

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

eISSN 2316-1817

Indexada em

AGRIS - Information System for the Agricultural Sciences and Technology

SUMÁRIOS.ORG

LATINDEX

REDIB

DOAJ

GOOGLE ACADÊMICO

Afiliada à Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC)

Revista

AGROGEOAMBIENTAL

Publicação Trimestral Científica e Tecnológica - IFSULDEMINAS

v.13 – n.2 – junho / 2021

Pouso Alegre – Minas Gerais – Brasil



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

Presidente da República
Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Educação
Milton Ribeiro

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica
Tomás Dias Sant'ana

Reitor do IFSULDEMINAS
Marcelo Bregagnoli

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

Pró-Reitor de Gestão de Pessoas
Thiago de Sousa Santos

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

Pró-Reitor de Ensino
Giovane José da Silva

Pró-Reitor de Extensão
Cléber Ávila Barbosa

Ficha Catalográfica

R454 Revista Agrogeoambiental / Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Vol. 13, n.2 (jun. 2021) -. - Pousos Alegre (MG) : IFSULDEMINAS, 2021 - .

Trimestral.

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

e-ISSN 2316-1817 versão eletrônica.

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

Revista

AGROGEOAMBIENTAL

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

Expediente

Editora-chefe
Sindynara Ferreira

Bibliotecária
Rosimeire Ribeiro

Assistentes editoriais
Kélica Andréa Campos de Souza
Alan Silva Fialho

Revisão
Monalisa Aparecida Pereira

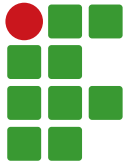
Comissão editorial
Cristiane Fortes Gris
Jane Piton Serra Sanches
Wellington Marota Barbosa

Diagramação
Traço Leal Comunicação

Comissão editorial

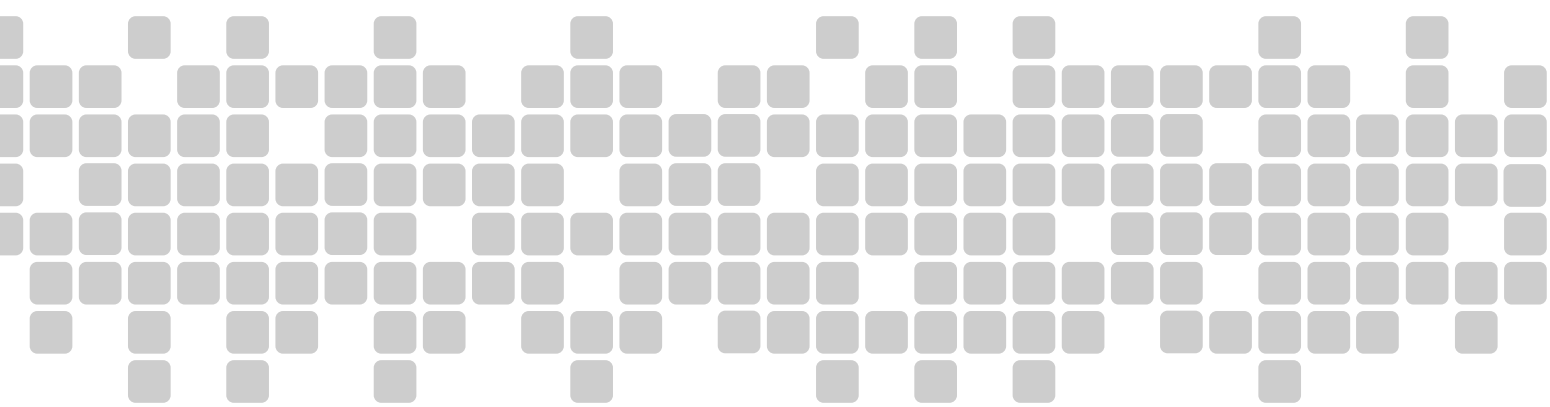
Abdon Santos Nogueira	IFBAIANO	Bruno Corrêa Barbosa	UFJF
Ademir Fontana	EMBRAPA	Caio de Teves Inácio	EMBRAPA
Aderlan Gomes da Silva	IFMG	Carlos Andres Leguizamón Rojas	UNA - Paraguai
Alan Silva Fialho	IFSULDEMINAS	Carlos Cezar da Silva	IFSULDEMINAS
Alessandro Salles Carvalho	UFJF	Carlos Edward de Carvalho 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
Arinaldo 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	Lilian Karla de Oliveira	UNIFRAN
Eliana Fortes Gris	UnB	Lilian Vilela Andrade Pinto	IFSULDEMINAS
Elisa de Souza Junqueira Rezende	UNICAMP	Luciana Faria	IFSULDEMINAS
Eugênio José Gonçalves	IFSULDEMINAS	Luciana Maria Vieira Lopes Mendonça	IFSULDEMINAS
Everton Vinicius Zambiazzi	UFLA	Luiz Eugenio Veneziani Pasin	UNIFEI
Fábio Janoni Carvalho	IFTM	Marcelo Bregagnoli	IFSULDEMINAS
Fabio Luiz Albarici	IFSULDEMINAS	Marcos Caldeira Ribeiro	IFSUDESTE - MG
Fábio Mesquita de Souza	IFMA	Marcos Magalhães de Souza	IFSULDEMINAS
Fábio Oseias dos Reis Silva	UFLA	Marcos Valério Gebra da Silva	UNIFAJ
Fabricio Gomes Gonçalves	UFES	Mário de Oliveira Rebouças Neto	IFPI
Felipe Santana Machado	UFLA	Mireile Reis Santos	IFSULDEMINAS
Flávia Monteiro Coelho Ferreira	IFSUDESTE - MG	Michael Silveira Thebaldi	UNIFOR
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 Alves Junqueira Junior	IF SUDESTE MG	Sindynara Ferreira	IFSULDEMINAS
José Antonio Dias Garcia	IFSULDEMINAS	Tatiana de Oliveira Ramos	UNESP
José Luiz de Andrade Rezende Pereira	IFSULDEMINAS	Vanessa Leite Rezende	UFMG
José Mauro Costa Monteiro	IFSULDEMINAS	Tatiane Tagliatti Maciel	UFJF
Joice Fernanda Lübke Bonow	UFPelotas	Vanessa Martins	UFPI
Juan Jose Bonnin Acosta	UNA - Paraguai	Verônica Soares de Paula Morais	IFSULDEMINAS
Käthery Brennecke	UNICASTELO / USP	Walbert Júnior Reis dos Santos	IFSULDEMINAS
Kátia Regina de Carvalho Balieiro	IFSULDEMINAS	Walnir Gomes Ferreira Júnior	IFSULDEMINAS
Leandro Campos Pinto	UFLA	Wellington Marota Barbosa	IFSULDEMINAS
Leonardo Rubim Reis	IFSULDEMINAS		



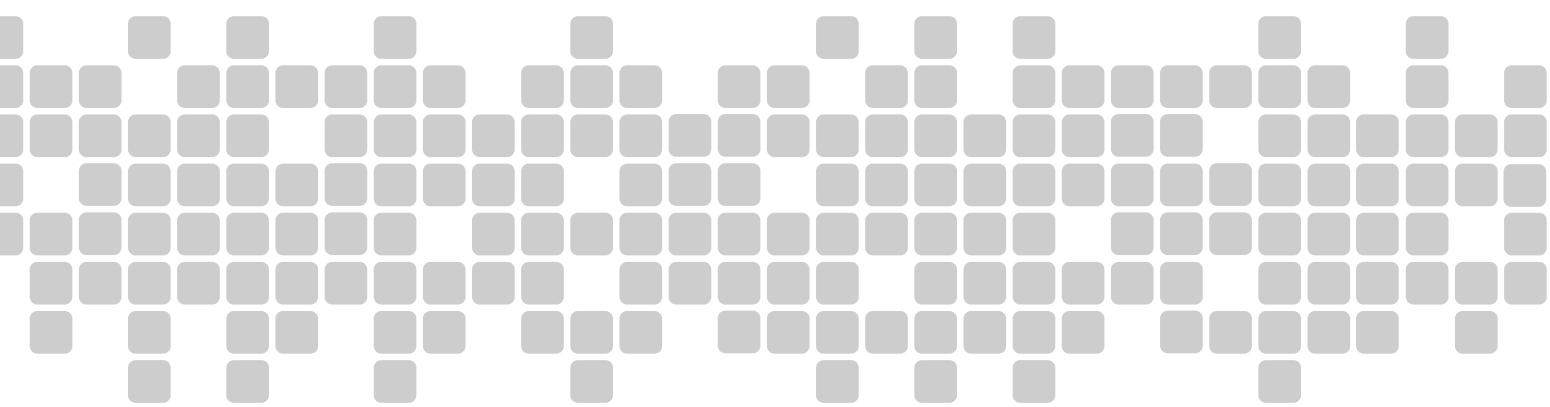
Summary

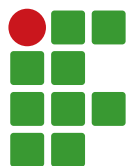
Agronomic performance of maize hybrids for forage production in the 2019/2020 harvest.....	210
Dionatas Alex Garcia; José Luiz de Andrade Rezende Pereira; Tássio Rezende Garcia; Vítor Marinello Souza; Luciano Luiz Pereira Júnior	
Physical-chemical characterization and sensory evaluation of coffees submitted to different post-harvest processing	220
Rodrigo Moreira do Prado; Leonardo Leite Moreira; Paula Tristão Santini; José Marcos Angélico de Mendonça; Luciana Maria Vieira Lopes Mendonça	
Irrigation blades and nitrogen doses in bean cultivation.....	230
Márcio José de Santana; Matheus Pereira de Assis; Stephânia Martins Trindade; Jan Cornelis van Kempen; Nicolly Urzedo Carneio	
Ginger extract as an alternative to thrips (<i>Thrips tabaci</i>) control in hydroponic lettuce....	242
Synara Silva; Marcelo Antônio de Sousa Gouvêia; Sylmara Silva; Luciano Donizete Gonçalves; Rafael Pereira	
Population dynamics of the pasture leafhopper complex (Hemiptera: Cercopidae) in brachiaria and mombasa grass.....	252
Westefann dos Santos Sousa; Jorge Luis Carvalho Silva; Thiago Souza Campos; João Victor de Lima Santos	
Socio-environmental analysis of the rural zone of Espírito Santo do Dourado/MG: a perspective for future integration policies.....	260
Marielle Rezende de Andrade; Fábio Geraldo Ávila; Roosevelt Heldt Junior; Mireile Reis dos Santos	
Biomass and carbon stock estimation of an Atlantic Forest fragment.....	272
Igor Rodrigues Henud; Stella Manes; Ludmila de Souza Varejão Marinho; Ana Carolina Clemente; Júlia Kazue Shimabukuro; Kenny Tanizaki-Fonseca	
Estimating of the vibration levels for truck transport in Iran.....	282
Ali Ramezani Boukat; Hossein Navid; Mir Javad Musevi Niya; Sajjad Ranjbar	
Economic growth and sustainability: An analysis of the Environmental Kuznets Curve on the Legal Amazon.....	300
Vasconcelos Reis Wakim; Jaques Otto Roma; Elizete Aparecida de Magalhães	
Time series study for groundwater level evaluation in monitoring well	315
Rubens Oliveira da Cunha Júnior; João Victor Mariano da Silva	





Artigos científicos





Agronomic performance of maize hybrids for forage production in the 2019/2020 harvest

Dionatas Alex Garcia¹, José Luiz de Andrade Rezende Pereira², Tássio Rezende Garcia³, Vítor Marinello Souza⁴, Luciano Luiz Pereira Júnior⁵

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – *Campus* Inconfidentes. Graduando em Engenharia Agrônoma. dionatas.garcia10@gmail.com.

²IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. Professor. joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

³IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. Graduando em Engenharia Agrônoma. rezendegarcia@bol.com.br.

⁴IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. cursando Técnico em Agropecuária. marinellosv@outlook.com.

⁵IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. Graduando em Engenharia Agrônoma. luciano115junior@gmail.com.

Received in: September 18, 2020 | Accepted in: January 19, 2021

Abstract

Maize has great economic prominence in national and international agribusiness, being used for various purposes such as grain use and in the form of bulky (silage). This study aimed to evaluate the agronomic characteristics of twelve maize hybrids for silage production in Inconfidentes-MG. Twelve hybrids were used: 20A78PW, 2B512PW, 2B533PW, 2B688PW, 30F53LEPTERA, AG8740-PRO3, DKB345-PRO3, DKB363-PRO3, LG3055-PRO3, LG6036-PRO3, MAXIMUS-VIP3, and MG652PW. The treatments were implanted in a randomized block design (CBD) containing three repetitions. The experimental plots consisted of four lines of five meters in length and 0.8 m spacing between rows, with the two central lines as useful areas. The parameters evaluated were green matter productivity, dry matter productivity, plant height, ear height, average stalk thickness, cutting window, flowering, and cycle. The hybrids 20A78PW; 2B533PW; DKB345-PRO3, and DKB363-PRO3 presented the highest cut-off window values in relation to the others. LG3055-PRO3 hybrid presented the smallest cut-off window. The hybrids 30F53LEPTERA, AG8740, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3, and MG652PW presented the highest plant height values. No statistical difference was observed between the hybrids for the variables: green matter productivity, ear height, and stalk thickness. Hybrids AG8740, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3, and MG652PW obtained the highest dry matter productivity values. Hybrids 20A78PW, 2B533PW, DKB345-PRO3, and DKB363-PRO3 presented the lowest male and female flowering time. Hybrid DKB345-PRO3 stood out, showing great potential to be recommended and cultivated by silage producers.

Keywords: Dry matter. *Zea mays* L. Silage. Bulky. Blooming/Flowering.

Introduction

Maize crop has great economic prominence in national and international agribusiness, being used for various purposes, mainly for human consumption of grains and for concentrated in animal diets and in the form of bulky (silage). High crop yields can be related to the physiological characteristics of the plants used for the processing of silage, because studies propose that the final quality of the product is directly more correlated with qualitative characteristics of the vegetative elements of the plant than to the grain itself (MENDES *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2011).

The silage process aims at the conservation of forages, which, in turn, has been increasingly adopted as a strategy for the dry season, lack of food for animals, and improvement in the use of the production chain. Silage represents a participation of more than 70 % in dairy farms, thus making it a strong parameter for the maize market at the national level (VIEIRA; ANTUNES, 2018). Maize (*Zea mays* L.) is one of the cultivated species of great genetic diversity both in nutritional quality and productivity, thus presenting a bulky of high nutritional value and highly significant mainly for ruminant feeding, aiming at the highest productive potential of the animal (MARCONDES *et al.*, 2012).

Moraes *et al.* (2013) pointed out the existence of a wide variety of maize hybrids for silage production, being the species *Zea mays* L. one of the most cultivated for this purpose, in addition to providing a considerable diversity in variables such as green matter, stalk thickness, among others that will influence the nutritional aspect of the final silage product.

Zopollatto *et al.* (2009) expressed that maize has several different compounds, the vegetative fraction consisting of structuring carbohydrates and the graniferous fraction with endosperm starch. Thus, we verify that, from bloom to the stage of flour grain, the culture undergoes an important transformation, taking into account the quantitative aspect, with the concentration of dry matter, and the qualitative aspect, with the quick change in the percentage of nutritional compounds, that is, the forage part of the plants.

Oliveira *et al.* (2007) exposed in their work that factors such as cycle, type, dry matter productivity, as examples, are highlighted in the choice of hybrids for cultivation, as they influence the quantity and nutritional value of silage. They also emphasize there is a wide variety of maize cultivars when considering dry matter productivity and its quality.

The maize crop presents great variability to define its complete cycle since environmental conditions and genotype diversification interfere with its development; thus, the number of days from its sowing to harvest or the occurrence of the inflorescence is taken as a basis (MACHADO *et al.*, 2017).

Oliveira *et al.* (2005) cited that competition trials of maize hybrids are extremely important for the evaluation of the agronomic performance of new genetically improved hybrid cultivars launched on the market, being rated under different environmental conditions. Therefore, the producer's choice of a hybrid cultivar that is

more suitable for their local conditions will be obtained based on data resulting from agronomic characterization testings (SANTOS *et al.*, 2002). Lupatini *et al.* (2004) emphasized that the best performances of the hybrid cultivars intended for silage production occur when all local conditions are adequate for plant development.

Jaremtchuk *et al.* (2005) reinforced that cultivars with higher productivity and adapted to the environmental conditions of the cultivation location should be used for choosing maize hybrid for silage for an economically feasible production, with emphasis on quality.

Thus, it is relevant that research generates information, evaluating the performance of hybrid maize cultivars available on the market, subsidizing recommendations of cultivars for whole plant silage for various occasions and regions. Neumann *et al.* (2018) also cited the strong interaction between the genotype and the environment on the performance of maize cultivars intended for silage production.

Given the information exposed, this study aimed to evaluate the agronomic performance of twelve maize hybrids for silage production in Inconfidentes-MG in the 2019/2020 harvest.

Material and methods

The experiment was conducted in the field in the municipality of Inconfidentes-MG, in the experimental area of the farm that belongs to the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Southern Minas Gerais, Inconfidentes Campus.

The municipality is located at 869 m above sea level, 22°18'47" South latitude, and 46°19'54.9" West longitude (FAO, 1985). The climate of the region is temperate, i.e., mesothermic, of dry winter (Cwb). It has a mean annual temperature of 19.3 °C and a mean annual rainfall of 1.411 mm (FAO, 1985). The area has

an eutrophic yellow-red latosol (DOS SANTOS *et al.*, 2018) being cultivated annually with corn.

Twelve hybrids were used (20A78PW, 2B512PW, 2B533PW, 2B688PW, 30F53LEPTERA, AG8740, DKB345-PRO3, DKB363-PRO3, LG3055-PRO3, LG6036-PRO3, MAXIMUS, and MG652PW) with characteristics for silage production.

The experiment was installed on November 22, 2019, the recommended planting season in the region. The soil was prepared in a conventional manner. A ploughing was carried out at 30 cm depth and then two gratings for deburring and levelling.

The treatments were installed using a randomized block design (RBD) containing 3 repetitions. The experimental plots consisted of 4 lines of 5 meters in length and 0.8 m spacing between rows, with the 2 central lines as useful areas.

The parameters evaluated were green matter productivity (PMV) in $t\ ha^{-1}$, dry matter productivity (PMS) in $t\ ha^{-1}$, plant height (AP) in meters, ear height (AE) in meters, average stalk thickness (EC) in centimeters, cut-off window (JC) in days, male (FM) and female (FF) blooming in days and cycle (CC) in days.

The evaluation of these parameters was determined due to their extreme relationship both in the qualitative and quantitative aspect of the final product, which is whole plant silage. The genotype and environment interaction also have a strong influence on them.

The variable green matter was determined from the plants of the 2 centerlines of each useful area in which they were cut, tied in bundles for weight distribution, weighed on a digital hand-held scale, and then had its productivity calculated in $t\ ha^{-1}$.

To obtain the dry matter, the plants of the useful areas were cut and chopped, after the ears

presented $\frac{1}{2}$ line of milk. Then, a sample of 300 g was removed, dehydrated with the aid of a forced air circulation oven at 56 °C for 72 h, and, after this period, the samples were removed from the oven and weighed on a precision scale. From the percentage of dry matter of the hybrid obtained through the difference of green and dry weight, the productivity in $t\ ha^{-1}$ of this variable was determined.

We determined the plant height by measuring the average height in meters of 10 plants randomly chosen in the useful area, this measurement was carried out from the ground level to the insertion point of the flag leaf (last leaf of the plant).

The ear height was obtained by the mean height of 10 plants randomly chosen in the useful area, measured in meters, from the ground level to the insertion point of the main ear.

To determine the average stalk thickness, measurements were performed in centimeters with the aid of a caliper. Three points were measured in the plant and an average was obtained, one point 20 cm above the ground level, another in the insertion of the main ear and another in the insertion of the flag leaf, and the final value for evaluation purposes was the average of ten plants randomly chosen within the useful area.

The window for pruning was determined when the plants could be cut, in which they presented $\frac{1}{2}$ of the milk line and ending this period when they reached $\frac{3}{4}$ of the milk line.

To evaluate the blooming, we used the methodology of Clovis *et al.* (2015) and Ciappina (2019), measuring the number of days from sowing until 50 % of the plants in the plot had presented anthers releasing pollen, in the case of male flowering (hanging) and the issuance of the style-stigma in female flowering (embossing). The flowering interval that deals with the difference in days of hanging and embossing were also calculated.

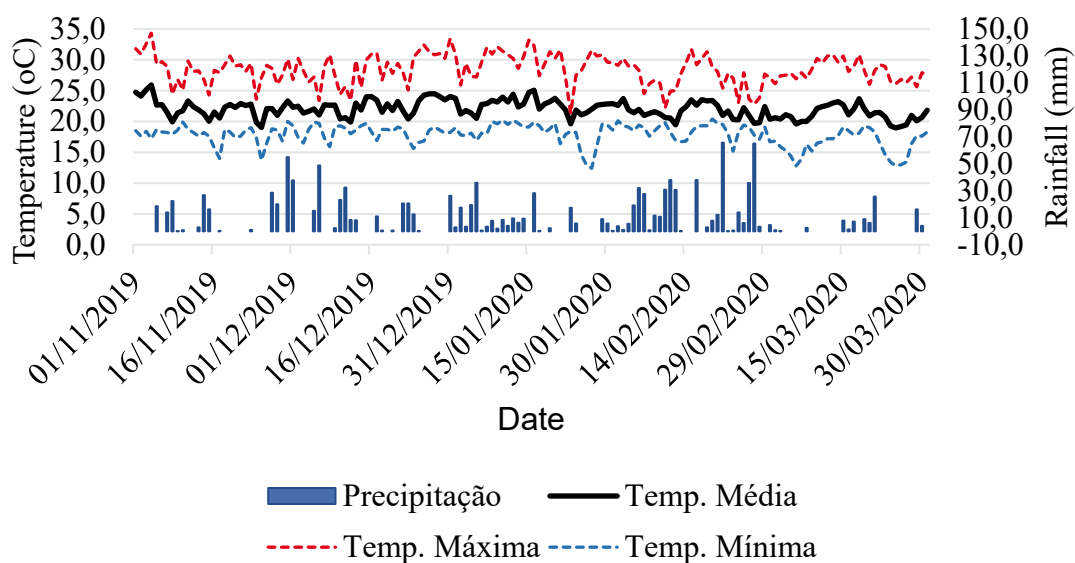
To achieve the cycle of each hybrid, we determined from the time of sowing until the plants presented their cut-off point, in which corn was in $\frac{1}{2}$ of the milk line. The evaluations of the milk line were performed weekly after male and female flowering. Later, with the hybrids presenting almost half of the milk line, we started evaluation daily to realize the ideal moment of the cut and not incur possible analytical errors.

The data were analyzed using the SISVAR software (FERREIRA, 2011) and the variables were compared by the Scott-Knott test (1974), at 5 % probability.

Results and discussion

The genotype and environment interaction is extremely important, thus we can observe in Figure 1 the data of the maximum, minimum, and average temperatures and precipitation during the experiment. The data were collected at a weather station (Vantage Pro2 - Davis®) installed at the farm that belongs to the IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes in a location with Latitude: 22° 18' 37.47" S, Longitude: 46° 19' 56.31" O and Altitude: 914.0 m. The equipment stores hourly data, which were integrated to obtain the total daily precipitation and the daily average for the temperatures.

Figure 1 – Temperature and precipitation during the experiment from November/2019 to March/2020 in Inconfidentes/MG.



Source: Barbosa (2020).

The average results for green matter productivity (PMV), dry matter productivity (PMS), plant

height (AP), ear height (AE), stalk thickness (EC), and cut-off window (JC) are set forth in Table 1.

Table 1 – Agronomic performance values of 12 maize hybrids for silage evaluated in Inconfidentes/MG in the 2019/2020 harvest.

Hybrids	*PMV (t ha ⁻¹)	*PMS (t ha ⁻¹)	*AP (m)	*AE (m)	*EC (cm)	*JC (days)
20A78PW	61.15 a	17.54 b	2.37 b	1.22 a	1.71 a	18 a
2B512PW	56.07 a	18.08 b	2.32 b	1.26 a	1.72 a	14 b
2B533PW	66.58 a	18.20 b	2.35 b	1.27 a	1.82 a	15 a
2B688PW	56.96 a	19.47 b	2.29 b	1.22 a	1.86 a	12 c
30F53LEPTERA	61.48 a	15.77 b	2.57 a	1.44 a	1.74 a	13 b
AG8740-PRO3	63.76 a	24.12 a	2.45 a	1.31 a	1.70 a	10 c
DKB345-PRO3	59.96 a	23.63 a	2.48 a	1.29 a	1.74 a	16 a
DKB363-PRO3	51.86 a	20.67 b	2.40 b	1.27 a	1.68 a	16 a
LG3055-PRO3	52.61 a	19.59 b	2.26 b	1.35 a	1.75 a	7 d
LG6036-PRO3	62.68 a	24.38 a	2.50 a	1.24 a	1.88 a	11 c
MAXIMUS	49.23 a	18.86 b	2.20 b	1.24 a	1.73 a	13 b
MG652PW	70.86 a	22.74 a	2.50 a	1.33 a	1.87 a	12 c
CV (%)	11.52	16.00	5.22	5.07	6.79	12.75

*Means followed by distinct letters in the columns differ from each other by the Scott-Knott test (1974) ($P < 0.05$).

Source: Prepared by the authors (2020).

The analysis of the variable PMV showed no significant difference ($P < 0.05$) between the hybrids. On the other hand, Paziani *et al.* (2009) emphasized in their research that the productivity of green matter is one of the first parameters sought by producers to choose a particular cultivar, because they are concerned with the sizing of the silos where they will store the raw food, in addition to diluting the costs of crop implementation due to increased productivity. However, PMV is influenced by the harvesting time, so it is recommended to observe the PMS better since it is also where the nutrients that the animals will use are found.

For the variable PMS, there was a statistical difference, at which hybrids AG8740-PRO3, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3, and MG652PW presented the highest values. This variable is extremely important in the choice of a hybrid because it contains essential nutrients and the energy that animals need for meat or milk production. Lupatini *et al.* (2004) emphasized that

the cultivars recommended for silage should be adapted in the planting region, seeking an optimal performance of PMS with good grain participation, which consequently will result in high food quality and productivity.

There was a statistical difference in AP between hybrids, with 30F53LEPTERA, AG8740-PRO3, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3, and MG652PW being the largest. This variable is influenced by the genotype and the place where the hybrid is sown (genotype x environment interaction). Bedding is related to this variable, however, in this experiment, it did not occur.

For variables AE and EC, there was no statistical difference between the hybrids. These parameters are also related to the genotype and environment interaction.

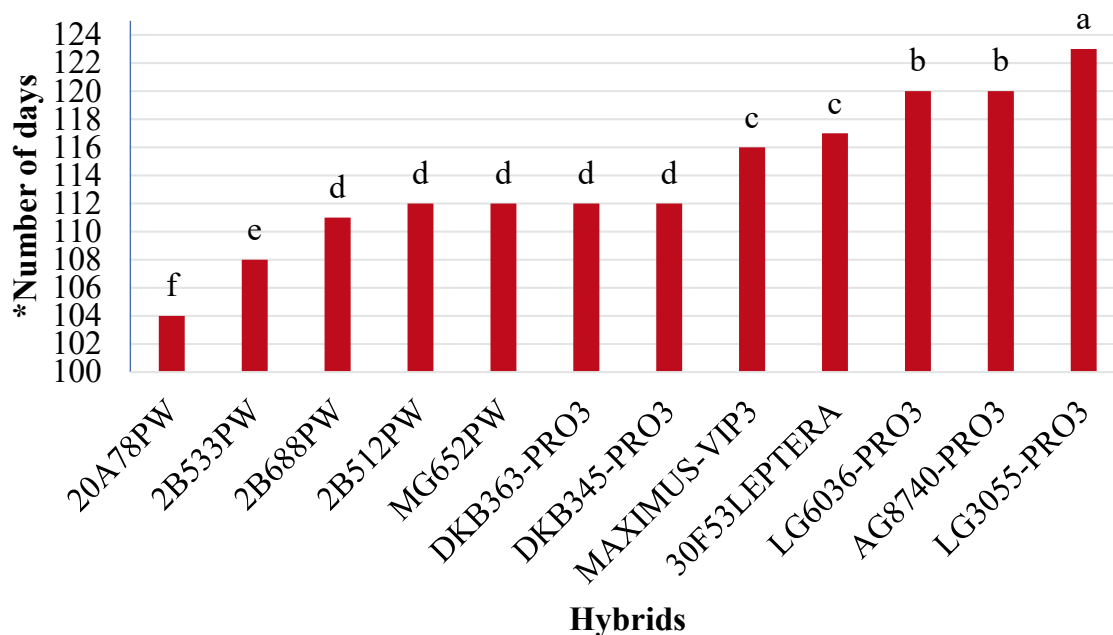
The analysis of the variable JC showed a significant difference ($P < 0.05$), and the hybrids that showed higher cut-off window

values in relation to the others were: 20A78PW; 2B533PW; DKB345-PRO3, and DKB363-PRO3. The smallest cut-off window was presented by the LG3055-PRO3 hybrid. This variable is very important because it helps silage producers to better plan their crops within an ideal period, aiming at the excellence of the final product results, thus hybrids with larger cut-off windows will be the most suitable for silage production.

In this way, to choose the hybrids, we recommend those with the highest dry matter productivity. Another important factor is the cutting window that should be as spaced as possible.

The results obtained from the culture cycle (CC), counted in days, can be seen in Figure 2.

Figure 2 - Culture cycle values of 12 maize hybrids for silage evaluated in Inconfidentes/MG in the 2019/2020 harvest.



*Means followed by distinct letters in the columns differ from each other by the Scott-Knott test (1974) ($P < 0.05$).

CV (%) 1.54.

Source: Prepared by the author (2020).

According to Emater (2016), one of the classifications of the maize cultivars cycle is determined according to the number of days from sowing to the time of harvest. Based on this statement, in the case of maize for silage, the cycle was established at the moment of cutting.

Dekalb (2018) pointed out that the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA) has been trying to standardize the classification of the maize hybrid cycle in the number

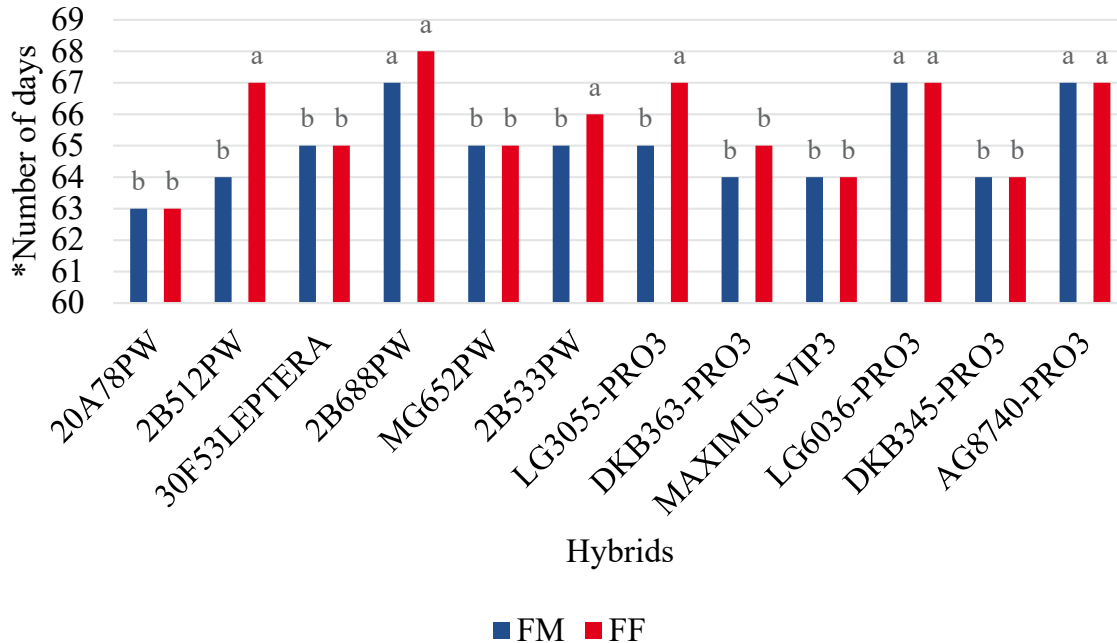
of days, but there is still no standard defined for this subject; thus, the division into three groups is suggested: Group I - Super early: up to 110 days; Group II - Normal: between 110 and 145 days and Group III - Late: greater than 145 days.

According to the results presented in Figure 2, the cultivars were classified according to their cycle as Super-early and Normal, the Super-early hybrids being 20A78PW and 2B533PW, and Normal hybrids 2B512PW, 2B688PW, 30F53LEPTERA, AG8740-PRO3,

DKB345-PRO3, DKB363-PRO3, LG3055-PRO3, LG6036-PRO3, MAXIMUS-VIP3, and MG652PW.

Male blooming (FM) and female blooming (FF) can be seen in Figure 3.

Figure 3 – Male and female blooming of 12 maize hybrids for silage evaluated in Inconfidentes/MG in the 2019/2020 harvest.



*Means followed by distinct letters in the columns for the same blooming differ from each other by the Scott-Knott test (1974) ($P < 0.05$).

FF – CV (%) 2.15.

FM – CV (%) 2.18.

Source: Prepared by the author (2020).

Figure 3 shows that there was no great variation between the flowering intervals of the 12 corn cultivars, highlighting the hybrids 20A78PW, 30F53LEPTERA, MG652PW, MAXIMUS-VIP3, LG6036-PRO3, DKB345-PRO3, and AG8740-PRO3, which had male and female flowering at the same time. However, the other hybrids still remained within the appropriate parameters to evaluate this variable and the period ranged from 1 to 3 days.

The process of pollen release by the tassel of the corn plant can take an average of two to fourteen days since the female plant blooms around two to three days after hanging. Thus, three-day flowering intervals are not considered so long as to affect crop performance (CIAPPINA, 2019).

In his experiment, Ciappina (2019) observed that the flowering interval ranged from zero to three days, considered ideal for production, and a genetic improvement program since longer intervals hinder the process of self-fertilization of plants.

Magalhães *et al.* (2009) highlighted that when blooming, corn is very sensitive, especially if related to lack of water, so there must be no increase in the interval between male and female flowering, as it will affect crop production negatively.

Observing the precocity of the male and female blooming in the hybrids in Figure 3, and highlighting the cut-off window variable in Table 1,

we found that the cultivars with higher cut-off window values presented a shorter period for flowering, mainly in the hanging, where the hybrids 20A78PW, 2B533PW, DKB345-PRO3, and DKB363-PRO3 stood out in this evaluation in relation to the others, demonstrating an average of 64 days for both flowering and 16 days of the cut-off window, emphasizing the statement.

Zopollatto *et al.* (2009) evaluated the performance of maize cultivars for silage production in two distinct harvests, finding similar values for the male flowering, with an average of 64 days.

Just as we highlighted the importance of considering the cut-off window variable for better planning of producers, especially for the harvest period, it is also of great relevance to note that flowering has a relationship with the spacing of the cut-off window, thus making it a determinant parameter at the time of choosing the hybrid.

Conclusions

Hybrids 20A78PW; 2B533PW, DKB345-PRO3, and DKB363-PRO3 presented the highest cut-off window values in relation to the others. LG3055-PRO3 hybrid presented the smallest cut-off window.

Hybrids 30F53LEPTERA, AG8740, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3, and MG652PW presented the highest plant height values.

No statistical difference was observed between the hybrids for the variables: green matter productivity, ear height, and stalk thickness.

Hybrids AG8740, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3, and MG652PW obtained the highest dry matter productivity values.

Hybrids 20A78PW, 2B533PW, DKB345-PRO3, and DKB363-PRO3 presented the lowest male and female flowering time.

In general, hybrid DKB345-PRO3 stood out, showing greater potential to be recommended and cultivated by silage producers in the region of Inconfidentes/MG.

Acknowledgments

To the study group on agriculture (GEAGRO), for assistance in the project activities. To IFSULDEMINAS – Inconfidentes *Campus*, for providing area and equipment. To the Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação of IFSULDEMINAS, for the research grant. To the Laboratory 3r Lab., for the help with the analyses performed.

References

- CIAPPINA, A. L. **Caracterização de híbridos e associação entre caracteres para produção de silagem em milho**. 2019. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Go, 2019. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9996>. Acesso em: 18 jul. 2020.
- CLOVIS, L. R.; SCAPIM, C. A.; BARTH PINTO, R. J.; BOLSON, E.; CAMARGO SENHORINHO, H. J. Avaliação de linhagens s3 de milho por meio de testadores adaptados à safrinha. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 109-120, jan./mar. 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237138297012.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.
- DEKALB. **A precocidade do híbrido de milho**. 2018. conteúdo exclusivo DEKALB. Disponível em: <https://www.dekalb.com.br/pt-br/conteudos/a-precocidade-do-hibrido-de-milho-.html>. Acesso em: 9 jun. 2020.

DOS SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; DE ALMEIDA, J. A.; DE ARAÚJO FILHO, J. C.; DE OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais. **Cultura do milho**. [S. l.]: Emater/MG, 2016. 6 p. Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=17022>. Acesso em: 12 jul. 2020.

FAO. **Agroclimatological data for Latin América and Caribbean**. Roma, 1985. (Coleção FAO: Produção e Proteção Vegetal, v. 24).

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039 – 1042, nov./dez. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001. Acesso em: 19 abr. 2020.

JAREMTCHUK, A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M. T.; KOZLOWSKI, L. A.; COSTA, C.; MADEIRA, H. M. F. Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 181-188, abr./jun. 2005. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/1220/653>. Acesso em: 15 ago. 2020.

LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agronômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 02, 2004. Disponível em: http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/102/pdf_396. Acesso em: 12 dez. 2019.

MACHADO, B. O.; SLAVIERO, C.; SLAVIERO, M.; RIZZARDO, A.; PASQUALOTTO, L.; ARGENTA, J.; BISPO, N. B. **Análise do ciclo de populações de milho crioulo cultivadas na região Norte do Rio Grande do Sul**. 62. ed. Sertão: ABMS, 2017. 5 p. Disponível em: http://www.abms.org.br/eventos_anteriores/rtams_2017/trabalhos_anais/1405.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

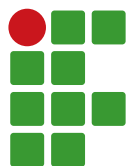
MAGALHÃES, P. C.; DE SOUZA, T. C.; DE ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; MAGALHÃES, M. M.; CANTÃO, F. R. de O. Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 223-232, 2009. Disponível em: http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/283/pdf_154. Acesso em: 20 ago. 2020.

MARCONDES, M. M.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; DO ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, PR, v. 5, n. 2, p. 173-192, maio/ago. 2012. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1461/1746>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, M. N.; FARIA FILHO, E. M.; DE SOUZA FILHO, A. X. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 285-297, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n2/a04v67n2.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2020.

MORAES, S. D. de; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S. da; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 4, p. 624-634, out./dez., 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbspa/v14n4/02.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.

- NEUMANN, M.; POCZYNEK, M.; LEÃO, G. F. M.; FIGUEIRA, D. N.; SOUZA, A. M. D. Desempenho de híbridos de milho para silagem cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S.l.], v. 17, n. 1, p. 49-62, 2018. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4818/6342867a576f38401dd78a3d57143fc8e6d4.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2020.
- OLIVEIRA, J. S.; SOUZA SOBRINHO, F.; SANTIAGO, A. D.; SANTOS, D. M.; GOMIDE, C. A.; PEREIRA, A. V.; LANES, E. C. M.; ALMEIDA, E. J. D.; RAMOS, C. R. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização na forma de silagem na Mesorregião do Leste Alagoano. **Medicina Veterinária**, Recife, v. 1, n. 2, p. 26-33, jul./dez. 2007. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/715/594>. Acesso em: 12 ago. 2020
- OLIVEIRA, S. J. R.; FEIJÓ, S.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; MARTINI, L. F. D.; DAMO, H. P. Substituindo o uso de bordaduras laterais por repetições em experimentos com milho. **Ciência Rural**, v. 35, p. 10-15, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n1/a03v35n1.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n3/a02v38n3.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- PEREIRA, J. L. A. R.; PINHO, R. G. V.; DE SOUZA FILHO, A. X.; FONSECA, R. G.; SANTOS, A. de O. Influência das características qualitativas dos componentes da planta de milho na degradabilidade da matéria seca da planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 2, p. 158 – 170, 2011. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/327>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- SANTOS, P. G.; JULIATTI, F. C.; BUIATTI, A. L. Avaliação do desempenho de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 597-602, maio, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n5/9528.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- VIEIRA, L. H. A.; ANTUNES, R. O. Produção de milho silagem submetido a diferentes espaçamentos entre plantas. **Repositório Institucional da FUCAMP**, Monte Carmelo, MG, 2018. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/jspui/bitstream/FUCAMP/317/1/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20milho%20para%20silagem.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; MARI, L. J.; SCHMIDT, P.; DUARTE, A. P.; MOURÃO, G. B. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 452-461, nov. 2009. Anual. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n3/a08v38n3.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.



