km<sup>2</sup> e se destaca pela expressiva contribuição de suas águas para o Sistema Cantareira que com a bacia hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ) são responsáveis por cerca de 50,0% do abastecimento público da grande São Paulo (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2013). A ação antrópica está presente de maneira sistemática na bacia, com áreas destinadas a agricultura e pecuária, com o plantio desordenado de exóticas, que não possuem um manejo adequado. Além disso, o aumento expressivo de degradação das condições naturais de seus mananciais atua como agentes de pressão sobre a bacia, muito embora a totalidade da área esteja sob jurisdição da Área de Proteção de Ambiental (APA) “Fernão Dias”, uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, para compensação dos impactos ambientais causados pela duplicação da Rodovia 88 Fernão Dias (BR-381).

É com essa premissa que muitas iniciativas têm surgido no Brasil nos últimos quinze anos, com o objetivo de proteger mananciais, em especial aqueles utilizados para o abastecimento público da geração atual ou futura (MATTEI; ROSSO, 2014; IBAMA, 2011; TEIXEIRA, 2011; VEIGA NETTO, 2008), dentre elas, destaca-se o “Projeto Conservador das Águas”, que atua na remuneração de produtores rurais que adotam práticas para a conservação dos recursos hídricos nos limites de suas propriedades.

O projeto tem como um dos objetivos principais a recomposição da cobertura vegetal nas sub-bacias do Rio Jaguari, para gerar microcorredores ecológicos e redução dos níveis de poluição difusa rural. Em 10 anos de trabalho, 1.000.911 mudas nativas da Mata Atlântica foram plantadas nas três sub-bacias pioneiras do projeto, o equivalente a 6.135,0 ha reflorestados (PEREIRA et al., 2017). Para Omura et al. (2010), este projeto se mostra como uma importante iniciativa, pois estimula a prática de conservação e restauração de áreas naturais com a realização do aumento da cobertura florestal.

A cobertura vegetal natural é um importante indicador das condições ambientais de uma região, pois propicia proteção direta ao solo. A ausência de vegetação em uma bacia hidrográfica influencia a qualidade e a quantidade da água, interferindo diretamente no regime hídrico, além de contribuir para o aumento do transporte de sedimentos e para o assoreamento dos corpos d’água (CAMPOS; NEVES, 2009). A recomposição da cobertura vegetal melhora os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água pelos lençóis, causando a diminuição do processo de escoamento superficial e contribuindo para o processo de escoamento subsuperficial, tendo como consequência a diminuição da erosão (BALBINOT et al., 2008; SANTOS et al., 2007; DUDLEY; STOLTON, 2003), além de servir de habitat para animais silvestres, contribuindo, desta forma, para a manutenção da biodiversidade.

Neste sentido, este artigo teve como objetivo uma análise espaço-temporal das mudanças do uso da terra e cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas, as quais foram pioneiras à implantação do projeto “Conservador das Águas”, no município de Extrema (MG), a partir da utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

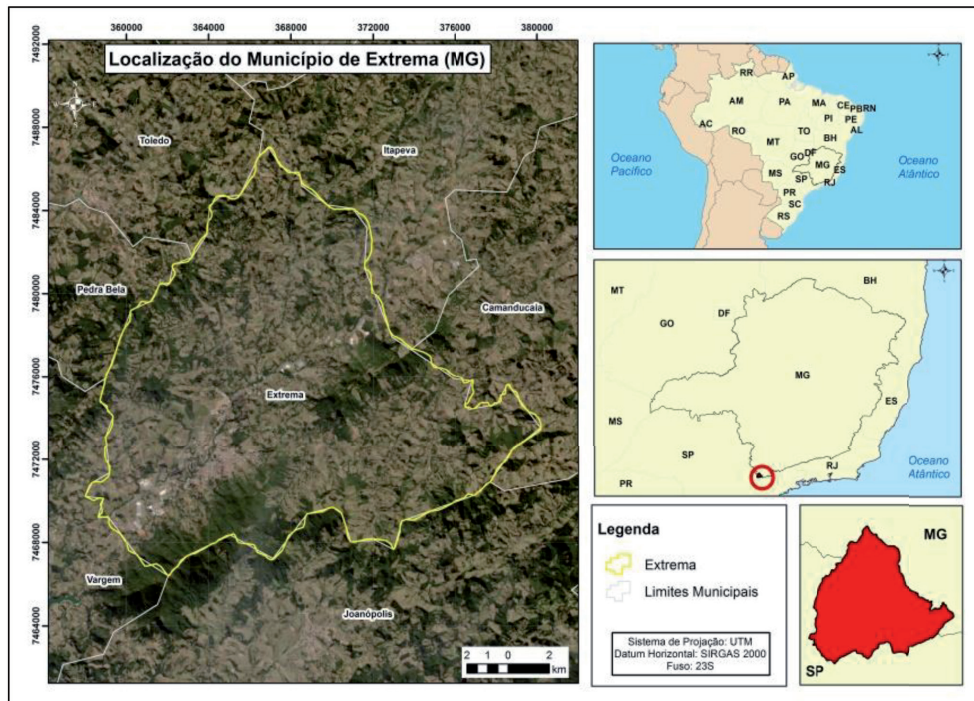
## Material e métodos

### Área de estudo

O município de Extrema localiza-se entre as coordenadas geográficas 46°17’43” e 46°20’42” de longitude Oeste e 22°43’6” e 22°54’16” de latitude Sul (FIGURA 1). Seu território