Physical-chemical characterization and sensory evaluation of coffees submitted to different post-harvest processing

Rodrigo Moreira do Prado¹, Leonardo Leite Moreira², Paula Tristão Santini³,
José Marcos Angélico de Mendonça⁴, Luciana Maria Vieira Lopes⁵

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – *Campus* Muzambinho. Discente. rodrigoteccafe@gmail.com.

² IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Discente. leoleitecv@hotmail.com.

³ Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutoranda em Agronomia/Fisiologia Vegetal. paulatsantini@gmail.com.

⁴ IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professor. jose.mendonca@muz.ifsuldeminas.edu.br.

⁵ IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professora. Luciana.lopes@muz.ifsuldeminas.edu.br

Received in: March 11, 2019 | Accepted in: May 8, 2019

Abstract

Coffee is one of the agricultural products whose processing requires special attention, in order to maintain its qualities preserved, in the post-harvest, different grain patterns can be obtained due to the adoption of techniques and the use of equipment that enable the separation of fruits by maturation stage, thus enabling the formation of more homogeneous coffee batches when compared to the coffee batch without this separation (fruit mixture). The chemical composition of the coffee bean depends on genetic and environmental factors and pre and post-harvest management conditions. The present work aimed to characterize the physical-chemical attributes of the different coffee patterns obtained during the post-harvest of the fruits. Thirteen patterns were obtained, being: mix of dried fruits in high wind, mix of dried fruits in low wind, more mature green, natural float, natural raisin, float, natural cane green, natural ripe, natural ripe fermenting in water, natural ripe dried fermented, peeled, ripe peeled and pulped, in three random repetitions. The evaluated attributes were: Brix, total titratable acidity, pH, and ash content. The Natural Mature (MN) treatment was the best processing evaluated, as it provided the highest Brix value and the lowest titratable acidity value. The mature peeled, pulped mature, and natural mature treatments showed better sensory values, so they are recommended for post-harvest management to obtain a good drink quality.

Keywords: *Coffea arabica*. Qualities. Treatment.

Introduction

Coffee is one of the most traditional cultures of Brazilian agriculture. Having started its cultivation more than 200 years ago, it is considered a culture of great economic expression in the country (FAGAN *et al.*, 2011). However, it is one of the agricultural products whose processing requires special attention, in order to maintain its qualities preserved (NOBRE *et al.*, 2011). Because of this, coffee can be processed in two ways: dry, which produces coconut coffee; and wet way, which produces pulped and pulped coffee (BORÉM *et al.*, 2013).

In the form of dry preparation of the beans, it provides natural or yards coffee, where the fruit is fully processed (ARRUDA; HOVELL; REZENDE,

2011), that is, with the exocarp (peel), resulting in a coffee with higher levels of soluble solids, reducing and total sugars (RIBEIRO *et al.*, 2011). In wet processing, exocarp and mesocarp (mucilage) are eliminated, which are sources of fermentation and which delay drying (MATIELLO *et al.*, 2010). The following can be produced: the peeled cherry coffees, the result of the mechanical removal of the peel and, partially, the mucilage of the fruit; pulped cherry coffees, originating from mechanically peeled fruits with the remaining mucilage removed by fermentation; and demucilated cherry coffees, the result of mechanical removal of both the skin and mucilage (BORÉM *et al.*, 2013).

The coffee industry currently has a growing segmentation as to the quality characteristics of

coffee that are related to its origin and preparation methods, which depend on intrinsic and extrinsic factors; the interaction between these factors guarantees the final expression of the drink's flavor and aroma characteristics (PIMENTA *et al.*, 2009).

Recently, the demand for differentiated coffees has intensified and the coffee sector has been investing, more and more, in the production of quality coffees due to the demand of the consumer market (ABRAHÃO *et al.*, 2010). Offering quality to the Brazilian consumer has not been an easy task for agents involved in the production chain, especially regarding to the historical background of coffee agribusiness in Brazil, as the domestic market consumes coffees considered to be of inferior quality to those of quality standards "Special", where they are classified for exports. However, in the last 10 years, Brazil is slowly beginning to have a presence in the world of quality coffees (SCHOLZ *et al.*, 2011).

The coffee drink is the determining factor for product remuneration (NOBRE *et al.*, 2011). The interactions between genetics, the environment, and cultural management have a direct influence on the quality of the drink, with great importance for the operations carried out after harvesting the fruit. Once the process is carried out properly, sensory analysis is the best way to identify whether coffee has characteristics that meet the requirements of the consumer market (FANTE *et al.*, 2015).

The characteristics of the coffee drink are influenced by changes in the beans attributed to physiological disorders and microbial fermentations that degrade the sugars of the fruit mucilage in the plant, forming alcohols or carboxylic acids (FAVARIN *et al.*, 2004). The taste and aroma of coffee are complex parameters that are part of the quality of the drink (ABRAHÃO *et al.*, 2010).

Commonly, coffee is evaluated for quality through sensory analysis, known as cup tasting

(FAGAN, 2011). There is a classification of coffee by drink that occurs according to the taste and aroma that the coffee presents in the cup tasting and shows characteristics of very mild and sweet taste, attenuating the quality up to the category river zone, of intolerable flavor and odor to the taste and smell (MACEDO *et al.*, 2016).

In addition to the genetic, environmental factors and those related to the conduction and management of the coffee crop, it is believed that the differences in the taste and aroma of coffee are due to several physical-chemical, physiological and biochemical changes that occur in coffee beans during processing (RIBEIRO *et al.*, 2009). It is known that pH is indicative of possible transformations of coffee fruits, such as the undesirable fermentations that occur in the pre or post-harvest, causing defects (SIQUEIRA; ABREU, 2006).

The chemical composition of the raw coffee bean depends on genetic and environmental factors and pre and post-harvest management conditions and, according to the authors, roasting is an essential step for the production of compounds that confer the aroma and flavor characteristics of the coffee. The main compounds associated with the quality of the coffee drink are carbohydrates, proteins, lipids, chlorogenic acids, water-soluble tannins, caffeine, and trigonelline (SCHOLZ *et al.*; 2011). Among them, sugars and proteins from raw beans are the main compounds that contribute to the taste and aroma of roasted coffee (LICCIARDI *et al.*, 2005). The coffee bean is rich in mineral salts (3 % to 5 %) such as potassium, magnesium, calcium, sodium, iron, manganese, rubidium, zinc, copper, strontium, chromium, vanadium, barium, nickel, cobalt, lead, molybdenum, titanium, and cadmium (ENCARNÇÃO; LIMA, 2003).

The technical processes, together with the adoption of chemical and physical-chemical methods, guarantee the quality of the coffee (CARVALHO *et al.*, 1994). Countless studies

have attempted to correlate the final quality of the coffee drink with the chemical composition of the bean, suggesting that coffees of lower quality have lower levels of sugars and proteins and higher levels of total titratable acidity and, mainly, contents of phenolic compounds (ABRAHÃO *et al.*; 2010). Thus, the objective of the present work was to evaluate the influence of post-harvest processing on the physical and chemical characterization of roasted coffee, following sensory evaluation.

Material and methods

The experiment was carried out in the experimental area of the Coffee Industry Sector of the Federal Institute of Education, Science, and Technology of the South of Minas Gerais – Campus Muzambinho, Minas Gerais. The municipality is 1033 meters high, 21° 22'33" south latitude and 46° 41'32" west longitude, with an average temperature of 23° C (FUNDAÇÃO PROCAFÉ, 2017).

Coffee (*Coffea arabica*), yellow Catuai cultivar, were harvested by manual tilling on the cloth, in crops of the IFSULDEMINAS Campus Muzambinho. In the post-harvest sector, the following operations were carried out to obtain the treatments: 1) low fruit mix (MFLB); 2) fruit mix had read high (MFLA); 3) natural float (BN); 4) 35 % green + Ripe (VM) 5) float (B); 6) natural pass (PN); 7) natural mature (MN); 8) dry fermented mature (MFS); 9) mature fermented in water (MFA); 10) peeled mature (MD); 11) pulped mature (MDP); 12) peeled raisin (PD); 13) cane green (VC), the evaluation was made in three replicates per treatment.

The density of 30 liters of coffee per square meter was adopted as the standard for the high windmill and 10 liters of coffee per square meter for the low windmill. The MFLA and MFLB treatments were taken directly for drying on a suspended terrace.

The first separation was carried out by density in a water tank, giving rise to the 35 % Green + Ripe treatments that sank, and BN, which floated was removed with a sieve. From the BN treatment, three more PN and B treatments were removed, which were separated manually, after the separation they went straight to drying. The PD passed through the peeler first and was then dried. From the 35 % Green + Ripe treatment, 6 more treatments originated, namely: MN; VC that were taken to dry shortly after separation. The MFS and MFA treatments were stored in plastic bags for 18 hours for fermentation to occur. The MFA was submerged in water and the MFS was not.

Finally, the MD and MDP treatments, which were taken to the DC 6 Pinhalense peeler model. After peeling, the MD treatment was carried out to dry and MDP was left in water for 18 hours to remove the mucilage.

The drying of the coffees was carried out in frames made of wood, with a shade at the bottom reinforced with wire, with an area of 1 square meter. The terraces were placed in suspension, and in full sun, the coffees were revolved every 45 minutes (7 to 8 times a day), until they reached 11 % humidity. After drying, the coffees were stored in the sample room for 20 days to rest, then proceeded to process them in the sample peeler model DRC-2 from Pinhalense. After this process, the samples were packed in high-density polyethylene pots and stored at the Coffee Classification Laboratory.

From these samples, 100 g of coffee without defects and with a sieve 16 and above were separated, which were roasted in the sample roaster of the LABORATTO® brand, after roasting, a small portion of these beans was removed to measure the ash contents held at the Bromatology and Water Laboratory located at IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho.

In the prepared drink, according to the SCAA protocol, total titratable acidity (ATT), Brix, and

hydrogenionic potential (pH) were evaluated. All evaluations were performed in duplicate. The SST was evaluated by direct reading on the digital refractometer, and the results are expressed in Brix degrees, according to AOAC standards (1990). The pH reading was determined on the beverage using the Digimed pH meter, 2M-21. To achieve the titratable acidity a total of 20 ml of distilled water and 2 ml of the coffee infusion were placed in a container, adding 3 drops of 1 % phenolphthalein indicator and titrating with sodium hydroxide solution 0, 1N until color change, according to the technique described by AOAC (1990). The values were expressed in mL of 0.1 N NaOH, per 100 g of sample, these evaluations were performed in duplicate. The ash values were obtained from 1 g of roasted coffee, incinerated for four (4) hours in a muffle with a temperature of 550 °C.

The sensory classification was carried out by Judges with “Q-Grader” certification given by the American Specialty Coffee Association (SCAA, 2015), using the protocol described by the same. 100 grams of coffee sieve 16 and above were prepared, which were roasted in the laboratto equipment until they reached the average color corresponding to # 55 to # 65 on the Agtron scale (FANTE *et al.*, 2015). After the rest period, the samples were ground and placed in 5 glass cups for each sample, respecting the concentration of 8.25 grams of ground coffee to 150 mL of water heated to approximately 93 °C (FANTE *et al.*, 2015).

The samples of Arabica coffee were subjected to classification according to different standards of drink quality in terms of cup tasting. The cup tasting was carried out by two professional tasters, following the protocol of the Specialty Coffee Association of America (SCAA, 2015), in which ten attributes were evaluated (aroma/fragrance, uniformity, defects, sweetness, acidity, flavor, body, finish, balance, and final concept) on a scale from zero to ten for each attribute.

The experimental design used was in DIC, containing 13 treatments, with 3 three repetitions per treatment. The evaluations were carried out in the Coffee Classification and Industrialization Laboratories. The data were evaluated using the Sisvar software (FERREIRA, 2014), and subjected to the Scott Knott test (1974) at the 5 % significance level.

Results and discussion

For the variable PH, there was a variation in the results for the different processes used (TABLE 1). It is observed that the treatment with the highest PH value was PN (4.70), followed by treatments BN (4.61), MFLA (4.59), MFS (4.58), which did not differ statistically from each other.

The perceived acidity in coffee is an important attribute for sensory analysis of the product, knowing that its intensity varies depending on the stage of ripening of the fruits, place of origin, type of harvest, form of processing, type of drying, and climatic conditions during harvest and drying (SIQUEIRA; ABREU, 2006).

For the ATT variable, there was variability in the results obtained (TABLE 1). It is observed that the treatment with the highest ATT value was VC (0.81), followed by treatments VM (0.78), MFA (0.77), which did not differ statistically from each other.

Literature data showed that the decrease in coffee quality is not associated with pH, but with an increase in acidity and this would be associated with the number of defects in the beans (PIMENTA *et al.*, 2009).

For the Brix variable, there was variability in the results obtained (TABLE 1). It is observed that among the 13 evaluated processes, only one obtained a higher value, standing out among the others, being the MN (1.73).

Table 1. Results of the comparison test of means of physical/chemical analyzes ATT – Total titratable acidity, PH - Hydrogenionic potential, SST – Total Soluble Solids (Brix), and ash content in yellow *Coffea arabica* Catuai, submitted to different types of processing. Muzambinho, 2017.

TREATMENT	PH	ATT	BRIX	ASH
MFLA	4.59 B	0.67 E	1.10 D	3.39 A
MFLB	4.48 D	0.64 F	1.26 C	3.50 A
VM	4.46 D	0.78 B	1.26 C	2.97 B
BN	4.61 B	0.68 E	1.33 C	3.03 B
PN	4.70 A	0.67 E	1.06 D	2.72 B
B	4.43 E	0.74 C	1.33 C	3.24 A
VC	4.24 F	0.81 A	0.96 D	3.28 A
MN	4.43 E	0.64 F	1.73 A	3.54 A
MFA	4.43 E	0.77 B	1.53 B	3.37 A
MFS	4.58 B	0.68 E	1.36 C	3.37 A
PD	4.48 D	0.70 D	1.26 C	3.39 A
MD	4.40 E	0.70 D	1.36 C	3.54 A
MDP	4.53 C	0.70 D	1.30 C	3.39 A
CV %	0.49	1.91	0.49	7.18

* Means followed by the same capital letter in the column, do not differ, at 5 % probability, by the Scott-Knott test.

Caption: 1) MFLB – low fruit mix; 2) MFLA – fruit mix had read high; 3) BN – natural float; 4) VM – 35 % green + Ripe; 5) B – float; 6) PN – natural pass; 7) MN – natural mature; 8) dry fermented mature MFS; 9) MFA – mature fermented in water; 10) peeled mature MD; 11) pulped mature MDP; 12) PD – peeled raisin; 13) VC – green cane.

A greater amount of soluble solids is desired, both from the point of view of industrial performance and for its contribution to ensure the body of the drink (MENDONÇA; PEREIRA; MENDES, 2005).

In the ash variable, there was less variation in the results obtained in the evaluated processes (TABLE 1). It is observed that only the treatments VM (2.97), BN (3.03), PN (2.72) obtained results statistically below the other evaluated processes.

In a study carried out by Müller, Huebner, and Souza (2013), whose objective was to characterize physical and chemically different brands of powdered and soluble coffee sold in the Taquari Valley region in the Rio Grande do Sul, comparing them with the established parameters under Brazilian law, the values of all brands evaluated showed values greater than 5 %, the maximum limit recommended by the legislation (BRASIL, 1999). This indicates that there is a

high amount of impurities in the samples and that they have changed during the production process (MÜLLER; HUEBNER; SOUZA, 2013). In the present study, it is observed that the evaluated coffees were free of impurities or dirt, as they presented values below 4 %.

A coffee drink is considered of good quality, when there is a balance between sensory attributes such as body, sweetness, acidity, and bitterness, presenting a rich and dense drink. In the classification of the quality of the drink of coffee *Coffea arabica* L. submitted to different management in post-harvest, significant differences were observed within the analyzed parameters.

According to Table 2, for the aroma attribute, there were significant differences ($p < 0.05$), where the natural green (VN) and natural cane green (VCN) treatments were statistically equal and inferior to the other treatments.

Table 2. Means of the sensory attributes of coffees submitted to different post-harvest treatments. Muzambinho, 2017.

Treatment	Aroma	Flavor	Residual	Acidity	Body	Balance	Uniformity	Clean cup	Sweetness	General	Defects
VN	6.50 b	6.00 d	6.00 c	6.00 c	6.25 c	6.00 c	10.00 a	5.00 b	5.00 d	6.00 a	2.34 a
VCN	6.79 b	6.42 c	6.12 c	6.12 c	6.33 c	6.12 c	10.00 a	10.00 a	10.00 a	7.33 a	0.70 b
B	7.12 a	6.79 b	6.62 a	6.62 a	6.75 b	6.46 c	5.66 b	5.66 b	8.00 b	6.33 a	2.55 a
MFLA	7.17 a	6.83 b	6.54 a	6.54 a	6.67 b	6.46 c	6.71 b	6.66 b	8.33 b	6.38 a	2.34 a
PD	7.21 a	6.96 b	6.87a	6.66 a	6,83 b	6.62 c	8.33 a	8.33 a	9.33 a	6.67 a	0.99 b
35% Green + Ripe	7.25 a	6.91 b	6.46 b	6.46 b	6.75 b	6.62 c	10.00 a	10.00 a	10.00 a	6.58 a	0.70 b
MDP	7.29 a	7,08 a	6.75 a	6.75 a	7,08 a	7.91 a	10.00 a	10.00 a	9.50 a	7.00 a	0.70 b
MNFA	7.33 a	7.12 a	6.54 a	6.54 a	6.67 a	7.08 b	9.16 a	6.66 a	9.66 a	7.00 a	1.09 b
MFLB	7.33 a	6.96 b	6.50 b	6.50 b	6.79 b	6.50 c	9.33a	9.33 a	9.66 a	6.54 a	1.17 b
BN	7.33 a	6.89 b	6.71 a	6.71 a	6.71 b	6.54 c	3.33 c	3.33 c	6.66 c	6.29 a	3.23 a
PN	7.33 a	7.12 a	6.75 a	6.75 a	7.08 a	6.91 b	10.00 a	10.00 a	10.00 a	6.92 a	0.70 b
MNFS	7.37 a	6.87 b	6.38 b	6.38 b	6,75 b	6.50 c	10.00 a	10.00 a	10.00 a	6.54 a	0.70 b
MD	7.42 a	7.39 a	6.87a	6.87 a	7.12 a	7.04 b	9.66 a	8.00 a	8.33 b	7.12 a	0.70 b
MN	7.54 a	7.29 a	6.92 a	6.92 a	6,96 a	7.91 a	9.41 a	10.00 a	10.00 a	7.58 a	0.70 b
CV%	2.42	3.22	3.58	3.58	2.76	6.44	12.54	15.16	10.83	9.70	4.22
Average	7.216	6.900	6.588	6,58	6,82	6.740	8.687	8.261	8.892	6.737	75.621

* Means followed by the same capital letter in the column, do not differ, at 5 % probability, by the Scott-Knott test (1974).

Caption: 1) MFLB – low fruit mix; 2) MFLA – fruit mix had read high; 3) BN – natural float; 4) VM – 35 % green + Ripe; 5) B – float; 6) PN – natural pass; 7) MN – natural mature; 8) dry fermented mature MFS; 9) MFA – mature fermented in water; 10) peeled mature MD; 11) pulped mature MDP; 12) PD – peeled raisin; 13) VC – green cane.

It is possible to notice the lowest values in the natural green parameter with 67.75 in total and 60.50 in the final result. The other parameters show that there were no statistical differences between them.

Malta, Pereira and Chagas (2005) report that among the various factors that affect the quality of coffee, the presence of defective beans, especially green ones, stands out, being known the harmful influence of these in the aspect, roasting and mainly the quality of the drink. This is due to the fact that the aroma in the natural green and natural cane green treatments obtain different values from the others with 6.50 and 6.79.

For the flavor parameter, there was a significant difference between the treatments, and the treatments MDP, MNFA, PN, MD, and MN provided higher averages, not differing statistically from each other.

In the residual requirement, the VN and VCN treatments did not differ, presenting the lowest averages. The other treatments showed the highest values for the standard.

The decrease in coffee quality is not associated with pH, but with the increase in acidity and this would be associated with the number of defects in the beans and green beans (BORÉM *et al.*, 2013). The acidity perceived in the sensory analysis of the product is an important attribute, as its intensity varies depending on the stage of ripeness of the fruits, place of origin, form of processing, type of drying, processing, and climatic conditions (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Thus, the results show that the lowest values for acidity were for VN and VCN.

For the body parameter, the VN and VCN treatments did not differ statistically from each other, providing lower averages. In the equilibrium

pattern, the MDP and MN treatments obtained the highest averages without statistically differentiating between themselves. In the uniformity requirement, the BN treatment was the one that obtained the lowest average followed by the MFLA, and B treatments that did not differ between them.

For clean cup, the lowest result found was for BN treatment, followed by VN, MFLA and B with slightly higher averages. In the analysis of sweetness, the lowest result among the treatments analyzed was the VN. According to Borém *et al.* (2013), it can be seen that the increase in drying temperature influences the lower sugar values. This shows that the correct post-harvest management reflects on the final quality of the drink.

The general pattern had no significant differences between treatments. Although all parameters showed some discrepancies, the results were not sufficient to affect the overall quality of the drink.

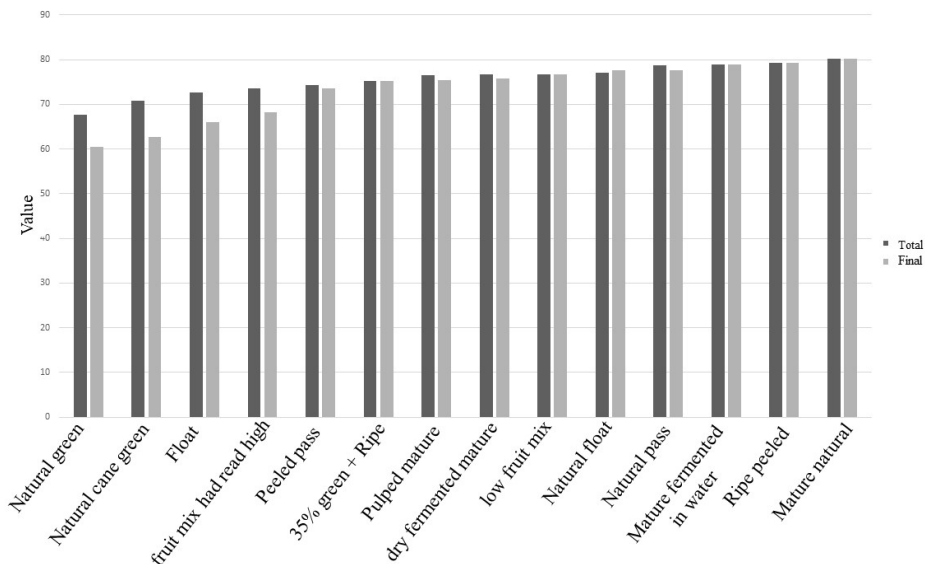
In the defects requirement, the highest indices were presented for: VN, B, MFLA, and BN, that is, they were the treatments with the

highest amount of defects in which they did not differ from each other and differ from the other treatments. Several factors end up harming the quality of the drink, generating greater quantities of defects, such as climatic conditions, conducting operations in the *terreiros*, uncontrolled fermentation, storage period, or even caused by the drying time in the *terreiro* causing the fruits to lose more moisture.

In all treatments, there is evidence that especially natural green and natural cane green report greater interference through standards. The possible causes of the samples in these cases are of low quality can be attributed to the climatic conditions and green grains (MOLIN *et al.*, 2008). At this stage, the fruits have not yet reached physiological maturity, making the practice of pulping difficult and the presence of phenolic compounds in green fruits increases astringency or the “hardening” of the drink (SCHOLZ *et al.*, 2011).

Figure 1 shows the results of the total and final means for the treatments, showing the lowest

Figure 1. Total and final averages of coffees submitted to different post-harvest treatments. IFSULDEMINAS - Campus Muzambinho, Muzambinho/MG, 2017.



Source: Elaborated by the authors (2017).

values in the natural green parameter with 67.75 in total and 60.50 in the final result. The other parameters show that there were no statistical differences between them.

Conclusions

It is concluded in the present work that the Maduro natural (MN) treatment is the best evaluated processing because it provided the highest Brix value and the lowest titratable acidity value. The presence of green beans affected the drink quality of *Coffea arabica* L. coffee, influencing the patterns, attributed to the poor ripening of the fruits.

The different treatments evaluated showed that especially natural green and natural cane green showed lower values in the sensory aspect in most of the analyzed patterns, which suggests that this effect is due to green grains.

In view of the results, it was possible to observe that the mature peeled, pulped mature, and natural mature treatments presented better sensory values, so it is therefore recommended for the post-harvest management to obtain a good drink quality.

References

ARRUDA, N. P.; HOVELL, A. M.; REZENDE, C. M. Discriminação entre estádios de maturação e tipos de processamento de pós-colheita de cafés arábica por microextração em fase sólida e tipos de processamento de pós-colheita. **Quimica Nova**, v. 34, n. 5, 819-824, 2011.

ABRAHÃO, S. A.; PEREIRA, R. G. F. A.; DUARTE, S. M. S.; LIMA, A. R.; ALVARENGA, D. J.; FERREIRA, E. B. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar./abr., 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Virginia, 1990.1094p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999. Estabelece normas para fixar a identidade e as características mínimas de qualidade do café torrado em grão e café torrado e moído. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília/DF, 29 de abril de 1999, seção 1, n 80-E.

BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, P. D.; ISQUIERDO, E. P.; GIOMO, G. S.; SAATH, R.; CARDOSO, R. A. Microscopia eletrônica de varredura de grãos de café submetidos 227 a diferentes formas de processamento e secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 227-237, abr./jun. 2013.

CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S. M.; CHAGAS, S. J. R.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Relações entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e da qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 449-454, mar. 1994.

ENCARNAÇÃO, R. O.; LIMA, D. R. **Café & Saúde Humana**, Embrapa, 2003.

FAGAN, E. B.; SOUZA, C. H. E.; PEREIRA, N. M. B.; MACHADO, V. N. Efeito do tempo de formação do grão de café (*coffea* sp) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 729-738, Sept./Oct. 2011.

FANTE NETO, J. C.; NADALETI, D. H. S.; MENDONÇA, L. M. V. L.; MENDONÇA, J. M. A. Avaliação sensorial de cafés submetidos a diferentes tipos de processamento pós-colheita e secagem em terreiro suspenso. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Epamig/Embrapa, 2015. p. 1-4.

FAVARIN, J. L.; VILLELA, A. C. G.; MORAES, M. H. D.; CHAMMA, H. M. C. P.; COSTA, J. D.; DOURADO-NETO, D. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária**, v. 39, n. 2, p. 3-6, 03 fev. 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

LICCIARDI, R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDONÇA, L. M. V. L.; FURTADO, E. F. Avaliação físico-química de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 425-429, jul./set. 2005.

MACEDO, L. L.; AGNOLETTI, B. Z.; ARAUJO, C. S.; VIMERCATI, W. C.; SARAIVA, F. H.; TEIXEIRA, L. J. Q. Avaliação de propriedades físico-químicas de café arábica classificados quanto à qualidade da bebida. In: **XX Encontro latino americano de iniciação científica, XVI Encontro latino americano de pós-graduação e vi encontro de iniciação à docência** – UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA, 2016.

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras/MG, v. 29, n. 5, 20 maio 2005.

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; LACERDA, J. S.; NEVES, Y. P.; PEDROSA, A. W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 838-848, nov./dez., 2014.

MATIELLO, J. B.; SNATINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. Edição 2010. Rio de Janeiro/Varginha, MAPA/PROCAFÉ, p. 542, 2010.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 239-243, 2005.

MOLIN, R. N.; ANDREOTTI, M.; REIS, A. R.; JUNIOR, E. F.; BRAGA, G. C.; SCHOLZ, M. B. S. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuítas, Paraná. **Acta Scieagronomica**. Maringá, v. 30, n. 3, p. 355-358, nov. 2008.

MÜLLER, A. J., HUEBNER, L., SOUZA, C. F., V. de. Avaliação da qualidade físico-química de diferentes marcas de café torrado solúvel e em pó comercializadas na região do vale do Taquari/RS. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 1, p. 1004-1012, 2013.

NETO, J. C. F.; NADALETI, D. H. S.; MENDONÇA, L. M. V. L.; MENDONÇA, J. M. A. **Avaliação sensorial de cafés submetidos a diferentes tipos de processamento pós-colheita e secagem em terreiro suspenso**. IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil 24 a 26 de junho de 2015, Curitiba/PR. 2015.

NOBRE, G. W.; BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; PEREIRA, R. G. F. A.; OLIVEIRA, P. D. Composição química de frutos imaturos de café arábica (*Coffea arabica* L.) processados por via seca e via úmida. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 107-113, maio/ago. 2011.

PIMENTA, C. J.; PARREIRA, C. R.; PIMENTA, M. E. S. G.; CHALFOUN, S. M.; OLIVEIRA, R. M. E.; BOTELHO, D. M. S.; LEAL, R. S. Avaliação da composição química de café torrado e moído de diferentes marcas comercializadas no município de Lavras/MG. VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2009.

RIBEIRO, F. C.; FIGUEIREDO, L. P.; GIOMO, G. S.; ISQUERDO, E. P.; FERREIRA, I. T.; BORÉM, F. M. Qualidade de bebida, condutividade elétrica e lixiviação de potássio de grãos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes métodos de degomagem biológica. VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2009, Vitória ES. **Resumo, Ata, Anais ou Trabalhos Apresentado**. Vitória ES: Embrapa café, 2009.

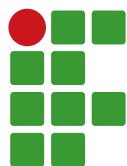
RIBEIRO, B. B.; MENDONÇA, L. L.; DIAS, R. A. A.; ASSIS, G. A.; MARQUES, A. C. Parâmetros qualitativos do café proveniente de diferentes processamentos na pós-colheita. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 14, p. 273-279, 2011.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. SCAA protocols cupping specialty coffee. 2015. Disponível em: <https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.

SCOTT, A.; KNOTT, M. **Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance**. Biometrics, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SIQUEIRA, H. H. de; ABREU, C. M. P. de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, jan./fev., 2006.

SCHOLZ, M. B. S.; FIGUEIREDO, V. R. G.; SILVA, J. V. N.; KITZBERGER, C. S. G. Características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 245-255, set./dez. 2011.



Irrigation blades and nitrogen doses in bean cultivation

Márcio José de Santana¹, Matheus Pereira de Assis², Stephânia Martins Trindade³, Jan Cornelis van Kempen⁴, Nicolly Urzedo Carneio⁵

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Professor doutor em Irrigação e Drenagem. marciosantana@iftm.edu.br.

²IFTM, Campus Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Engenheiro Agrônomo, bolsista PET MEC. matheus.assis72@hotmail.com.

³IFTM, Campus Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Estudante de Engenharia Agrônômica. stephaniemtrindade@outlook.com.

⁴IFTM, Campus Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Engenheiro Agrônomo, bolsista PET MEC. jankempen15@hotmail.com.

⁵IFTM, Campus Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Engenheira Agrônoma, bolsista CNPq. nicollycarneio1997@gmail.com.

Received in: December 29, 2020 | Accepted in: March 15, 2021

Abstract

Irrigation makes it possible to increase productivity in bean crops, but if mishandled, it can increase production costs and promote the leaching of nutrients, especially nitrogen, a nutrient that is fundamental for the development of the crop. Given the above, the objective of this study was to evaluate the yield of common beans subjected to different doses of nitrogen and water depths in the region of Uberaba – MG, Brazil. The experiment was conducted at IFTM – Campus Uberaba, in randomized blocks, consisting of four levels of irrigation (deficits of 15 %, 30 %, and 45 % and a factor without water deficit) and four doses of nitrogen (50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹, and 200 kg ha⁻¹) applied in stage V4 of beans. The cultivar used was BRSMG Majestoso. There was no interaction between irrigation levels and nitrogen doses for the variables studied. Nitrogen doses influenced linearly only leaf nitrogen content. The water deficit of 9.72 % was favorable to achieve maximum grain yields and favors the number of pods per plant. The plant mass in R6, a mass of 100 grains, hydration, and thermal sum declined linearly with increased water deficit.

Keywords: Irrigation management. Water deficit. *Phaseolus vulgaris* L.

Introduction

Brazil concentrates 50 % of the gross domestic product in agribusiness and ranks sixth among the most promising economies in the world. For this reason, more and more sustainable food production has been sought to meet global needs (SABUNDIJIAN *et al.*, 2016).

Among the main crops produced in the country, beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are grown in all Brazilian regions, in three growing seasons, for presenting a high climate adaptation, being a source of income for large and small producers, besides being, undoubtedly, of great nutritional importance for Brazilians. According to Conab (2019) data, the production of the three harvests was 3.23 million tons distributed over 2.927 million hectares. When grown during a

water shortage, beans need irrigation to reach their full productive potential.

Soil and water are components that demand significant management attention for the productive efficiency of irrigated beans (MORAIS *et al.*, 2017). Today, we know how valuable the conscious use of water supplies is. Therefore, irrigation must be managed correctly so that high levels of efficiency are achieved in crops. Thus, some aspects of irrigation management strategies should be analyzed: when to apply, the quantity of water to be applied, and the total blade applied during crop development (PACHECO *et al.*, 2016).

As for fertilization, the nutrient most absorbed by beans is nitrogen, which is present in several molecules and physiological processes of the

plant. Nitrogen fertilization influences the increase in leaf area and, consequently, in the plants' higher absorption of light and photosynthetic activity, providing in higher crop yields (SCHERER *et al.*, 2015). However, research on nitrogen in bean cultivation is very controversial and varies significantly according to the agricultural management adopted (BERNARDES *et al.*, 2014).

Given the above, the objective of this study was to evaluate the yield of common bean subjected to different doses of nitrogen and water blade irrigation in the region of Uberaba - MG.

Material and methods

The study was conducted at the Uberaba Campus of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Triângulo Mineiro located in the municipality of Uberaba – MG, Brazil, located at 800 m above sea level, latitude 19° 39' 19 "S and longitude 47° 57' 27" W. According to the Köppen classification, the climate is Aw type - hot and rainy summer, cold and dry winter - with a mean annual temperature of 23.2 °C (VALLE JUNIOR *et al.*, 2010)

and mean annual rainfall of 1584.2 mm year⁻¹ (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES *et al.*, 2003).

The experiment was conducted in randomized blocks (RBD), using a factorial scheme 4 x 4 consisting of four levels of water availability in soil (deficits of 15 %, 30 %, and 45 %, and a factor without water deficit) and four doses of nitrogen (50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150, and 200 kg ha⁻¹) differentiated in coverage in stage V4 of beans, using urea as a source of this nutrient. Four replications were used in a total of 16 treatments and 64 plots. Each experimental plot consisted of six seeding lines, with three meters in length. Plants located in the center of the area were considered useful for data collection (1 m² area).

The soil of the experimental area was classified as dystrophic red latosol, whose chemical characteristics were analyzed by the Laboratório de Análise de Solo/Soil Analysis Laboratory – Labfert Uberaba, MG, and are presented in Table 1. All nutrient contents were corrected following the recommendation of Chagas *et al.* (1999) for the NT4 level. The soil belongs to the texture class sandy clay loam (TABLE 2).

Table 1 – Results of the chemical analysis of the soil used in the experiment. IFTM - Uberaba Campus. Uberaba/MG, 2017.

Characteristics	Contents	Characteristics	Contents
pH in CaCl ₂	5.8	H + Al (mmolc dm ⁻³)	16.0
P (mg dm ⁻³)	31.12	SB (mmolc dm ⁻³)	44.86
K (mmolc dm ⁻³)	2.96	T (mmolc dm ⁻³)	60.86
Ca ²⁺ (mmolc dm ⁻³)	26.2	V (%)	73.21
Mg ²⁺ (mmolc dm ⁻³)	15.7	MO (g dm ⁻³)	17.8
Al ³⁺ (mmolc dm ⁻³)	0		

SB is the sum of exchangeable bases; T is the CTC at pH equal to 7.0; V is the base saturation; MO is the organic matter in the soil.

Source: Laboratório de Análise de Solo – Labfert Uberaba, MG.

Table 2 – Results of the physical analysis of the soil (texture) of the experimental area. IFTM – Uberaba Campus. Uberaba/MG, 2017.

Layer (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Class
0-20	64	10	26	Sandy clay loam

Source: Laboratório de Análise de Solo – Labfert Uberaba, MG.

Table 3 shows the equations for adjusting the characteristic curves of water retention in the soil for layers 0 cm – 20 cm and 20 cm – 40 cm deep.

From the soil collected through the Umland cylinder, soil density values of 1.18 g cm⁻¹ and

1.22 g cm⁻¹ were verified for the respective depths 0 cm – 20 cm and 20 cm – 40 cm. The field capacity was 0.23 cm³ cm⁻³ for the average water stress in the soil of 10 kPa in the layer 0 cm – 20 cm and permanent wilting point of 0.054 cm³ cm⁻³.

Table 3 – Results of the hydric characterization of the soil of the experimental area. IFTM – Uberaba Campus. Uberaba/MG, 2017.

Layer (cm)	Equation	R2
0 – 20	$\theta = \frac{0,46}{\left[1+(1,4 * \psi_m)^{4,707}\right]^{0,116}} + 0,078$	0.925
20 – 40	$\theta = \frac{0,375}{\left[1+(0,985 * \psi_m)^{6,917}\right]^{0,127}} + 0,238$	0.958

θ = volumetric moisture (cm³ cm⁻³); ψ_m = matrix potential (kPa).

Source: Elaborated by the authors (2017).

The cultivar used in the experiment was BRSMG Majestoso, which presents indeterminate growth habit type III and carioca type beans. The soil preparation system was conventional, with the aid of a grader and the grooves being opened by a cultivator, with stems spaced at 50 cm. The experiment was sown on April 16, 2017, with a density of 16 seeds per meter. Weed control was carried out through manual weeding, and control of insects and diseases in beans was performed as needed, using pesticides registered for the crop. The harvest was on August 7, 2017, 92 days after the seeding.

The meteorological data were obtained through a digital thermohygrometer and a rain

gauge *Ville de Paris* model installed at the experiment site and measured with data from the automatic meteorological station located at IFTM – Campus Uberaba.

Four micro-sprinklers installed in the plots irrigated the soil, with 50 % overlap installed at 20 cm from the ground, with an application intensity of 7.5 mm h⁻¹. Tensiometer rods were installed in each treatment to evaluate the water stress and soil moisture. Data were read during the morning.

To obtain the reference evapotranspiration, Hargreaves and Samani (1985) equation 1 was used.

$$ET_o = 0,0023 (T_{med} + 17,8) \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times Ra \times 0,408 \tag{1}$$

at which: ET_o = reference evapotranspiration (mm day⁻¹); T_{min} = minimum temperature (°C); T_{max} = maximum temperature (°C); T_{mean} = average temperature (°C) and Ra = radiation at the top of the atmosphere (MJ m⁻²day⁻¹).

Data regarding solar radiation were obtained following Doorenbos and Pruitt's (1975) recommendation. The crop evapotranspiration values in

the treatment without water deficit were obtained through equations 2 and 3, and the other irrigation levels obeyed the proportion of each treatment.

$$ETc = ETo \times Kc \times Ks \quad (2)$$

at which: ETc = crop evapotranspiration (mm day^{-1}); Kc = crop coefficient (dimensionless) and Ks = moisture coefficient (dimensionless).

$$LB = LL/Cu \times Ea \quad (3)$$

at which: LB = gross irrigation depth (mm); LL = net irrigation depth, considering the estimated ETc (mm); Ea = system application efficiency (decimal) and Cu = system uniformity coefficient (decimal).

The culture coefficient adopted was proposed by Santana (2007). Throughout the experiment, we accepted 1 (one) as the soil moisture coefficient value; for both parameters of application efficiency and uniformity coefficient of the system, 0.85 was applied to the formula.

The Arnold method (1959) was used for the thermal sum, with a record per plot when at least ten plants had changed phenological phase. The upper and lower base temperatures considered were 35 °C and 10 °C, respectively. The method was calculated according to equation 4.

$$GD = \{[(Tmax + Tmin)/2] - Tbase\} \quad (4)$$

at which: GD = cumulative degree-day (°C); $Tmax$ = maximum average daily air temperature (°C); $Tmin$ = the minimum average daily air temperature (°C) and $Tbase$ = the temperature below which plants do not develop.