compreende a aproximadamente 243,09 km<sup>2</sup> e seu clima é classificado como temperado (Cfb), com verões amenos, sem a ocorrência de estação seca (ALVARES et al., 2013). Ao longo do ano em Extrema, a pluviosidade é significativa, apresentando média anual de 1.484 mm.

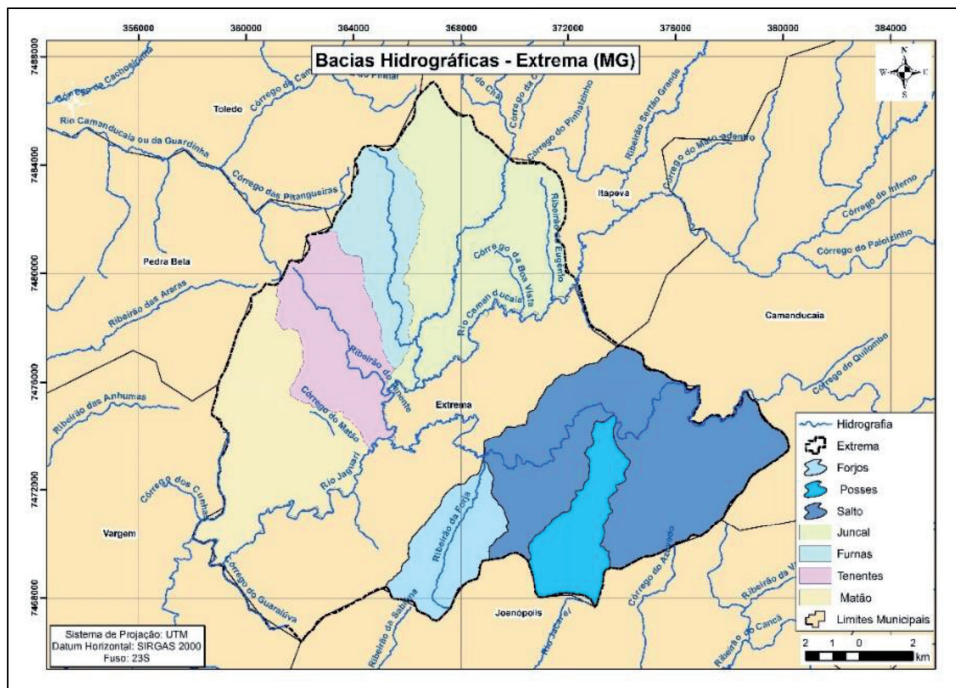
Figura 1 – Localização do município de Extrema (MG)



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

### Sub-bacias hidrográficas: Forjos, Posses e Saltos

Para a implantação do projeto "Conservador das Águas", foi realizado um levantamento por meio de estudos e mapeadas as 7 (sete) sub-bacias hidrográficas existentes no município considerando as mais significativas na Bacia do Rio Jaguari: Forjos, Furnas, Juncal, Matão, Posses, Saltos e Tenentes (FIGURA 2). Pereira et al. (2016) mencionam que o critério de escolha para dar início ao projeto se deu pela sub-bacia hidrográfica com menor cobertura florestal da montante do ponto de captação de água do município para a jusante, na seguinte ordem: 1º - Posses, 2º - Saltos, 3º - Forjos, 4º - Juncal, 5º - Furnas, 6º - Tenentes, 7º - Matão. As três primeiras sub-bacias foram estudadas neste artigo.

**Figura 2** – Mapa da divisão das sub-bacias do Rio Jaguari no município de Extrema (MG)

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Posses conta com uma área aproximada de 1.274,8 ha, antes da implantação do projeto, suas nascentes e as áreas de preservação permanente eram totalmente desprotegidas (PEREIRA et al., 2016). Com relação ao critério de cobertura florestal, era a mais impactada entre as sub-bacias do município e por este motivo foi a escolhida para iniciar o projeto, em 2007.

A sub-bacia dos Saltos, que conta com 4.918,04 ha, é caracterizada pela grande quantidade de chácaras e é onde se encontram as maiores propriedades do município, o projeto foi iniciado em 2009.

Os trabalhos para restauração da sub-bacia dos Forjos, com 1.312,50 ha, se iniciaram em 2012 e continuam atualmente. Essa era a sub-bacia mais preservada do município no critério de cobertura florestal.