Grain hydration was determined by the methodology described by Durigan (1979). In each beaker with a capacity of 250 ml, 50 grams of previously chosen grains and 200 mL of distilled water were added. During 12 hours, we measured the volume of water not absorbed by the grains. At the end of the time predicted for hydration, the water was fully drained and the grains were weighed. The hydration ratio was determined as the ratio between the mass after hydration and the initial mass of the grains.

Other parameters were evaluated as grain yield, the mass of 100 grains, mass of the plant in R6, number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pod, water use efficiency (EUW), and leaf nitrogen content. Productivity and mass values of 100 grains were corrected for 13 % humidity.

All parameters were submitted to analysis of variance using the statistical program Sisvar version 5.6 (FERREIRA, 2014), and the effects

of treatments when significant at 5 % probability were studied by regression analysis.

Results and discussion

Table 4 shows the mean values of water stress in the soil and the total blade applied to each treatment. The analysis of the water stress data in the soil did not show any difference between the water deficits, with values ranging from 12.83 kPa to 16.32 kPa.

Table 4 – Water stress in the soil and blades applied in the experiment. IFTM – Uberaba Campus. Uberaba/MG, 2017.

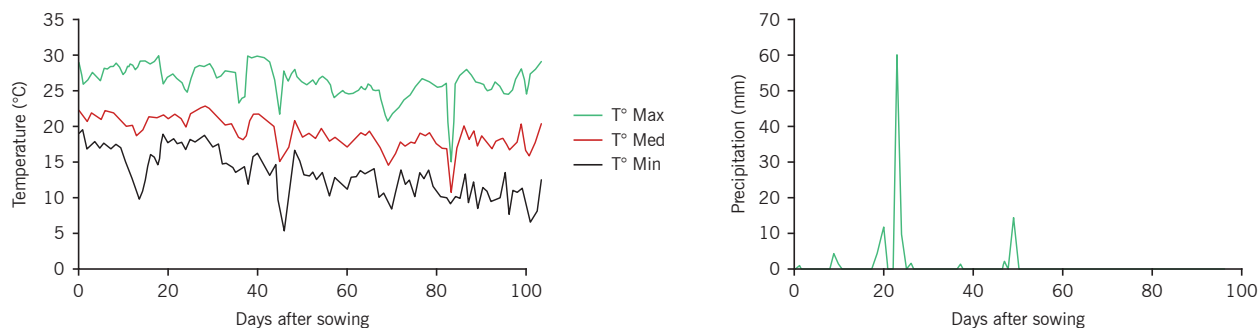
Water deficit (%)	Average water stress in the soil (kPa)	Blade applied (mm)
0	12.83	472
15	13.56	433
30	16.32	394
45	14.17	354

Source: Elaborated by the authors (2017).

Due to the daily irrigation during the work, the value of water stresses in the soil remained close to the field capacity, around 10 kPa. In a study conducted by Brito (2014) evaluating different water stresses in the soil (30 kPa, 40 kPa, 50 kPa, 60 kPa, and 70 kPa) in the cultivation of common beans, we observed that the stress of 30 kPa increased bean productivity positively.

After performing the calculations, we obtained the blades applied to each deficit during the experiment. Accumulated precipitation of 125.22 mm occurred during culture development (FIGURE 1). There was precipitation of 60.19 mm 24 days after the bean sowing.

Figure 1 – Temperature (maximum, average, and minimum) and precipitation in the experimental area of IFTM - Uberaba Campus. Uberaba/MG, 2017.



Source: Prepared by the authors (2017).

Adding the precipitation during the experiment, blades of 472 mm, 433 mm, 394 mm, and 354 mm were verified at deficits of 0 %, 15 %, 30 %, and 45 %, respectively. According to Cunha *et al.* (2013), in an experiment that analyzed different forms of irrigation management (Tank Class A, Tensiometry, and Penman-Monteith), with blades corresponding to 407.39, 272.04, and 341.63, the highest blade was observed to have provided the highest crop productivity.

The relative maximum, minimum and average air moisture during culture development were 52.62 %; 72.80 %, and 92.06 %, respectively. The temperature in the culture development period ranged from 5.60 °C to 29.90 °C, and the average temperature during the experiment was 19.1 °C (FIGURE 1). The recommended temperature value for the full development of beans is 29 °C during the day and 21 °C during

the night. Temperatures above 35 °C are harmful to the culture and may affect productivity (GONZAGA *et al.*, 2014).

Table 5 summarises the analysis of variance for the variables: grain yield, the mass of 100 grains, mass in R6, number of pods per plant (NPP), thermal sum, number of grains per plant (NGPI), number of grains per pod (NGP), grain hydration, water use efficiency (EUW), and leaf nitrogen content (Leaf N). There was a statistical difference for deficits ($p < 5\%$) for mass in R6 and the number of pods per plant (NPP). For the variables: grain yield, mass of 100 grains, hydration, thermal sum, effective use of water (EUW), and leaf nitrogen content, a statistical difference was observed ($p < 1\%$). There was no interaction between irrigation levels and nitrogen doses and the effect of nitrogen doses for any variable studied.

Table 5 – Summary of the Analysis of Variance table for the variables: grain yield (Prod.), mass of 100 grains, mass in R6, number of pods per plant (NPP), thermal sum, number of grains per plant (NGPI), number of grains per pod (NGP), grain hydration, water use efficiency (EUW), and leaf nitrogen content (Leaf N). IFTM - Uberaba Campus. Uberaba/MG, 2017.

SV1	DF2	Prod.	Mass 100 grains	Mass in R6	NPP	Thermal sum
Deficit (D)	3	0,0000 ⁴	0,0000 ⁴	0,0460 ⁵	0,0500 ⁵	0,0000 ⁴
Nitrogen Dose (N)	3	0,9870 ^{ns}	0,4899 ^{ns}	0,6791 ^{ns}	0,1193 ^{ns}	0,1454 ^{ns}
D x N	9	0,6983 ^{ns}	0,6882 ^{ns}	0,8325 ^{ns}	0,7391 ^{ns}	0,3411 ^{ns}
General Average		4174,24 kg ha ⁻¹	24,78 g	22,89 g	15,69	855,51°C
CV ³ (%)		21,23	11,3	23,46	29,36	1,75
SV1	DF2	NGPI	NGP	Hydration	E.U.W.	Leaf N
Deficit (D)	3	0,1865 ^{ns}	0,6081 ^{ns}	0,0004 ⁴	0,0067 ⁴	0,5757 ^{ns}
Nitrogen Dose (N)	3	0,4048 ^{ns}	0,1101 ^{ns}	0,5642 ^{ns}	0,9817 ^{ns}	0,0000 ⁴
D x N	9	0,4503 ^{ns}	0,2712 ^{ns}	0,8306 ^{ns}	0,6537 ^{ns}	0,8373 ^{ns}
General Average		85,92	5,40	1,61	10,06	31,77
CV ³ (%)		31,13	15,39	9,54	21,63	12,25

¹ sources of variation; ² degree of freedom; ³ coefficient of variation; ⁴ significant at 1 % probability by F test; ⁵ significant at 5 % probability by F test; ^{ns} not significant by F test.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Productivity was not influenced by the nitrogen doses applied in the experiment, possibly because the application was performed at V4, and the rainfall occurred in the period. This result corroborates the work carried out in the municipality of Aquidauana, MS, Brazil, by Pacheco *et al.* (2016), when the authors also did not observe a significant effect of the doses (0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, and 150 kg ha⁻¹) of nitrogen. Some authors, such as Guimarães *et al.* (2017) and Sabundijian (2013), found no statistical differences in nitrogen doses for bean grain yield. Kolling and Ozelame (2017) found that for every 10 kg of nitrogen applied; there was an increase in crop productivity of 14 kg ha⁻¹.

Amaral *et al.* (2016), in an experiment conducted in the city of Jaboticabal, SP, evaluated five doses of nitrogen (0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, and 160 kg ha⁻¹) and observed that the doses influenced bean grain yield, in which the application of 136 kg ha⁻¹ provided 2565 kg ha⁻¹ of productivity.

In a study conducted by Moreira *et al.* (2013) analyzing nitrogen doses (0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, and 120 kg ha⁻¹) in irrigated beans, they found that a linear increase caused by nitrogen doses in sowing in grain yield occurred where, for each kg of this nutrient, there was an increase of 3.679 kg ha⁻¹ in this variable, with a maximum yield of 2404 kg ha⁻¹.

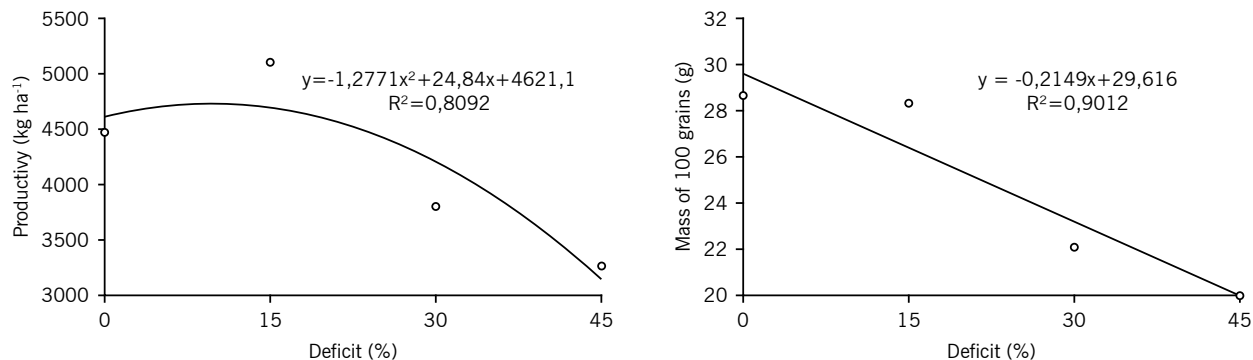
Sabundijian *et al.* (2016), testing doses of 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, and 120 kg ha⁻¹, in coverage with the application in a total area of *Rhizobium tropici*, found a significant effect on grain yield in the first year of the experiment with the maximum point of production using 60 kg ha⁻¹ of nitrogen. However, in the second year of the experiment, the author found no statistical differences with nitrogen doses, showing the difficulty of dynamics in the management of this nutrient.

Irrigation blades provided a significant effect on grain yield. The deficit of 9.72 % is indicated to achieve the highest productivity values (FIGURE 2). According to Aleman and Mignacca

(2015), for the Pearl cultivar, with water replacement levels in the soil of 25 %, 50 %, 75 %, 100 %, 125 %, and 150%, the maximum grain

production was with the replacement of 75 % of water in the soil, showing the beneficial effect of water deficit on grain productivity.

Figure 2 – Productivity and mass of 100 grains as a function of the water deficit. Uberaba – MG



Source: Elaborated by the authors (2017).

In a study conducted by Sales *et al.* (2017), they found that the highest productivity of the cultivar BRSMG Majestoso was 3422.19 kg ha⁻¹, with a blade of 226.96 mm, which was around 29 % smaller than the blade with the highest value used in the experiment. In the analysis of co-inoculation and irrigation blades (100 % and 75 %), Peres (2014) found that the 75 % blade provided productivity equal to or higher than the 100 % blade in autumn/winter cultivation.

Torres *et al.* (2013) evaluated different soil coverings and irrigation levels (40 %, 70 %, 100 %, 130 %, and 160 % of daily evapotranspiration), also finding higher grain yield when 100 % replacement was used.

The mass of 100 grains was also influenced by the irrigation depths (FIGURE 2), with an inversely proportional relationship between grain weight and water deficit. With each unit increase in water deficit, there was a 0.72 % reduction in grain mass. These results are similar to Morais *et al.* (2017), in which the increase in the deficit resulted in a lower grain weight per plant. In the study, for every 1 % increase in water replacement, grain weight increased by 3.54 %.

The fact that nitrogen did not affect the mass of 100 grains was also verified by Kolling and

Ozelame (2017), who, using doses of 0 kg ha⁻¹, 25 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, and 75 kg ha⁻¹ of nitrogen, found no effect on seed mass. Other authors also found no differences in the effect of the nitrogen dose on the mass of 100 grains, such as Moreira *et al.* (2013); Guimarães *et al.* (2017), and Sabundjian *et al.* (2016).

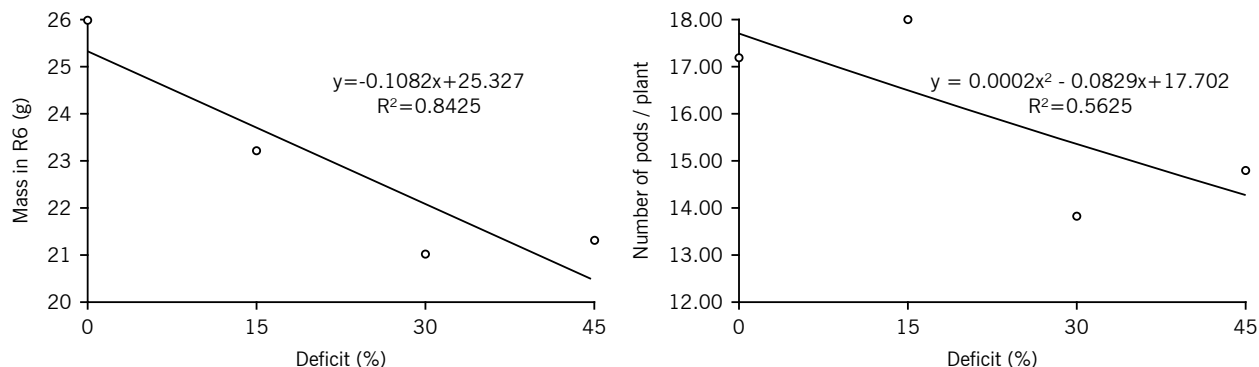
The plant mass in R6 was also not influenced by nitrogen doses, a result similar to the one found by Silva, Silva, and Trevisam (2017a), in an experiment that evaluated the interaction between nitrogen and sulfur using doses of 80 mg dm⁻³ and 120 mg dm⁻³ of nitrogen, in which they did not observe a significant effect of this nutrient on the dry matter of the aerial part, with an overall average production of 9.77 g plant⁻¹.

In a study by Scherer *et al.* (2015), evaluating the time of application and doses of 0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, and 120 kg ha⁻¹ of nitrogen, they found statistical differences for bean dry matter, recommending a dose of 120 kg ha⁻¹, divided at 15 and 30 days after emergence. Schoninger *et al.* (2015) also observed a linear increase in shoot dry mass when using doses of (0 kg, 40 kg, and 80 kg of N ha⁻¹) of nitrogen in the BRS Requite cultivar.

The water deficit affected this variable, in the same way as on the weight of 100 grains, being inversely proportional. For each 1 % increase in the water deficit, there was a 0.42 % reduction in the mass plant (FIGURE 3). The variable plant mass is interconnected with the weight of 100 grains, because the lower the plant weight, the lower its contribution, number,

and size of leaves, resulting in a lower photosynthetic capacity and consequently a lower grain filling. The water deficit in the crop promotes decreased absorption of nutrients and changes in the behavior of the plant metabolism, which may have caused a decrease in the averages of the variables mentioned.

Figure 3 – Dry plant mass in R6 and number of pods per plant as a function of the water deficit. Uberaba - MG.



Source: Elaborated by the authors (2017).

The number of pods suffered the effect of water deficit levels, at which, in the conduct of the experiment, the 15 % deficit resulted in an average of 18 pods per plant (FIGURE 3). This result explained the grain yield since the number of pods per plant directly influenced this variable; therefore, the deficit provided a higher number of pods and, consequently, higher productivity. Peres (2014), in an experiment conducted in 2013, analyzed co-inoculation and irrigation blades of 100 % and 75 % and found that the deficit of 15 % provided the highest value for this variable. Torres *et al.* (2013) reported that the number of pods was higher when 100 % replacement was used. Souza (2016), in a study with doses of 0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹, and 200 kg ha⁻¹, observed a linear increase caused by doses of nitrogen in the number of pods per plant.

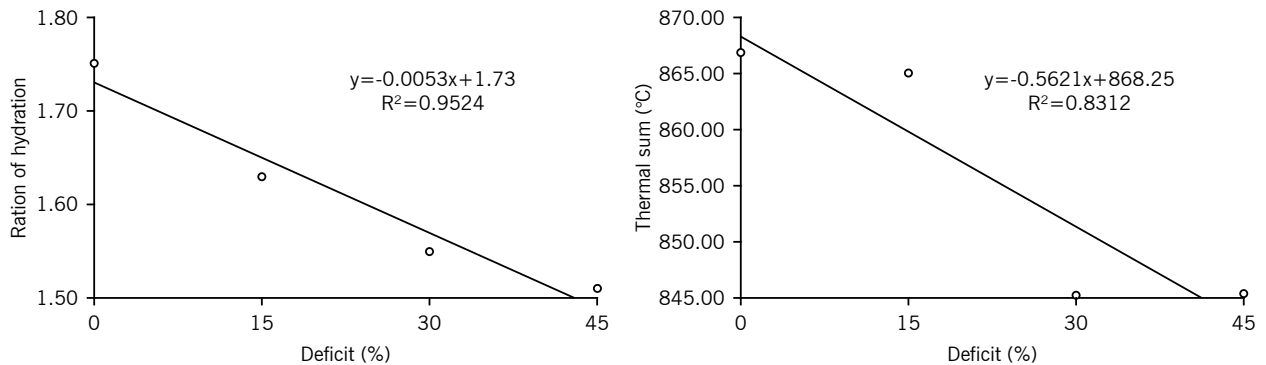
Under the conditions of the experiment, the number of average pod grains was 5.4 and was not influenced by the factors studied (TABLE 3). The variable number of grains per plant was

also not influenced by the doses of nitrogen and irrigation levels, observing the average value of 85.02 (TABLE 5). Sabundijian *et al.* (2016), testing doses of 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, and 120 kg ha⁻¹, also found no significant effect of nitrogen on the number of grains per plant.

The hydration ratio was significant for water deficits (FIGURE 4). With the increased deficit, the hydration ratio was reduced, with values ranging between 1.75 and 1.51. This result can be explained with the aid of the mass of 100 grains, which presented the same behavior when analyzed. With the increase in the deficit, there was a decrease in grain mass and a decrease in grain size; consequently, the smaller the grain size, the lower its hydration capacity.

Amaral *et al.* (2016), analyzing doses of 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, and 160 kg ha⁻¹, found no difference in time for hydration. They observed maximum hydration after the interval between 15 hours and 13 hours.

Figure 4 – Ratio of hydration and thermal sum as a function of the water deficit. Uberaba - MG.



Source: Elaborated by the authors (2017).

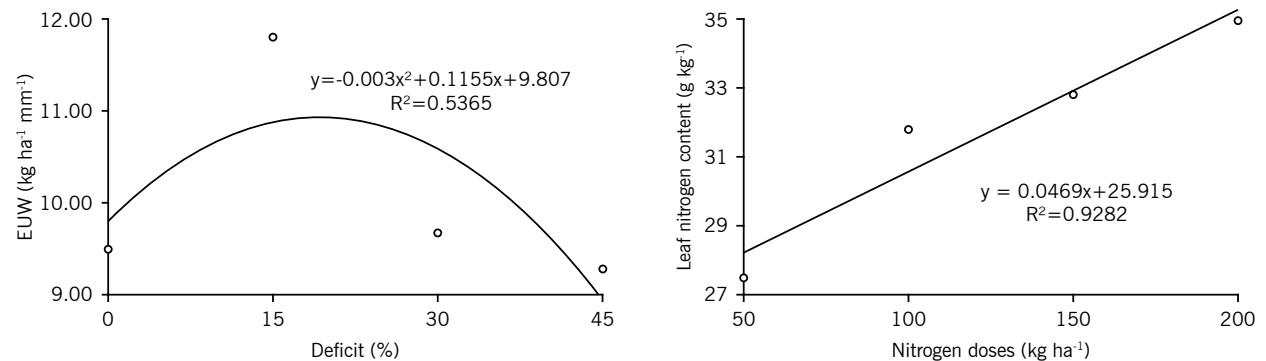
According to Souza (2016), for the cultivar IAC Alvorada, there was no significant difference for the variables: hydration ratio, obtaining as an overall average the value of 2.02; maximum hydration time, observing the average of 11 hours and 35 minutes, and the crude protein content, which presented an average of 20.35 %.

The thermal sum was influenced by the water deficit (FIGURE 4), showing that the higher the deficit, the lower the crop cycle, with total values of 866 °C, 864 °C, 845 °C, and 845 °C, respectively,

for deficits of 0 %, 15 %, 30 %, and 45 %, respectively. With the blade reduction applied, the plant receives a stimulus to finish its cycle in less time.

For water use efficiency (FIGURE 5), the highest values were verified for the deficit of 15 %, which presented an average of 11.79 kg ha⁻¹ per mm⁻¹. Brito *et al.* (2016) evaluated the conduction of beans with and without water restriction, observed in treatments without water restriction the value of 0.50 kg m⁻³ for WUE, applying 376.4 mm of the total blade.

Figure 5 – Water use efficiency as a function of the water deficit and nitrogen content in the leaf as a function of nitrogen doses. Uberaba - MG.



Source: Elaborated by the authors (2017).

Pacheco *et al.* (2016) stated that the EUW is one of the essential parameters when analyzing the effect of agricultural practices. Analyzing doses of nitrogen (0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, and 150 kg ha⁻¹) and estimating evapotranspiration by Hargreaves and Samani's (1985)

method, they obtained a value of 0.40 kg m⁻³ for the EUW.

Soares *et al.* (2016), analyzing a control (rainfall), and 46 %, 73 %, 84 %, and 100 % of the replacement of the ETc, found that the treatment 100 % provided greater efficiency of

water use with 0.26 kg m^{-3} , with the average of the experiment being 0.32 kg m^{-3} .

There was a linear increase in the nitrogen content in the leaves with the increase in the doses of this element (FIGURE 5), and they obtained values between 27.5 % and 34.97 %. No effect of irrigation blades on nitrogen content in leaves was observed. According to Silva (2017b), the nitrogen doses of 80 mg dm^{-3} and 120 mg dm^{-3} showed no significant difference.

Souza (2016), evaluating nitrogen doses of 0 kg ha^{-1} , 50 kg ha^{-1} , 100 kg ha^{-1} , 150 kg ha^{-1} , and 200 kg ha^{-1} in the cultivar IAC Alvorada, verified a linear increase in leaf nitrogen content, with an overall average of 31.8 g kg^{-1} . Bernardes *et al.* (2014), evaluating nitrogen doses in the BRS Supremo cultivar, found a significant effect of the doses of the element on the final content in bean leaves in flowering, obtaining a better adjustment by the quadratic model where the dose of 120.7 kg ha^{-1} provided the maximum value of 47.2 g kg^{-1} of nitrogen.

Conclusion

Nitrogen doses did not influence the yield of common beans under the conditions of the study. The higher water deficits caused a drop in crop yield. The water deficit of 9.72 % was favorable to achieve maximum grain yields and favors the number of pods per plant.

References

ALEMAN, C. C.; MIGNACCA, F. A. Avaliações morfofisiológicas do feijão Pérola irrigado. *Colloquium Agrariae*, v. 11, n. 2, p. 19-24, 2015.

AMARAL, C. B.; PINTO, C. C.; FLÔRES, J. A.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1602-1609, 2016.

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heatunit system. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 74, n. 1, p. 430-445, 1959.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; CUNHA, P. C. R. Resposta do feijoeiro de outono-inverno a fontes e doses de nitrogênio em cobertura. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 2, p. 458-468, 2014.

BRITO, J. E. D.; ALMEIDA, A. C. S.; LYRA, G. B.; FERREIRA JÚNIO, R. A.; TEODORO, I.; SOUZA, J. L. Produtividade e eficiência de uso da água em cultivo de feijão sob diferentes coberturas do solo submetido à restrição hídrica. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 10, n. 2, p. 565 - 575, 2016.

BRITO, R. R. **Critérios de manejo na irrigação do feijoeiro em três texturas de solo**. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

CHAGAS, J. M.; BRAGA, J. M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L. T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G. A. A.; ANDRADE, M. J. B.; LANA, R. M. Q.; RIBEIRO, A. C. Recomendação adubação para o feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-308.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 6, n 7, p. 1-119, 2019.

CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 7, p. 735-742, 2013.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirement's**: Revised, Roma: FAO, 1975. 144 p. Irrigation and Drainage Paper, 24.

DURIGAN, J. F. **Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1979. 81f. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GUIMARÃES, R. A. M.; BRAZ, A. J. B. P.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B.; BRAZ, G. B. P.; SILVEIRA, P. M. Resposta de cultivares de feijoeiro a adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 136 – 148, 2017.

GONZAGA, A. C. de O. (Ed.). Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: **Embrapa**, 2014. 247 p.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985.

KOLLING, D. F.; OZELAME, O. Utilização de nitrogênio e enxofre em cobertura no feijão preto safrinha. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 204-211, 2017.

MORAIS, W. A.; CUNHA, F. N.; SOARES, F. A. L.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, N. F.; COSTA, C. T. S. Avaliação das características de produção do feijoeiro submetidos a variações de lâminas de irrigação e doses de adubação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 3, p. 1389-1397, 2017.

MOREIRA, G. B. L.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; BORGES, I.; KONDO, M. K. Desempenho agrônômico do feijoeiro com doses de nitrogênio em semeadura e cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 818–823, 2013.

PACHECO, A.; LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q.; FRANÇA, A.; SILVA, L. E. Diferentes métodos de manejo de irrigação e doses de adubação nitrogenada nos componentes de produtividade e eficiência no uso da água. **Agrarian**, v. 9, n. 33, p. 263-273, 2016.

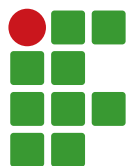
PERES, A. R. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica das sementes**. 2014. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus Ilha Solteira, Ilha Solteira.

SABUNDIJIAN, M. T.; ARF, O.; MEIRELLES, F. C.; NASCIMENTO, V.; KANEKO, F. H.; TARUMOTO, M. B. Fertilização nitrogenada no desempenho agrônômico do feijoeiro de inverno em sucessão a gramíneas de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 2, p. 152-161, 2016.

SABUNDIJIAN, M. T. **Efeito residual do consórcio de milho e *Urochloa ruziziensis* com inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do feijão e trigo irrigado em sistema plantio direto**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira.

SALES, R. A.; AMBROZIM, C. S.; POSSE, R. P.; OLIVEIRA, E. C.; POSSE, S. P. Índice de satisfação das demandas de água e produtividade do feijão em diferentes lâminas de irrigação em Colatina – ES. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 1, p. 81-87, 2017.

- SANTANA, M. J. **Resposta do feijoeiro comum a lâminas e épocas de suspensão de irrigação**. 2007. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras. Lavras.
- SCHERER, A. L.; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L. Efeito de diferentes épocas e doses de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro cultivado em Campo Grande - MS. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 2, p. 162-171, 2015.
- SCHONINGER, E. L.; LANGE, A.; MENEGON, T. G.; CAIONE, G. Produtividade da cultura do feijoeiro submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Agrarian**, v. 8, n. 30, p. 387-398, 2015.
- SILVA, M. L. S.; SILVA, M. A. D.; TREVIZAM, A. R. Influência do nitrogênio e enxofre na produção do feijoeiro. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 3, p. 11-22, 2017a. DOI: 10.18406/2316-1817v9n32017899.
- SILVA, M. R. S.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, R. N.; ROCHA, A. O.; LIMA, A. N. S.; SANTOS, S. A.; SILVA, L. K. S. Resposta do feijoeiro a lâminas de água aplicada em relação à evapotranspiração da cultura. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 2, p. 71-77, 2017b.
- SILVA, W. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 665-674, maio/jun. 2003.
- SOARES, F. C.; PARIZI, A. R. C.; SILVA, G. U.; ESSI, R.; RUSSI, J. L.; BEM, L. H.; SANTOS, P. R. Irrigação suplementar na produção de grãos e na eficiência de uso da água do feijoeiro. **Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 34, p. 374-382, 2016.
- SOUZA, S. S. **Doses de nitrogênio em cobertura, no feijoeiro de inverno em sucessão, a sistemas de cultivo de milho exclusivo e consorciado com braquiária e com crotalária**. 2016. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- TORRES, J. L. R.; SANTANA, M. J.; PIZOLATO NETO, A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e coberturas de solo. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 833-841, 2013.
- VALLE JUNIOR, R. F.; PASSOS, A. O.; ABDALA, V. L.; RAMOS, T. R. Determinação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG, utilizando o sistema de informação geográfica (SIG). **Global Science and Technology**, v. 3, n. 1 p. 19-29, jan./abr. 2010.



Ginger extract as an alternative to thrips (*Thrips tabaci*) control in hydroponic lettuce

Synara Silva¹, Marcelo Antônio de Sousa Gouvêia², Sylmara Silva³,
Luciano Donizete Gonçalves⁴, Rafael Pereira⁵

¹ Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestranda em Fitotecnia. synarasilv@gmail.com.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - *Campus* Bambuí. Discente no curso em Agronomia. marcelogouveiatc@gmail.com.

³ UFLA. Doutoranda em Fitotecnia. sylmara-silva@hotmail.com

⁴ IFMG - *Campus* Bambuí. Professor orientador e pesquisador. lucianogoncalves@ifmg.edu.br

⁵ UFLA. Laboratorista. rafaell.pereira@ufla.br

Received in: November 18, 2020 | Accepted in: March 30, 2021

Abstract

Ginger has a large number of essential oils, zingiberene is the major substance found in it, which may be linked to the insecticidal activity of the plant. Therefore, it can be a viable alternative to replace the use of pesticides for pest control. The objective of this work was to evaluate the use of this ginger-based extract in hydroponic lettuce as an alternative to thrips control. The experiment was carried out in a randomized block design, with five treatments and four replications. The treatments used were the concentrations of 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, and 80 % weight/volume of aqueous extract. After 45 days of sowing, the ginger plant extract was applied to the lettuce plants every seven days. A population of thrips was monitored using adhesive traps attached above each experimental plot once a week until harvest. In addition, fresh mass weight, shoot height, and incidence of direct damage to the crop were evaluated. Regarding thrips monitoring, no differences were observed indicating the uniformity of the population level among the lettuce parcels. For the evaluation of weight and fresh mass, no differences were observed regarding the treatments. However, from the concentration of 60 %, it was observed the lowest averages of plants with direct damage, showing that the higher the concentration of the solution the lesser insect feeding. Accordingly, the use of ginger plant extract in hydroponic lettuce becomes a promising alternative for reducing thrips feeding on lettuce.

Keywords: Natural insecticides. Alternative control. Protected cultivation. Hydroponics. Insecticidal property.

Introduction

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is considered the leafy vegetable with the highest consumption by the world population, with widespread cultivation in several countries around the world both in cultivated area and in productivity (LOBO, 2018). Among the largest producers, China stands out followed by the United States, India, Spain, Italy, Japan, Iran, Belgium, Mexico, and Turkey (FAO, 2019).

In Brazil, lettuce has great economic, social, and nutritional relevance. According to the Brazilian Horticulture Yearbook (2018), the national volume produced in 2018 was 575.5 thousand tons, in an area of 86,800 hectares. The cultivation is usually carried out by family farming, which gives it social relevance with the creation of jobs and income during the year

for the families, increasing the local purchasing power (AGUIAR; DELGROSSI; THOMÉ, 2018). Regarding nutritional importance, the daily consumption of lettuce provides the intake of several nutrients with low caloric value (SUINAGA *et al.*, 2013), preventing cardiovascular diseases and cancer (SILVEIRA, 2018).

Nevertheless, during the development of the crop, there are several phytosanitary problems caused by pests. Thrips (*Thrips tabaci*) is considered one of the main agricultural pests and on lettuce, it is one of the main vectors of viruses. The virus transmission occurs during thrips feeding, in which the infected plants present wrinkled leaves and, consequently, the commercial devaluation of the product (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2011). The attack of this pest can also increase the susceptibility to the penetration of fungi and

bacteria due to leaf lesions, in addition to making seed production unfeasible (CARVALHO, 2017; ZAWADNEAK *et al.*, 2015).

Currently, the phytosanitary management of thrips in the lettuce crop is based especially on intensive applications of chemical pesticides to reduce the insect population level, even though its indiscriminate use generates numerous problems (MARANGONI; MOURA; GARCIA, 2012). Consumers are increasingly concerned about the management of pests and diseases in agricultural crops, and the constant search for more sustainable production strategies is important.

Therefore, the integrated pest management (IPM) emerged in response to the use of pesticides aiming at the simultaneous use of various managements in an economical and harmonious way with the environment through less exposure of farmers to insecticides and, consequently, reduction of rates of toxic residues in vegetables (PEREIRA; PINHEIRO; CARVALHO, 2013).

Within the IPM, the use of plant extracts is an old practice and becomes an important control strategy. The extracts are obtained from renewable resources, and they have favorable toxicological properties, cause less effect on non-target organisms, rapid degradation in the soil, not accumulating in the environment, besides offering greater safety for the consumer (VASCONCELOS; GODIM; BARROS, 2006).

Plant extracts have the possibility of being produced by the producers themselves, reducing production costs, in addition to being accepted within organic production systems. Despite the great diversity of existing plants in Brazil, which makes the country prosperous in identifying natural sources for the development of new products, there is a lack of characterization given the high number of species.

The species belonging to the Zingiberaceae family have great insecticidal potential (ALMEIDA, 2012). Among the plants of the family, ginger

(*Zingiber officinale roscoe*) is a plant that has the ability to produce essential oils in large quantities. Ergo, it has the potential as an insecticidal plant to be used in production systems (LOPES *et al.*, 2011).

Accordingly, it is extremely important that selective insecticides are used for a particular pest promoting the preservation of species that are beneficial to the agroecosystem and environmental interactions. Despite its importance as a natural control alternative, currently, there are few studies on the use of these compounds in agricultural crops.

The use of an alternative defensive made from ginger can be an option for the control of thrips in hydroponic lettuce, which allows the reduction of agrochemicals, with more sustainable production, in addition to generating higher quality food and less contamination.

Thus, the objective of this work was to evaluate the use of different concentrations of aqueous extract based on ginger in hydroponic lettuce as an alternative to thrips (*Thrips tabaci*) control.

Material and methods

The work was held in the Horticulture Sector of the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Minas Gerais (IFMG) - *Campus Bambuí*, between July and October 2018. The institution is located in the municipality of Bambuí-MG, in geographic coordinates, latitude 20°02'13" S, longitude 46°00'34" W, and altitude 681 meters (GOOGLE EARTH, 2021).

The experiment was accomplished on plants grown in an NFT (Nutrient Film Technique) hydroponic system and a greenhouse. The nutrient solution had a pH between 5.5 to 6.5 to maximize the absorption of nutrients by the lettuce. The composition of the nutrient solution and the adjustment solution are reported below as shown in Tables 1 and 2.

Table 1 – Quantity of salts for the preparation of 2,000 liters of nutrient solution. IFMG – *Campus* Bambuí. Bambuí/MG, 2018.

Nº	Fertilizers	Nutrients	g/ 2,000 L
1	Calcium nitrate	N, Ca	2,500
2	Potassium chloride	K	760
3	Monoammonium phosphate - MAP	N, P	300
4	Magnesium sulfate	Mg e S	800
5	Micronutrients	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn	50

B = Boron; Ca = Calcium; Cu = Copper; Fe = Iron; K = Potassium; Mg = Magnesium; Mn = Manganese; Mo = Molybdenum; N = Nitrogen; Ni = Nickel; P = Phosphorus; S = Sulphur; Zn = Zinc.

Source: Furlani (1997).

Table 2 – Nutritional adjustment solution. IFMG - Bambuí *Campus*. Bambuí/MG, 2018.

Solution	Fertilizers	Nutrients	g/ 50 L
A	Calcium nitrate	N, Ca	3,000
	Micronutrients	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn	75
B	Potassium chloride	K	4,500
	Monoammonium phosphate - MAP	N, P	1,000
	Magnesium sulfate	Mg e S	1,200

Source: Furlani (1997).

The purchase of ginger took place on a family farm, near the municipality of Bambuí – MG. The collection of rhizomes was carried out weekly, every seven days. To prepare the plant extract, 600 grams of crunched ginger were placed in two liters of distilled water. The solution was sieved and diluted at concentrations of 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, and 80 % weight/volume, using distilled water. The plant extract was stored in dark-colored glass containers for one day.

The experiment was implemented in a randomized block design, consisting of five treatments, four replications, and 20 plants per plot. The treatments tested were the concentrations: T1 – 0 %, T2 – 20 %, T3 – 40 %, T4 – 60 % and T5 – 80 % weight/volume. Each plot received an adhesive trap in the central part attached 20 cm above the plants to capture adult insects.

Lettuce seedlings of the Vanda cultivar were produced in styrofoam trays with 128 cells, containing Maxfertil commercial substrate that has

composted pine bark, vermiculite, and basic fertilizer. About 30 days after sowing, the seedlings presented good vegetative development, relating to the aerial part and root system. Thus, the lettuce seedlings were transplanted to the hydroponic system and an adhesive trap was implanted per experimental plot (Bio Trap Adhesive Plates - Blue), with a dimension of 10 cm x 12.5 cm, centered in the plot and fixed above the plants by a ribbon.

The traps were placed to quantify the insect population during the development of the culture, in addition to observing the population increase in a certain stage of the culture. Accordingly, seven days after transplanting a quantitative survey of the initial incidence of thrips in the lettuce crop was conducted, in which the traps were removed by manually counting thrips in each experimental plot. Then, new adhesive plates were placed and these were not removed until the moment of harvesting the lettuce.

The application of the ginger plant extract was performed, after transplanting, every seven days with the aid of a spray bottle spraying on all lettuce leaves until full leaf coverage by the product, totaling 21 days. Before each application, the thrips population was manually counted to assess the increase in pest incidence during the production cycle.

The evaluations were undertaken during harvest, analyzing only the central plants, totaling six plants per plot. The analyzes consisted of quantifying the number of thrips in the traps during vegetative development, fresh mass weight (g), plant height (cm), and the incidence of direct damage from thrips feeding on the leaves.

To determine the fresh mass weight, a precision scale was used. As for the height assessment, the measurement was performed from the base of the plant to the maximum point of the lettuce head, with the aid of a graduated ruler.

The evaluation of thrips incidence consisted of counting plants from each useful plot that showed direct symptoms on lettuce leaves due to thrips feeding. Subsequently, the average number of plants with symptoms per treatment was performed and the values transformed into a percentage of incidence, following the methodology used by Borges (2006).

Data were subjected to analysis of variance. The significant variables in the F test were

submitted to regression analysis at 5 % probability, using the statistical program SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014). In addition, Pearson's correlations between the means of all evaluated characteristics were estimated. The hypothesis that the Pearson correlation coefficient is equal to zero ($H_0: P = 0$) was evaluated by the T-test. Correlations were performed using the computer program GENES (CRUZ, 2006).

Results and discussion

In monitoring the quantification of the number of thrips present in the adhesive trap, the average of the four counts during the experiment was 252.75 insects. The values obtained from the insect pest population in each count can be seen in Table 3.

It is observed that, when performing the first count of thrips in the traps to analyze the population present in the greenhouse, there was an average initial population density in the treatments of 140.10 insects.

The mean values obtained in the second, third, and fourth counts were 164.30, 326.40, and 380.20 medium insects, respectively. There was no significant difference between the plots, indicating that the thrips infestation rate was uniform within the experimental area.

During lettuce vegetative development, thrips can be found in all phenological stages and

Table 3 – Average number of thrips regarding the treatments assessed in the lettuce considering different periods of assessment. IFMG – *Campus* Bambuí. Bambuí/MG, 2018.

Treatments	1 st Count	2 nd Count	3 rd Count	4 th Count
0%	130.00	159.25	303.75	401.75
20%	122.25	132.50	307.50	361.25
40%	124.75	135.00	309.50	346.50
60%	171.25	212.25	389.50	414.75
80%	152.25	182.50	321.75	376.75
Average	140.10	164.30	326.40	380.20
CV (%)	32.86	45.72	29.23	25.18

Source: Authors' elaboration (2021).

it is important to monitor the area to observe the insect population. However, there are few works related to production in a protected environment which demonstrate the level of control of the insect pest (GAERTNER; BORBA, 2014).

For the fresh mass height and weight variables, the application of different concentrations of the ginger-based extract had a similar behavior when subjected to analysis of variance, which can be seen in Table 4.

Table 4 – Averages of the variables analyzed regarding the treatments tested in lettuce during the harvest. IFMG – Campus Bambuí. Bambuí/MG, 2018.

Treatments	Hight (cm)	Weight (g)
0 %	31.70	287.08
20 %	31.54	268.33
40 %	31.42	297.49
60 %	30.91	271.66
80 %	32.70	301.66
CV (%)	6.76	10.24

Source: Authors' elaboration (2021).