## Metodologia

Para a execução do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal do município de Extrema (MG), foram utilizadas imagens TM-Landsat-5 do ano de 2006 e OLI-Landsat-8 do ano de 2018, disponibilizadas gratuitamente pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), em parceria com a *United States Geological Survey* (USGS), na página *Earth Explorer* (USGS, 2018).

A metodologia descrita a seguir foi a mesma utilizada por Santos Junior e Costa (2015). Para a geração da composição colorida com as bandas 2, 3 e 4, correspondentes ao azul, ao verde e ao vermelho, respectivamente, as imagens foram adicionadas à plataforma ArcGIS, por meio da ferramenta "*Composite Bands*" para a geração da composição colorida. Foi necessária a reprojeção das imagens disponibilizadas pelos sensores, pois elas, por padrão, apresentam coordenadas do "norte

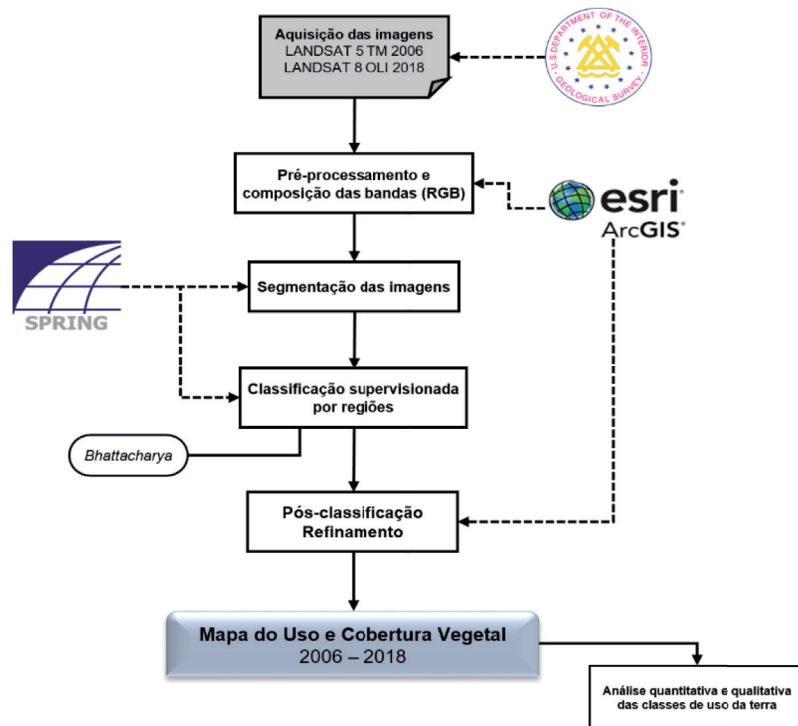
verdadeiro”. Para isso foi utilizada a ferramenta “Project” que inferiu à imagem os parâmetros relativos ao hemisfério sul. Foi utilizada uma ferramenta de recorte espacial para obtermos a área relativa ao município de Extrema (MG) e, após essa etapa, a imagem foi exportada de 16 para 8 bits para ser trabalhada no software SPRING versão 5.5.3.

No software SPRING, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Espaciais (INPE), definiu-se que a segmentação se daria pelo método de crescimento de regiões. Neste método é preciso definir critérios de Similaridade (valor mínimo de diferença entre níveis de cinza abaixo do qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma mesma região) e Área (número mínimo de pixels necessários para individualização de uma área). De maneira a separar da melhor forma a maior quantidade de feições nas imagens, testou-se uma série de limiares, definindo-se, por fim, os valores 10 para Similaridade e 40 para Área. Para esta pesquisa, utilizou-se do algoritmo *Bhattacharya*<sup>5</sup> para a classificação supervisionada<sup>6</sup>, elegendo-se três classes distintas: “vegetação”, “urbano” e “outros usos”, sendo este último utilizado para solo exposto, agricultura, pastagens etc.

Após a classificação processada no SPRING, procedeu-se ao refinamento da classificação, à geração do cálculo de área e percentual de uso para cada classe e posteriormente à construção do layout final. Todos esses procedimentos foram executados no software ArcGIS versão 10.5 disponibilizado pela ESRI.

Os procedimentos para obtenção desses mapeamentos são ilustrados de forma sucinta na Figura 3.

**Figura 3** – Fluxograma que sintetiza os procedimentos metodológicos para a elaboração dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal



**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

<sup>5</sup> O algoritmo *Bhattacharya* trabalha com a distância que é utilizada para medir a separabilidade estatística entre um par de classes, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidade dessas classes (INPE, 2006).

<sup>6</sup> A classificação supervisionada é desenvolvida com base em amostras de treinamento, ou seja, os pixels da imagem são classificados segundo regras. Em seguida esses pixels são comparados aos padrões de classes previamente obtidos em uma fase em que o operador as define. Nesse processo um analista identifica na imagem as classes de informação de seu interesse e separa regiões que melhor representem estas classes.

## Resultados e discussão

O projeto “Conservador das Águas” tornou-se exemplo de política ambiental eficiente no que se refere à gestão dos recursos hídricos, sendo uma iniciativa de grande importância não só para o município de Extrema (MG), mas para todo o Estado de São Paulo, que depende da água proveniente do Sistema Cantareira.

A estreita relação entre os proprietários rurais e a adoção de métodos de conservação ambiental, como as Áreas de Preservação Permanente (APP) e práticas conservacionistas do solo, estão diretamente ligadas à quantidade e à qualidade de água disponível, advinda da manutenção da biodiversidade nessas áreas protegidas.

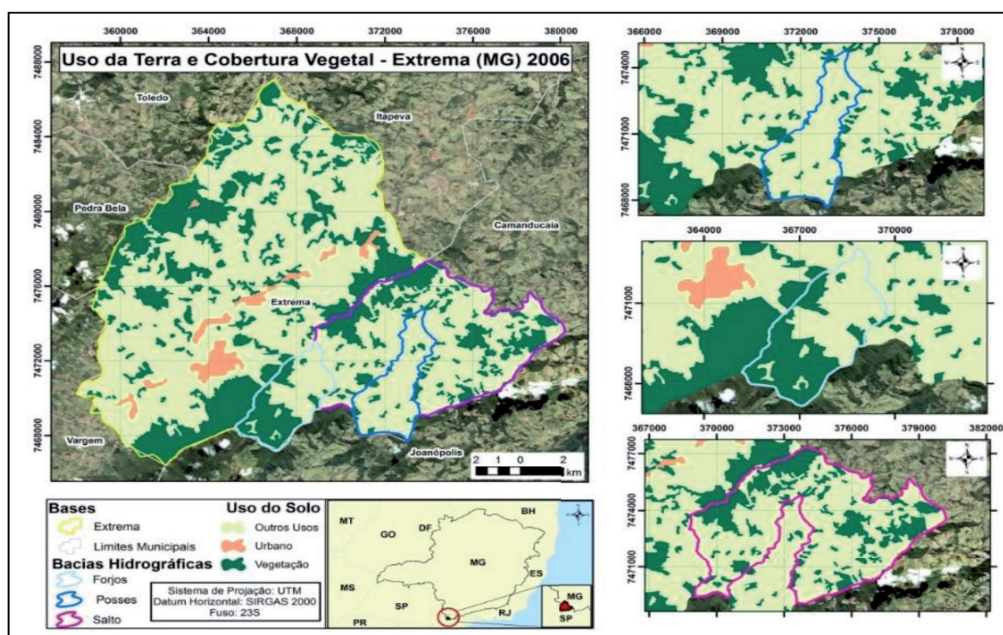
Sendo assim, o presente artigo mostra que as diligências para a preservação e a recuperação do meio ambiente possuem retorno em curto prazo e que tais resultados podem ser mensurados e avaliados por meio de ferramentas do geoprocessamento, que fornecem dados temporais de forma acessível (PAULA et al., 2016).

Segundo Altmann, Eckhardt e Rempel (2009), a disponibilidade de imagens de satélite de uma mesma região da Terra e das ferramentas computacionais presentes no SIG permite a elaboração de comparações por meio da utilização da dimensão temporal como uma qualidade dos dados adquiridos em instantes distintos.

Desta forma, a classificação digital de imagens utilizadas neste artigo possibilitou a quantificação da ocorrência das classes de uso da terra e cobertura vegetal de três sub-bacias hidrográficas pioneiras à implantação do projeto “Conservador das Águas”, no município de Extrema (MG), nos anos de 2006 e 2018, verificando a expansão ou redução de sua ocorrência ao final do período.

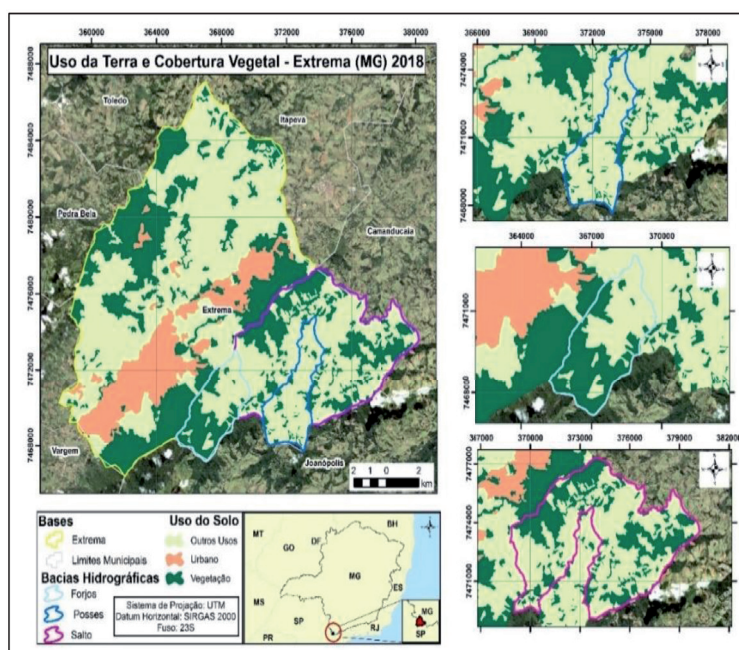
A partir da metodologia utilizada neste estudo, foram gerados mapas temáticos das classes mapeadas, nos quais podemos identificar e acompanhar a evolução das classes por meio dos resultados de quantificação (FIGURAS 4 e 5).