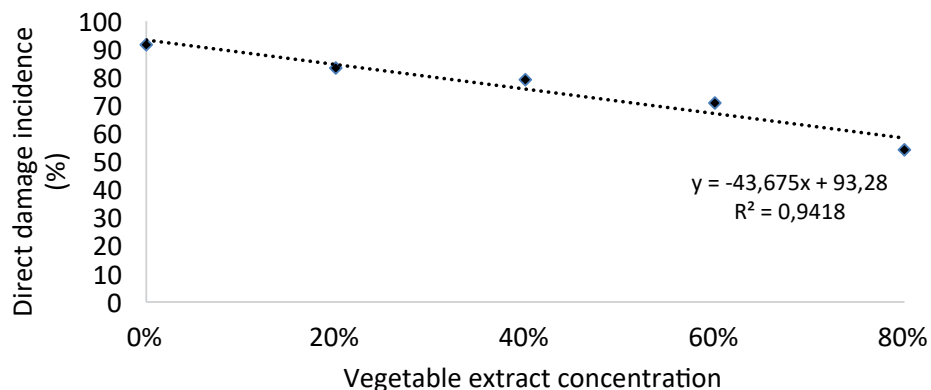
Regarding the variable height, the average of the plants was 31.65 cm, ranging from 30.91 cm to 32.70 cm. While the average weight of fresh mass was 285.24 grams, in a range of 268.33 grams to 301.66 grams.

Shoot fresh mass data were superior to those found by Patekoski and Pires-Zottarelli (2010) in which Vera lettuce presented 158.8 g in an experiment carried out in the spring and 182.2 g in an experiment conducted in the summer. However, the results of the experiment corroborate those obtained by Santos *et al.* (2010), who working with Vera lettuce in a hydroponic system found an average of 244.78 g at 47 days after sowing for the plants.

In the greenhouse, it was not possible to observe lettuce plants with viral symptoms, a result of indirect damage, with virus transmission. According to Domiciano, Ota, and Tedardi (1993), the incidence of damage caused by thrips and the lower production of a crop is changeable according to factors that interfere in the insect-plant relationship, such as cultivars, climatic conditions, phenological stages, season of planting and infestation level.

In the analysis of direct damage, the results demonstrate the efficacy of the ginger-based extract with a concentration of 80 % and 60 % in the control of thrips in lettuce, having an average of 54.16 % and 70.83 % of plants with symptoms, respectively, according to Figure 1. In this way, by using the solution from a concentration of 60 % weight/volume, the farmer can obtain beneficial results in the control of thrips in lettuce.

Figure 1 – Direct damage incidence by the thrips attack in lettuce plants according to the application of different concentrations of the ginger extract. IFMG – Campus Bambuí. Bambuí/MG, 2018.



Source: Authors' elaboration (2021).

Hamada *et al.* (2018) found that from the concentration of 50 % of ginger extract there is a reduction in egg viability, interference in the development of pupae, and the fertilization of *Spodoptera littoralis*.

Pearson's correlation was performed to prove the relationship between the studied characteristics. The data obtained can be observed in Table 5.

Table 5 - Pearson correlation estimates between the variables evaluated in lettuce plants sprayed with ginger plant extract. IFMG – *Campus BambuÍ. Bambuí*/MG, 2018.

Pearson's Correlation	
Contrast	Estimate
CG vs AL	0.50
CG vs PE	0.55
CG vs DD	-0.95*
AL vs PE	0.67
AL vs DD	-0.53
PE vs DD	-0.40

CG – Ginger extract concentration; AL – Height (cm); PE – Weight (g); DD – Direct damage. *Significant at 5% probability by t-test.

Source: Authors' elaboration (2021).

In the present study, the estimated correlation of ginger extract concentration and direct damage was -0.95 and significant (TABLE 5). This correlation is negative or inverse and indicates a reduction in the direct damage due to the increase in the concentration of ginger extract solution. The other correlation estimates obtained were not significant.

The reduction of direct damage can be explained by the occurrence of antixenosis or non-food preference, characterized by a plant resistance process, induced by chemical or morphological factors. The cultivated plant is not used for feeding, due to the fact that the method makes it difficult to locate the insects, especially in insects with sucking habits, reducing the selection of the host plant and the place where the insect normally feeds (GALLO *et al.*, 1988).

The application of ginger extract may have influenced the antixenosis process in lettuce plants, which consequently promoted the repellence to thrips during feeding and caused the lowest levels of damage to the crop. The efficacy of non-food preference to a given insect can be caused by the bioactivity of the compounds of the plant extract commonly found in greater abundance in the solution (MEDEIROS, 2017; CRUZ, 2014).

Zingibereno is the main constituent substance of ginger, identified in high levels in plants and may be linked to the insecticide activity of the vegetable (NEIVA; MALUF; MACIEL, 2013). Nevertheless, the concentration of bioactive compounds in rhizomes may vary due to factors such as age, cultivation conditions, environmental factors (ABDULHAY; YONIUS, 2019).

Several results show a link between the insecticide activity and the higher concentration of ginger plant extract. Merlotto *et al.* (2018), when evaluating the effect of insecticide of different hydroalcoholic extracts of plants on aphid *Myzus Persicae* in scarlet eggplant culture, verified that ginger extract was the one that showed the greatest potential for insect mortality when compared to other extracts.

Rohde *et al.* (2013) evaluated the effect of extracts prepared with different fresh and dry vegetables on larvae, pupae, and adults of *C. capitata*, he verified that chinaberry and ginger had an insecticide effect on adults of *C. capitata*.

Chaubey (2011) found that fumigation with ginger essential oils significantly reduced the oviposition potential of adults and inhibited the development of larvae for pupae and adult pupae of *Tribolium castaneum*. In another study, Chaubey (2013) found that the essential oils of ginger and *P. cubeba* caused toxicity both by fumigation and by contact in adult *Callosobruchus chinensis*.

The use of ginger has also been reported as an ingredient of biopesticides along with other medicinal plants. Arora *et al.* (2012) evaluated a biopesticide formulation containing onion (*Allium cepa*) and ginger (*Zingiber officinale*) regarding the efficacy against *Helicoverpa armigera* and recorded a control of 70 % to 80 %, in addition to an increase in production in plants treated with the formulation compared to untreated plants.

Gomes (2016), when evaluating the effects of essential oils of fresh and dry ginger, found that the highest concentrations showed the best results for repellency and oviposition of the mite *T. urticae*. This data corroborates the hypothesis that the higher the concentration of the extract the greater the number of bioactive compounds in the solution and a high propensity to insecticide activity of the vegetable.

Madreseh-Ghahfarokhi *et al.* (2018), when evaluating the effect of ginger essential oils on *Culex theileri*, verified that the treatments had both insecticide and repellency effects, being promising substitutes for chemical pesticides.

Therefore, despite the high population level of thrips in the conduction of the experiment, the solution that had the highest concentration of bioactive compounds obtained beneficial results, preventing the insect present in the area from feeding and, consequently, reducing direct damage. Given the assumption, the results obtained in the present study indicate the promising potential of the use of ginger extract through the lower attractiveness of the crop, enabling the reduction of thrips feeding in lettuce cultivation and, consequently, reducing the transmission of viral disease.

Conclusion

The use of ginger extract with concentrations higher than 60 % weight/volume proved to be effective in reducing thrips feeding, as it reduced direct damage to lettuce culture. On the other

hand, it did not promote the greater development of plants in relation to the height and weight of the fresh mass.

Acknowledgments

To the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Minas Gerais (IFMG) - *Campus Bambuí* for the project financing.

References

- ABDULHAY, H. S.; YONIUS, M. I. *Zingiber officinale* an alternative botanical insecticide against black bean aphid (*Aphis fabae* Scop). **Bioscience Research**, v. 16, p. 2315- 2321, 2019. Disponível em: [https://www.isisn.org/BR16\(2\)2019/2315-2321-16\(2\)2019BR19-227.pdf](https://www.isisn.org/BR16(2)2019/2315-2321-16(2)2019BR19-227.pdf). Acesso em: 18 mar. 2021.
- AGUIAR, L. C.; DELGROSSI, M. E.; THOMÉ, K. M. Short food supply chain: characteristics of a family farm. **Ciência Rural**, v. 48, n. 5, 2018.
- ALMEIDA, M. C. **Efeitos do processamento por radiação em espécies da família Zingiberaceae: açafão (*Curcuma longa* L.), gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) e zedoária (*Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe)**. 2012. 108f. Tese de Doutorado (Tecnologia Nuclear - Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2012.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTIFRUTI. **Muita Gente**: Setor de folhosas envolve o maior número de produtores em pequenas áreas, mas soma mais de 170 mil hectares nos cinturões verdes das cidades. Editora Gazeta Santa Cruz. p. 92-93. 2018.

ARORA, S.; KANOJIA, A. K.; KUMAR, A.; MOGHA, N.; SAHU, V. Biopesticide formulation to control tomato lepidopteran pest menace. **Current science**, p. 1051-1057, 2012.

- BORGES, L. M. **Controle de viroses em alface por meio de métodos integrados de manejo da cultura**. 2006. 128f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus Botucatu, Botucatu, 2006.
- BRANDÃO FILHO, J. U. T.; SANTOS, H. S. MARAUS, P. F.; SANTOS, S. S.; BUZANINI, A. C. Eficiência de diferentes inseticidas aplicados no controle de *Frankliniella occidentalis* na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Horticultura Brasileira** **29**, p. 1037-1042, 2011.
- CARVALHO, R. G. de. **Atividade de inseticidas em diferentes modalidades de aplicação no controle de insetos vetores de viroses na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2017. 20f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- CHAUBEY, M. K. Biological activities of *Zingiber officinale* (Zingiberaceae) and *Piper cubeba* (Piperaceae) essential oils against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). **Pakistan journal of biological sciences: PJBS**, v. 16, n. 11, p. 517-523, 2013.
- CHAUBEY, M. K. Insecticidal properties of *Zingiber officinale* and *Piper cubeba* essential oils against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Biologically Active Products from Nature**, v. 1, n. 5-6, p. 306-313, 2011.
- CRUZ, S. V. M. V. **Efeito da aplicação de extratos aquosos de plantas na redução de injúrias da traça-das-crucíferas em plantas de repolho**. 2014. 50f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2014.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. UFV, 2006.
- DOMICIANO, N. L.; OTA, A. Y.; TEDARDI, C. R. Momento adequado para controle químico de tripses, *Thrips tabaci* Lindeman, 1888 em cebola, *Allium cepa* L. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 22, n. 1, p. 77-83, 1993.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. **Data about production quantities of lettuce and chicory**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/home/en/>. Acesso em: 18 mar 2021.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons**. Ciência agrotecnológica. v. 38, n. 2, 2014.
- FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT. **EMBRAPA Amazônia Ocidental: Boletim Técnico** **168**. Campinas, 1997.
- GAERTNER, C.; BORBA, R. da S. Diferentes cores de armadilhas adesivas na cultura da alface hidropônica. **Revista Thema**, v. 11, n. 1, p. 4-11, 2014.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres. v. 10. 920 p. 1988.

GOMES, A. C. S. **Efeito de óleos essenciais de gengibre e acilaçúcares sintéticos sobre artrópodes-praga**. 2016. 110f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

HAMADA, H. M.; AWAD, M.; EL-HEFNY, M.; MOUSTAFA, M. A. M. Insecticidal activity of garlic (*Allium sativum*) and ginger (*Zingiber officinale*) oils on the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). **African Entomology**, v. 26, n. 1, p. 84-94, 2018.

LOBO, L. das D. **Custo de produção e rentabilidade do cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em Silvânia-GO**. 2018. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro Universitário de Anápolis UniEvangélica, Anápolis – GO, 2018.

LOPES, F. S. C.; FARIAS, E. S.; LOPES, M. C.; PICANÇO, M. C.; BLANK, A. F.; SANTOS, A. C. C.; PEREIRA, R. M.; BACCI, L. Inseticidas botânicos no controle da broca das cucurbitáceas *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. **Anais...** Viçosa. 2011.

MADRESEH-GHAHFAROKHI, S.; PIRALI, Y.; DEGHANI-SAMANI, A.; DEGHANI-SAMANI, A. The insecticidal and repellent activity of ginger (*Zingiber officinale*) and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) essential oils against *Culex theileri* Theobald, 1903 (Diptera: Culicidae). **Annals Parasitology**, v. 64, n. 4, p. 351-360, 2018.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 6, n. 2, p. 95-112, 2012.

MEDEIROS, R. O. N. B. **Estudo da aplicação na área da saúde do gengibre, sua caracterização química**. 2017. 62f. Tese de Doutorado (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Portugal, 2017.

MERLOTTO, G. R.; TOSCANO, L. C.; SILVA, E. M.; ANDRADE, J. R.; SILVA, R. de S. M. Controle Alternativo de *Myzus persicae* na cultura do jiló com extratos de plantas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 7-7, 2018.

NEIVA, I. P.; MALUF, W. R.; MACIEL, G. M. Resistência de linhagens de tomateiro à mosca-branca (*Bemisia argentifolii*), relacionada a aleloquímicos e densidade de tricomas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 1, 2013.

PATEKOSKI, K. S.; PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A. Patogenicidade de *Pythium aphanidermatum* a alface cultivada em hidroponia e seu biocontrole com *Trichoderma*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 805-810, 2010.

PEREIRA, R. B.; PINHEIRO, J. B.; DE CARVALHO, A. D. F. Diagnose e controle alternativo de doenças em alface, alho, cebola e brássicas. **Embrapa Hortaliças - Circular Técnica 120**. Brasília – DF, 2013.

ROHDE, C.; MOINO JUNIOR, A.; SILVA, P. K.; RAMALHO, K. R. de O. Efeito de extratos vegetais aquosos sobre a mosca-das-frutas *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 80, n. 4, p. 407-415, 2013.

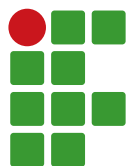
SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 961-969, 2010.

SILVEIRA, A. J. da. **Potencial agrônômico e dissimilaridade genética entre genótipos de alface ricos em carotenoides**. 2018. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2018.

SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal. **Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, mar. 2013.

VASCONCELOS, G. J. N. de; GONDIM, M., G. C.; BARROS, R. Extratos aquosos de *Leucaena leucocephala* e *Sterculia foetida* no controle de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1353-1359, 2006.

ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MEDEIROS, C.; SILVA, R. A. da. **Olericultura: pragas e inimigos naturais**. Curitiba: SENAR – PR, 70 p., 2015.



Population dynamics of the pasture leafhopper complex (Hemiptera: Cercopidae) in brachiaria and mombasa grass

Westefann dos Santos Sousa¹, Jorge Luis Carvalho Silva², Thiago Souza Campos³, João Victor de Lima Santos⁴

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Botucatu, SP. Pós-Graduando em Agricultura. westefannsantos@hotmail.com.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Conceição do Araguaia, PA. Professor. carvjls@gmail.com.

³ UNESP, Jaboticabal, SP. Pós-Graduando em Produção Vegetal. thiagocamposagr@gmail.com.

⁴ IFPA, Conceição do Araguaia, PA. Graduando em Agronomia. joaovictordels@gmail.com.

Received in: January 2, 2021 | Accepted in: May 11, 2021

Abstract

Pasture leafhoppers are considered highly important pests in forage grasses in Brazil due to their widespread occurrence. This insect is one of the most relevant pests in pasture degradation. In order for the control of spittlebugs to be efficient, it is important to know the population behavior of the species of this insect, identify the period of greatest occurrence, as well as the climatic and environmental conditions that favor the development of the pest. Thus, this study aimed to evaluate the population dynamics of spittlebugs, at a quantitative level, in *Brachiaria decumbens* and *Panicum maximum* pastures, associating the results with meteorological data from the municipality of Conceição do Araguaia, Southeast Pará. To study the population dynamics of spittlebugs, samples were taken every two weeks, in two types of pastures aged between 5 and 7 years, kept under rotational grazing, with a stocking of 1.5 animal units. The method of monitoring nymphs and adults of leafhoppers was adopted, through walking within the observation area. The level of infestation of spittlebugs in both forage species was evaluated and all results were submitted to analysis of variance by the F test. It was found that the species *B. decumbens* had a greater number of adults and nymphs when compared to the forage species *P. maximum*. The population dynamics of spittlebugs occur gradually according to climatic conditions, and the period with not-so-high temperatures (22 °C to 34 °C) and good rainfall provide an infestation of this insect pest in the pasture.

Keywords: Insect-Prague. Pasture. *Brachiaria decumbens*. *Panicum maximum*.

Introduction

Pasture leafhoppers belong to the order Hemiptera and the family Cercopidae, which are considered pests of great importance in forage grasses in Brazil due to their widespread occurrence, high infestation levels, and the severe damage caused (VALÉRIO, 2009). The main species attacking pastures are *Zulia entreriana*, *Deois flavopicta*, *Deois schac*, *Mahanarva* spp., and others that also have great economic importance (BORGHI *et al.*, 2018).

Leafhoppers are insects known as one of the most critical pests associated with pasture degradation, with a suction-type mouthpiece. In the adult stage, they live in the aerial part of the host plant, and when nymphs, they protect themselves at the base of the covered plants by white

foam, characteristic of those species (BORGHI *et al.*, 2018).

There is no isolated method to control the leafhopper pest efficiently. Still, a set of measures is recommended (Integrated Pest Management); for example, cultural, chemical and biological control to minimize pest damage to pastures (TOWNSEND *et al.*, 2001). However, to guarantee an effective and economically viable control, it is essential to know the leafhopper population behavior, identify the period of greatest occurrence, and the climatic and environmental conditions favoring the insect's development (BERNADO *et al.*, 2003).

The damage caused by leafhoppers varies from each grass species, and the economic

losses can be considerable depending on the location, climatic conditions, and management (BERNARDO *et al.*, 2003). Several species of leafhoppers occur in pastures of Brazil, with some of them having economic relevance. Depending on the region, the predominant species may vary. Despite being morphologically similar, leafhopper species may have different preferences and damage capabilities (VALÉRIO, 2006).

As for the susceptibility of species to the leafhopper attack, grasses of the *Brachiaria* genus are preferentially attacked by these insects (BORGHI *et al.*, 2018), as verified by scientific studies, such as the one carried out by Auad *et al.* (2009) and Pereira *et al.* (2018). These studies found a higher leafhopper population density in the *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria decumbens* species, respectively. Studies showing leafhopper occurrence in species of the *Panicum* genus are poorly studied, justifying this work's development.

Grasses from the *Brachiaria* and *Panicum* genera constitute one of the main species making up the ruminant diet in Brazil, being the first most prevalent in the Cerrados regions, and considered the Brazilian cultivated pastures base. Also, the *Panicum* species are the most important for cattle production in tropical and subtropical regions (CORRÊA; SANTOS, 2003).

Leafhoppers occurrence in pastures has been one of the leading causes for pastures' degradation in Brazil (VALÉRIO, 2009). Thus, obtaining knowledge of leafhoppers' population dynamics is relevant for more efficient decision-making regarding the season and management type to be adopted in its control.

Therefore, the objective was to evaluate leafhopper population dynamics, at the quantitative level, in pastures of *B. decumbens* and *P. maximum*, associating the results with meteorological data.

Material and methods

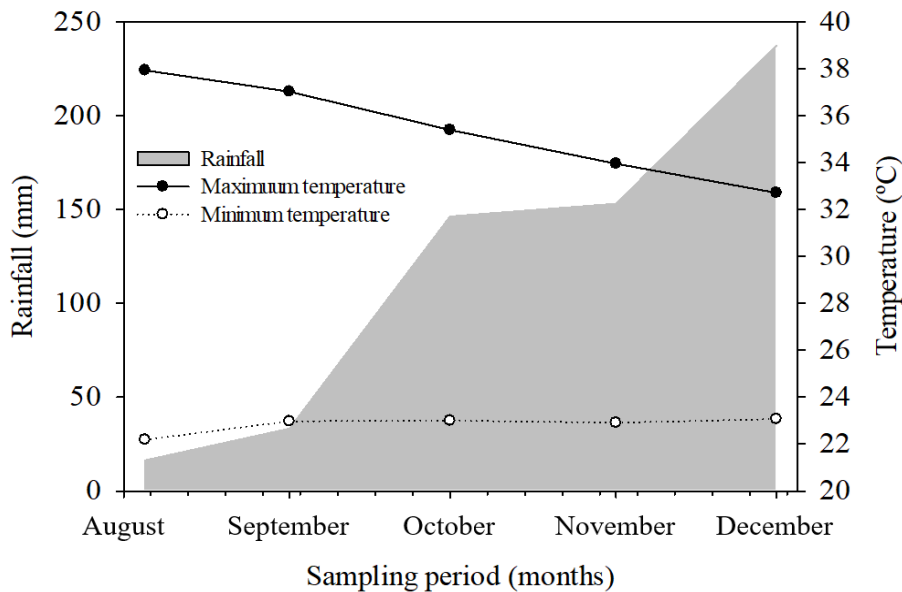
The work was carried out at the Paraíso property, located 10 kilometers from the municipality of Conceição do Araguaia, Pará, on the banks of the PA-287 road. The municipality of Conceição do Araguaia, in the State of Pará, belongs to Mesorregião Sudeste Paraense, with municipal headquarters located at 08°16'S; 49°16'W and 157 m altitude. 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 has an average annual rainfall of 1,734 mm.

The research started in August 2018 and ended in December of the respective year. The meteorological data for the sampling months are available in Figure 1. It was possible to observe a variation of the maximum temperature between 37.93 °C and 32.71 °C, while the minimum temperature varied between 23.07 °C and 22.19 °C. The total rainfall increased gradually from August to December, obtaining a value of 221 mm higher in the last month of sampling (December) when compared to the first month (August).

Biweekly samplings were carried out in two types of pasture, *B. decumbens* and *P. maximum* cv. Mombasa, aged 7 years and 5 years, respectively, kept under rotational grazing, with a capacity of 1.5 animal units.

The leafhopper nymphs and adults monitoring method was adopted in this study by walking inside the observation area in a zigzag form (VALÉRIO, 2005). The population survey of nymphs was carried out based on the counting of foam masses number at the foot of the plant (soil level), using as a reference a square iron frame with dimensions of 0.25 m x 0.25 m, thrown at random, for defining a sampling point (PEREIRA; BENEDETTI; ALMEIDA, 2008). After the pitch, the total number of foam masses within the square delimited area was quantified, and

Figure 1 – Climogram of rainfall, maximum and minimum temperature from August 2018 to December 2018, in Conceição do Araguaia, Pará, Brazil.



Source: Instituto Nacional de Meteorologia (2020).

the result was expressed as the foam masses' average number per square meter.

The method used for sampling adults was through scanning with entomological net, with a 40 cm diameter arc, sampling at 10 points at random, describing a random trajectory within the pasture area (LOHMANN; PIETROWSKI; BRESSAN, 2010).

At each sampling point, 10 sweeps were carried out with the net, and the insects obtained at each sampling point were packed in plastic bags and sent to the Entomology Laboratory of the IFPA - Conceição do Araguaia Campus, where the species were screened, selecting the insect species of interest (leafhoppers). The leafhopper species identification was carried out with the aid of a binocular stereomicroscope with LED (light-emitting diode) model DI-224, to visualize the insects' structures and the use of identification keys.

The experimental units had 100 square meters, and the experimental design adopted

was randomized blocks, with two treatments and ten repetitions. The treatments consisted of the study area (forage species) and the periods (time of monitoring), considering each monitoring performed as a repetition. The meteorological data (precipitation, average daily maximum and minimum temperature) were obtained through the National Institute of Meteorology database, Automatic Station of Conceição do Araguaia (INMET, 2018).

The level of infestation of leafhoppers in both forage species was evaluated. All results were subjected to analysis of variance by the F test. The averages of the forage species and monitoring time and their interaction were compared by the Tukey test at the level of 5 % probability. When there was an interaction between the factors studied, Pearson's correlation analysis was performed. The statistical analysis and plotting of the graphs were performed with the software Sisvar 5.4 (FERREIRA, 2011) and SigmaPlot 10.0 aid (SYSTAT SOFTWARE, 2006).

Results and discussion

The analysis of variance (TABLE 1) demonstrated a significant interaction for the factors of forage species and sampling times when observing the number of adult leafhopper infestations. The number of foams per square meter was significant only for the sole factor of forage species.

According to the averages test for forage species, it was noted that *B. decumbens* had a higher number of adults and nymphs compared to the *P. maximum* forage species. The sampling time showing the highest adult number was December, followed by November. The other months did not differ statistically from each other by the Tukey test, just as there was no statistical difference for the foam number (TABLE 1).

Table 1 – Analysis of variance and test of means for the number of leafhoppers adults and number of foams as a function of forage species and sampling time.

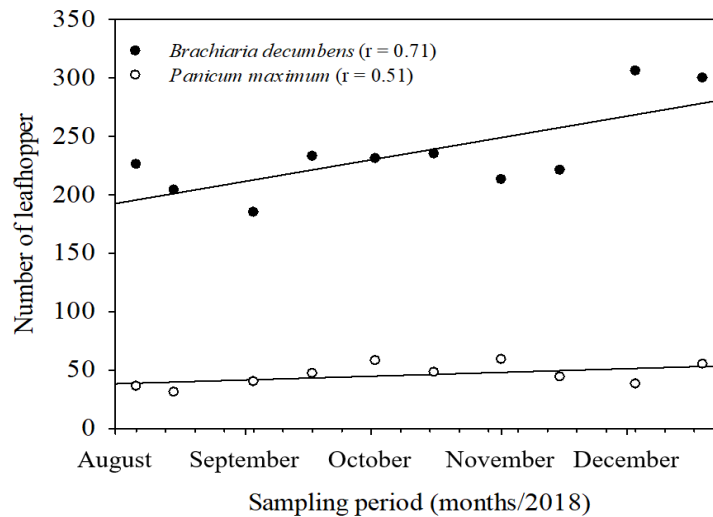
Source of variation	Mean squares	
	Number of adults	Number of foams m ²
Forage species (FS)	1685.50 **	1513.80 **
Sampling period (SP)	180120.20 **	21.5750 NS
FS x SP	1448.70 **	9.425 NS
CV (%)	9.95	22.12
Averages for forage species		
<i>Brachiaria decumbens</i>	235.40 ± 36.75 a	23.6 ± 3.69 a
<i>Panicum maximum</i>	45.60 ± 9.09 b	6.20 ± 2.93 b
Averages for the sampling period		
August	124.25 ± 91.10 b	17.75 ± 9.36 a
September	126.25 ± 84.51 b	13.00 ± 9.97 a
October	134.25 ± 90.08 b	12.75 ± 6.87 a
November	143.00 ± 82.97 ab	14.00 ± 8.15 a
December	174.75 ± 128.41 a	17.00 ± 10.56 a

CV = Coefficient of variation. ns = not significant, ** = significant by F test at 1 % probability. Means followed by the same letter in the columns are statistically equal by the Tukey test at 5 % probability.

Source: Elaborated by authors (2021).

The interaction between the factors of forage species and sampling time is illustrated in Pearson's correlation in Figure 2. There was a notable increase in the leafhopper infestation level as the period approached December, mainly in the pasture composed by *B. decumbens* species, presenting the highest absolute value of the determination coefficient ($r = 0.71$). On the other hand, *P. maximum* grass showed little influence of the sampling period on the leafhopper infestation level ($r = 0.51$).

It is worth mentioning that December, whose infestation of this insect pest was more accentuated, coincides with the period that occurred the highest total rainfall (237.3 mm) and average maximum and minimum temperatures of 32.71 °C and 23.07 °C, respectively (FIGURE 1). Thus, it is possible to infer those environmental factors influence the leafhopper population dynamics and their reproductive potential, with temperature and humidity being the most relevant climatic parameters in this context (GARCIA *et al.*, 2011; TEIXEIRA; SÁ, 2010).

Figure 2 – Pearson linear correlation for the number of leafhoppers adults as a function of the sampling period.

Source: Elaborated by authors (2021).

This information corroborates the current work compared with the abiotic parameters (precipitation and temperature). Townsend *et al.* (2001) declared a greater leafhopper population occurrence in the State of Rondônia between December and February, justifying the climatic conditions corresponding to the region's rainy period.

Regarding climatic and environmental factors, the leafhopper attacks can occur with greater severity in the greater precipitation and higher temperatures period compared to others when the conditions were not so favorable (period of drought), a fact which is directly related to the largest population of this insect whose climatic conditions are ideal (DIAS-FILHO, 2017).

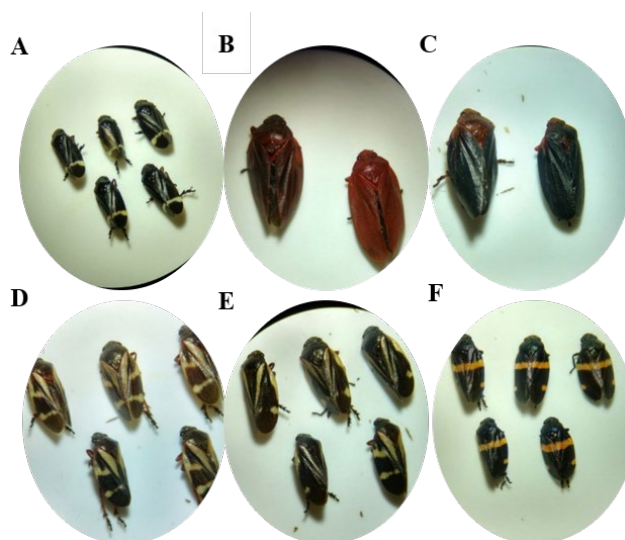
It is noteworthy that the beginning of the rainy season favors the infestation of leafhoppers, due to its mild temperatures and high humidity. In unsuitable conditions, the pasture leafhopper eggs may not hatch, causing diapause (acquiescence). It corresponds to a rest period and may remain like that until the end of the dry period, showing a dependence on climatic conditions for good performance of its biological cycle (SANTOS; SARAIVA, 2019).

The species that occurred in both sampled pastures are shown in Figure 3. The identification in the laboratory demonstrated the presence of *Notozulia entreriana*, *Mahanarva* sp., *D. flavopicta*, *Deois incompleta*, and *Aeneolamia colon*. The identified species agree with those reported in the literature regarding the main occurring leafhopper species in Brazil, namely: *Z. entreriana*, *D. flavopicta*, *D. incompleta*, *D. schach*, and *Mahanarva fimbriolata* (TOWNSEND *et al.*, 2001).

The occurrence of species was higher in the pasture with *B. decumbens* (POE = 6) than in *P. maximum* (POE = 4) (FIGURES 4A and 4B). Note that the leafhopper species *D. incompleta* and *A. colon* had the highest number of individuals in the pastures of *B. decumbens* and *P. maximum*, respectively, with an occurrence percentage per species of 55.41 % for *D. incompleta* and 81.37 % for *A. colon* (FIGURE 4).

This greater occurrence in a forage species is related to grass susceptibility. According to Townsend *et al.* (2001), *B. decumbens* has a high leafhopper infestation susceptibility compared to *P. maximum*, which is considered resistant to the pest attack. For that reason, pasture diversification becomes essential to minimize insect pest severity.

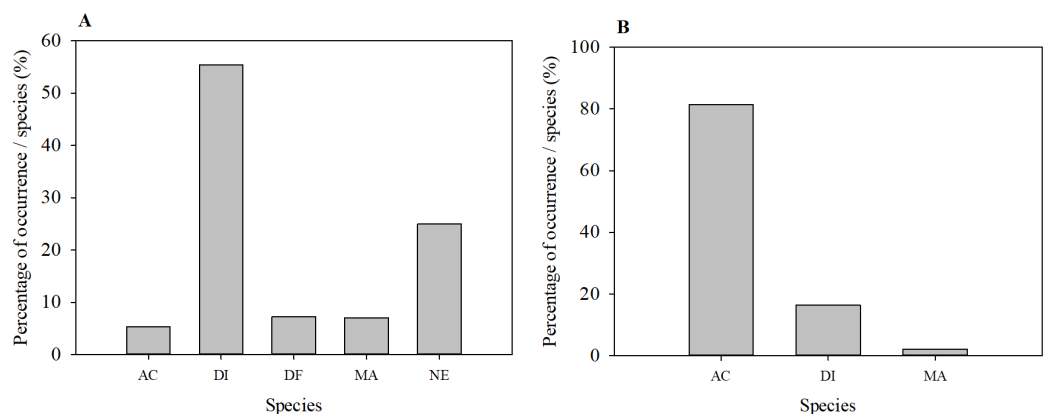
Figure 3 – Species of leafhoppers cataloged in the forages *Brachiaria decumbens* and *Panicum maximum* in Southeast Pará.



A = *Notozulia entreriana*, B = *Mahanarva* sp., C = *Mahanarva* sp., D = *Deois flavopicta*, E = *Deois incompleta* and F = *Aeneolamia colon*.

Source: Elaborated by authors (2021).

Figure 4 – Percentage of occurrence by species (POE) of leafhoppers in *Brachiaria decumbens* (A) and *Panicum maximum* (B).



AC = *Aeneolamia colon*, DI = *Deois incompleta*, DF = *Deois flavopicta*, MA = *Mahanarva* sp. and NE = *Notozulia entreriana*.

Source: Elaborated by the authors (2021).

It is worth mentioning the isolated occurrence of the leafhopper species *D. flavopicta* and *N. entreriana* in the grass *B. decumbens*, not being found in the *P. maximum* pasture. These same species were also observed in pastures of *B. decumbens* and *B. humidicola* in the mid-north of Mato Grosso (BERNARDO *et al.*, 2003).

Therefore, a preferential habit for grasses of the *Brachiaria* genus is visible, corroborating Borghi *et al.* (2018). It is more susceptible to forage species of the *Brachiaria* genus. It is related to the planting area intensification with *B. decumbens* and *B. humidicola* in a short time, causing biological imbalance.

Conclusions

The leafhopper population dynamics occur gradually according to the climatic conditions; periods with not-so-high temperatures (22 °C to 34 °C) and good rainfall provide an infestation of this insect pest in the pasture.

Brachiaria decumbens are more susceptible to the leafhopper attack than *Panicum maximum*, and some leafhopper species prefer attacking *B. decumbens*, such as *Deois flavopicta* and *Notozulia entreteriana*.

Further studies are recommended, under the edaphoclimatic conditions in which this work was conducted, to assess the population dynamics of these insect pests during longer sampling periods and correlate the results with the pasture management type and different forage species.

References

AUAD, A. M.; CARVALHO, C. A.; SILVA, D. M.; DERESZ, F. Flutuação populacional de cigarrinhas-das-pastagens em braquiária e capim-elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1205-1208, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000900020. Acesso em: 31 dez. 2020.

BERNADO, E. R. A.; ROCHA, V. F.; PUGA, O.; SILVA, R. A. Espécies de cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) no meio-norte do Mato Grosso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 369-371, 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/343766/especies-de-cigarrinhas-das-pastagens-hemiptera-cercopidae-no-meio-norte-do-mato-grosso>. Acesso em: 31 dez. 2020.

BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, R. M. S.; ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M. Recuperação de pastagens degradadas. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. (Ed.). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. cap. 4, p. 105-138.

CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 36p.

DIAS-FILHO, M. B. **Soluções para problemas recorrentes em pastagens no Pará**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 27p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001. Acesso em: 02 jan. 2021.

GARCIA, J. F.; PRADO, S. S.; VENDRAMIM, J. D.; BOTELHO, P. S. M. Effect of sugarcane varieties on the development of *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae). **Revista Colombiana da Entomologia**, Bogotá, v. 37, n. 1, p. 16-20, 2011. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882011000100003. Acesso em: 31 dez. 2020.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP**. 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 02 jan. 2021.

LOHMANN, T. R.; PIETROWSKI, V.; BRESSAN, D. F. Flutuação populacional de cigarrinhas-das-pastagens na Região Oeste do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 1291-1298, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744099019.pdf>. Acesso em: 31 dez. 2020.

PEREIRA, M. F. A.; FAVARE JÚNIOR, A.; AUAD, A. M.; COSTA, M. G. Survival and injuries of *Deois flavopicta* (Stal., 1854) in pastures under seed treatment with insecticides and dry mass yield. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 85, p. 1-6, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-16572018000100219. Acesso em: 31 dez. 2020.

PEREIRA, M. F. A.; BENEDETTI, R. A. L.; ALMEIDA, J. E. M. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin no controle de *Deois flavopicta* (Stal. 1854), em pastagens de capim-braquiária (*Brachiária decumbens*). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 4, p. 465-469, 2008. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v75_4/pereira.pdf. Acesso em: 31 dez. 2020.

SANTOS, C. F.; SARAIVA, F. A. M. Monitoramento climático para as cigarrinhas de pastagens no município de São Miguel do Guaporé. **Revista FAROCIENCIA**, v. 5, n. 1, p. 1-5, 2019. Disponível em: <https://revistas.faro.edu.br/FAROCIENCIA/article/view/290>. Acesso em: 31 dez. 2020.

SYSTAT SOFTWARE. Inc. For windows, version 10.0. SigmaPlot, Chicago, Illinois. 2006.

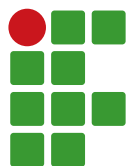
TEIXEIRA, V. M.; SÁ, L. A. N. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin no controle de cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) em *Brachiaria bryzantha* em Rondônia - Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 263-273, 2010. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/331>. Acesso em: 31 dez. 2020.

TOWNSEND, C. R.; TEIXEIRA, C. A. D.; NETTO, F. G. S.; PEREIRA, R. G. A.; COSTA, N. L. **Cigarrinhas-das-pastagens em Rondônia: diagnóstico e medidas de controle**. Porto Velho: Embrapa-CRAF, Rondônia, 2001. 44p.

VALÉRIO, J. R. **Cigarrinhas-das-pastagens**. Documentos eletrônicos – Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2009. 51p.

VALÉRIO, J. R. **Considerações sobre a morte de pastagens de Brachiaria brizantha cv. 'Marandu' em alguns Estados do Centro e Norte do país: Enfoque entomológico**. Comunicado técnico, v. 98, 2006.

VALÉRIO, J. R. Pragas em pastagens: identificação e controle. In.: PEDREIRA, C. G. S., MOURA, J. C., SILVA, S. C., FARIA, V. P. (Ed.). **Teoria e prática da produção animal em pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2005, p. 353-386.



Socio-environmental analysis of the rural zone of Espírito Santo do Dourado/MG: a perspective for future integration policies

Marielle Rezende de Andrade¹, Fábio Geraldo Ávila², Roosevelt Heldt Junior³, Mireile Reis dos Santos⁴

¹Instituto Fernando Bonillo de Pesquisa e Conservação Ambiental. Engenheira Ambiental. marielle@ifbonillo.org.br.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – *Campus* Poços de Caldas. Assistente Social. fabio.avila@ifsuldeminas.edu.br.

³IFSULDEMINAS – *Campus* Poços de Caldas. Tecnólogo em Gestão Ambiental. heldtjr@gmail.com.

⁴IFSULDEMINAS – *Campus* Poços de Caldas. Professora. mireile.santos@ifsuldeminas.edu.br.

Received in: October 13, 2020 | Accepted in: May 27, 2021

Abstract

Issues referring to environmental conservation and diagnosis of rural zones are still scarce topics inside public policies and this aspect still requires greater attention. That being, the goal of this research was to present a diagnosis of the rural area of a small city in the South of the Minas Gerais State, with typical agricultural characteristics and large availability of water in order to verify possible socio-environmental inconsistencies. The data was gathered from secondary information of the federal, state, and town public databases, besides face-to-face questionnaires, rapid assessment protocols and high-definition satellite mapping of land use for the last few years. It was possible to assess that conservation actions and Permanent Preservation Areas (APPs) are reduced and that interviewed people present limited knowledge about public policies of family farming stimulation. As per rural basic sanitation, practical action by local governments must be prioritized. The conclusion of this diagnosis is to suggest that further investments should be prioritized to assist social and environmental segments.

Keywords: Environmental education. Conservation. Rural sanitation. Public policies.

Introduction

The issue of environmental sanitation in Brazil affects a whole cyclical, historical, political, and economic context, built upon the interests that shaped the society of the time. While at the beginning of the 20th-century Brazilian environmental sanitation was centralized in the federal executive branch of power, in later years and in present times, those issues were returned to municipal spheres, in a more decentralized and collective manner (SOUZA; COSTA, 2016). That being, current environmental and social situations in rural areas require bigger attention from public management, education institutions, non-governmental organizations, and the community in general, because communities in these regions, in addition to being geographically distant from municipal headquarters, also face limited, or often absent, access to the public education system. This function ends up being

the responsibility of a few institutions, which in its majority cannot reach all the public needing guidance and technical support.