**Figura 4** – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Extrema (MG) em 2006



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Figura 5 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Extrema (MG) em 2018



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Nos dois períodos analisados, a totalidade das classes de uso da terra e cobertura vegetal compreendem 24.453,5 ha (TABELA 1), que se assemelha à área oficial estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) para o município, sendo 24.457,5 ha.

Apesar do notável aumento da vegetação no município, observa-se que alguns pontos foram desmatados. A Tabela 1 apresenta a quantificação, em ha, e percentual para cada sub-bacia, bem como as classes de uso do solo, para melhor identificação e análise das mudanças ocorridas entre os anos avaliados no estudo.

Tabela 1 – Classes de uso do solo adotadas na classificação e a quantificação das áreas nos anos de 2006 e 2018.

Ano Bacias	2006		2018	
<b>Extrema</b>				
<b>Classificação</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Outros Usos	16420,3	67,2	13783,6	56,4
Urbano	614,3	2,5	2815,5	11,5
Vegetação	7418,9	30,3	7854,5	32,1
Total	24453,5	100,0	24453,5	100,0
<b>Forjos</b>				
<b>Classificação</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Outros Usos	651,9	51,2	626,1	49,2
Vegetação	620,8	48,8	646,5	50,8
Total	1272,6	100,0	1272,6	100,0



Ano Bacias	2006		2018	
<b>Extrema</b>				
<b>Posses</b>				
Classificação	Área (ha)	Percentual (%)	Área (ha)	Percentual (%)
Outros Usos	1100,0	90,9	1050,1	86,7
Vegetação	110,7	9,1	160,5	13,3
Total	1210,7	100,0	1210,7	100,0
<b>Saltos</b>				
Classificação	Área (ha)	Percentual (%)	Área (ha)	Percentual (%)
Outros Usos	3468,9	69,1	3192,1	63,6
Vegetação	1553,6	30,9	1830,4	36,4
Total	5022,5	100,0	5022,5	100,0

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

É importante destacar que a detecção das mudanças no uso e na cobertura do solo por meio do sensoriamento remoto permite reconstituir como determinada área foi utilizada em cada período de tempo, tornando possível a compreensão da dinâmica da paisagem, bem como seus aspectos e indicadores de melhoramento da qualidade ambiental (ALTMANN; ECKHARDT; REMPEL, 2009).

Deste modo, a análise dos dados coletados permitiu observar que, com relação à classe denominada “urbano”, o município contava, em 2006, com uma área de 614,3 ha, em 2015 a área urbana em ha correspondia a 1.452,73 (PAULA et al., 2016), passando para 2.815,5 ha em 2018, ou seja, houve um aumento significativo, que, atualmente, representa 4,6 vezes a área de 2006.

Esta expansão na área urbanizada no município de Extrema (MG) pode estar relacionada ao estabelecimento de grandes indústrias nacionais e multinacionais que, atraídas pelos incentivos fiscais oferecidos pelo município, instalaram-se na cidade, gerando empregos e atraindo a população de outras regiões do Brasil.

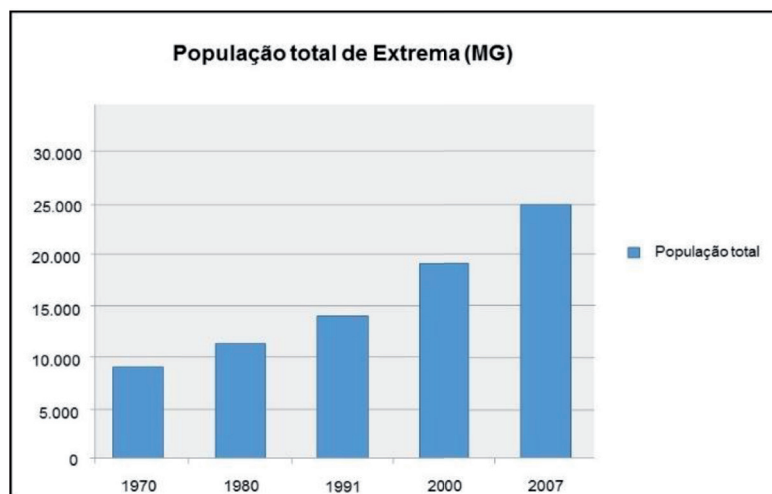
O processo de urbanização acelerada sem o planejamento urbano adequado provoca a retirada da cobertura vegetal, causando o empobrecimento dos solos, podendo gerar diversos impactos negativos nos aspectos físicos de uma paisagem natural.

Para a classificação de “outros usos”, que compreende áreas de atividades agrícolas, pastagens, pecuária, áreas de solo exposto etc., observa-se uma redução linear. Em 2006, o número em porcentagem para esta categoria era cerca de 67,0%. Paula et al., (2016), em estudo similar, analisaram as mudanças no uso do solo e afirmam que essas alterações correspondiam a 59,0% no ano de 2015. Em 2018, neste estudo, as atividades agrícolas, pastagens, pecuária e áreas de solo exposto corresponderam a 56,0%, ou seja, apesar da evolução em curto prazo, a implantação do projeto continua apresentando resultados positivos no decorrer dos anos.

Com base na análise quantitativa dos cálculos, pôde-se ainda constatar uma diminuição de 24,2 ha da classe “vegetação” para conversão do solo em área urbana no período e na área estudada. No que se refere à conversão de “vegetação” em “outros usos”, o município apresentou uma perda de 1.139,61 ha, o que corresponde a 4,66% de sua área total (TABELA 2).

Esta diminuição justifica-se também pelo aumento da população (FIGURA 6) e a expansão territorial do município ao longo do tempo, devido aos avanços tecnológicos e polos industriais implantados na cidade (FIGURA 7).

**Figura 6** – População total de Extrema (MG) entre os anos de 1970 e 2007.



**Fonte:** Fonseca (2009).

**Figura 7** – Contorno da área urbana de Extrema (MG) nos anos de 1950, 1978 e 2003.



**Fonte:** Fonseca (2009).

Entretanto, nota-se o aumento da classe “vegetação” que, apesar das conversões tanto para área urbana quanto para outros usos, teve uma elevação em 2,0% de sua área total.

No que diz respeito especificamente à sub-bacia do Ribeirão das Posses, a classe “vegetação” pode ser quantificada em 110,7 ha em 2006, tendo um aumento para 160,5 ha após a implantação do projeto “Conservador das Águas” (TABELA 1). No entanto, na comparação dos mapas, foi possível observar um percentual de desmatamento, o que, conseqüentemente, alterou a classe “vegetação” para “outros usos”, representando 25,28 ha desmatados (TABELA 2).

**Tabela 2** – Mudanças do uso do solo no município de Extrema (MG) e sub-bacias dos Forjos, Posses e Saltos entre os anos de 2006 e 2018.

<i>Extrema</i>		
<b>Mudanças</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Manteve - Outros Usos	12628,77	51,65
Manteve - Urbano	598,94	2,45
Manteve - Vegetação	6254,9	25,58
De Outros Usos para Urbano	2193,84	8,97
De Outros Usos para Vegetação	1597,56	6,53
De Urbano para Outros Usos	15,19	0,06
De Vegetação para Outros Usos	1139,61	4,66
De Vegetação para Urbano	24,2	0,1
<i>Forjos</i>		
Manteve - Outros Usos	594,98	46,75
Manteve - Vegetação	589,65	46,33
De Outros Usos para Vegetação	56,87	4,47
De Vegetação para Outros Usos	31,1	2,45
<i>Posses</i>		
Manteve - Outros Usos	1024,86	84,65
Manteve - Vegetação	85,39	7,05
De Outros Usos para Vegetação	75,14	6,21
De Vegetação para Outros Usos	25,28	2,09
<i>Saltos</i>		
Manteve - Outros Usos	3012,58	59,98
Manteve - Vegetação	1374,01	27,36
De Outros Usos para Vegetação	456,34	9,09
De Vegetação para Outros Usos	179,55	3,57

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

De acordo com Zolin et al., (2011), o desmatamento se dá por conta do cenário de uso e cobertura do solo em que se encontra a sub-bacia das Posses, que apresenta a maior perda de solo anual devido ao elevado grau de degradação da cobertura vegetal (em sua grande parte, pastagens). A falta de APP e RL (Reserva Legal), somados ainda à presença de áreas bastantes declivosas, dificultam a implantação de práticas conservacionistas do solo.

Na sub-bacia dos Forjos, a área vegetada foi quantificada em 620,8 ha em 2006, passando para 646,52 ha em 2018 (TABELA 1). Para esta sub-bacia também se constatou alteração da classe “vegetação” para “outros usos” em aproximadamente 2,45% (TABELA 2).

A sub-bacia dos Saltos foi a que mais apresentou alteração em termos de áreas vegetadas, passando de 1.553,6 ha em 2006 para 1.830,4 ha em 2018 (TABELA 1). A alteração da classe “vegetação” para “outros usos” no período estudado representou uma área quantificada em 179,55 ha, equivalente a 3,57% de desmatamento para a área desta sub-bacia (TABELA 2).

Em uma perspectiva de análise geral, cabe ressaltar que o município apresentou um aumento da conversão da classe “outros usos” em “vegetação” de 1.597,56 ha, até mesmo nas sub-bacias

em que o projeto ainda não foi implantado, ou seja, 6,53% da área do município que antes eram destinadas a agricultura, pecuária, solo exposto, etc. foram convertidos em áreas de vegetação arbórea (TABELA 2). Para Paula et al., (2016), esta ação pode estar associada ao incentivo e à crescente conscientização dos produtores rurais, bem como ao interesse em recuperar e preservar áreas de vegetação, reduzindo áreas que antes eram destinadas a outro tipo de atividade.