The universalization of basic sanitation services in Brazil amounts to one of the principles of the National Basic Sanitation Plan - PLANASAB established by Law 11.445/2007 and Decree nº. 7.217/2010. That means that basic sanitation services must serve the entire population, including those residing in rural areas; the new Legal Framework for Basic Sanitation, Law 14.026/2020, aims to universalize and qualify the provision of services in the sector, with the Federal Government's goal of reaching universalization by 2033, ensuring that 99 % of the Brazilian population has access to drinking water and 90 % to sewage treatment and collection. However, basic sanitation services in rural zones of Brazil, in general, are unsatisfactory regarding coverage and efficiency of actions. According

to data from the National Program for Rural Sanitation- PNSR (FUNASA, 2019), the percentage of homes without adequate services of solid waste management is 55 %. As for water supply services, 33,5 % of rural populations have precarious assistance and 26 % do not have adequate assistance. Rainwater management presents a less severe scenario, with 60.4 % of the population receiving adequate care. Concerning sanitary sewage, 54.1 % of the rural population has precarious care and 25.3 % do not receive care. These data demonstrate a dangerous reality and low health standards in these rural areas, compromising the health, well-being, and quality of life of these populations, in addition to the contamination of water sources.

In order to correct this deficit of rural sanitation, all actors involved must be protagonists in the design, implementation, and management of actions, which must be territorialized and adjusted to local realities (MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021). According to Renaud *et al.* (2018), mental models, values, and human attitudes vary in time and space and are key elements in the relationship between humanity and nature, being able to promote changes towards sustainability. In other words, social aspects must be incorporated in sustainability models, even more so regarding the conservation of natural resources. That being, the integration of roles of different social actors, i.e. research and education institutions in the sanitation services developed by the National Rural Sanitation Program (PNSR) is a fundamental part of the implementation of public policies focused on this scenario (FERREIRA *et al.*, 2019).

It is important to emphasize that the precarious situation regarding environmental sanitation contributes directly and indirectly to public health, as it is responsible for rising infant mortality rates, besides reducing the quality of life of unserved populations (TEIXEIRA; GUILHERMINO, 2006; BELLIDO *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2020).

Sanitation actions in rural zones intend to reverse this situation and promote environmental benefits, besides stimulating the inclusion of minority groups through the implementation of integrated public policies in health, habitation, racial equity, and environmental areas (FUNASA, 2019; MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021).

Many pieces of research seek to elucidate such issues and solutions to this huge political and strategic management impasse (MACIEL; FERNANDES, 2011; MADRID *et al.*, 2015; FIGUEIREDO, 2019), as well as disseminating alternatives that are replicable and easy to implement related to social technologies (TONETTI *et al.*, 2018) or even evaluate existing technologies and their economical and socio-environmental viabilities (COSTA; GUILHOTO, 2014). Such scenario is aggravated due to the rural midst being quite heterogeneous, constituted of diverse communities, with peculiar characteristics in each region, demanding individual techniques for intervention in basic sanitation, whether regarding environmental, technological, or educative issues, such as management and sustainability of measures (FUNASA, 2019; MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021).

Besides aspects relating to rural sanitation, it is important to evaluate the environmental scenario in which those rural communities are inserted, aiming at decision-making and support for effective public policy implementation and relevant socio-environmental projects (MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021). It is required to consider local environmental potentialities, as well as risks of use, defining ecological and economic zonings that allow optimization and thrifty use of natural resources and land. In that sense, the definition, characterization, and protection of Permanent Preservation Areas - APPs are fundamental in socio-environmental projects focusing on environmental sanitation and in the quality of life of social actors from these regions. Therefore, some quick tools and practices can

be utilized, for instance, diagnostic protocols and fast assessment of aquatic ecosystems such as water springs and streams, important areas for underground water recharge and protected by law (Forestry Code - Law 12.651/2012). Those tools, if adapted to local reality and associated with fast training for applicators, may assist on-site data collection and constitute low-cost technologies, effective in territorial planning and rural area zoning.

Utilizing the southern Minas Gerais municipality of Espírito Santo do Dourado as a reference, the current research had the goal of diagnosing the socioeconomic profile of rural inhabitants, as well as investigating how town water management occurs and how land is used in those rural regions. The research happened through semi-structured questionnaires with social actors, associated with bibliographical consultation in public documentation fonts from town, state, and federal databases regarding the municipality as well as historical temporal analyzes of satellite images of land use. The city was chosen for the diagnostic due to its environmental potentials, the growing increase in strawberry culture and other short-cycle crops, with a vast contribution to the rural public in municipal economic actions, and due to its lack of environmental sanitation, especially in rural areas.

Materials and methods

Characterization of the municipality and sampling periods

The municipality of Espírito Santo Dourado is located in the south-southwestern mesoregion of Minas Gerais, it has a territorial extension of 263.89 km² and a population of 4,712 people distributed among 2,387 residents in urban areas and 2,325 in rural areas (PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO - MG, 2017). Presenting large water availability due to its

geographic location (mountainous region), it has several streams and waterfalls within urban and rural perimeters. It is part of the Rio Sapucaí Hydrographic Basin, a tributary of the Rio Grande Basin that is a contributor to the Federal Hydrographic Basin of Paraná (IGAM, 2021). The municipality is named after the Dourado River, which is the municipality's main water source, in addition to the Machado, Machadinho and Cervo rivers and Embiruçu, Gonçalves, Pompéu, Poço D'anta and Paciência streams (PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO - MG, 2017).

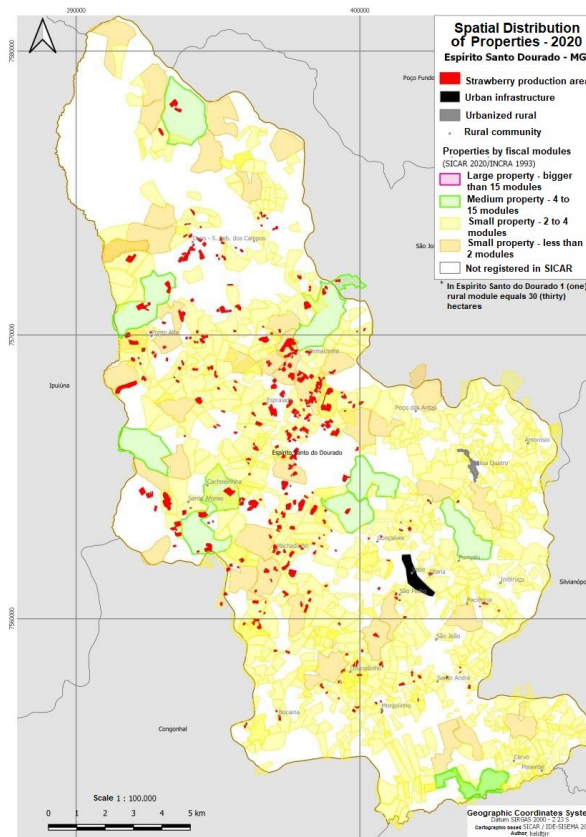
Regarding water management and conservation, one of the factors that most attracted attention is the situation of the public supply system, which is currently under the responsibility of the city management and does not perform any type of charge for water collection, treatment, and distribution services. According to the Basic Sanitation Plan of the municipality of Espírito Santo do Dourado (2017), the municipal public water supply system has poor service due to intermittence in water distribution and difficulty in implementing hydro metering for users. Despite the great local water availability, the planning tools regarding use and management of water resources are still less than ideal and the city still does not have a sewage treatment system that serves the community, *in natura* sewage being released into the small watercourses that run along the margins of the urban perimeter in river Dourado, streams Embiruçu, Paciência, Pompéu, and Gonçalves. Among the main deficiencies presented by the municipality in the issue of sewage treatment are the lack of network registration, little regulation in the implementation of networks, lack of manholes, absence of sewage connections to the rainwater network and vice versa, deficiency of interceptors, and non-existence of treatment system (PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO - MG, 2017). As there is a known relationship between the absence/poor sanitation

services and the loss of health with an increase in infant mortality (TEIXEIRA; GUILHERMINO, 2006; BELLIDO *et al.*, 2010, SOUZA *et al.*, 2020, MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021), it is possible that the inefficiency in the provision of these services reflects in the growing infant mortality rates recorded between 2012 and 2016 (IBGE, 2010).

According to Atlas Esgotos (ANA, 2013), the service rate of the sewage network in the city's urban area is 94 % with collection but without treatment, 5 % without collection and without treatment, and 1 % with individual solutions. However, according to IBGE (2010), only 49.3 % of the municipality is served by sewage services and rural neighborhoods do not have sewage collection networks. Residents discharge sewage directly into rivers and small streams or build cesspits (PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO, 2017).

With the Municipal Human Development Index - IDHM of 0,68 (IBGE, 2010), the municipality occupies a median position in relation to other municipalities in Minas Gerais, and its economy is predominantly based on the sectors of services and agriculture. Considering the direct relationships between socioeconomic status and proportional mortality from diarrheal disease and others caused by water or lack of basic sanitation, the municipality of Espírito Santo do Dourado may be under high socio-environmental vulnerability. Also, with a large part of its economic activities concentrated in rural areas, the lack of environmental sanitation in these can become a problem of a superlative order. With rural modules fixed at 30 hectares, most rural properties registered in the Rural Environmental Registration System - SICAR are classified as small (≤ 2 to 4 hectares) and medium (4 to 15 hectares), as shown in Figure 1.

Figure 1 – Distribution of properties and their sizes in the municipality, with emphasis on strawberry production. Espírito Santo do Dourado – MG, 2021.



Source: The authors (2021).

Field sampling for the socio-environmental diagnosis of the municipality of Espírito Santo do Dourado – MG took place during actions under the “Expedition Program” of the Extension Pro-Rectorate of IFSULDEMINAS, in July 2018 and 2019.

Socio-environmental diagnosis

In order to diagnose how municipal water management and land occupation occur in rural regions, a bibliographic research was carried out in municipal and state public document sources, referring to administrative, territorial, sanitation, and rural areas in general. The city hall website was used for municipal data; the Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM and the Technical Assistance and Rural Extension

Company – EMATER for state data, and the National Water Agency - ANA, the Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE, and the National Rural Environmental Registry System – SICAR for federal data.

After this step, the methodology for selecting the properties interviewed followed the non-probabilistic tool “*snowball sampling*” (BIERNACKI; WALDORF, 1981), in which a chain of informants was formed and indicated to answer the questionnaire in the rural municipal districts, based on initial structuring axes composed of influential actors in the municipality. Thus, and consecutively, each respondent also indicated another social actor, so that at least one rural social agent from each neighborhood was interviewed. It is noteworthy that the CEP - Research Ethics Committee of IFSULDEMINAS was consulted about the need for evaluation by its body, however they replied not being necessary since this work was part of an extension project. The interventions were carried out following a semi-structured questionnaire composed of pre-defined questions, aiming to know the issues related to land use and occupation, water management and conservation, sewage treatment, agroecological systems, and access to public policies to encourage rural producers. As a complementary tool to the socioeconomic diagnosis, and with the objective of georeferencing and diagnosing the environmental quality of some water springs in rural neighborhoods, as well as the land uses in their immediate surroundings, a Simplified Environmental Characterization Protocol was applied (CALLISTO *et al.*, 2002). The results are presented in a categorically adapted form (score from 1 to 5 = being 1 the worst identified environmental quality, and 5 the best identified environmental quality). This protocol addresses quali-quantitative issues related to the degree of

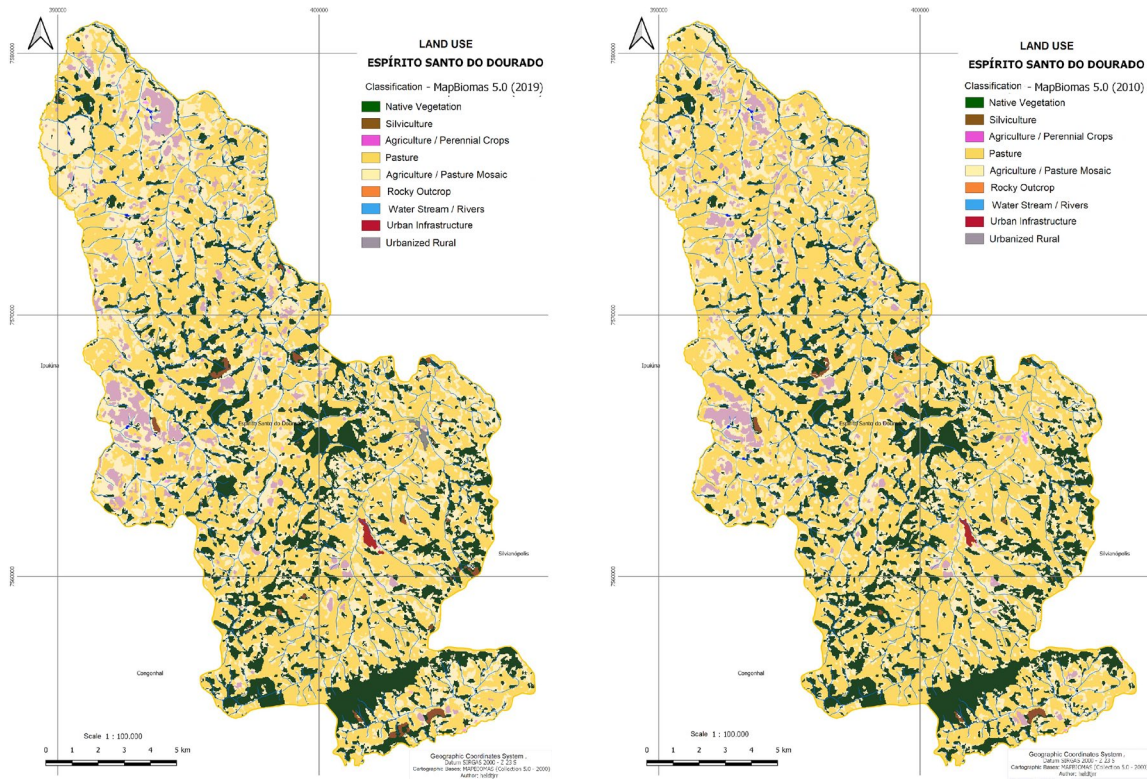
impact and conservation of the water resource in the analyzed patch. Finally, all the information collected was properly tabulated, organized and geospatialized, in order to support the socio-environmental analysis of the studied municipality. For this, Google Earth - Pro and Quantum Gis (Q-Gis) image processing software, as well as Excel for data tabulation were utilized. For analysis in the QGis software, satellite images from the MapBiomias program were used.

Results and discussion

The comparative analysis of the municipality's land use in the years 2000, 2010, and 2019 evidenced the growth and expansion of agriculture in Espírito Santo do Dourado (Figure 2). It is possible to notice over the years the increase of areas destined for agriculture, especially close to water streams, a fundamental factor in guaranteeing the irrigation process of crops. Cultivated land, comprised of “agriculture” and “agriculture and pasture mosaic” used to occupy in 2000 an extension of 6,358.54 hectares, presenting an increase of 19 % from 2000 to 2010 and 24 % from 2000 to 2019. At the same time, it is noted that there is a retraction of 1.5 % in 2010 and 2.13 % in 2019 of native forest areas. Planted forests (Silviculture) are also worthy of notice, being mostly composed of eucalyptus. In Espírito Santo do Dourado, this land use increased 600 % from 2000 to 2010 and 1,200 % from 2000 to 2019.

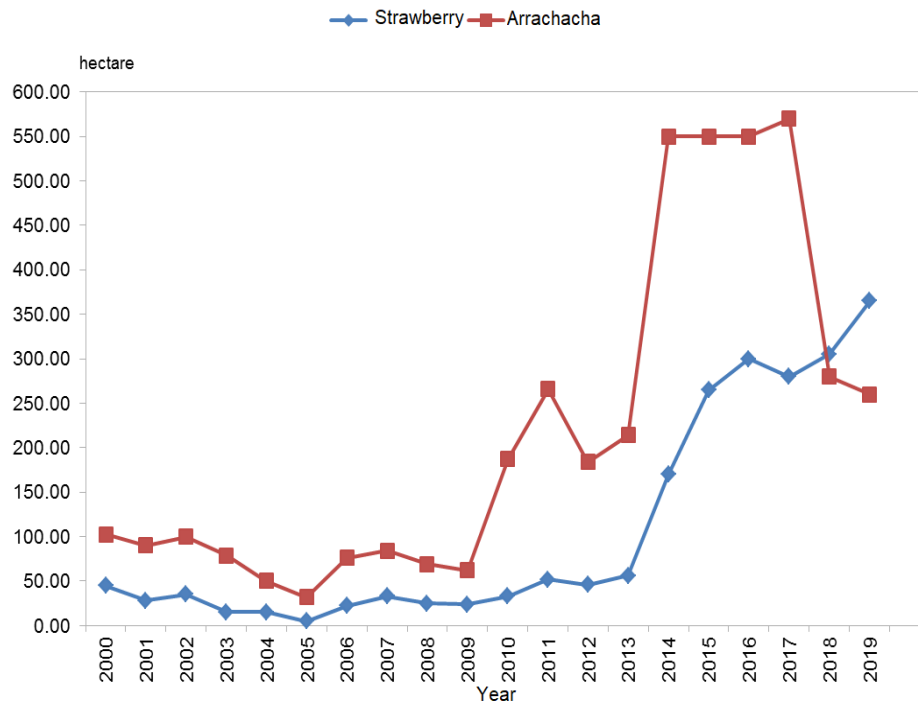
Specifically from the year 2014, the municipality showed a growing increase in cultivated areas, with the cultivation of strawberries and arracacha being the most relevant occupations, according to data available by the local office of the Technical Assistance and Rural Extension Company – EMATER (FIGURE 3).

Figure 2 – Land uses in Espírito Santo do Dourado - MG in the years of 2000, 2010 e 2019.



Source: The authors (2021).

Figure 3 – Arracacha and strawberry production areas over the years in the municipality of Espírito Santo do Dourado – MG, 2021.



Source: The authors (2021).

These rotating crops, when carried out in a traditional manner and non-compliance with adequate water quantity and quality management techniques, can increase the contamination of regional water resources and even generate conflicts over water demand. The increase in agricultural production can also generate conflicting demands in municipal migration processes (ALVES, 2006), and eventually generate an overload of local sanitation systems (which in this case are already precarious), and increase the load of polluting effluents in aquatic ecosystems.

Interviewed rural producers profile

In total, 28 rural residents were interviewed, all farmers, distributed in 15 different neighborhoods, with at least one representative in each of the main neighborhoods. Most of these producers (59 %) own the land they work, while 30 % rent and other 11 % work for someone else. These data demonstrate the attractive economic potential of small-scale agriculture in rural areas in the municipality. The main crop in the city is strawberry, being present in 68 % of the properties of interviewed owners. In 56 % of them, it was the only productive activity, while 12 % were mixed with other crops such as corn and arracacha, both cyclical and short-term crops, with high potential for physical, chemical, and biological degradation of the soil and seasonal transport of pesticides and fertilizers, contaminating water, soil, and groundwater (MESQUITA; PAULA; ALVARENGA, 2000). Regarding other crops developed, 32 % of the interviewees were divided in banana plantations, coffee plantations, horticulture, and dairy farming.

Another relevant aspect to consider is the interviewees' lack of knowledge about socioeconomic policies to assist family producers. These social actors could improve their socioeconomic conditions through the adoption of these practices, because as Alves (2006) attests family farming is an alternative to rural poverty. The

incentive to family agricultural production takes place through access to public school feeding policies (National School Feeding Program – PNAE) or rural financing (National Program for Strengthening Family Agriculture – PRONAF). A very alarming fact is that 79 % of respondents were not registered as family producers or were unaware of such public policies. In other, but similar aspect, 63 % of respondents had never heard of organic agriculture, and 71 % were unaware of the term agroecology or agroforestry systems, highlighting the need to invest in public policies aimed at disseminating agricultural practices with less impact on the environment.

Socio-environmental and Sanitation

Regarding local water availability, more than 80 % of respondents had some water stream within the property. All properties intervened in local water resources for irrigation of their crops, either through abstraction in springs (29 %) and cisterns/wells (18 %), in rivers/streams that ran through their properties (32 %) or in superficial accumulations (21 %), demonstrating the importance and need for managing the quantity and quality of water sources in these locations. Contrary to the scenario of intervention in water resources, we recorded the absence of fines for environmental irregularity and none of the interviewees reported having gone through such an experience. Based on this aspect, it is possible to obtain a relationship between the absence of conservation actions as being proportional to the inspection or legal incentive for these practices. Concerning environmental conservation incentives, payment for environmental services has great potential as a mechanism for generating income and encouraging conservation practices (LAMIM-GUEDES *et al.*, 2017).

As for the protection of APPs in springs (50 meters) and around rivers and streams (30 meters), according to Law 12.651/2012, 34 % of properties did not have preserved springs and

74 % of respondents did not know what these areas were, showing a lack of information. The results of the rapid characterization protocol

applied in 08 springs, chosen at random, in some interviewed properties, corroborate these results, as shown in Table 1.

Table 1 – Visual diagnostic characteristics of the analyzed streams and land uses in the nearby surroundings. Espírito Santo do Dourado – MG, 2021.

SITE	NEIGH-BOURHOOD	CARDINAL DIRECTION	LONGITUDE	LATITUDE	ALTITUDE	STREAM ORDER	PREDOMINANT LAND USE OF SURROUNDINGS	¹ RIPARY VEGETATION AREA(m ²)	² QUALITY OF ENVIRONMENT
PT1D	Douradinho	South	397633	7555693	1108	2	Forest	31400	5
PT2D	Douradinho	South	396769	7555312	1151	1	Forest	31400	5
PT1BG	Brejo Grande	Center-South	397237	7559265	1331	1	Forest/ Pasture	25003	4
PT1PA	Ponte Alta	Center-South	396809	7560533	1168	2	Agriculture/ Pasture	16509	3
PT1GM	Grota da Mineira	Southeast	405060	7565164	949	1	Agriculture	14350	3
PT2GM	Grota da Mineira	Southeast	405288	7565336	968	1	Agriculture	8240	2
PT1BO	Boquira	South	396055	7557171	1242	1	Agriculture	6673	1
PT2BO	Boquira	South	397164	7556852	1243	1	Pasture	5677	1
PT1PQ	Passa Quatro	Southeast	404408	7564856	884	3	Agriculture	0	0

¹Area calculated within a radius of 100 meters from the central geographic coordinate of the demarcated location

²Comparative analysis between locations according to field and laboratory observations. Scale from 1 to 5, with 5 = best and 0 = worst quality

Source: The authors (2021).

The sites analyzed had altitudes ranging between 884 meters and 1,331 meters, characterizing the high regional slope. The predominant land uses in the surroundings near the streams (100-meter buffer at the place where the Protocol was applied) were agriculture and pasture, except in the places evaluated in the Douradinho district, where the predominant vegetation is composed of forest fragments. The relationship between the percentage of forest surrounding the streams and the environmental diagnostic quality detected by the applied protocol is noticeable. We also noticed that in places where there is a predominance of agricultural activities, there is a tendency to remove the vegetation cover around streams and hilltops, precisely to expand the cultivation areas. This practice of land use is characterized as not complying with environmental norms and legislation regarding the conservation of APPs (stream margins, springs surroundings, hilltops, among others).

It is important to highlight that the places sampled in the Douradinho neighborhood are located in a valley region with a high slope, called by residents as “Paredão” and which has been used, in a very discrete way, by local tourism. It is a geological fault region with very steep peaks, low agricultural potential, and an apparent aptitude for ecotourism. Even though tourism is a sector that increasingly contributes to the Gross Domestic Product - Brazilian GDP (BRASIL, MINISTÉRIO DO TURISMO, 2018), some municipalities are still unable to effectively implement actions that reconcile environmental conservation and income through sustainable tourism. Therefore, the establishment of a municipal economic ecological zoning can be a useful tool to organize land use actions and quantitatively attest to the suitability of rural tourism in the region.

Another worrying result recorded in this survey was that 39 % of respondents did not

have the Rural Environmental Registry - CAR and 21 % did not even know the legal status of the properties on which they worked. This scenario is corroborated by data from the National Institute of Colonization and Agrarian Reform - INCRA (2019), in which 1,575 rural properties are registered in the municipality, representing 57,671.83 hectares, while there are only 1,013 registered in the SICAR (2021) for the municipality, representing 19,819.20 hectares. This incongruity demonstrates that 35,68 % of rural properties in Espírito Santo do Dourado are still in an irregular situation about their CAR.

The CAR was created by Law 12.651/2012 (Forest Code) and regulated in 2014 and refers to an electronic public registry, mandatory for all rural properties, with the purpose of integrating information from rural properties related to APPs, restricted use, legal reserve, forest remnants, and consolidated areas. Its objective is to compose a database for control, monitoring, environmental and economic planning, in addition to combating deforestation from a computerized and geospatialized system on a national scale (SICAR, 2021). The absence of registration of rural properties in the CAR implies the lack of information, which in the future will subsidize environmental protection policies.

As for rural sewage, about 46 % of respondents did not have any type of treatment, discharging the waste directly into the soil or into nearby streams. The discharge of untreated sewage into a water body can cause a loss in water quality and consequently affect the health of the population, with a reduction in quality of life (TEIXEIRA; GUILHERMINO, 2006; RESENDE; BELLIDO *et al.*, 2010; FERREIRA; FERNANDES, 2018; SOUZA *et al.*, 2020; MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021). This percentage is well above the national average of 25.3 %, presented by the PNSR (2019). Among the interviewees who had treatment, 53 % of them used the so-called “fossas negras” (cess-pits), which are rudimentary methods of sewage

allocation, with a high probability of soil and water table contamination. Only 7 % of respondents had a biodigester septic tank.

Reality and perspectives

Espírito Santo do Dourado – MG is a small municipality with apparent potential for the development of ecotourism, given its geographic location and natural characteristics. However, it is noticeable that the municipal agricultural vocation is not integrated with socio-environmental issues that focus on sustainability. As advocated by Madrid *et al.* (2015), an integrative vision based on the principles of complexity inherent to environmental issues is needed to solve the precariousness or absence of basic sanitation. These issues permeate technical, social, and cultural aspects, including Environmental Education. It is necessary to make citizens aware of the programs and socioeconomic benefits available, as well as to promote expressive campaigns for the dissemination of efficient and appropriate environmental management tools and techniques. The authors advocate an approach that meets the needs of the affected population, including decentralized sanitation systems with the implementation of social technologies for sanitary sewage, research of the innate skills of each region, water treatment, proper management of solid waste and improvements in drainage infrastructure.

Conclusion

From the results obtained in this research, it was possible to observe that the rural areas sampled in the municipality of Espírito Santo Dourado - MG are in a situation of considerable socio-environmental vulnerability. Agricultural activities proved to be the main source of income, but they are still developed in a traditional way, with a high potential for environmental impact and with little knowledge of the population about more sustainable alternatives for food production.

Also, in this aspect, the adoption of protective practices for the environment are practically imperceptible through the approach of this work, highlighting the importance of effective qualitative-quantitative management of local water resources and optimization of the basic sanitation system, which is still lacking in investments and attention. Thus, it is necessary to prioritize more integrative social and environmental public policies, including encouraging the proper use of the soil, conservation of APPs and, above all, carrying out environmental awareness campaigns, so that the rural population is aware of actions in favor of soil management, proper governance of water resources and environmental adequacy.

It is suggested the establishment of municipal ecological-economic zoning through studies of strategic planning such as the master plan, rural sanitation plan, sustainable rural development plan, the creation of an environmental secretariat, the implementation of continuous environmental education programs, creation of a fund for payment for environmental services and implementation of water quality monitoring programs. These are potential tools for this end and can be considered as suggestions for optimizing the current situation.

References

ALVES, E. (org). **Migração rural–urbana, agricultura familiar e novas tecnologias: coletânea de artigos revistos**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2006. 181 p. ISBN 85-7383-382-3.

ANA – Agência Nacional de Água. **Atlas Esgoto**. 2013. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: abril/2021.

BRASIL. **Plano Nacional de Turismo**. Brasília: Ministério do Turismo, 2018. Disponível em: http://regionalizacao.turismo.gov.br/images/PNT_2018-2022.pdf. Acesso em: abril/2021.

BRASIL. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm. Acesso em: abril/2021.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/> Acesso em: abril/2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da União - Seção 1 - 28/5/2012, Página 1. Brasília, DF 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: abril/2021.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: abril/2021.

BELLIDO, J. G.; BARCELLOS, C.; BARBOSA F. S.; Bastos F. I. Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**. 2010. n. 28, v. 2, p. 114–120.

BIERNACKI, P.; WALDORF, D. Snowball sampling: problems and techniques of chain referral sampling. **Sociological Methods & Research**, Thousand Oaks, CA, v. 10, n. 2, 1981.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Edição Especial, p. 51-60. 2014.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Consulta pública ao escritório local, Espírito Santo do Dourado/MG, abril/2021.

ERREIRA, L. A. F.; RIBEIRO, P. S. C.; ANDRADE, I. C. M.; GUIDES, R. M.; SANTOS, L. O. L.; CRUZ, L. M.; SANTOS, M. R. R.; REZENDE, S. Saneamento rural no planejamento municipal: lições a partir do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). **Revista DAE**. v. 67, n. 220, São Paulo, Edição Especial, nov. 2019.

FIGUEIREDO, I. C. S. **Tratamento de esgoto na zona rural: diagnóstico participativo e aplicação de tecnologias alternativas**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP: 2019.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Programa Nacional de Saneamento Rural – PNSR/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: FUNASA, 2019. 260 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf. Acesso em: abril/2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/espírito-santo-do-dourado.html>. Acesso em: abril/2021.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. 2021. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-gd5>. Acesso em: abril/2021.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Sistema Nacional de Cadastro Rural: Cadastro de Imóveis Rurais – Consulta Pública**. Disponível em: <https://snrc.serpro.gov.br/snrc-web/consultaPublica.jsf?windowId=fe4>. Acesso em: abril/2021.

LAMIM-GUEDES, V.; FERREIRA, L.; CARVALHO, P. P. P.; CAMARGO, P. L. T. Pagamento por serviços ambientais como instrumento para políticas públicas de conservação ambiental. **InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. São Paulo: Centro Universitário Senac. v. 12, n. 1 – jun./2017.

MACHADO, G. C. X. M. P.; MACIEL, T. M. F. B.; THIOLLENT, M. An integral approach of ecological sanitation in traditional and rural communities. **Ciência & Saúde Coletiva**. 2021. v. 26, n. 4, p. 1333-1344. Portuguese, English. DOI: 10.1590/1413-81232021264.08242019.

MACIEL, A. L. S.; FERNANDES, R. M. C. Tecnologias sociais: interface com as políticas públicas e o serviço social. **Serviço Social & Sociedade**. São Paulo, n. 105, p. 146-165, jan./mar. 2011.

MADRID, F. J. P. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; FERRÃO, A. M. A.; TONETTI, A. L. Metodologia de desenvolvimento eco-sistêmico aplicado ao paradigma do saneamento descentralizado. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas – UFSM, Santa Maria, v. 14, n. 1, Jan-Abr. 2015, p. 101-105. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/16771/pdf>. Acesso em: abr./2021.

MESQUITA, H. A.; PAULA, M. B.; ALVARENGA, M. I. N. Indicadores de impactos das atividades agropecuárias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 57-62, 70-71, jan./fev. 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO/MG. **Plano de Saneamento Básico do Município de Espírito Santo do Dourado/MG**. 2017. Disponível em: <http://www.espdourado.mg.gov.br/planos/PMSB.pdf>. Acesso em: abril/2021.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>. Acesso em abril/2021.

RENAUD, P.; ROQUE, F. O.; SOUZA, F. L.; PAYS, O.; LAURENT, F.; FRITZ, H. FISCHER, E; FABRICIUS, C. Towards a Meta-Social-Ecological System Perspective: A Response to Gounand *et al.* **Trends in Ecology & Evolution**, maio/2018. DOI: 10.1016/j.tree.2018.04.005.

RESENDE, R. G.; FERREIRA, S.; FERNANDES, L. F. R. O saneamento rural no contexto brasileiro. **Revista Agrogeoambiental**. v. 10, n. 1, mar. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181027>. Acesso em: abril/2021.

SICAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. **Consulta Pública**. Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/municipios/downloads?sigla=MG>. Acesso em: abril/ 2021.

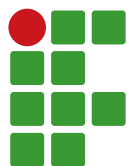
SOUSA, A. C. A.; COSTA, N. R. Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, jul.-set. 2016, p. 615-634.

SOUZA, H. P.; OLIVEIRA, W. T. G. H.; SANTOS, J. P. C.; TOLEDO, J. P.; FERREIRA, I. P. S.; ESASHIKA, S. N. G. S.; LIMA, T. F. P.; DELÁCIO, A. S. Doenças infecciosas e parasitárias no Brasil de 2010 a 2017: aspectos para vigilância em saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública**. 2020, v. 44, n. 10. Disponível em: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.10>. Acesso em: abril/2021.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da Associação entre Saneamento e Saúde nos Estados Brasileiros, empregando dados secundários do Banco de Dados indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2003 – IDB 2003. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 11, n. 3, jul./set. 2006, p. 277-282. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000300011>. Acesso em: abril/2021.

TEIXEIRA, C. P. **Produção de mudas e frutos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo**. 2011. 74 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, 2011. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2054/1/TESE_Produção de mudas e frutos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2054/1/TESE_Produção%20de%20mudas%20e%20frutos%20de%20morangueiro%20em%20diferentes%20sistemas%20de%20cultivo.pdf). Acesso em: abril/2021.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; MADRID, F. J. P. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O.; DUARTE, N. C.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, T. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP: Biblioteca/Unicamp, 2018.



Biomass and carbon stock estimation of an Atlantic Forest fragment

Igor Rodrigues Henud¹, Stella Manes², Ludmila de Souza Varejão Marinho³, Ana Carolina Clemente⁴, Júlia Kazue Shimabukuro⁵, Kenny Tanizaki-Fonseca⁶

¹ Fluminense Federal University, Coastal Environments and Marine Biology Graduate Program. irhenud@gmail.com.

² Fluminense Federal University, Coastal Environments and Marine Biology Graduate Program. stellamanes@gmail.com.

³ Fluminense Federal University, Geosciences Graduate Program. marinholsv@gmail.com.

⁴ Rio de Janeiro State University. cacaclemente@gmail.com.

⁵ Rio de Janeiro State University. juliakazue@gmail.com.

⁶ Fluminense Federal University, Environmental Geoanalysis Department, Geosciences Institute. kenny.fonseca@gmail.com.

Received in: September 23, 2020 | Accepted in: May 28, 2021

Abstract

Carbon sequestration is a crucial ecosystem service, naturally mitigating and reducing the ever-growing threat from climate change. Large forests, such as the Atlantic Forest, are important carbon reservoirs removing carbon from the atmosphere and storing it in their biomass. The assessment of carbon stock from forests fragments helps to establish a better understanding of the carbon cycle and the potential of climate mitigation strategies. Thus, we estimated the biomass and carbon stock of an Atlantic Forest fragment located in the foothills of Pedra de Itaocaia. We used a non-destructive methodology based on climbing techniques and an allometric equation. We climbed seven trees in order to thoroughly measure them in whole and calculate the volume of arboreal compartments. We compared the measured volume obtained from the climb to an estimated tree cylindrical volume and established a correction factor of 0.65 between both (i.e. tree form factor). The tree form factor adjusts the allometric equation and allows carbon estimations without the need to climb all trees in the fragment. The biomass and carbon stock estimates obtained were 100.1 and 50.5 MgC/ha, respectively, which implies that the fragment is on an intermediary stage of regeneration at approximately forty years old. This allometric equation efficiently integrates structural features of forest fragments similar to the one of Pedra de Itaocaia, thus contributing to advance the knowledge about processes taking place in forest fragments situated in the Atlantic Forest. Carbon estimation is imperative for a better understanding of climate mitigation strategies that can revert the threat of climate change to ecosystems.

Keywords: Carbon sequestration; Allometric equation; Forest regeneration; Climate change mitigation.

Introduction

Climate change severely impacts ecosystems and biodiversity, however, with mitigation strategies in accordance with the Paris Agreement, risks can be reverted (MANES et al. 2021). Climate mitigation is essential to limit the magnitude of such threats and prevent irreparable consequences for natural and anthropogenic environments. The most effective method to mitigate climate change is through carbon sequestration, where forest regeneration plays a crucial role (LEWIS et al., 2019). The latest IPCC (2018) report stresses the need to implement one billion forest hectares to limit climate warming to a 1.5 °C increase until 2050.

The restoration of forest fragments would drastically reduce atmospheric carbon

concentration and help achieve this goal if all areas with regeneration potential were effectively accounted for (BASTIN et al., 2019). Actions to protect secondary forests in the Neotropics areas can store in the next 40 years a sufficient amount of carbon to offset industrial and fossil fuel emissions from the Latin American and Caribbean (CHAZDON et al., 2016). Quantifying and determining spatio-temporal patterns of forest biomass contributes to the understanding of the role of forests in the global carbon cycle, which in turn underpins estimates of the capacity of carbon storage (POORTER et al., 2016). The Atlantic Forest is considered a hotspot in the world and, according to estimates, 40 % of the species are endemic (MYERS et al., 2000). However, the great fragmentation affects about 91 % of the remaining fragments of the Atlantic

Forest (PÜTZ et al., 2014). Marques et al. (2016) report that forests store about a third of the total carbon in the non-geological world, where the restoration of the Atlantic Forest can triple the values of sequestration of this gas in regeneration areas in 60 years. Therefore, forest carbon storage is a relevant parameter to monitor ecosystems, evaluate impacts, estimate stages of ecological succession, and gauge the capacity of carbon storage as effective climate mitigation strategies.

Forest biomass is a mass of matter of biological origin from forest components. The components of forest biomass are the sum of the biomasses of the above-ground living components, which ranges from the base of the trunk to the crown of trees and shrubs; below-ground biomass, which is composed of live roots; dead biomass above ground, composed of litter (leaves, trunks and fallen branches) that has not yet been decomposed; and soil organic matter (SILVEIRA et al., 2008). Forest biomass can be estimated using allometric equations that determine the volume of tree individuals derived from measurements of their structure (BROWN et al., 1995; CHAVE et al., 2005) and calculate the carbon stock, which is estimated as 50 % of biomass (AZEVEDO et al., 2018). Most allometric equations require cutting and weighting the trees to determine the volume. A contrasting alternative, better-suited for the Atlantic Forest due to protective law, would be to climb the trees to measure them in whole (BRASIL, 2006). The thorough measurements from the climbing of few local trees allow the calculation of a correction factor that can be applied into forest inventories (containing tree's diameter, height, and wood density) and easily estimate carbon storage from forest fragments without the need to climb and measure every tree in the forest. Although less practical to estimate and often lacking in forest inventories, the wood density also plays an important role to explain differences with respect

to carbon estimates within a forest (CHAVE et al., 2005).

The Atlantic Forest is a biodiversity hotspot due to a combination of high rates of faunistic and floristic endemism and ongoing loss of habitat. Due to the great diversity of arboreal species, it is inappropriate to use allometric equations previously developed for different biomes (e.g. for the Amazon forest) as is commonly seen in the literature. Using allometric equations from other areas can significantly increase errors given that in different areas distinct groups of species (with their respective allometric relationships) predominate (TANIZAKI, 2000). Hence, it is imperative to use allometric equations that encompass regional forest physiognomy and the main variables influencing forest structure variability to estimate forest biomass without the need for cutting trees down. In that sense, the aim of our study was to derive an allometric equation for an Atlantic Forest fragment in Pedra de Itaocaia (Rio de Janeiro), enabling biomass and carbon stock estimation from a forest inventory previously performed in the study area.

Material and methods

The methodology applied in this study was adapted from Tanizaki (2000). First, we climbed and measured the structure of seven trees to establish form factors and be able to develop an allometric equation to quantify aboveground biomass from the trees climbed. Afterwards, we applied the same allometric equation to a forest inventory to estimate biomass and carbon from the forest fragment area.