Os resultados obtidos nos mostram ainda que no período estudado a quantificação da classe “outros usos” foi convertida em 19,77% para a classe “vegetação” e apresentou 8,11% de desmatamento nas sub-bacias. A redução na conversão do uso do solo de áreas vegetadas para “outros usos” pode representar um reflexo da conscientização dos produtores rurais em aderir à causa ambiental, visto a importância da preservação da biodiversidade, dos recursos hídricos e da conservação do solo por meio das áreas reflorestadas, que foram fortalecidas e obtiveram resultados positivos a partir da implantação do Projeto (PEREIRA et al., 2017).

Esses evidenciam a importância e a eficácia do projeto “Conservador das Águas”, em que, por meio da recomposição da cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas do Rio Jaguari, restauração das áreas naturais e aumento da cobertura florestal, ainda que com a expansão da área urbana, refletiu na diminuição de áreas utilizadas para outras atividades, como a agricultura, a pecuária etc., garantindo a melhoria ambiental de todo o ecossistema que abrange as áreas do município.

Esta evolução afeta diretamente a manutenção da biodiversidade local e o funcionamento de todo o sistema hídrico da região, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água, diminuindo o escoamento superficial e também a erosão, (BALBINOT et al., 2008; LIMA, 1996; SANTOS et al., 2007; DUDLEY; STOLTON, 2003). A existência da cobertura vegetal influi de maneira direta na redução das cargas de sedimentos nas vias fluviais, reduzindo os processos de sedimentação, com consequente melhoria da qualidade de água disponível para o consumo (JARDIM; BURSZTYN, 2010). Esses fatores resultaram na satisfação dos produtores rurais (ZANELLA, 2011), motivando-os a manter ou a restaurar a cobertura vegetal de suas propriedades com consequente melhoria na qualidade da água e efetiva prestação de serviços ambientais no município e em suas propriedades.

Além disso, o projeto também gera empregos diretos, capacita mão de obra para a restauração florestal e incentiva práticas de conservação de solo e saneamento ambiental (PAGIOLA; VON GLEHN; TAFFARELLO, 2013).

## Conclusão

O projeto “Conservador das Águas” foi eficiente do ponto de vista ambiental, devido à recomposição da vegetação nativa nas áreas das sub-bacias, o que promove uma melhora na qualidade ambiental.

## Evolution of land use and vegetation cover in the pioneering subwatershed “*Conservador das Águas*” project (2006-2018)

### Abstract

In this study, we evaluated the spatial-temporal changes in three subwatersheds essential for the hydrodynamics of Jaguari River (Ribeirão das Posses, Forjos and Saltos) after the implementation of the “*Conservador das Águas*” project in the municipality of Extrema (MG). We used satellite images

from TM-Landsat-5 from year 2006 and OLI-Landsat-8 from year 2018 to map land use and vegetation cover, and the SPRING software to classify images in Geographic Information Systems (GIS) and quantify the occurrence of the classes analyzed in 2006 and 2018. After these analyses, we observed 19,77% increase in vegetation cover in the three subwatersheds. Surprisingly, we also detected a similar result in adjacent subwatersheds where the project was not implemented. Thus, this study suggests a positive effect of the “*Conservador das Águas*” project to the maintenance of biodiversity and hydric system functioning of that region, resulting in increased environmental quality standards and effectiveness of the environmental services for the community and its properties.

**Keywords:** Space-time analysis. Supervised classification. Bhattacharya.

## Referências

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Relatório de gestão das Bacias PCJ - 2013**. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-gestao-bacias-pcj-2013.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

ALTMANN, A. L.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da Terra – estudo de caso no município de Teutônia – RS – Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, p. 273-283, 2009.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <[http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2019.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Revista Ambiência**. Guarapuava, PR, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008. Disponível em: <<http://www.redeacqua.com.br/wp-content/uploads/2011/09/PAPEL-DA-FLORESTA.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BUENO, E. **Capitães do Brasil: A Saga dos Primeiros Colonizadores**. Coleção Terra Brasilis, 3 ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2006.

CAMPOS, J. M.; NEVES, S. M. A. S. Cobertura vegetal e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Paraguai/Jauquara-MT. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UNEMAT, 2., 2009, Barra do Bugres, MT. **Anais....** Barra do Bugres, 2009. 1 p.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Cia das Letras, 1996.