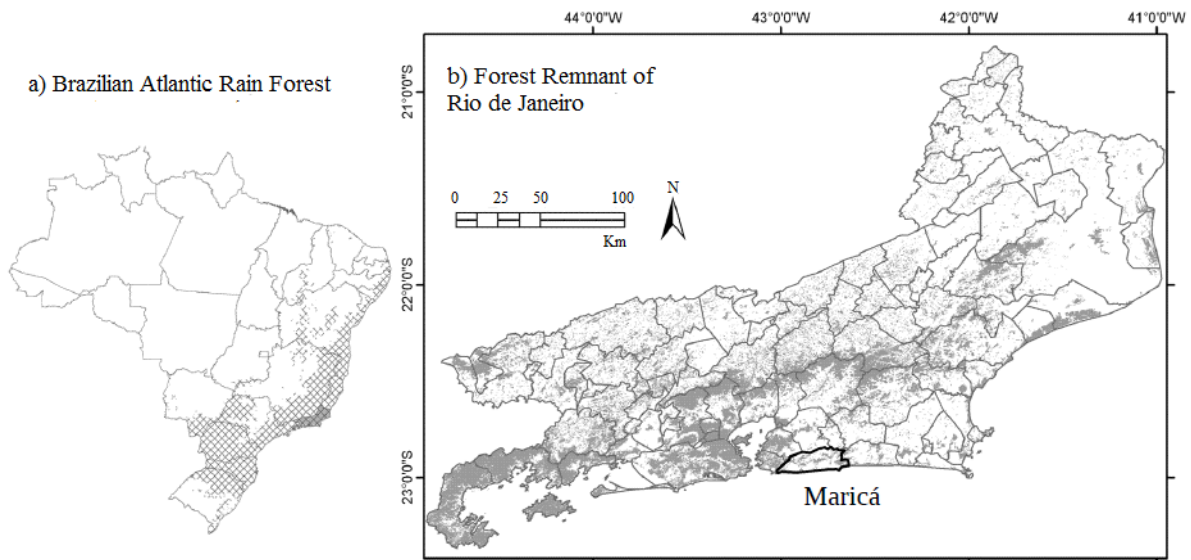
Study area

The study area corresponds to the perimeter known as Pedra de Itaocaia (22° 56' 06" S

and 42° 57' 49" W), located within the limits of the city of Maricá, Rio de Janeiro. The mean annual temperature is 23 °C and mean rainfall between 1000 mm/year and 1500 mm/year, within a sub-humid climate (BARBIERE & COENETO, 1999). Maricá is located at an altitude of about 5 meters and the main types of soils are argisol (70.82 %) and gleysol (16.87 %) (INDE, 2021).

The region is composed of forest fragments found in the vicinity of the Serra da Tiririca State Park (IGNÁCIO et al., 2015). The local vegetation is mostly composed of secondary formations of dense ombrophilous Atlantic Forest. The area was much altered due to anthropic perturbations and deforestation, followed by land abandonment. The area has been abandoned for 30 to 40 years without major anthropic influences (BARROS, 2008).

Figure 1. a) Brazilian Atlantic Forest; b) Forest Remnant of Rio de Janeiro. The area circled in black represents the Maricá municipality.



Source: Adapted from SOS Mata Atlântica/INPE (2021).

Form factor establishment

Starting at the base, the diameter of the trunk was measured from meter to meter to the base of the crown, including the traditional DAP, measured at about 1.3 m from the ground. At that moment, according to the structural structure of the tree, the branches were registered and the diameter of the base of each branch (Diameter of the Base of the Branch) was measured, as well as the length of each branch (Length of the Branch) estimated visually. As far as possible, the most representative branches were measured meter by meter from their respective bases, and their branches (secondary branches) were also recorded. The climb continues to assess viability towards the top of

the canopy. When the maximum possible limit is reached, the total height of the tree is recorded plus the remaining length towards the top: estimated visually and usually a few meters away.

In the second stage of the climbing process, a middle branch is selected and cut from the tree. Once on the ground, the branch is partitioned into thick branches (diameter greater than 2 cm) and thin branches, and the leaves detached from the branches. The three compartments (thick branch, thin branch, and leaves) are weighed and samples from each compartment are stored for further laboratory analysis (calculation of basic density and fresh density). In the case of branches, cylindrical samples of approximately 5 cm in length were

separated, in the case of leaves, samples of approximately 100 grams of leaves.

We climbed seven trees in whole to calculate their trunk and tree crown volume. To calculate trunk volume, we measured the trunk diameter in every meter up from the ground until the beginning of the tree crown, to calculate the volume of each trunk section and summed them. For the calculation of the tree crown's volume, we used a branch form factor (FF_B). The branch form factor is a ratio between the branches' estimated conical volume and the real volume obtained measuring their irregular form (TANIZAKI, 2000). To measure the branch's real volume, we cut out a big branch from each climbed tree and measured the volume according to the method of water displacement (Archimedes' principle). We estimated the conical volumes and used the branch form factor from each tree to calculate the volume of the branches that were not cut from the same tree. Therefore, the branch form factor (Eq. 1) for each tree represents the ratio of the branch's real volume (Eq. 2; which is a sum of three branch compartments of thick and thin branches and leaves) and its conical volume (Eq. 3; calculated using length and diameter at the branch base on cone volume formula). Finally, the total branch volume (i.e. tree crown volume) representing all of the branches from a given climbed tree is given by the sum of the conic volume of every branch multiplied by the branch form factor (Eq. 4). We used the trunk volume and tree crown volume to thoroughly calculate the trees' volume (i.e. real volume).

$$FF_B = V_{\text{branch}} / V_{\text{conical}} \quad (1)$$

$$V_{\text{branch}} = \sum(W_{fn} / D_{fn}), \text{ with } 1 \leq n \leq 3 \quad (2)$$

$$V_{\text{conical}} = \{(D_{\text{branch}}/2)^2 * \pi * L_{\text{branch}}\} / 3 \quad (3)$$

$$V_{\text{treecrown}} = \sum(V_{\text{conical}} * FF_B) \quad (4)$$

At which: FF_B , V_{branch} , V_{conical} , D_{branch} , L_{branch} , W_f , D_f , and $V_{\text{treecrown}}$ are, respectively, branch form factor, branch real volume, branch conical volume, branch diameter, branch length, fresh weight, and fresh density of the branch compartments assuming that n is the number of compartments (namely thick and thin branches and leaves), and total branch volume from a climbed tree.

We also measured the diameter at breast height (DBH) and total height (H) of the trees, used to calculate the tree's cylinder volume. Combining the real volume and the cylinder volume we were able to establish a tree form factor (FF_T). Similarly, the tree form factor represents the conversion from the tree's estimated cylinder volume to its real volume, which accounts for natural irregularities of the trunks, assuming that trees from the same area present similar shapes and structures. The tree form factor is calculated using a linear regression correlating the tree's cylinder volume and their real volume measured during the climb, eliminating the need to climb every tree in the region. We selected trees with great variability of sizes and shapes in order to generate an FF_T reflective of the region (TANIZAKI, 2000).

On the field, we also obtained wood samples using a cylindrical borer and used them to calculate wood basic (D_b) and fresh density (D_f) from each tree with the relation between sample volume and their oven-dried weight.

Carbon stock estimation

In order to establish an allometric equation (Eq. 5) for the Atlantic Forest fragment, we used the tree form factor (FF_T) generated from the climbed trees. The estimation of biomass and forest carbon stock can be conducted through the application of an allometric equation to a forest inventory previously performed in the study area containing tree's structural measurements (diameter and height to calculate cylinder volume, and basic density) (CARVALHO, 2007). We used the allometric equation to calculate biomass and divided the biomass by 2 to calculate carbon stock since carbon is assumed to be 50 % of biomass (TIEPOLO et al., 2002).

$$AGB = V_{\text{cylinder}} * FF_T * D_b \quad (5)$$

At which: AGB , V_{cylinder} , FF_T , D_b are, respectively, aboveground biomass, cylinder volume, tree form factor, and basic density.

We measured the biomass from the seven climbed trees and, additionally, we evaluated the contribution of each tree component to the total tree's biomass (between trunk, thick, and thin branches and leaves).

The forest inventory adopted in this study was the one performed by Carvalho (2007) in a forest fragment undergoing an intermediate stage of ecological succession at Pedra de Itaocaia, classified by the author as a secondary forest growing on land abandoned for 30 to 40 years. This inventory assessed 56 trees in a transect area of 600 m² where the average values of DBH and H found were, respectively, 15.7 cm and 9.25 m (coefficient of variation of 56.3 % and 41.8 %).

In addition, trunk samples from 9 trees enabled the estimation of an average basic density value of 0.55 g cm⁻³ (coefficient of variation of 19.1 %).

Results

Form Factor Establishment

The 7 sampled tree individuals were very heterogeneous, with different sizes and therefore aboveground biomass storage potential (TABLE 1). The contributions of the aerial tree compartments (branches and leaves) sum up to 33 % of the total AGB. Variability was also observed among the basic density values, namely 0.52 g cm⁻³ on average.

Table 1. Main features of the trees climbed and the contributions of the different compartments to the AGB. Values shown for each of the 7 trees climbed are diameter at breast height (DBH, in centimeters), height (H, in meters), total aboveground biomass, and proportion of biomass in each tree component (trunk, thick and thin branches, and leaves), and fresh and basic wood density. Trees were sampled in Pedra de Itaocaia, Rio de Janeiro, Brazil.

Tree	DBH (cm)	H (m)	Aboveground Biomass				Density		
			Total (Kg)	% Trunk	% Thick branches	% Thin branches	% Leaves	Fresh (g/cm ³)	Basic (g/cm ³)
#1	9	8	10	85	5	5	6	0.86	0.35
#2	11.2	8	28	58	5	25	13	0.99	0.47
#3	16	15	100	84	9	5	3	0.95	0.61
#4	20.9	12	161	55	28	10	8	1.02	0.54
#5	39	21	917	62	30	5	4	1	0.58
#6	43	23	1696	69	18	4	9	0.86	0.55
#7	93	23	4843	59	32	3	6	0.9	0.53
Average	33.1	15	-	67	18	8	7	0.94	0.52
Coefficient of variation (%)	89	42	-	18	66	95	48	7	17

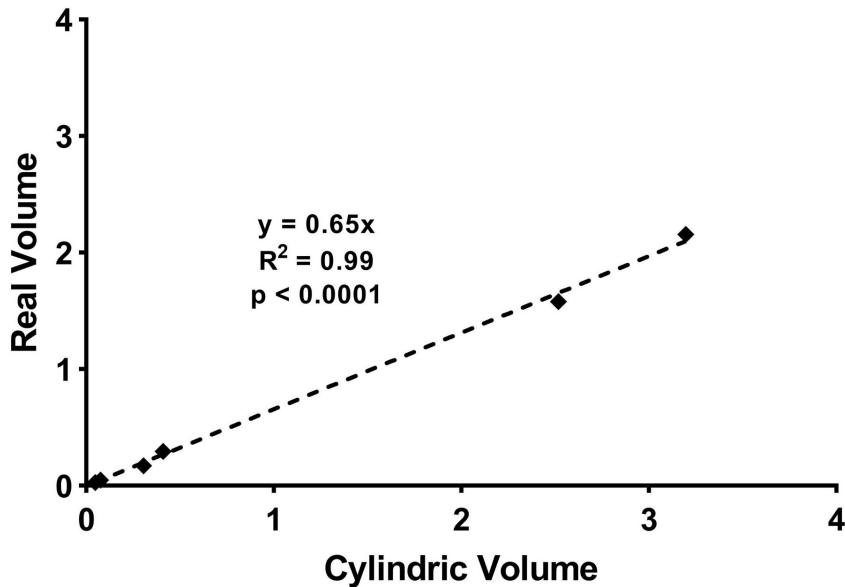
Source: Elaborated by the authors (2020).

The linear model which considered the cylinder and the real volumes of the climbed trees generated an FF_T of 0.58 ($R^2 = 0.998$). However, tree #7 presents a DBH of 93 cm, representing over 60 % of the total biomass gauged during the climbing process. Large-stature trees with a DBH superior to 70 cm can be excluded from the biomass predictive models for tropical

rainforests without compromising the final estimates (OVERMAN; WITTE; SALDARRIAGA, 1994). Therefore, we also calculated FF_T with the exclusion of the bigger tree, generating a new FF_T of 0.65 ($R^2 = 0.99$, $p < 0.0001$; FIGURE 1).

By considering the tree's structural characteristics (TABLE 1), the total biomass obtained with the FF_T of 0.58 differed only -10 % from the

Figure 1. Tree Form Factor established for the trees climbed. The tree form factor is based on the correlation of cylinder and real volume of 6 the climbed trees, excluding the bigger tree #7.



Source: Elaborated by the authors (2020).

biomass value measured through the climb [% difference = (estimated AGB – measured AGB)/measured AGB]. Moreover, when excluding the bigger tree #7, the new FF_T of 0.65 differed only 1 % from the AGB measured on the ground (TABLE 2).

Table 2. Comparison between the aboveground biomass estimated through the allometric equation using different FF_T . Values shown for each of the 7 trees are: aboveground biomass measured in the climb and estimated aboveground biomass using the two different FF_T . Trees were sampled in Pedra de Itaocaia, Rio de Janeiro, Brazil.

Tree	Aboveground Biomass (Kg)		
	Measured (climb)	Estimated (FFT 0,58)	Estimated (FFT 0,65)
#1	10	10.33	11.57
#2	28	21.47	24.07
#3	100	106.65	119.52
#4	161	128.87	144.43
#5	917	843.48	945.28
#6	1696	1064.94	1193.47
#7	4843	4800.29	5379.63
Total	7755	6976	7818

Source: Elaborated by the authors (2020).

Due to the smaller discrepancy between the AGB measured through the climb and the one obtained through the allometric equation, the FF_T value of 0.65 was adopted as the one that represents best the study area.

Carbon stock estimation

We applied the allometric equation to the forest inventory performed by Carvalho (2007). The total biomass was estimated by applying Eq. 5 with an FF_T value of 0.65 and basic density of 0.55 found by the author, similar to the value we calculated. We estimate the biomass stock estimated for Pedra de Itaocaia of 100.1 Mg ha^{-1} (i.e. 6.006 kg), with a potential for carbon stock reaching about 50.5 Mg ha^{-1} .

Discussion

Overall, the structural features of the trees were well distributed between the minimum and maximum DBH values representative of tree variability. Therefore, we were able to establish an FF_T that consistently reflects the structure of trees

from the study area, despite the small number of trees climbed. The exclusion of the bigger tree that was biasing the estimations led to a more adjusted FF_T value, very close to the real volume of the trees. This shows the strength of the methodology, allowing the FF_T value to be applied to a forest inventory in order to estimate carbon stocks.

Tropical forests present a great number of small individuals granting that the structural relationships existing between them accurately capture and represent the entirety of the vegetation (CHAVE; RIEIRA; DUBOIS, 2001). The contributions of the aerial tree compartments (branches and leaves) sum up to 33 % of the total AGB, which is in accordance with previous studies (TANIZAKI, 2000). Similar values were obtained by Cunha et al. (2009) in the Atlantic Rainforest located in the Desengano State Park, where foliar structures, branches, and bark represented up to 39 % of the AGB in two distinct forest fragments. This thorough measurement enabled the calculation of the FF_B and therefore the adjustment of the FF_T required to estimate the AGB taking into account the substantial proportions of aerial compartments (TANIZAKI, 2000).

We estimated biomass stock for Pedra de Itaocaia of 100.1 Mg ha^{-1} , which is in accordance with the forest age. Carvalho (2007) assessed a biomass stock of 111 Mg ha^{-1} using the same forest inventory, which is 10 % higher than our estimation. Cunha et al. (2009), while studying a natural regeneration fragment of the Atlantic Rainforest of 40 years old, estimated a value of $158.14 \text{ Mg ha}^{-1}$, which also corroborates our findings. The forest fragment of Pedra de Itaocaia is considered to be small (≤ 50 hectares) and because of anthropogenic impacts and edge effects, the potential for carbon stocking is reduced, whereas bigger trees are replaced by smaller ones that manage to thrive in such circumstances: pioneer species that absorb less carbon and die more easily (RIBEIRO

et al., 2009). The bigger tree found in the study area does not match the period of abandonment of the forest fragment and therefore is probably a remnant that survived the previous deforestation. Including this tree in the AGB estimates nearly doubles the final results, reaching about 193 Mg ha^{-1} . This indicates that considering a large-stature tree that is not representative of the stage of the ecological succession of the system it composes might interfere with the estimates and lead to inaccurate extrapolations regarding the biomass stock in the fragment.

Tanizaki (2000) estimated AGB in different Atlantic Rainforest fragments in Rio de Janeiro. In the forest fragment of Pedra Branca, which was left fallow for 20 years, biomass was estimated at 30 Mg ha^{-1} – a relatively low value explained by land use and banana plantations in the area. In another forest fragment left fallow for 40 years in the city of Magé, characterized by intense edge effects and seasonal floods, the AGB was estimated at 60 Mg ha^{-1} . In two other forest fragments left fallow for 40 years, Mata do Caçador and Floresta Queimada in the city of Nova Friburgo, AGB was estimated in 150 Mg ha^{-1} and 250 Mg ha^{-1} respectively, in which despite similar values of DBH in both areas, a greater number of large-stature trees in the Floresta Queimada explains the discrepant results (TANIZAKI, 2000).

Secondary forests or fragments disrupted for various reasons accumulate less than 200 Mg ha^{-1} , and in some extreme cases even less than 100 Mg ha^{-1} . These values are consistent with data obtained in the Desengano State Park, where biomass estimates reached about $158.14 \text{ Mg ha}^{-1}$ (CUNHA et al., 2009). Estimates from the Parque Natural Municipal do Curió at the city of Parabambi are $212.39 \text{ Mg ha}^{-1}$, indicating a tropical forest in a good state of conservation (SILVA et al., 2018). However, it is expected that biomass stock estimated after adequate forest management is higher than natural regeneration

and abandonment. For example, Azevedo et al. (2018) in the well-managed Guapiaçu Ecological Reserve, estimated biomass of 39.88, 45.78, and 71.24 Mg ha⁻¹ for reforestation undertakings of 3, 5, and 7 years old, respectively, whereas the native forest presented a value of 273.35 Mg ha⁻¹. Thus, the AGB value of 100.1 Mg ha⁻¹ estimated for Pedra de Itaocaia reflects well its current stage of regeneration (initial to an intermediary) further to 30-40 years left fallow and subject to occasional anthropogenic impact. The importance of forest maintenance is evident since these systems are intimately related to several ecosystem services (CHAZDON & BRANCALION, 2019).

Conclusion

The allometric equation derived in this study efficiently integrates structural features of forest fragments similar to the one of Pedra de Itaocaia. The calculation of the FF_B enabled the adjustment of the FF_T based on the significative percent contribution of the branches relative to the total biomass. The exclusion of a tree with a great DBH did not compromise the predictive potential of the equation; on the contrary, its inclusion may entail an inaccurate extrapolation of biomass values in the study area. Overall, the information collected for and derived from this study contributes to advance the knowledge about processes taking place in the various floristic compositions and stages of the succession of forest fragments situated in the Atlantic Rainforest.

Acknowledgements

The authors would like to thank Doctor Foster Brown, FAPERJ (E26-171.896; E26 - 170.766 and E26 - 171.518), and WWF for partial financial support. This study was financed in part by grants by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

References

- AZEVEDO, A. D.; CAMARA, R.; FRANCELINO, M. R.; PEREIRA, M. G.; LELES, P. S. S. Estoque de carbono em áreas de restauração florestal da Mata Atlântica. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 183-194. 2018.
- BARBIÉRE, E. B.; COE-NETO, R.; Spatial and temporal variation of the east fluminense coast and atlantic Serra do Mar, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS, B.; BIDONE, E. D.; ABRÃO, J. J. (eds). **ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY OF COASTAL SYSTEM**, Rio de Janeiro, Brazil. Série Geoquímica Ambiental, v. 6, p. 47–56, 1999.
- BARROS, A. A. M. de. **Análise florística e estrutural do Parque Estadual da Serra da Tiririca, Niterói e Maricá, Rio de Janeiro, Brasil**. 2008. 218 p. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/ Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.
- BASTIN, J. F.; FINEGOLD, Y.; GARCIA, C.; MOLLICONE, D.; REZENDE, M.; ROUTH, D.; ZOHNER, C. M.; CROWTHER, T.W. The global tree restoration potential. **Science**, v. 365, n. 6448, p. 76-79. 2019.
- BRASIL. **Lei n. 11.428/2006**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm Acesso em: 16 abr. 2021.
- BROWN, F.; MARTINELLI, L. A.; THOMAS, W. W.; MOREIRA, M. Z.; FERREIRA, C. A. C.; VICTORIA, R. A. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondônia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 75, p. 175-189. 1995.

- CARVALHO, M. C. P. **Avaliação do estoque de carbono na biomassa arbórea de uma floresta secundária em Maricá, RJ.** 2007. Dissertação (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro.
- CHAVE, J.; RIERA, B.; DUBOIS, M. A. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 79-96. 2001.
- CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M.; CHAMBERS, J. C.; EAMUS, D.; et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, p. 87-99. 2005.
- CHAZDON, R. L.; BRANCALION, P. Restoring forests as a means to many ends. **Science**, v. 365, n. 6448, p. 24-25. 2019.
- CHAZDON, R. L.; BROADBENT, E. N.; ROZENDAAL, D. M. A.; BONGERS, F.; ZAMBRANO, A. M. A.; AIDE, T. M.; POORTER, L. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. **Science Advances**, v. 2, n. 5. 2016.
- CUNHA, G. M.; RODRIGUES, A. C. G.; RODRIGUES, E. F. G.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da mata atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5. 2009.
- IGNÁCIO, A.; SCHNEIDER, A.; MATIAS, F.; CASTRO, P. F. **Trilhas: Parque Estadual da Serra da Tiririca.** Instituto Estadual do Ambiente, Rio de Janeiro. 384p. 2015.
- INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS (INDE). <https://visualizador.inde.gov.br/> Acesso: Abr. 2021.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PÖRTNER, H. O.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P. R.; PIRANI, A.; MOUFOUMA-OKIA, W.; PÉAN, C.; PIDCOCK, R.; CONNORS, S.; MATTHEWS, J. B. R.; CHEN, Y.; ZHOU, X.; GOMIS, M. I.; LONNOY, E.; MAYCOCK, T.; TIGNOR, M.; WATERFIELD, T. (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp. 2018.
- LEWIS, S. L.; WHEELER, C. E.; MITCHARD, E. T. A.; KOCH, A. Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. **Nature**, v. 568, p. 25–28. 2019.
- MARQUES, M. C. M.; SILVA, A. C. L.; RAJÃO, H.; ROSADO, B. H. P.; BARROS, C. F.; OLIVEIRA, J. A.; FINOTTI, R.; AMORIM, S. N. A.; CERQUEIRA, R.; BERGALLO, H. G. Mata Atlântica: O desafio de transformar um passado de devastação em um futuro de conhecimento e conservação. In: PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. **Conhecendo a Biodiversidade.** Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, p. 51-67. 2016.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858. 2000.
- OVERMAN, J. P. M.; WITTE, H. J. L.; SALDARRIAGA, J. G. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon Rainforest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, p. 207-218. 1994.

POORTER, L. F.; BONGERS, T. M.; AIDE, A. M.; ZAMBRANO, P. A.; BALVANERA, J. M.; BECKNELL, V.; et al. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, v. 530, p. 211–214. 2016.

PÜTZ, S.; GROENEVELD, J.; HENLE, K.; KNOGGE, C.; MARTENSEN, A. C.; METZ, M.; HUTH, A. Long-term carbon loss in fragmented Neotropical forests. **Nature communications**, v. 5, n. 1, p. 1-8. 2014.

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.

SILVA, L. C.; ARAÚJO, E. J. G.; CURTO, R. A.; NASCIMENTO, A. M.; ATAÍDE, D. H. S.; MORAIS, V. A. Estoques de biomassa e carbono em unidade de conservação no bioma mata atlântica. **Biofix**, v. 3, n. 2, p. 243-251. 2018.

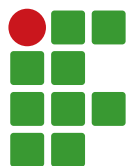
SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O Estado Da Arte Na Estimativa De Biomassa E Carbono Em Formações Florestais. **Floresta**, v. 38, n. 1, p. 185-206. 2008.

SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica – Relatório técnico**. <http://mapas.sosma.org.br/dados/> Acesso em: 16 maio, 2021.

MANES, S.; COSTELLO, M. J.; BECKETT, H.; DEBNATH, A.; DEVENISH-NELSON, E.; GREY, K.; JENKINS, R.; KHAN, T. M.; KIESSLING, W.; KRAUSE, C.; MAHARAJ, S. S.; MIDGLEY, G. F.; PRICE, J.; TALUKDAR, G.; VALE, M. M. Endemism increases species' climate change risk in areas of global biodiversity importance, **Biological Conservation**, v. 257. 2021.

TANIZAKI, K. **Impacto Do Uso Da Terra No Estoque E Fluxo De Carbono Na Área De Domínio Da Mata Atlântica: Estudo De Caso, Estado Do Rio De Janeiro**. 2000. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências. Universidade Federal Fluminense, Niterói.

TIEPOLO, G.; CALMON, M.; FERETTI, A. R. Measuring and monitoring carbon stocks at the Guaraqueçaba climate action project, Paraná, Brazil. In: **Proceedings of the International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring** (pp. 11-15). Taipei: Taiwan Forestry Research Institute. 2002.



Estimating of the vibration levels for truck transport in Iran

Ali Ramezani Boukat¹, Hossein Navid², Mir Javad Musevi Niya³, Sajjad Ranjbar⁴

¹ Department of Biosystems Engineering, University of Tabriz. PhD Student. ramezani.boukat@gmail.com.

² Department of Biosystems Engineering, University of Tabriz. Associate Professor. navid@tabrizu.ac.ir.

³ Department of Communications Engineering, University of Tabriz. Associate Professor. niya@tabrizu.ac.ir.

⁴ Department of Communications Engineering, University of Tabriz. PhD Student. sajjadranjbar88.5@gmail.com

Received in: January 30, 2021 | Accepted in: July 02, 2021

Abstract

A wide-ranging of distribution environments could affect designing packages. The first step in the proper packaging design of agricultural products, particularly fruit, is to conduct a precise simulation of the truck transport. Thus, this research was conducted to analyze the vibration levels for truck transport using multi-sensor-based computing on packaged fruit in Iran (the first), one of the leading agriculture in Middle East Asia. Towards this goal, a wireless sensor network made of three sensor nodes with tri-axial accelerometers was designed to measure the vibration levels for truck transport at three package locations equipped with leaf-spring suspension in local and highway roads. To measure the vibration data a power spectral density function (PSD) levels were applied. Compared to the International Standards (ASTM 4728: West Conshohocken, USA, ISTA: Chicago, USA), the PSD levels of the truck in both roads types were higher in 1 to 35 Hz, and lower in 35 to 200 Hz. In particular, the differences in directional vibration levels were more pronounced in the low-frequency range of 10 Hz in both road types. The highest amount of truck bed acceleration occurred in the packages located at the rear end of the trucks. And, the peak PSD values were obtained as equal to 0.178 G²/Hz (rear-up), 0.136 G²/Hz (rear-down), and 0.096 G²/Hz (front-up) locations, respectively. Meanwhile, the road quality had affected the vibration levels in such a way that the peak PSD value obtained on highways was lower than that of the ones of the local roads. According to the results, the amount of acceleration on the heavy truck beds on the country's roads can be considered 0.654 G. In sum, the current results can be used to simulate the truck transport conditions by programmable vibration simulators to reproduce the vibration conditions for package testing in Iran roads. And, the findings are of high interest to improve packaging design, reduce fruit damage, maintain shelf life, smart transportation, and related industries.

Keywords: Fruit vibration. Power spectral density. Truck transport. Roads. Iran.

Introduction

The transportation system is globally one of the most significant and well-known industries. In general, this involves various complexities either visible or invisible. The complexities of such an important sector could facilitate globally and locally by the combination of available information technologies such as global positioning system (GPS) and wireless sensor network (WSN) to provide complete monitoring information (RUIZ-GARCIA *et al.*, 2007).

The crop's quality after the harvest cannot be improved, but it could be maintained (BACHMANN; EARLES, 2000). Thus, the globalization of fresh produce trade needs

better long-distance transportation systems to deliver high-quality products to the consumer (VIGNEAULT *et al.*, 2009). Vibration during road transport by trucks is the main cause of mechanical damage to fresh agricultural products, in the post-harvest stage (GEBRESENBET *et al.*, 2011). Many studies have investigated the magnitude of mechanical damage caused by the vibration of transportation for fruit (ISHIKAWA; KITAZAWA; SHIINA, 2009; YENGE; NIDONI, 2014; SPRINGAEL; PATERNOSTER; BRAET, 2018). Poor driving performance, road features, package features, truck features, package location, and fruit features are the main factors causing vibration (ZHOU; SU; LI, 2007; RANATHUNGA *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2011).

Vibration simulation testing is based on the assessment of the effect of vibration parameters during transportation on agriculture products. This simulation test protocol saves time and makes possible the assessment of the performance of different packaging or cushioning methods in fruit transportation (WASALA *et al.*, 2015). Some globally standardized test protocols like ASTM, ISTA, and JIS (LU *et al.*, 2010b) indicate the power spectral density function (PSD) levels for vibration simulation test of transportation. A PSD function shows the strength of the variations (energy) as a function of frequency. Broadly, it shows at which frequencies variations are strong and weak. Based on recent data obtained in South Korea (September 27, 2020) the PSD function is still widely used because accelerated test conditions can be easily generated from the PSD acquired from a particular transport section (PARK; CHOI; JUNG, 2020). Measured vibration levels can be used to program and configure vibration equipment at the laboratory to reproduce these vibration conditions (RISSI *et al.*, 2008), and to develop test methods for the evaluating of packages (CHONHENCHOB *et al.*, 2009). Some past studies have mentioned the growth of protective packaging systems to minimize fruit damage occurring during road transport. Relatively few studies were published after the outset-2000s. And, estimation of truck vibration levels has been already studied in some countries such as India (SINGH *et al.*, 2007), Japan (LU *et al.*, 2008), Brazil (RISSI *et al.*, 2008), Spain (GARCIA-ROMEU-MARTINEZ; SINGH; CLOQUELL-BALLESTER, 2008), Thailand (CHONHENCHOB *et al.*, 2010), China (ZHOU; WANG, 2018), and Korea (PARK; CHOI; JUNG, 2020) to develop a database to define a 'distribution environments around the Globe'.

In Iran, one of the leading agriculture in the Middle East Asia, trucks play a significant role in the transportation of agricultural products due

to the usual long distances between orchards and consumers. The total length of the country's roads in 2018 was about 88,000 km. For each 100 km of intercity, there is 22 km of free-ways and highways. Despite the importance of this section and the extent of the country, no noticeable study has been done to investigate the vibration analysis during packaged fruit transporting using mounted sensors. Meantime, based on our knowledge until now there was no research related to PSD development by transport routes of the truck in Middle East Asia, particularly in Iran. Therefore, the objective of this study was to estimate: 1) truck vibration levels and indicating the predominant frequency based on PSD spectrums; 2) influential factors, and 3) the root mean square acceleration (RMS) to provide packaging designers with accurate information on the country's road status. Finally, the sum of the parameters affecting the truck vibration levels, such as truck speed, and location of the package in the longitudinal direction of the truck, were evaluated.

Material and methods

Sampling

This research included two types of sampling: 1) under controlled conditions, to investigate the effectiveness of each parameter on truck vibration levels by keeping constant the remainder parameters. In this case, the effect of driving speed (maximum and minimum) and roads type (local and highways) on truck vibration levels were investigated (under the same conditions); 2) in real condition with the usual transportation speed in Iran, which aimed to obtain the predominant frequency of the country's roads to be used (for example in laboratory vibration tests). In this case, the acceleration levels were measured in lateral, longitudinal, and vertical directions in two roads type (local and highways) according to the actual driving

speeds in Iran (70-90 km/h). By randomly sampling the acquired data, the results were represented using PSD diagrams, and the influential factors in truck's vibration levels transport were studied.

Vehicle and routes

The vibration levels measurement was carried out on three trucks with leaf-spring suspension. Table 1 presents details of the trucks, packaging, and routes used in the study.

Table 1 – Truck features and details of the packaging, and routes for vibration levels measurement.

Truck ID	1	2	3
Brand	Benz Axor	Foton	Benz Axor
Suspension type	Leaf-spring	Leaf-spring	Leaf-spring
Tire model	315/80 R22.5	235/7.5 R17.5	315/80 R22.5
Load capacity (kg)	10000	4000	10000
Package type	RPC ^a	RPC	RPC
Route	Tabriz-Karaj	Maragheh-Tehran	Shiraz-Birjand
Distance (km)	550	600	1000
Road type	Local & Highway	Local & Highway	Local & Highway

^a Reusable Plastic Crates (490*300*190 mm³)

Source: Elaborated by the authors (2019).

The three selected routes represent different roads type in Iran. The reason for sampling the data acquired in the long route was to obtain information from different geographical locations of

the country's roads. Figure 1 shows the traversed paths, and Figure 2 depicts the condition of two studied roads, i.e., local and highway roads in the study.

Figure 1 – Truck transportation routes investigated in Iran.



Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 2 – Roads type: local (left), and highway (right).

Source: Elaborated by the authors (2019).

Measuring instruments

Figure 3 shows the used real-time monitoring system, the measuring instruments, and the data acquisition scheme on the truck. This arrangement made it possible to study the difference between the acceleration levels in the longitudinal and vertical directions of the truck. A WSN with three sensor nodes and a base station was used to measure the acceleration of the truck under analysis. A GPS receiver (VK-162 Gmouse USB GPS, China), and a laptop (Acer, V3-571G) were used to determine the location of the truck and data analysis, respectively.

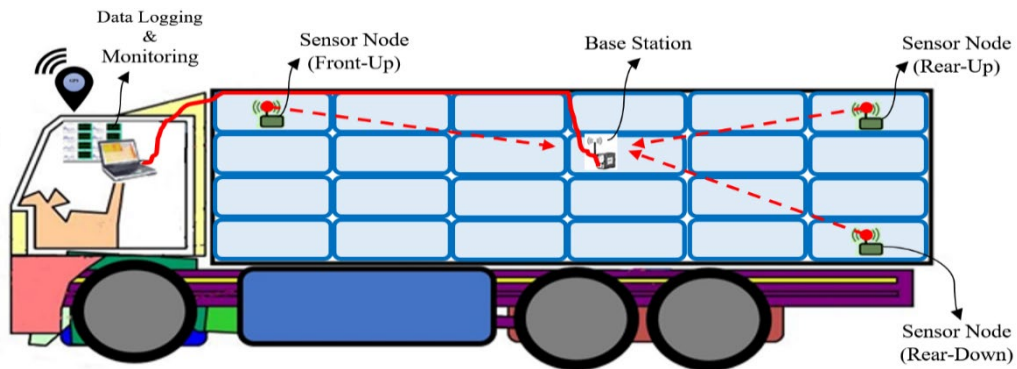
This WSN solution enabled the sensors to be easily mounted at different locations and provide real-time data monitoring. Additionally, the results were compared among the different locations of each truck. Each node of the WSN consisted of the following four components:

- Sensor (A tri-axial accelerometer-ADXL 345, $\pm 4g$ ranges, Analog devices).
- Microcontroller (Texas instrument ARM Cortex-M3 embedded in CC2538).
- Radio transceiver (2.4 GHz ZigBee transceiver embedded in CC2538).
- Power supply (4V external battery with an LDO linear regulator).

The acquired data can be used in laboratory vibration tests if is independent of the fruit type. Because the acceleration of the truck bed, unlike the one at top rows, does not depend on the fruit type and the acceleration at the end of the truck is higher than at the front, the current study focused on the vibration at the end of the truck bed (according to previous studies). This data was used in the subsequent calculations to obtain the PSD spectrums and the predominant frequency that is independent of the fruit type and packages height and can be used as a reference to simulate vibration.

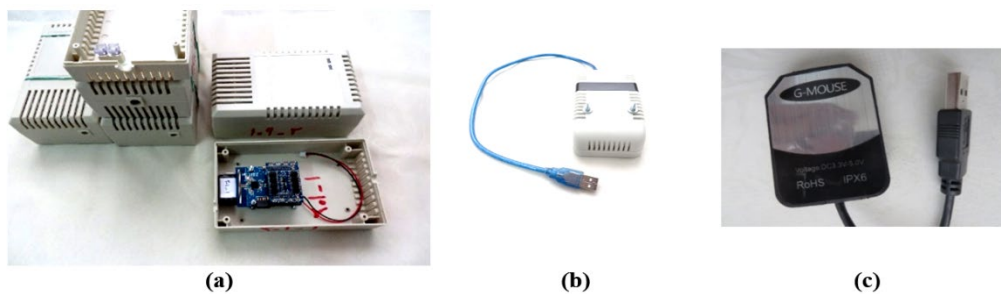
WSN was established using a ZigBee protocol working at a 2.4 GHz ISM frequency band to communicate with the receiver board. A CC2538 IC was configured by an ARM microcontroller and a radio transceiver in 2.4 GHz. The implemented code of each node was programmed on the ARM microcontroller, which is composed of an internal radio transceiver for data transmission. The ADXL accelerometers were used for the data sampling and connected to the ARM existing on the CC2538 IC by an I2C port. The base station was configured as a receiver node. The address of the receiver node was embedded into the other nodes (transmitter nodes). Each of these nodes transmitted the sampled information to the receiver node, which forwarded the received data to the computer system through the USB port, Figure 4.

Figure 3 – Estimating the fruit truck’s vibration levels transport using wireless sensor network (a base station linked with a USB port and three sensor nodes), GPS; module linked with a USB port and a real-time monitoring system to accurately follow-up the collected data, and the laptop was used to record the acceleration values and to real-time monitoring the vibration in the driver cabin.



Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 4 – Measuring instruments: (a) sensor nodes, (b) base station, and (c) GPS receiver.



Source: Elaborated by the authors (2019).

The software code was developed in C++ to receive the data from the USB port, and save the results in a formatted file. Due to the longtime data collection in each route (more than 10 h), it was essential to reduce the power consumption. Thus, power management methods of network software design and data transmission as Time Division Multiple Access (AKYILDIZ *et al.*, 2002) were applied. Using the software, it was also possible to start, stop, and control the data acquisition process from the driver’s cab.

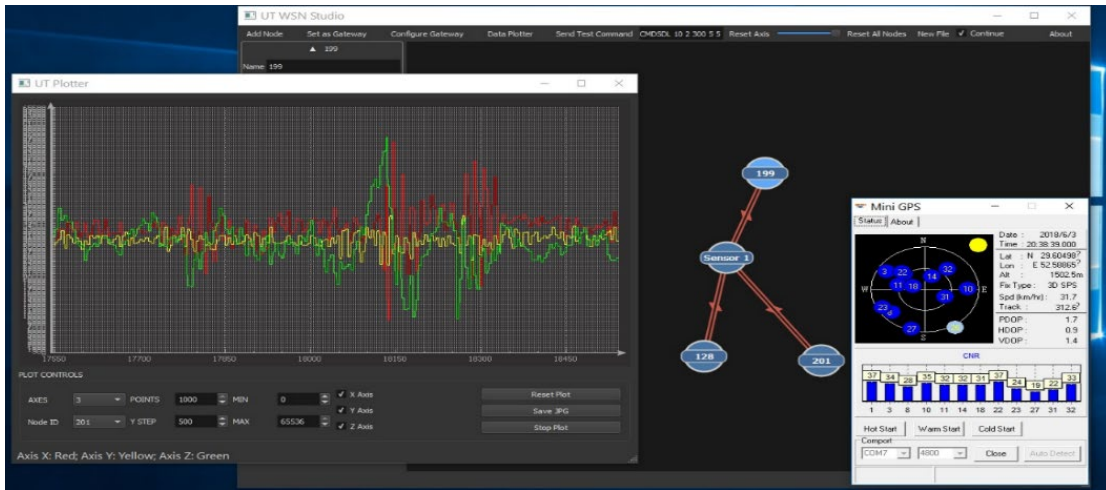
The interface of the custom-developed software used for the data gathering and real-time monitoring of acceleration resulting from the road vibration is presented in Figure 5.

Data analysis

A sample of the vertical vibration data for a 60 s period is presented in Figure 6, which shows the acceleration range that occurred in the rear of the truck bed used to determine the predominant frequency.

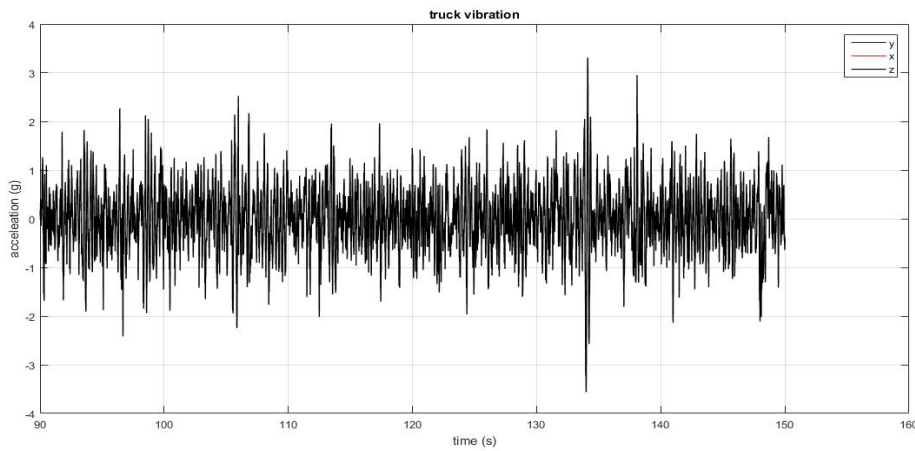
The data obtained from the nodes were partitioned according to 2.56 s regular intervals. After a random sampling of the data, the samples were analyzed in MATLAB 2015b. Lu *et al.* (2010b) suggested that truck vibration has a normal distribution and follows a Gaussian distribution. Thus, truck vibration is usually evaluated based on RMS, or PSD values.

Figure 5 – The interface of the software written in C++ for data gathering, and real-time monitoring of acceleration, including the window for the mini GPS receiver.



Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 6 – Vertical acceleration data from the sensor node located rear-down of trucks.



Source: Elaborated by the authors (2019).

The RMS level of a vector G_i can be written as (ZHOU; WANG, 2018):

$$RMS_G = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M G_i^2} \quad (1)$$

At which: M is the number of G samples, and G_i is the acceleration of sample i.

The PSD spectrums are used as a function of frequencies during transportation. The PSD

spectrums within a narrow band of frequencies can be constructed for each trip according to:

$$PSD = \frac{1}{BW} \sum_{i=1}^n (RMS_{G_i})^2 / N \quad (2)$$

At which: PSD is the power spectral density function (G^2/Hz), N stands for the number of samples, RMS_G is the root mean square acceleration value and BW is the bandwidth of frequencies (RISSI *et al.*, 2008).

In this study, RMS_G and PSD spectrums were calculated for the random samples, and three

peak values of each PSD graph with the corresponding frequency were recorded. The PSD estimations were obtained using the Fast Fourier Transform in MATLAB R2015b. Based on the suggestion made in prior studies, the sample rate (F_s) and sample size (N) were considered equal to 400 Hz and 1024, respectively.

Results and discussion

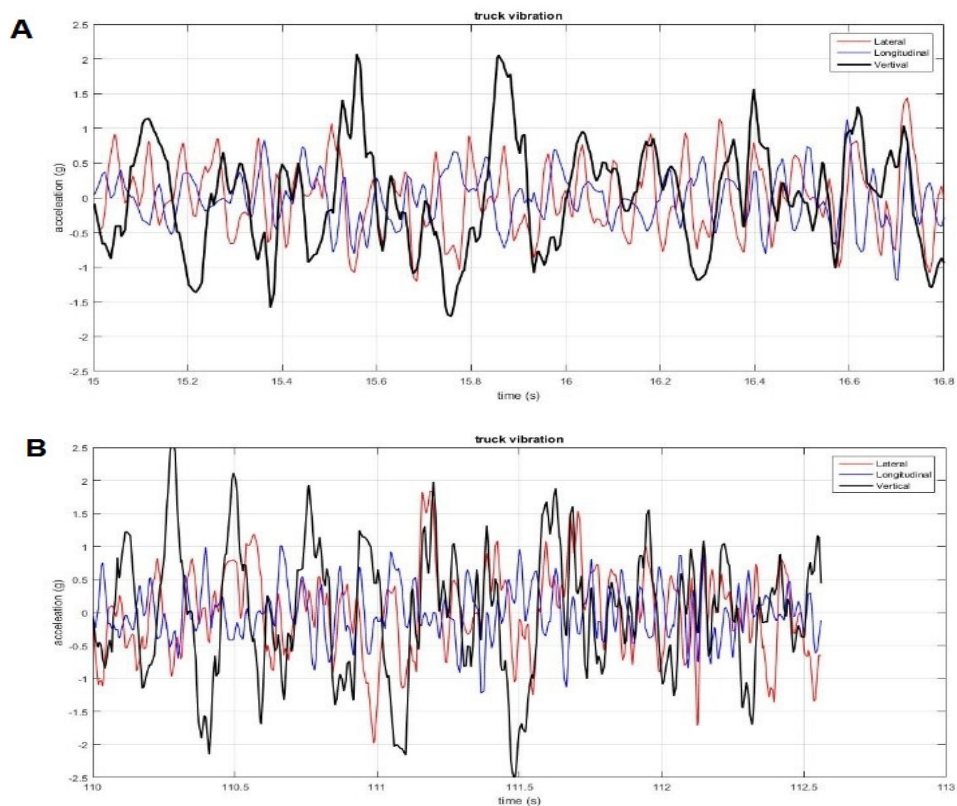
Truck's vibration levels in different directions

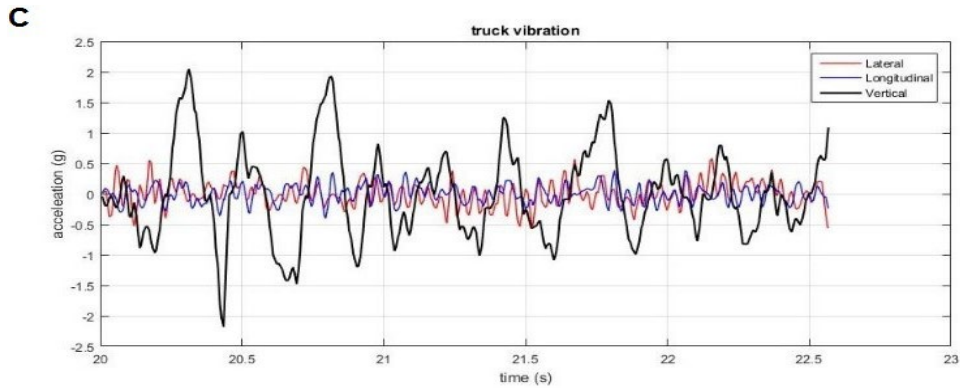
There were few recent studies of the shock and vibration associated with the normal conditions of truck transport. In the case of the absence of data on the vibration damage on fruit, the simulation of the transport vibration levels under laboratory conditions can be helpful in the investigation of effective packing parameters. For such

a big country, there was neither study on vehicle vibration measurement for a long route nor using a wireless sensor network with integrated sensors. Thus, for the first time in Iran, a WSN was utilized to measure the real-time acceleration of a truck to monitor vibration during fresh produce transportation in the current study. The main interesting aspects of the current study: long-term data acquisition and recording, analysis of long routes, processing on-the-go of 3D data, usage of data from a GPS, real-time data monitoring, employment of a WSN to cover different data acquisition points simultaneously, which led to high robustness of the results and findings.

Figure 7 represents the samples of acceleration in the three axes for the three trucks during transportation. The acceleration in the vertical direction is more critical than in the longitudinal and lateral directions.

Figure 7 – The tri-axial acceleration data of actual truck transport: (A) Truck 1, highway, rear-down; (B) Truck 2, local road, rear-down; and (C) Truck 3, highway, rear-down.



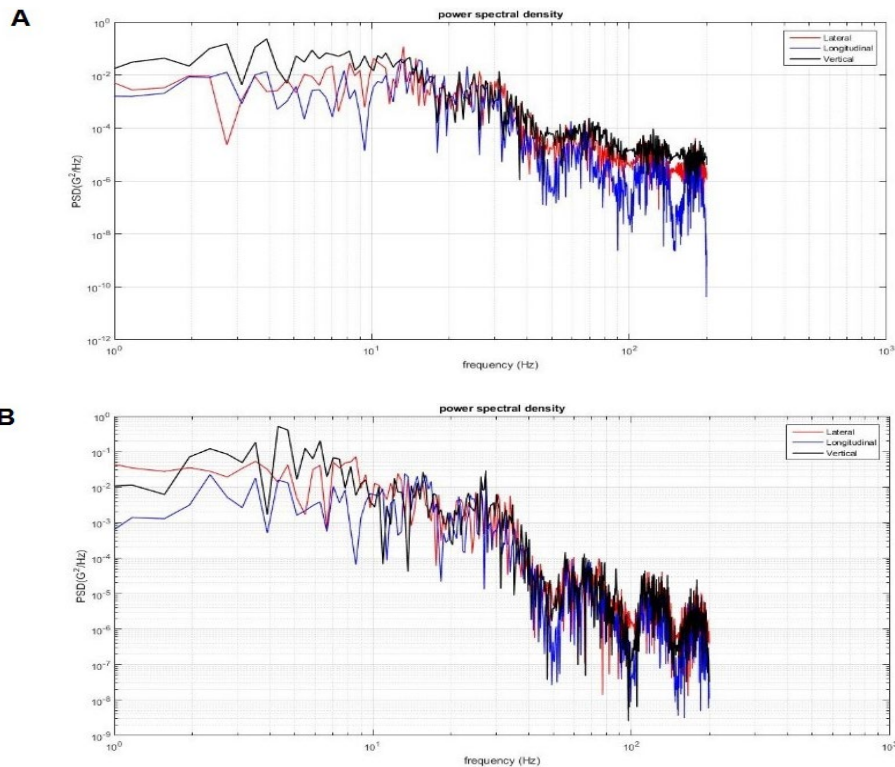


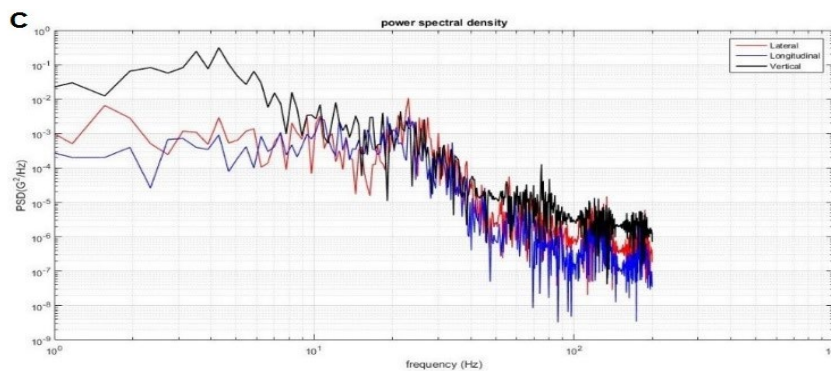
Source: Elaborated by the authors (2019).

In the same manner, PSD levels in the vertical direction are higher than the ones in the other directions below 10 Hz frequency ranges (FIGURE 8). Thus, the measured levels in vertical could be used in conjunction with longitudinal and lateral levels for packages and products that may not be perfectly cubed in the trailer and result in void spaces. In agreement with the present result, some authors observed various vibration levels of a truck in different directions (SINGH;

ANTLE; BURGESS, 1992; PARK; CHOI; JUNG, 2020). These authors concluded that the levels of vertical vibration are higher than the ones in the lateral and longitudinal vibrations at frequencies below 10 Hz (SINGH; ANTLE; BURGESS, 1992) and 110 Hz (PARK; CHOI; JUNG, 2020) in the same truck. Also, the lateral, longitudinal, and vertical spectrums had similar amplitude at frequencies higher than 10 Hz.

Figure 8 – PSD spectrums for truck’s vibration levels in longitudinal, lateral, and vertical axes: (A) Truck 1, highway, rear-down; (B) Truck 2, local road, rear-down; and (C) Truck 3, highway, rear-down.





Source: Elaborated by authors (2019).

Effect of package location on the truck's vibration levels

Comparing the vibration intensities and their relationship to fruit damage helps to identify the influence factors in the mechanical damage and makes it possible to gather knowledge about actual transportation conditions. Broadly, vibration levels are influenced by other factors such as payload (SINGH; MARCONDES, 1992), cushioning material between the layers of fruit (AMER EISSA; ALBALOUSHI; AZAM, 2013), size, and variety of fruit (TABATABAEKOLOR; HASHEMI; TAGHIZADE, 2013), and package type (VURSAVUŞ; ÖZGÜVEN, 2004). Therefore, understanding the causes of damage and vibration occurrence during truck transportation is vital to develop corrective procedures for the reduction of vibration damage (LU *et al.*, 2010a).

A well-maintained road network is imperative for the distribution of freight forwarders in the modern world. In the present study, the results of vibration levels of the truck in different directions showed that in the longitudinal orientation of the trucks, the magnitude of the peak PSD in the rear location was higher than the one of the front locations (FIGURE 9A), which was also observed as to the other rows. Therefore, the highest amount of truck bed acceleration occurred in the packages located at the rear end of the trucks. In the vertical orientation of the same packages column, the vibration was higher in

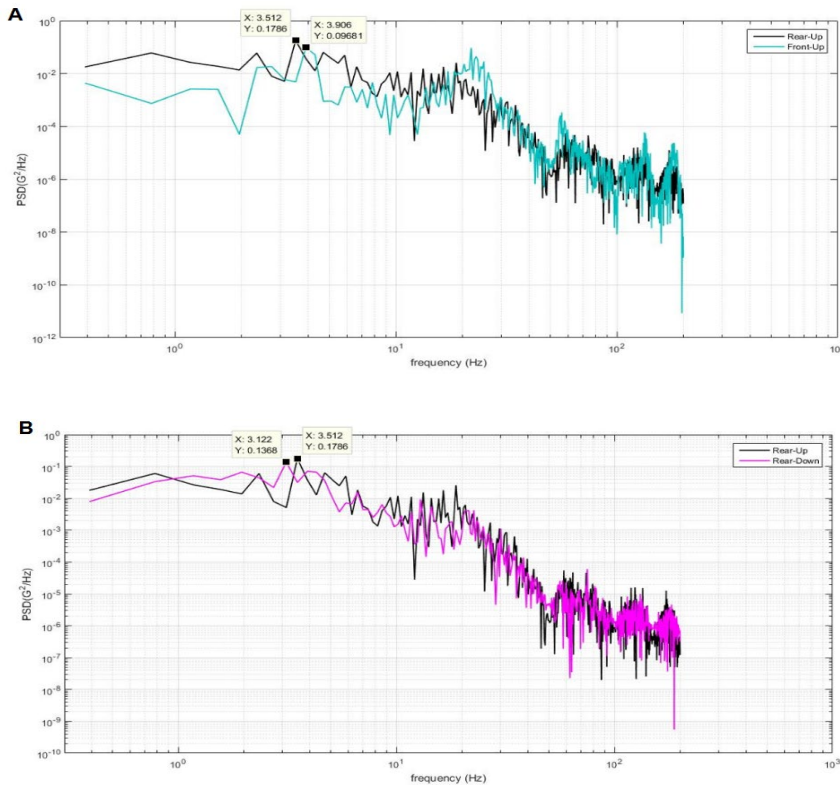
the upper row than that of the lower rows on the truck bed (FIGURE 9B). Peak PSD values were obtained as equal to 0.178 G²/Hz for rear-up, 0.136 G²/Hz for rear-down, and 0.096 G²/Hz for front-up locations, respectively.

These findings agree with some previous experiments referring to in the same column, the vibration levels gradually increase from bottom to top in the low-frequency range (BOLLEN; TIMM; RUE, 2001; FERNANDO; FEI; STANLEY, 2019). Because the bottom packages are held by the packages above them, the freedom of movement of packages in the upper rows is greater than the bottom ones.

Effect of truck speed and road condition on truck's vibration levels

In general, trucks' vibration levels on national and international roads are usually weak, while on other routes are often improper such as in local and gravel roads. Moreover, cobblestones and concrete pavement generate a most severe vibration than asphalt roads during truck transport (PATERNOSTER *et al.*, 2018). Figure 10 shows the PSD levels at two different speeds (70 and 90 km/h) under the same conditions, i.e., the same truck, road type, and location. It is worth mentioning to evaluate the effect of speed on vibration levels, the other parameters must be kept constant. The peak PSD values were equal

Figure 9 – Vertical PSD spectrums of truck 3 at different locations simultaneously: (A) rear-up and front-up, and (B) rear-up and rear-down locations.

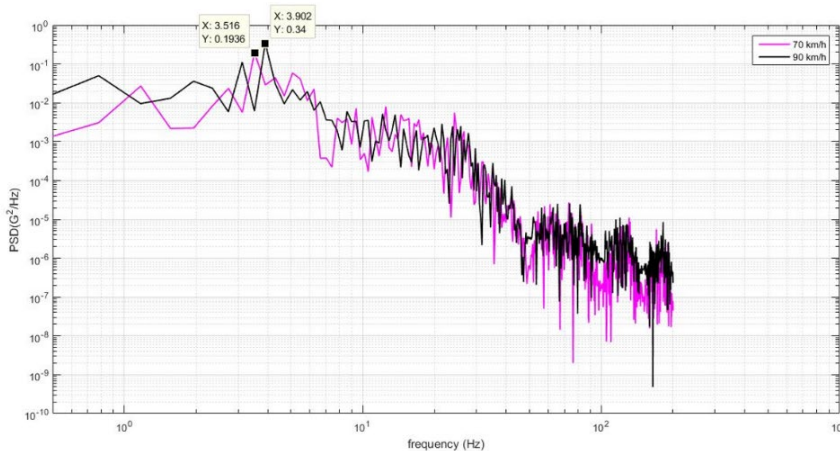


Source: Elaborated by authors (2019).

to 0.193 and 0.340 G^2/Hz for 70 and 90 km/h, respectively. It can be noticed that with the increase of the vehicle speed, the peak value of the PSD increased. Therefore, it is essential to use a

driver awareness system to control vehicle speed according to the road conditions for vulnerable products transporting.

Figure 10 – The PSD spectrums of trucks' vibration levels in a vertical direction at 70 km/h (in pink), and 90 km/h (in black) (truck 3, highway, and rear-down location)



Source: Elaborated by the authors (2019).

The maximum PSD values and the corresponding frequency for 5 samples were measured in each road presented in Table 2 (at 90 km/h speed on route 2). The results indicated that the

road quality had affected the vibration levels of the truck in such a way that the peak PSD value obtained on highways was lower than that of the ones of the local roads.

Table 2. Peak PSD values and corresponding frequency measured on the roads.

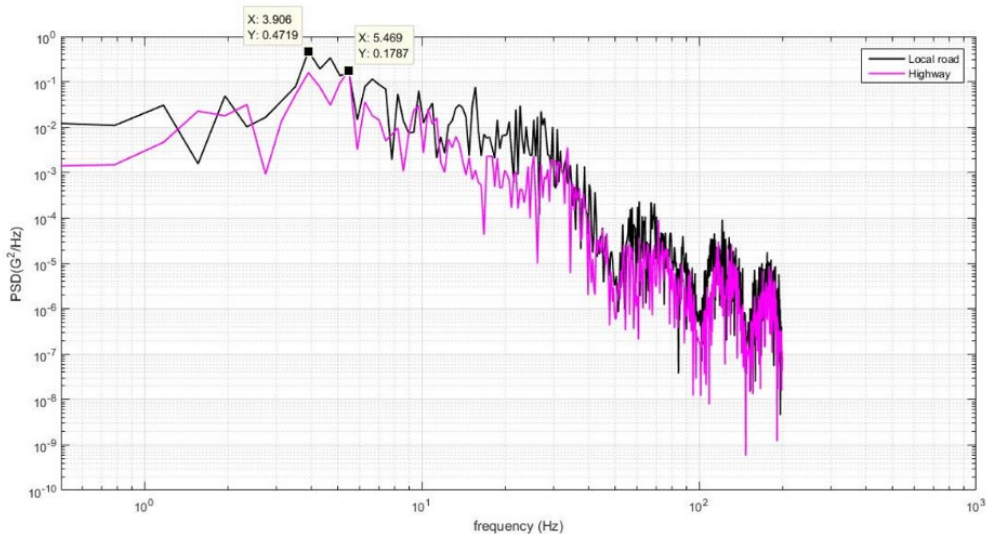
Road type	Sample	PSD _{peak} (G ² /Hz)	Frequency _{Peak} (Hz)
Local	1	0.472	3.90
	2	0.717	4.29
	3	0.287	4.68
	4	0.340	3.12
	5	0.516	4.29
Highway	1	0.179	5.46
	2	0.231	3.90
	3	0.152	3.90
	4	0.142	3.77
	5	0.073	6.25

Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 11 shows the PSD diagram for the data of sample 1, and Figure 12 shows the average PSD spectrums for 5 samples on roads. The results presented in mentioned figures were

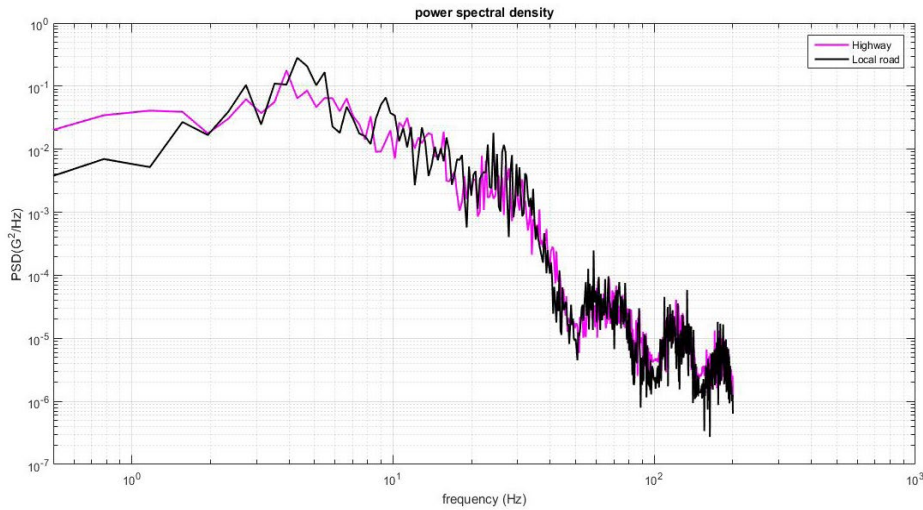
similar to the ones presented in prior studies (PRETORIUS; STEYN, 2012), which specified that the lower value of PSD_{peak} was found on the highway roads.

Figure 11 – The PSD spectrums for the truck’s vibration level in a vertical direction on the local and highway road at 90 km/h speed on the rear-down location of truck 2.



Source: Elaborated by authors (2019).

Figure 12 – Average PSD spectrums for the truck’s vibration levels in a vertical direction on the local and highway roads at 90 km/h speed on the rear-down location of truck 2.

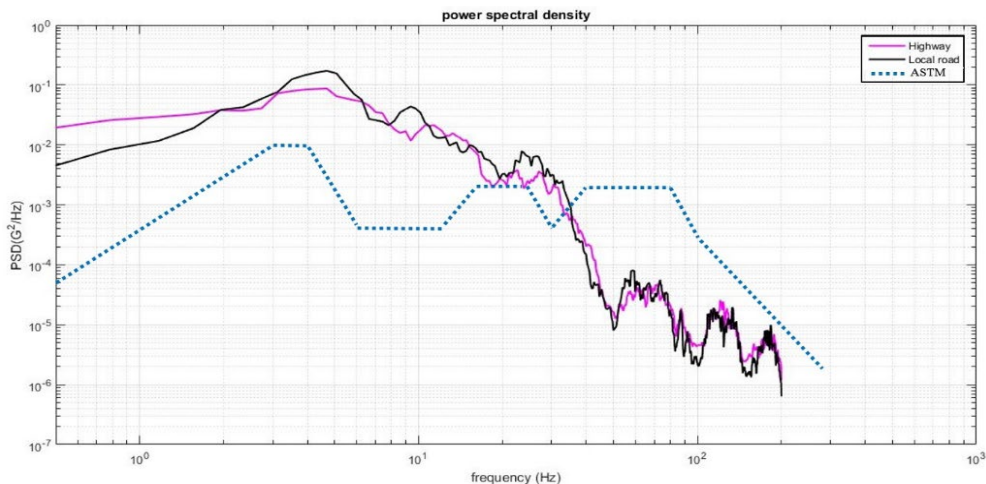


Source: Elaborated by authors (2019).

For a better comparison, the PSD spectrums were smoothed in MATLAB and compared to the ASTM D 4728 standard (FIGURE 13). Testing transport vibration simulation in Iran by applying some globally standardized test protocols like ASTM, ISTA, and JIS makes it difficult to arrive at the optimal cushion-packaging design of agriculture products. The PSD levels of the truck in both the roads type in Iran were higher in 1 to 35 Hz, and lower in 35 to 200 Hz to the ASTM 4728 standard, relatively. This means that the

low frequencies must be considered, and PSD spectrums that are derived from truck transport must be used as a reference in vibration simulation in terms of roads. However, the truck’s vibration levels measured in transportation often differ from the indicated standard PSD levels. Therefore, accurate information about the roads and transport conditions of each region helps packaging designers to produce a more precise simulation of the actual condition.

Figure 13 – Smoothed PSD spectrums for the truck’s vibration level in a vertical direction on the local road and highway at 90 km/h speed on the rear-down location of truck 2 in comparison to ASTM D 4728 standard.



Source: Elaborated by authors (2019).

Predominant frequency of truck's vibration levels and RMS_G in Iran roads

Improved packaging techniques are effective in reducing mechanical damage while transporting fruit to distant cities and markets (SINGH *et al.*, 2014). The damage can be minimized by identifying the type of forces and vibrations to optimally design the packages, proper package management, and proper placement method in the vehicle. On the one hand, lower packaging leads to more damage; but on the other, too much packaging is not environmentally friendly, so an accurate understanding of the vibration levels is essential for

designers to choose the best packaging conditions (VIGNEAULT *et al.*, 2009).

The amount of acceleration at the rear-down location with the highest vibration levels was measured and recorded to obtain the predominant frequency of vibration on the truck bed. Table 3 presents three peak values of PSD spectrums for each truck recorded in the transportation on two road conditions. Four samples of data were selected from the studied routes. It should be considered that in transportation, the truck speed is controlled by the driver according to the road conditions; therefore, the data represents the vibration levels of the truck that occurred in transport at speed of 70-90 km/h.

Table 3 – Three peak values of PSD (G^2/Hz) spectrums on the Iran roads in transportation (70 to 90 km/h).

Road type	Truck	Test	Freq ₁ ^a	PSD _{Max1} ^b	Freq ₂ ^a	PSD _{Max2} ^b	Freq ₃ ^a	PSD _{Max3} ^b
Local	1	1	4.297	0.062	5.078	0.044	1.953	0.029
		2	3.516	0.161	2.344	0.060	20.313	0.034
		3	4.297	0.050	3.125	0.038	2.344	0.032
		4	3.906	0.318	4.688	0.113	2.734	0.045
	2	1	4.297	0.717	2.734	0.263	3.516	0.113
		2	3.906	0.472	4.688	0.335	5.469	0.162
		3	4.688	0.287	5.469	0.246	3.516	0.164
		4	5.078	0.299	3.906	0.138	7.031	0.120
	3	1	3.512	0.168	1.171	0.081	4.683	0.051
		2	3.906	0.245	2.734	0.129	4.688	0.101
		3	3.906	0.129	2.734	0.103	6.250	0.053
		4	3.906	0.388	1.953	0.031	7.031	0.020
Highway	1	1	3.906	0.423	9.766	0.078	8.594	0.066
		2	3.846	0.214	16.026	0.101	18.590	0.086
		3	3.516	0.237	1.953	0.139	2.734	0.116
		4	3.516	0.335	0.391	0.289	5.469	0.233
	2	1	3.774	0.142	1.887	0.136	6.604	0.081
		2	3.906	0.231	2.734	0.15	5.859	0.087
		3	3.906	0.152	5.859	0.148	3.125	0.135
		4	5.469	0.179	3.906	0.159	6.25	0.036
	3	1	2.732	0.119	5.463	0.042	3.902	0.041
		2	4.688	0.239	3.125	0.203	3.906	0.124
		3	4.683	0.093	3.122	0.075	5.463	0.053
		4	3.512	0.151	4.683	0.091	2.341	0.039

^a Peak value of PSD spectrum frequency; ^b Peak value of PSD spectrum

Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 14 shows the column chart of the number of peak PSD values (TABLE 3) found in the specified frequency ranges. The results showed that the highest PSD values were found in the frequency range lower than 6 Hz, and lower intensity vibration was observed in the frequency range higher than 10 Hz. The frequency range of 3 to 4 Hz was obtained as the predominant frequency of vibration for both the local and highway roads, respectively. This result agrees with the ones of previous studies. Hinsch *et al.* (1993) found that the highest PSD levels were in the range of 3.5 Hz in semi-trailers with steel spring suspension systems. Zhou and Wang (2018) found that the PSD peak frequencies in the low-frequency region (1-10 Hz) occurred at about 3 to 4 Hz. So, the packaging designers should concentrate on methods of reducing the trucks' vibration levels reaching the packages, particularly at frequencies range of 1 to 6 Hz.

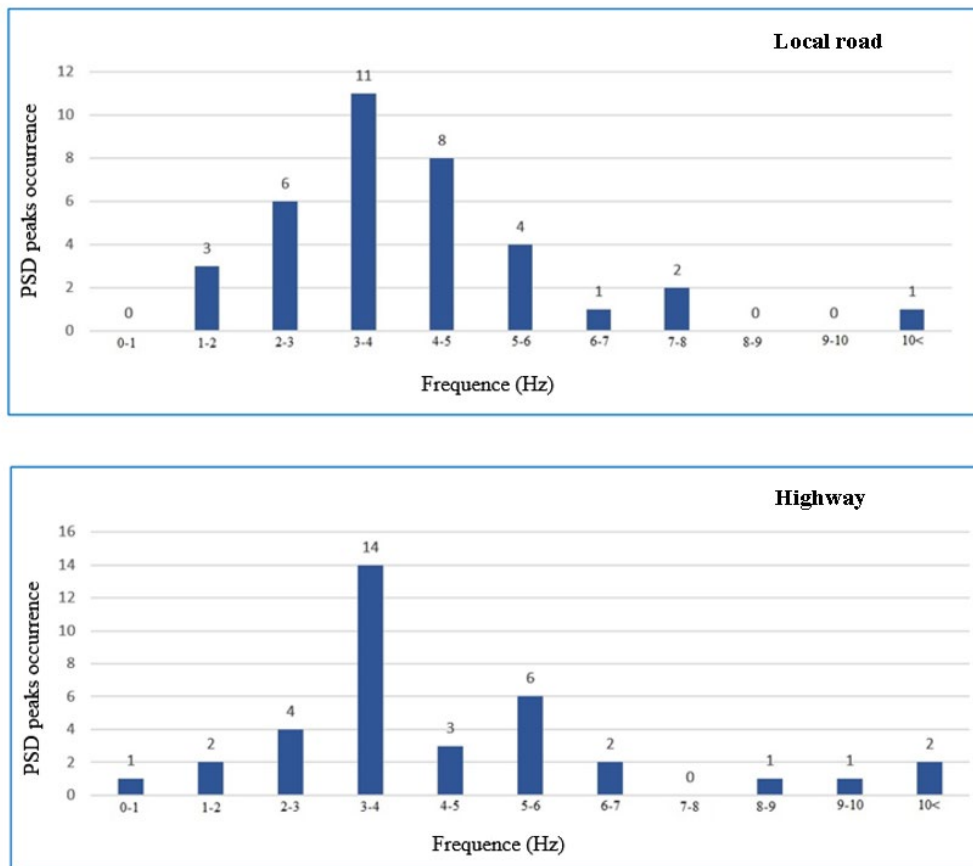
The RMS values of acceleration in the rear-down location of the truck for routes 1 and 3 were 0.241 and 0.231 in the longitudinal direction, 0.393 and 0.419 in the transverse direction, 0.695 and 0.614 in the vertical direction respectively. Hence, it can be concluded that the vertical vibration level of trucks is more important than the lateral and longitudinal vibrations when optimizing packaging conditions, which should be, therefore considered in future lab simulations. The values of RMS_g for route 2 in the longitudinal, transverse and vertical directions were 0.489, 0.667 and, 0.850, respectively, which have higher values than routes 1 and 3. This difference is due to the use of light trucks and less cargo weight (4 tons) than two other trucks used in routes 1 and 3 (heavy trucks). In the laboratory studies, the amount of acceleration on the heavy truck beds on the country's roads can be considered 0.654 G (by calculating the average RMS_g values of vertical acceleration in routes 1 and 3). In the previous researches around the world, vertical RMS_g for vehicles with spring suspension was equal

to 0.161 G for India (SINGH *et al.*, 2007), 0.55 G for Brazil (RISSI *et al.*, 2008), 0.238 G for Thailand (CHONHENCHOB *et al.*, 2010), 0.20 G for Spain (GARCIA-ROMEU-MARTINEZ; SINGH; CLOQUELL-BALLESTER, 2008), 0.33 G for China (ZHOU; WANG, 2018), and 0.31 G for Korea (PARK; CHOI; JUNG, 2020).

Comparing the average RMS_g found with the ones mentioned in previous studies showed that the vertical vibration levels of the truck in Iran are higher than in most mentioned countries. Apart from driving quality, all of these results can be explained by the type of suspension system, amount of load, road quality, and traffic in the country. The accelerations increase with higher driving speeds, lighter loads, and bad road conditions (RISSI *et al.*, 2008). Earlier studies indicate more severe vibration in trucks with leaf-spring suspension than in trucks with air-ride suspension (GARCIA-ROMEU-MARTINEZ; SINGH; CLOQUELL-BALLESTER, 2008). Singh and Marcondes (1992) reported that the vertical vibration levels in truck beds were higher than the lateral and longitudinal ones. The highest amount of acceleration occurred in the packages located on the top of the column at the rear of the truck. Therefore, the high driving skills, full-capacity truck loading, proper route selection, and the use of air ride trucks can be effective in reducing vibration levels and the damage caused by them.

The presented findings are crucial to achieving optimal fruit packaging using a lab vibrating simulator for further research on packaged produce. Laboratory studies on apples showed that in all packaging methods used, the frequency of 8.2 Hz and the vibration acceleration of 0.63 G led to the greatest damage to the crop (VURSAVUŞ; ÖZGÜVEN, 2004). The vibration bruising of the apple in the transport was studied, and a laboratory vibration simulator was used to apply controlled vibrations. The results showed that the vibrational combination of 13 Hz and 0.7 G causes the most damage to apples

Figure 14 – Some PSD peaks were found according to the special frequency ranges at the Iran roads.



Source: Elaborated by the authors (2019).

(ROSTAMPOUR; MOTLAGH, 2018). The proximity of the vibration acceleration of the truck bed on the country’s roads to the vibration acceleration that causes the most damage to the apple highlights the need to design the box and upgrade the packaging to reduce vibrations and acceleration on transportation. Thus, potential future works are lab simulations, optimizations of packages, and the development of a real-time vibration monitoring system. The real-time vibration monitoring system in fresh produce transportation can also be developed as a driver awareness system to choose the right speed. For this purpose, a range of acceleration can be set as acceptable values, and if the acceleration exceeds the specified values, an alarm system should be activated leading to a speed reduction

by the driver. Additionally, the findings and the methodology are of high interest to improve driving behavior, packaging materials, reduce fruit damage, smart transportation, real-time computation on big data, multi-sensor-based systems, and other related domains.

Conclusions

The results found in the present study can be used to simulate the transport conditions by programmable vibration simulators to reproduce the vibration conditions for package testing in Iran. And the findings are of high interest in order to improve packaging design, reduce fruit damage, maintain shelf life, smart transportation, and related industries.

Acknowledgments

The authors thank the Department of Biosystems Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran for financial support.

References

- AKYILDIZ, I. F.; WEILIAN, S.; SANKARASUBRAMANIAM, Y.; CAYIRCI, E. A survey on sensor networks. **IEEE Communications Magazine**, v. 40, n. 8, p. 102-114, 2002.
- AMER EISSA, A. H.; ALBALOUSHI, N. S.; AZAM, M. M. Vibration analysis influence during crisis transport of the quality of fresh fruit on food security. **Agriculture Engineering International CIGR Journal**, v. 15, n. 3, p. 181-190, 2013.
- BACHMANN, J.; EARLES, R. Postharvest handling of fruits and vegetables. **Appropriate Technology Transfer for Rural Areas**, p. 1-19, 2000.
- BOLLEN, A.; TIMM, E.; RUE, B. D. Relation of individual forces on apples and bruising during orchard transport of bulk bins. **Agriculture Engineering International**, v. 17, n. 2, p. 193-200, 2001.
- CHONHENCHOB, V.; SINGH, S. P.; SINGH, J. J.; SITTIPOD, S.; SWASDEE, D.; PRATHEEPHINTHONG, S. Measurement and analysis of truck and rail vibration levels in Thailand. **Packaging Technology Science**, v. 23, 2, p. 91-100, 2010.
- CHONHENCHOB, V.; SITTIPOD, S.; SWASDEE, D.; RACHTANAPUN, P.; SINGH, S.; SINGH, J. A. Effect of truck vibration during transport on damage to fresh produce shipments in Thailand. **Industrials Technology**, v. 3, p. 27-38, 2009.
- FERNANDO, I.; FEI, J.; STANLEY, R. Measurement and analysis of vibration and mechanical damage to bananas during long-distance interstate transport by multi-trailer road trains. **Postharvest Biology and Technology**, v. 158, p. 1109-77, 2019.
- GARCIA-ROMEU-MARTINEZ, M. A.; SINGH, S. P.; CLOQUELL-BALLESTER, V. A. Measurement and analysis of vibration levels for truck transport in Spain as a function of payload, suspension and speed. **Packaging Technology Science**, v. 21, n. 8, p. 439-451, 2008.
- GEBRESENBET, G.; ARADOM, S.; BULITTA, F. S.; HJERPE, E. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. **Biosystems Engineering**, v. 110, n. 1, p. 10-19, 2011.
- HINSCH, R.; CRAIG, W.; SLAUGHTER, D.; THOMPSON, J. Vibration of fresh fruits and vegetables during refrigerated truck transport. **American Society of Agriculture and Engineering**, v. 36, n. 4, p. 1039-1042, 1993.
- ISHIKAWA, Y.; KITAZAWA, H.; SHIINA, T. Vibration and shock analysis of fruit and vegetables transport-Cherry transport from Yamagata to Taipei. **Japan Agriculture Research Quarterly**, v. 43, n. 2, p. 129-135, 2009.
- LU, F.; ISHIKAWA, Y.; KITAZAWA, H.; SATAKE, T. Effect of sampling parameters on shock and vibration levels in truck transport. **17th IAPRI World Conference Packaging**, p. 129-135, 2010a.
- LU, F.; ISHIKAWA, Y.; KITAZAWA, H.; SATAKE, T. Effect of vehicle speed on shock and vibration levels in truck transport. **Packaging Technology Science**, v. 23, n. 2, p. 101-109, 2010b.

- LU, F.; ISHIKAWA, Y.; SHIINA, T.; SATAKE, T. Analysis of shock and vibration in truck transport in Japan. **Packaging Technology Science**, v. 21, n. 8, p. 479-489, 2008.
- PARK, J.; CHOI, S.; JUNG, H. M. Measurement and Analysis of Vibration Levels for Truck Transport Environment in Korea. **Applied Science**, v. 10, p. 6754, 2020.
- PATERNOSTER, A.; VANLANDUIT, S.; SPRINGAEL, J.; BRAET, J. Vibration and shock analysis of specific events during truck and train transport of food products. **Food Packaging Shelf Life**, v. 15, p. 95-104, 2018.
- PRETORIUS, C.; STEYN, W. J. Influence of road roughness on the transportation of fresh produce. **31st South African Transportation Conference**, v. 9, p. 142-153, 2012.
- RANATHUNGA, C.; JAYAWEERA, H.; SURAWEERA, S.; WATTAGE, S.; RUVINDA, K.; ARIYARATNE, T. Vibration effects in vehicular road transportation. **Conference: Proceedings of the Technical Sessions**, v. 26, p. 9-16, 2010.
- RISSI, G. O.; SINGH, S. P.; BURGESS, G.; SINGH, J. Measurement and analysis of truck transport environment in Brazil. **Packaging Technology Science**, v. 21, n. 4, p. 231-246, 2008.
- ROSTAMPOUR, V.; MOTLAGH, A. M. Evaluation of the bruising susceptibility of apple in transport conditions. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 24, n. 5, p. 902-908, 2018.
- RUIZ-GARCIA, L.; BARREIRO, P.; RODRIGUEZ-BERMEJO, J.; ROBLA, J. I. Monitoring the intermodal, refrigerated transport of fruit using sensor networks. **Spanish Journal of Agriculture Research**, v. 5, n. 2, p. 142-156, 2007.
- SINGH, P.; SINGH, S.; SINGH, B.; MISHRA, D. **Standardization of Packaging for Transportation of Guava Fruits**. International Journal Emerging Technology Advanced E., v. 4, n. 8, p. 541-546, 2014.
- SINGH, S. P.; ANTLE, J. R.; BURGESS, G. G. Comparison between lateral, longitudinal, and vertical vibration levels in commercial truck shipments. **Packaging Technology Science**, v. 5, n. 2, p. 71-75, 1992.
- SINGH, S. P.; MARCONDES, J. Vibration levels in commercial truck shipments as a function of suspension and payload. **Journal of Testing and Evaluation**, v. 20, n. 6, p. 466-469, 1992.
- SINGH, S. P.; SANDHU, A. P. S.; SINGH, J.; JONESON, E. Measurement and analysis of truck and rail shipping environment in India. **Packaging Technology Science International Journal**, v. 20, n. 6, p. 381-392, 2007.
- SPRINGAEL, J.; PATERNOSTER, A.; BRAET, J. Reducing postharvest losses of apples: Optimal transport routing (while minimizing total costs). **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 146, p. 136-144, 2018.
- TABATABAEKOLLOOR, R.; HASHEMI, S.; TAGHIZADE, G. Vibration Damage to Kiwifruits during Road Transportation. **International Journal of Agriculture Food Science**, v. 4, n. 5, p. 467-474, 2018.
- VIGNEAULT, C.; THOMPSON, J.; WU, S.; HUI, K. C.; LEBLANC, D. Transportation of fresh horticultural produce. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**, v. 2, p. 1-24, 2009.