DUDLEY, N.; STOLTON, S. **Running Pure: The Importance of Forest Protected Areas to Drinking Water**. World Bank/WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. Gland, Switzerland: WWF International, 2003. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/intbiodiversity/resources/runningpure2003+.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

FONSECA, C. E. **O crescimento e a expansão urbana e industrial no município de Extrema, Minas Gerais, a partir da duplicação da Rodovia Fernão Dias, BR 381**. (Mestrado em Geografia – 2009). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades:** Extrema - MG. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/extrema/panorama>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica:** lições aprendidas e desafios / Fátima Becker Guedes e Susan Edda Seehusen; Organizadoras. – Brasília: MMA, 2011. 272p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **SPRING:** Tutorial de Geoprocessamento. 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Revista Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 20, n. 3, p.353-360, set. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n3/1413-4152-esa-20-03-00353.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

LIMA, C. E. S.; GOMES, D. D. M.; GOLDFARB, M. Detecção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Inhaúma–PE/AL, por meio de técnicas de Geoprocessamento e dados de Sensoriamento Remoto. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, 2016.

MATTEI, L; ROSSO, S. Evolução do mercado de pagamento por serviços ecossistêmicos no Brasil: evidências a partir do setor hídrico. In: IPEA. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.ip ea.gov.br/bitstream /11058/5562/1/BRU\\_n09\\_evolucao.pdf](http://repositorio.ip ea.gov.br/bitstream /11058/5562/1/BRU_n09_evolucao.pdf)>. Acesso em: 04 ago. 2018.

OMURA, P. A. C.; CAMPOS, D. R.; DIEDERICHSEN, A. T. B.; MENEZES, J. P. A.; CAVICHIA, A.; PADOVEZI, A. **Conhecendo as águas e a saúde do rio Jaguari – Uma proposta de trabalho pedagógico abordando a conservação e qualidade dos recursos hídricos.** II Simpósio – Experiências em Gestão dos Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica. 2010.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, 2013.

PAULA, S. L.; MACIEL, D. A.; TEIXEIRA, V. E.; PAULA, J. C. A.; GONÇALVES, T. G.; ALVES, M. C. Avaliação do “Programa Conservador de Água” no município de Extrema/MG, através de técnicas de sensoriamento remoto. In: XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste. **Anais....** Brasília, 2016.

PEREIRA, P. H.; CORTEZ, B. A.; ARANTES, L. G. C.; PEREIRA, K. H.; OMURA, P. A. C.; RODRIGUES, R. R. **Conservador das Águas:** 12 anos. Edição 2017. Extrema: Departamento de Meio Ambiente, 2017. 187p. Disponível em: <<http://extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/conservador-das-agua-livro-12-anos.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

PEREIRA, P. H.; CORTEZ, B. A.; OMURA, P. A. C.; ARANTES, L. G. C.; **Projeto Conservador das Águas.** Extrema: Departamento de Meio Ambiente, 2016. 37p. Disponível em: <<http://www.extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/Projeto-Conservador-das-aguas-versao-fevereiro-de-2016.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

RIBEIRO, M. C., METZGER, J. P., MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p.1141-1153, 2009.

SANTOS, G.V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. N. C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa- MG. **Revista Árvore**, v.31, n. 5, 931-940 p. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v31n5/a17v31n5.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

SANTOS JUNIOR, W. M. ; COSTA, V. C. **Práticas no Ensino de Geoprocessamento: Pré-Processamento com Bandas Multiespectrais de Imagens do Sensor Landsat 8**. 2015.

SOS MATA ATLÂNTICA.; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: Período 2016-2017**. São Paulo: SOS, 2018. Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/link/Atlas\\_Mata\\_Atlantica\\_2016-2017\\_relatorio\\_tecnico\\_2018\\_final.pdf](https://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2018.

TEIXEIRA, C. G. **Pagamento por serviços ambientais de proteção às nascentes como forma de sustentabilidade e preservação ambiental**. 2011. 198p. Dissertação (Pós-Graduação). Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Curitiba. Disponível em: <<http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/PSA%20pela%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20das%20nascentes%20Carlos%20Geraldo%20Teixeira.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE – USGS. Earth Explorer - Collection - **Landsat Archive**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 21 jul. 2018.

VEIGA NETO, F. C. A. **Construção dos mercados de pagamentos por serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. 2008. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/tede/714/1/2008%20-%20Fernando%20Cesar%20da%20Veiga%20Neto.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

ZANELLA, M. A. **Conservador das Águas, Extrema: Resultados de pesquisa**. Humboldt-Universität zu Berlin. 2011. Disponível em: <[https://www.ciliosdoribeira.org.br/sites/ciliosdoribeira.org.br/files/arquivos/Resultados\\_PSA\\_Extrema.Jul11%28MAZ%29.pdf](https://www.ciliosdoribeira.org.br/sites/ciliosdoribeira.org.br/files/arquivos/Resultados_PSA_Extrema.Jul11%28MAZ%29.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2019.

ZOLIN, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MINGOTI, R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; PAULINO, J.; GONZÁLES, A. M. G. O. Minimização da erosão em função do tamanho e localização das áreas de floresta no contexto do programa “Conservador das Águas”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2157-2166 p., 2011. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600030>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

**Submetido em:** 25/04/2019

**Aceito em:** 12/08/2019