VURSAVUŞ, K.; ÖZGUVEN, F. Determining the effects of vibration parameters and packaging method on mechanical damage in golden delicious apples. **Turkish Journal of Agriculture Forestry**, v. 28, n. 5, p. 311-320, 2004.

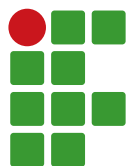
WASALA, W.; DHARMASENA, D.; DISSANAYAKE, T.; THILAKARATHNE, B. Vibration Simulation Testing of Banana Bulk Transport Packaging Systems. **Tropical Agriculture Research**, v. 26, n. 2, p. 355-367, 2015.

YENGE, G. B.; NIDONI, U. Transportation losses in fresh fig (*Ficus Carica L*) fruits. **International Journal of Farm Science**, v. 4, n. 3, p. 100-109, 2014.

ZHANG, L.; YANG, C.; WANG, Y.; PAN, D.; MENG, X.; TONG, T. Vibration and impact performance tests of cherry tomato transport packages. **Transactions China Society Agriculture for Machinery**, v. 42, p. 125-130, 2011.

ZHOU, H.; WANG, Z. W. Measurement and analysis of vibration levels for express logistics transportation in South China. **Packaging Technology Science**, v. 31, n. 10, p. 665-678, 2018.

ZHOU, R.; SU, S.; LI, Y. Effect of transport vibration levels on mechanical damage and physiological responses of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua). **Postharvest Biology and Technology**, v. 46, n. 1, p. 20-28, 2007.



Economic growth and sustainability: An analysis of the Environmental Kuznets Curve on the Legal Amazon

Vasconcelos Reis Wakim¹, Jaques Otto Roma², Elizete Aparecida de Magalhães³

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Mestrado em Administração Pública. Professor Doutor. vasconcelos.wakim@ufjm.edu.br

² Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Estudante de Graduação em Ciências Contábeis. jaques.otto@gmail.com

³ Professora Adjunta III da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Professora Doutora. elizete.am@ufjm.edu.br

Received in: March 24, 2021 | Accepted in: July 2, 2021

Abstract

The objective of this work was to analyze how deforestation of the Legal Amazon (AMZ-L) is affected by the economic growth of the states it covers, from 2000 to 2017. This study is based on the Environmental Kuznets Curve theory (EKC), proposed by Grossman and Krueger (1991). We used the panel data method considering the fixed effects to answer the research problem. The hypothesis of the EKC, in fact, happens in the initial stage, showing that, with the increase in income, deforestation rates drop, causing the curve to reverse, taking an inverted “U” shape. However, at high-income levels, deforestation increases again, thus the curve takes an “N” shape. Considering this scenario, we can conclude that the increase in income alone does not guarantee deforestation reduction. However, we must emphasize that deforestation rates are lower than in the initial stage at high-income levels, showing the government intervention is needed.

Keywords: Economic growth. Sustainability. Environmental Kuznets Curve. Panel data.

Introduction

Since the 1990s, when the Earth Summit took place in Rio de Janeiro, also called ECO-92 or Rio-92, much has been discussed about global warming and humanity’s unsustainable growth model. The accumulation of greenhouse gases in the atmosphere, the reduction of natural forests, and their impacts on the ecosystem worldwide were consequences of the advance of agricultural and livestock exploitation, extractivism, fires, or natural events (ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012).

Besides these debates, the concern of the world community has begun to seek alternative means for industrial production to promote economic growth in the countries sustainably, as described in the *Brundtland Report*. Conceptually, sustainable development (SD) is the conscious consumption of natural resources in the present so that future generations have the

same level of satisfaction as the current generation (UNITED NATIONS, 1987).

In 47 years of discussions about the unsustainable way the world develops, little progress has actually been made on the actions foreseen by the global government agendas. World leaders have neglected the urgent nature of adopting sustainable measures provided for in the United Nations conventions (GUIMARAES; FONTOURA, 2012).

In a scenario of seeking a balance between economic development and sustainability, Brazil stands out with an essential role within the conventions. Works such as the ones of Guimarães and Fontoura’s (2012) and Lago’s (2006) showed Brazil as one of the most active countries regarding sustainability within the conventions held by the United Nations, however the same authors described that the measures adopted are still uncertain and insufficient.

Although Brazil has added efforts to comply with the principles and agreements established since ECO-92, authors such as Fearside (2006) and Coelho and Ferreira (2015) have shown deforestation of Brazilian forests is growing continuously, especially in the Amazon Forest, pointing as the leading causes the government decisions (FEARSIDE, 2006) and economic and social inequalities (LAKE, 2006).

The global focus on Brazil is mainly on the Amazon because although the forest extends to other countries, Brazil has most of it. For example, 59 % of the Amazon rainforest is in Brazil, followed by Peru, 13 %, and smaller shares in Colombia, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Guyana, Suriname, and French Guiana (IBGE, 2010).

In Brazilian territory, the Amazon rainforest is part of the Legal Amazon (AMZ-L), created

by Law no. 5.173 /1966 (BRASIL, 1966), for political and rather than geographical reasons, strategically to develop that region economically. The AMZ-L is composed not only of moist forests but also of Cerrado and open Ombrophilous forest, which involves almost all of the farming activity (MARTHA JUNIOR; CONTINI; NAVARRO, 2011).

The territory of the Legal Amazon is 5,217,423 km² and corresponds to approximately 61 % of the national land, 8,514,877 km². The region includes, in its entirety, the states of Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Roraima, Rondônia, and Tocantins and a part of the state of Maranhão (meridian 44th west). (FEARSIDE, 2006). Figure 1 shows the limits of the Brazilian Legal Amazon.

Figure 1: Demonstrative map of the limits of the Brazilian Legal Amazon.



Legal Amazon Limite
 State Border
Source: Ferreira (2011).

The states that compose the AMZ-L, according to IBGE (2010), have a population of approximately 24 million inhabitants, distributed in 775 municipalities, holding 1/3 of the humid

tropical forests and the most extensive genetic bank on the planet, besides holding 1/5 of all drinking water in the world. Moreover, at the national level, it contains 45 % of all groundwater

in the country. As for the economic sector, the average gross domestic product (GDP) *per capita* of the states covered by the AMZ-L corresponds to about 63 % of the national GDP. Because of such representativeness and influence on the planet's balance, Arraes, Mariano, and Simonassi (2012) pointed out that the 1970s were marked by intense territorial occupation and opening of virgin forests for the Transamazon highway project.

AMZ-L has characteristics that favor the degradation of the region: the agricultural and livestock sector, encouraged by geography and rainfall index above average (MARGULIS, 2003), and the extraction and illegal appropriation of territory, which occur when there is infrastructure improvement, facilitating the exit of wood, land invasion and falsification of deeds by settlers, who occupy lots and sell them. The invasions happen because the infrastructures add value to the properties, which often escape from government control (FEARSLIDE, 2006). Furthermore, according to the author, the social inequality of that region also contributes to degradation, and the country's economic aspects are directly reflected in the AMZ-L area.

In contrast to income inequality, the economic growth of the agricultural and livestock, and extractive sector has caused pressure on AMZ-L, alerting the scientific community even more about the risks to which society will be exposed if sustainable means of production are not met. In this sense, Grossman and Krueger (1991), with the concept of the Environmental Kuznets Curve (EKC), established an inverse "U" relationship between economic growth and sustainability, explaining in their study that, in the beginning, when there are economic advances and an increase in income *per capita*, environmental degradation also increases; however, at some point, as income and economy increase, environmental degradation tends to decrease. Thus, there is a positive expectation regarding the changes in economic growth taking place in

the country and, at the same time, the need to improve income and technology to mitigate the impacts on the environment.

With the advances in the exploration of AMZ-L and the imminent risk of causing an imbalance in this ecosystem, this article aimed to identify the extent to which the economic growth of the states that make up the Legal Amazon has impacted deforestation in the region in the period 2000-2017.

Sustainable Development

Although sustainable development has been used as a concept since the mid-20th century, it appeared in 1713. The term was used for the first time by the German author Hans Carl Von Carlowitz in his study on the inconsequential exploitation of wood in Germany. Von Carlowitz suggested *Nachhaltende Nutzung* (sustainable use) of forests, implying that, in logging, there should be enough young trees to replace those that would be removed, considering that wood was consumed as fuel and was part of almost all production processes until the 18th century.

The 18th century was marked by the expansion of the world's population mass, which also drew the researchers' attention to sustainability and the future quality of life, because as the population increased, the needs and consumption of raw material increased too, as described by Malthus (1798), in his *Essay on the principle of population*.

With the arrival of the 19th century, the energy reserves became scarce, as energy originated primarily from coal, and the reserves were compromised. In this sense, Jevons (1866), in his work *The Coal Question: An inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines*, warned against the irresponsible consumption of coal, showing that it would be in a shortage in less than a hundred years in England if the scenario remained

unchanged, which would cause that country to lose its industrial dominance.

According to the theoretical path presented, Pisani (2006) concluded that the theme of sustainable development has been addressed by scholars in the area long before the Brundtland Report. According to the author, sustainability issues have become popular with the rapid advance in irresponsible consumption caused by population growth and how the population has been developing.

Birth (2012) explained the two sides on which sustainable development originated. The first side is linked to ecology, which refers to the ability of ecosystems to recover from human or nature-induced aggression (earthquakes, tsunamis, volcanoes, fire, etc.). The second is related to the economic means, through the perception of the mode of consumption, production, and population expansion, which, in the long term, would compromise the availability of resources, making them scarce. According to the author, since the beginning of the promotion of sustainable development, the concept has been open and varies according to the political and ecological interests of those who study it.

As previously seen, the scarcity of natural resources was already realized centuries ago, and the reduction in the availability of these resources is linked to the economy, as shown by Jevons (1866).

Environmental Kuznets Curve

In 1955, in his study *Economic growth and income inequality*, Simon Kuznets proposed that income inequality and technology deficiency contributed to increasing environmental degradation. In line with Kuznets's (1955) studies, Grossman and Krueger (1991) were the pioneers in proving the authenticity of the existence of the inverted "U", which presents a positive correlation between economic growth and the environment.

According to the authors, when a given society reaches high levels of income and technology, environmental degradation tends to reduce.

A historical redemption by Montibeller Filho (2007) reported that since the middle of the last century, economic growth was seen as a villain of nature because it was held responsible for the consumption of natural resources. O'Connor (1998) pointed out that when there is growth in the economy, environmental degradation, pollution, and depletion of natural resources are triggered; however, when the economy is shrinking, the environment continues to be degraded. In this perspective, the lack of economic growth has been used as a justification for the little care about the environment in several countries because, in a scenario of economic downturn, the preservation of the environment represents additional costs (MONTIBELLER FILHO, 2007).

This lack of respect for the environment has produced studies that show elements that harm the quality of human life, the main ones being carbon dioxide (CO₂), sulfur dioxide (SO₂), and nitrous oxide (NO), and this has caused an increase in pressure on developing countries since the 1970s (CARVALHO; ALMEIDA, 2010). Non-governmental organizations and environmental activists have intensified pressure worldwide for governments to adopt measures for sustainable exploitation of natural resources (CARVALHO *et al.*, 2015; LAGO, 2006; MONTIBELLER SON, 2007). Those international demands made that the debates on the future quality of life be wide-ranging. Given the premise that environmental degradation would harm future generations, the first United Nations Climate Conference in Stockholm was convened in 1972, initiating a process that seeks to develop the economy in an optimal way (LAKE, 2006).

In this scenario, there are countries seeking development, and, on the other hand, they are suffering pressures for environmental preservation. The hypothesis of the Environmental

Kuznets Curve divides opinions. Some believe that we must not sacrifice economic growth for the environment to thrive and, in return, some others believe that consumption and economic growth are, until last resort, responsible for environmental degradation (CARVALHO, 2013).

In fact, Grossman and Krueger's (1991, 1995) studies showed empirical evidence that the curve can also have an "N" shape. The authors estimated EKC for sulfur dioxide, black smoke, and suspended particles. In the first two, they found an inverted "U" ratio based on a *per capita* income of US\$ 5,000. About suspended particles, the *per capita* value is even lower, however, when *per capita* income is between US\$ 10,000 and US\$ 15,000, the levels of pollutants studied have increased again, indicating that the curve has an "N" format.

When studying the EKC, besides using variables such as sulfur dioxide, nitrogen oxides, and solid particulate matter (waste generated by the industry), Panayotou (1993) used the variable deforestation. The results obtained showed that the deforestation EKC turning point happens in the interval US\$ 800 - US\$ 1,200, against US\$ 3,800 - US\$ 5,500 for the other variables. The author argued that this fact occurs because deforestation for agricultural expansion occurs at an early stage of development before heavy industrialization.

The format described by the EKC is attributed to several factors in the literature. The inverted "U" is explained by Selden and Song (1994), by: a) Income elasticity for environmental demand, indicating that the higher the income, the greater the attention to the quality of environmental life they want to enjoy, consuming healthier products; b) Scale effect, technology/technique and structure/composition (the scale effect or growth in production implies greater consumption of resources and energy, contributing positively to degradation; as for the technological aspect, income improvement replaces old with innovated and improved production techniques to reduce

pollutants; on the other hand, the structure or composition factor tends to improve gradually with the increase in income, opting for sustainable activities (GROSMANN; KRUEGER, 1991); c) International trade, that is one of the main factors that explain the EKC, however, environmental quality tends to fall with the increase in trade, mainly in exports; on the other hand, when economy grows, degradation also grows, however, those effects can be eliminated by using technique, or by the effect of composition (DINDA, 2004); d) Market mechanisms, in which Shafik and Bandyopadhyay (1992) suggested that the existence of an endogenous self-regulatory market for natural resources marketed in the market could mitigate the effects of environmental degradation.

However, we must emphasize that the studies by Grossmann and Krueger (1991) revealed that the EKC, from a certain point on, can take the "N" format, which demonstrates that economic growth alone does not guarantee the reversal of the curve. Carvalho and Almeida (2010) stated that degradation increases and then decreases with economic growth. According to them, developing countries are incipient in sustainability, and it is necessary to adopt "green" policies to reverse the EKC path.

According to Ávila and Diniz (2015) and Diniz (2007), the reversal of the EKC trajectory will not happen if the scale effect prevails, since it overlaps the technical and composition aspects. The predominant scale effect in developing countries explains why the curve does not revert, since seeking economic growth is the main objective, *a priori*. In developed countries, the relationship is the opposite: technique and composition effects prevail.

As previously seen, there are adverse factors that interfere with the EKC convergence. In this sense, there are some criticisms about the model. Stern, Common, and Barbier (1996) pointed out three problems in the estimation of the EKC: a) Simultaneity: the EKC derives from an economic

model in which there is no feedback from the status of the environment for economic growth; according to the authors, pollution and deforestation are seen as harmful to the quality of life, but there is no possibility of production; in this sense, Porter and Van Der Linde (1995) proposed a reverse analysis of the EKC, in which the preservation of the environment causes economic and technical growth, so that the income factor is endogenous, and the environmental quality is a source of economic growth. Statistically, the concurrency between production factor and environmental damage produces biased and inconsistent estimates; b) International trade: for Stern, Common, and Barbier (1996), countries such as the United States and Japan reduced environmental damage by exporting industrialization to developing countries, which also biases estimates; c) Data problems: according to Stern, Common, and Barbier (1996), the studies by Grossman and Krueger (1991) and Shafik and Bandyopadhyay (1992) use urban-area pollution data and disregard pollutants from natural ecosystems, which also impact human health. According to Shafik and Bandyopadhyay (1992), the data used in the EKC will possibly give rise to heteroscedasticity in estimation, making the ordinary least squares method (OLS) inefficient, even though it is impartial.

With Panayotou's (1993) critical eye regarding the validity of the EKC, we must ask: i) What income level per *capita* is the turning point? ii) When did the environmental damage occur, and how could it have been avoided? (iii) Would any ecological limit be reached in such a way that it would be irreversible with the increase in income? (iv) Is the improvement of the quality of the environment automatic when income is increased, or does it need a "green" policy intervention? v) How can developing countries achieve the level of environmental quality enjoyed by developed countries?

Khanna and Plassmann (2004) also questioned that income growth in developing countries could cause the worsening of global pollution. According to the authors, only emitters that attract public interest due to pollution levels and impacts can obtain the EKC.

Related Studies

In this section, we discuss the previous studies that address the EKC. We collected authors, the dependent variable, methodology, the location studied, and the periods. Finally, we verified whether the EKC was found, as shown in Table 1.

Table 1- Correlated studies on EKC

Authors	Dependent variable	Methodology	Sample	EKC
Santos <i>et al.</i> (2008)	Deforestation	Panel Data (Fixed effect)	AMZ-L municipalities (2000-2004)	Yes
Oliveira <i>et al.</i> (2011)	Deforestation	Panel Data with spatial dependence	AMZ-L municipalities (2001-2006)	Inverted "U"
Gomes and Braga (2008)	Deforestation	Panel Data (Random effect)	AMZ-L states (1990-2004)	Yes
Caldas <i>et al.</i> (2003)	Deforestation	Cross-Section	Small properties along the Transamazon highway (1996 and 2000)	Yes
Prates (2008)	Deforestation	Panel Data (Fixed effect)	AMZ-L municipalities (2000-2004)	Yes

Source: Elaborated by the authors (2020).

Methodologic Procedure

For this work, the methodology adopted was the panel data model. This model has some advantages over cross-section or time series models, such as the ability to circumvent the data heterogeneity problem and consider the individual variables of each Brazilian state that make up the Legal Amazon (HSIAO, 1986). Besides these advantages, the model allows us a more significant number of observations, increasing the degree of freedom and decreasing the collinearity problem among the explanatory variables.

The general template for panel data is given by:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_k X_{kit} + \dots + \beta_{nit} X_{kit} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Thus, the underwritten i indicates the different individuals, which are the states of the Legal Amazon, and t is the period studied. β_0 represents the intercept parameter, while β_k corresponds to the angular coefficient of the k -th explanatory variable.

Therefore, the adapted model for this work will be as follows:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_0 + \beta_1 PIB_{it} - \beta_2 PIB_{it}^2 + \beta_3 PIB_{it}^3 + X_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

At which: Y_{it} represents the dependent variable, which is the deforestation area in the Legal Amazon; α_{it} it is the coefficient of the fixed effect; β_0 , the intercept; β_i , the parameters to be estimated; X_{it} , the explanatory variables; and ϵ_{it} is the error term.

The vector of explanatory variables (X_{it}) was composed by the GDP *per capita* squared and is included to capture the hypothesis of the EKC because, according to Kuznets theory, deforestation tends to grow at low-income levels. From the moment a society reaches a higher level of income, the situation reverses, and deforestation tends to decline, taking the form of an inverted "U".

The GDP *per capita* cubed was also tested because, as shown by Grossmann and Krueger (1991), the curve can assume positive values for degradation again when the income reaches high levels, making the EKC take an "N" shape.

Besides the GDP explanatory variable, the literature still addresses several other variables to explain the EKC. For this study, the population density and cattle herd of the states belonging to the Legal Amazon will be used as control variables. Previous studies addressed these two variables as influencing deforestation, such as Marengo (2007), Margulis (2003), and Martha Junior, Contini, and Navarro (2011). Population density is used in several areas that study the EKC and is pointed out by the authors cited as important for the study its impacts on environmental degradation. Therefore, it also applies to this research. The variable cattle herd is included here because it represents the main activity in the states covered by the Legal Amazon and is considered one of the leading causes of deforestation (MARGULIS, 2003).

For the GDP variable, a positive signal is expected. For the quadratic form of GDP, a negative sign is expected. However, the cubed form can take a negative sign, as proposed by Kuznets (1955), or positive, as evidenced by Grossman and Krueger (1991). For the control variables, population density and cattle herd, the expected sign is positive.

The data used for empirical research were obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics of Automatic Recovery (SIDRA). The inflationary correction of monetary variables was based on the General Price Index (GPI), provided by the Getúlio Vargas Foundation (FGV) portal.

Results and discussion

In this subsection, the results obtained from the econometric model are discussed, based on the data collected from the SIDRA. To choose the best model to be adopted in the estimation, which are fixed effect model, random effect, or pooled model, we applied the Hausman test (1978), whose null hypothesis (H_0) states there is no statistical difference between the two

estimators. The test result allowed us to reject the null hypothesis at a significance level of 1 %. Thus, the proper model for the estimation was the one with a fixed effect.

Table 2 presents the estimation of the fixed, random, and pooled effect models to demonstrate

the robustness of the estimated coefficients. We found that there were no significant variations and no exchange of signs among the models of random and fixed effect, unlike the pooled model. However, by the Hausman test (1978), the fixed effect was the model indicated for estimation.

Table 2 – Estimation of the model in panel data.

Variables	Random effect	Fixed effect	Pooled effect
Log GDP	18.087** (8.091)	19.649** (7.810)	-22.377 ^{NS} (17.163)
Log GDP ²	-1.866** (0.838)	-2.031** (0.808)	2.293 ^{NS} (1.177)
Log GDP ³	0.060** (0.082)	0.066** (0.027)	-0.077 ^{NS} (0.060)
Log DDP	0.607** (0.331)	1.074* (0.402)	-0.485* (0.147)
Log Bov	0.712*** (0.191)	0.585*** (0.323)	0.682*** (0.066)
Constant	-60.447** (25.862)	-63.915** (24.972)	68.356 ^{NS} (54.971)

Source: Elaborated by the authors (2020)

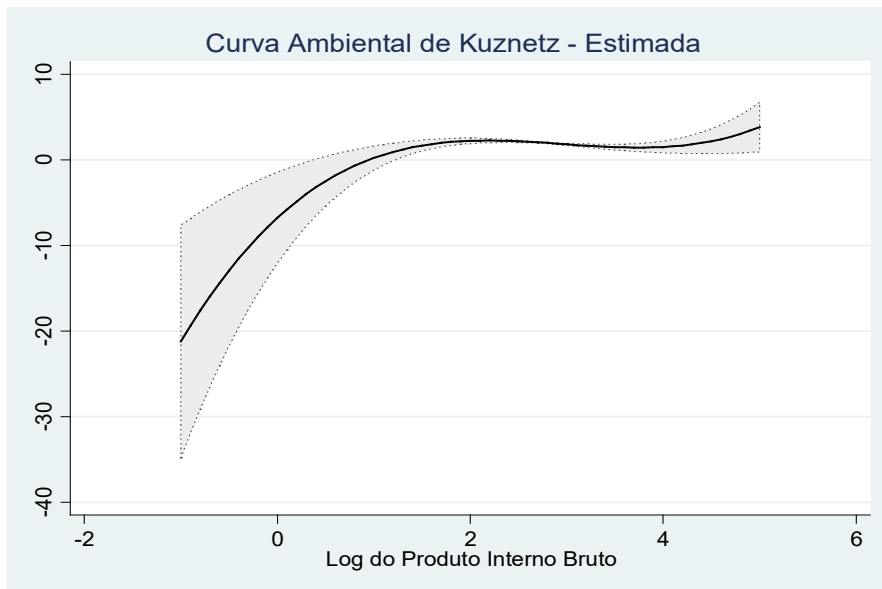
Note: ^{NS} = not significant; * significant at 1%; ** significant at 5%; *** significant at 10%. Value in brackets is the standard deviations.

According to the estimation of the fixed effect model, the coefficients of GDP, GDP², and GDP³ showed statistical significance at 5 %, the population density was significant at 1 %, and the cattle herd at 10 %, which corroborates that these variables directly impact deforestation process. The signs of the coefficients were already expected. For GDP, the positive sign indicates that deforestation has grown with an increase in income, but GDP², with a negative sign, shows that deforestation tends to reduce by reaching a certain amount of income. For GDP³, the sign becomes positive again, indicating that high-income values would cause an increase in deforestation.

The fixed-effect model showed that for the squared and cubed GDP variable, a curve obtained takes an “N” shape, which differentiates it from the form of the inverted “U”, as proposed by the Environmental Kuznets Curve (1955),

i.e., when the income reaches a certain value, it causes deforestation to decrease (FIGURE 2). However, while income continues to increase, the curve reverses again, showing that deforestation is growing again. These results are similar to those Grossman and Krueger (1991) found.

Results obtained from the estimate by the fixed effect model showed that, initially, when *per capita* GDP increases by 1 %, deforestation increased by 19.64 %. However, the deforestation rising path in relation to *per capita* GDP is not continuous; it presents a reversal when *per capita* GDP is squared. Thus, the estimates showed that, for every 1 % increase in *per capita* GDP, there was a reduction of 2.03 % in deforestation. This implies that the EKC is valid and that it is possible to grow sustainably to a certain amount of income, since, when *per capita* GDP is raised to the cube, a reversal occurs again, but

Figure 2 – Environmental Kuznets Curve format found

Source: Research data (2020).

this time, with less impact, with the 1 % increase in *per capita* GDP rising by 0.62 %.

Regarding the variables population density and cattle herd, there is a positive relationship with deforestation. The estimates pointed out that a 1 % increase in population density caused an increase of 1.07 % in deforestation. For the variable cattle herd, growth of 1 % resulted in a 0.58 % rise in deforestation. These results corroborate the statistical analyses presented previously. This positive relationship is clearly noted, especially between the states of Mato Grosso and Pará, where the population is more dispersed, and the cattle market has expanded rapidly.

In the first stage of the EKC, we expect that increasing population density, agricultural production, and GDP cause higher degradation (scale effect). However, it is possible to mitigate the impacts of growth by using the technique and composition effects (CARVALHO; ALMEIDA, 2008; GROSSMAN; KRUEGER, 1991). By reaching higher income, society would supposedly be willing to pay for lower environmental cost products, suggesting that the production of

“green” products needs composition and technological effect. Applying this theory to AMZ-L, the trend is that when *per capita* income increases, the production system is modernized, optimizing the use of soil. This tends to happen because there is social pressure for products of sustainable origin (composition effect) (STERN, 2004).

However, to ensure that the effects of income do not follow in parallel with deforestation (scale effect), technological commitment is needed, especially in agriculture and livestock, which are prevailing activities in the AMZ-L region (composition effect), reducing the margins of deforestation as income increases, by optimizing production, according to Torras and Boyce’s theory (1998).

There is a theoretical issue as to the validity of the EKC, which is based on the possibility of exporting polluting industries to developing countries and importing semi-processed raw materials. For this reason, rich countries have obtained the EKC in the form of an inverted “U” (CARVALHO; ALMEIDA, 2008). If this assumption is valid, in the case of AMZ-L, the curve may not be sustained, which explains the “N” shape

found. This result reflects Cole's (2004) studies, stating that even if all developing countries reach a high level of technology, the dynamics in which wealth diminishes environmental degradation tend to end.

The results found parallel De Bruyn, Van Den Bergh, and Opschoor's (1998) statement that the EKC cannot be sustained in the long term, so the inverted "U" would be only in the initial phase between economic growth and sustainability. In fact, in this study, the findings point out that, after high-income levels, the curve will invert again, assuming an "N" shape.

A possible explanation for the curve taking the "N" shape, as shown by the econometric model, is linked to the limits of technological resources. As technological resources tend to run out to sustain growth, there is a need for greater exploitation of natural resources, i.e., the first phenomenon of the EKC is temporary, as explained by Biage and Almeida (2015). Regarding the second stage, the explanation is guided by Opschoor's study (1990), in which we see that the increasing reversal of the curve can be the result of a *deficit* achieved in the process of technological improvements, or that the cost of deploying the technology to the means of production becomes costly.

Previous EKC studies, such as Santos *et al.* (2008), already noted that technological improvements in the Legal Amazon, after a certain point, would cause environmental degradation. Thus, the agricultural and livestock production model and the effects of colonization may present technological limits, which would contribute to the second inversion.

On the other hand, on the assumptions of the second EKC inversion, shown in the present study, the authors Roca and Serrano (2007) question the validity of the curve, saying that no country targeted in the EKC studies reached such high levels of *per capita* income that the curve inverts for the

second time, showing that in practice it is not possible to know whether this would actually occur.

As this is an empirical study showing the possible relationship between growth and environmental degradation, in which the curve takes the form of an "N", deforestation tends to be lower at higher income levels, as shown by the results presented. Likewise, Beckerman (1992) stated that however much environmental degradation grows with increased income in the first stage, the option that allows for lower environmental impacts is to make the country rich.

Final considerations

The econometric model applied in this paper showed that, at first, EKC takes an inverted "U" shape, i.e., deforestation grows from the increase in income. However, by reaching a certain level of income, deforestation tends to decrease, according to the EKC theory.

When the cubed form is applied to the model, the EKC presents a new inversion, suggesting that deforestation rates tend to escalate with an "N" form at higher income levels, proving that economic growth alone does not guarantee a reduction in deforestation levels, making exogenous actions necessary.

We must emphasize that public policies are needed to counteract the second reversal of the EKC. "Green laws" must be passed, and society must take other actions to mitigate the impacts caused by human activity. The efficiency of such actions could be seen in deforestation: when the government intervenes through environmental laws, it causes a gradual drop in deforestation levels.

This study also included two variables, population density, and cattle herd, both positively impacting deforestation in the Legal Amazon. The climate and topography favorable to the expansion of the cattle herd create cycles that feed

the local economy and, consequently, foster the evolution of the population and livestock farming, attracted by the intense trading activity. For future work, we suggest exploring the influence of international trade and environmental legislation on deforestation in the Legal Amazon.

References

ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento do Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, v. 50, n. 1, p. 119-140, jan/mar., 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032012000100007>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032012000100007. Acesso em: 02 set. 2019.

ÁVILA, E. S.; DINIZ, E. M. Evidências sobre a curva ambiental de Kuznets e convergência das emissões. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 97-126, jan.- mar. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0101-4161201545197ese>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612015000100097. Acesso em: 17 nov. 2019.

BECKERMAN, W. Economic growth and the environment: Whose growth? whose environment? **World Development**, [S.l.], v. 20, n. 4, p.481-496, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X9290038>. Acesso em: 14 nov. 2020.

BIAGE, M.; ALMEIDA, H. J. F. Desenvolvimento e impacto ambiental: uma análise da curva ambiental de Kuznets. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, [S.l.], v.45, n. 3, p. 505-556, 2015. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6100/5/PPE_v45_n03_Desenvolvimento.pdf. Acesso em: 04 ago. 2015.

BRASIL. Lei 5.173, de 27 de outubro de 1966. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 out 1966. Disponível em: L5173 (planalto.gov.br). Acesso em: 21 jun. 2021.

CALDAS, M.M. WALKER, R.; SHIROTA, R.; PERZ, S.; SKOLE, D. Ciclo de vida da família e desmatamento na Amazônia: combinando informações de sensoriamento remoto com dados primários. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p.1806-9134, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-71402003000400002&script=sci_abstract. Acesso em: 02 jul. 2020.

CARVALHO, N.L.; KERSTING, C.; ROSA, G.; FRUET, L.; BARCELLOS, A.L. Desenvolvimento sustentável x desenvolvimento econômico. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 3, p. 109–117, set-dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/17768>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CARVALHO, S.S. **A Relação entre Crescimento e meio ambiente**: uma reavaliação da Curva de Kuznets Ambiental. Brasília: Ipea, 2013. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=2076. Acesso em: 20 out. 2019.

CARVALHO, T.S.; ALMEIDA, E. **A hipótese da curva de Kuznets ambiental Global**: uma perspectiva econométrico-espacial. 2008. Tese (Mestrado em Economia Aplicada) Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

CARVALHO, T.S.; ALMEIDA, E. A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Revista Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 587-615, jul. set. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-41612010000300004>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612010000300004. Acesso em: 22 set. 2019.

COELHO, A.B.; FERREIRA, M.D.P. Desmatamentos recentes nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 097-102, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/resr/v53n1/0103-2003-resr-53-01-00091.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2020.

COLE, M. A. Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. **Ecological Economics**. v. 48, p. 71-81, 2004.

DE BRUYN, S.M.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; OPSCHOOR, J.B. Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. **Ecological economics**, Amsterdam, v. 25, n. 2, p. 161-175, 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092180099700178X>. Acesso em: 25 nov. 2020.

DINDA, S. Environmental Curve Kuznets Hypothesis: A Survey. **Ecological Economics**, Beldanga, v. 49, p.431-455, jul. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800904001570>. Acesso em: 20 set. 2019.

DINIZ, E. M. Lessons From The Kyoto Protoc. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v.10, n. 1, p. 27-38, jan.-jun. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2007000100003>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2007000100003&script=sci_abstract. Acesso em: 05 out. 2019.

FEARSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia: dinâmicas, impactos e controle. **Revista ACTA amazônica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, maio 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000300018>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59672006000300018&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 14 set. 2019.

FERREIRA, M.D.P. **Impactos dos preços das commodities e das políticas governamentais sobre o desmatamento na Amazônia Legal**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Indicadores de Preços**. 2020. Rio de Janeiro: FGV. Disponível em: <http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92AF56810C57>. Acesso em: 15 out. 2020.

GOMES, S.C.; BRAGA, M.J. Desenvolvimento econômico e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. 46., 2008, Rio Branco. **Anais eletrônicos** [...]. Rio Branco, 2008. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/ags/sbrfsr/103095.html>. Acesso em: 17 abr. 2020.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement**. Cambridge: National Bureau of Economic Research. 1991. *Ebook*.

GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. B. Economic growth and the environment. **Quarterly Journal of Economics**, Oxford, v. 110, n. 2, p. 353-377, maio, 1995. Disponível em: <https://academic.oup.com/qje/article/110/2/353/1826336>. Acesso em: 11 set. 2019.

GUIMARÃES, R. P.; FONTOURA, Y. S. dos R. Rio +20 ou Rio -20? Crônicas de um fracasso anunciado. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v.15, n. 3, p. 19-39, set/dez. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2012000300003>.

HAUSMAN, J. A. Specification tests in Econometrics. **The Econometrics Society**, v. 46, n. 6, p. 1251-1271, 1978. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264382660_Hausman_1978/link/53da891a0cf2e38c63371ff4/download. Acesso em: 01 nov. 2020.

HSIAO, C. **Analysis of Panel Data**. Cambridge: Editora Cambridge University Press, 1986. *Ebook*.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **“Geoestatísticas”, revelam patrimônio ambiental da Amazônia Legal**. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?busca=1&id=1&idnoticia=1887&t=geoestadisticas-revelan-patrimonio-ambiental-la-amazonia-legal&view=noticia>. Acesso em: 03 out. 2019.

JEVONS, W.S. **The Coal Question**. Londres, 1866. *Ebook*.

KHANNA, N.; PLASSMANN, F. The demand for environmental quality and the environmental Kuznets Curve hypothesis. **Ecological Economics**. v. 51, p. 225-236, 2004.

KUZNETS, S. Economic Growth and Income Inequality. **The American Economic Review**, v. 45, n. 1, p. 1-28. 1995. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1811581?seq=1>. Acesso em: 25 out. 2019.

LAGO, A.A.C. do. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: o Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas**. Brasília: Editora Fundação Alexandre Gusmão, 2006. *Ebook*.

MALTHUS, T. **An Essay on the Principle of Population**. Londres. 1798. *Ebook*.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília, DF: Editora Ministério do Meio Ambiente, 2007. *Ebook*.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento na Amazônia**. Brasília: Editora Banco Mundial, 2003. *Ebook*.

MARTHA JUNIOR, G.B.; CONTINI, E.; NAVARRO, Z. **Caracterização da Amazônia Legal e macro-tendências do ambiente externo**. Brasília: Editora EMBRAPA, 2011. *Ebook*.

MONTIBELLER FILHO, G. Crescimento econômico e sustentabilidade. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 81-89, jun. 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9343>. Acesso em: 22 out. 2019.

NASCIMENTO, E.P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiente ao social, do social ao econômico. **Revista Estudos Avançados**, Brasília, v.26, n. 74, p. 51-64, 2012. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10624>. Acesso em: 11 maio 2020.

O 'CONNOR, J. **Natural Causes**: essays in Ecological Marxism. New York: Editora The Guilfor Press, 1998. *Ebook*.

OLIVEIRA, R.C.; ALMEIDA, E.; FREGUGLIA, R.S.; BARRETO, R.C. Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da Curva de Kuznets Ambiental para Amazônia legal. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, SP, v. 49, n. 03, p. 709-740, jul.-set. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032011000300008>. Disponível em: Acesso em: 12 out. 2019.

OPSCHOOR, J. B. Ecologische duurzame economische ontwikkeling: een theoretisch idee en een weerbarstige praktijk. In: NIJKAMP, P.; VERBRUGGEN, H. (Eds.). **Het Nederlands Milieu in de Europese Ruimte**: preadviezen van de koninklijke vereniging voor staathuishoudkunde. Stenfert Kroese, Leiden, p. 77-126, 1990.

PANAYOTOU, T. **Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development**. Geneva: Editora International Labour Office, 1993. *Ebook*.

PISANI, J. A. D. Sustainable development – historical roots of the concept. **Environmental Sciences**, África do Sul, v. 3, n. 2, p. 83-96, 2006.

PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97-119, 1995.

PRATES, R.C. **O desmatamento desigual na Amazônia brasileira**: sua evolução, suas causas e consequências sobre o bem-estar. 2008. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, 2008.

ROCA, J.; SERRANO, M. Income growth and atmospheric pollution in Spain: an input-output approach. **Ecological Journal**, v. 63, p. 230-242, 2007.

SANTOS, R. B.; DINIZ, M.B.; RIVERO, S.L.M.; OLIVEIRA JUNIOR, J.N. .Estimativa da curva de kuznets ambiental para a Amazônia Legal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA SOCIEDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIEDADE RURAL, 47., 2008, Pará. **Anais eletrônicos [...]**. Pará, 2008. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/ags/sbrfsr/113968.html>. Acesso em: 16 out. 2020.

SELDEN, T. M.; SONG, D. Environmental quality and development: is there a Kuznets Curve for air pollution emissions? **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v.27, n. 2, p. 147-162, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1006/jeem.1994.1031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S009506968471031X>. Acesso em: 16 out. 2019.

SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S. **Economic Growth and Environmental Quality**. Time-Series end Cross-Country evidence. Washington, D. C: Editora the World Bank, 1992. *Ebook*.

STERN, D. I.; COMMON, M. S.; BARBIER, E. B. Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development. **World Development**, [s.l.], v. 24, n. 7, p. 1151-1160, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(96\)00032-0](https://doi.org/10.1016/0305-750X(96)00032-0). Disponível em: Acesso em: 15 nov. 2019.

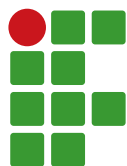
STERN, D., The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. **World Development**, Now York, v. 32, n. 8, p. 1419-1439, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X04000798>. Acesso em: 14 set. 2020.

TORRAS, M.; BOYCE, J. K. Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve. **Ecological Economics**, v. 25, p. 147-160, 1998.

UNITED NATIONS. **Our Common Future**. Report of the World Commission on Environment and Development. 1987. *Ebook*.

VIANA, A.L.D.; MACHADO, C.V.; BAPTISTA, T.W.F.; LIMA, L. D.; MENDONÇA, M.H.M.; HEIMAN, L.S.; ALBUQUERQUE, M.V.; IOZZI, F.L.; DAVID, V,C,. IBAÑEZ, P.; FREDERICO, S. Sistema de Saúde universal e território: desafios de uma política regional para a Amazônia Legal. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 117-131, 2007.

VON CARLOWITZ, H.C. **Sylvicultura economica**. [s.l.: s.n.], 1713. *Ebook*.



Time series study for groundwater level evaluation in monitoring well

Rubens Oliveira da Cunha Júnior¹, João Victor Mariano da Silva²

¹ Universidade Federal do Cariri (UFCA), Campus Crato, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB). Mestrando no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável. cunhajunior.rubens@gmail.com.

² UFCA, Campus Crato, CCAB. Mestrando no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável. joaovictormarianods@gmail.com.

Received in: December 31, 2020 | Accepted in: July 05, 2021

Abstract

Climate and hydrogeological conditions of the Brazilian semi-arid demand sustainable and efficient water solutions. Groundwater monitoring programs are tools to subsidize the decision-making in this sense. In Ceará state, the monitoring of Araripe sedimentary basin aquifers is important for the development of the region. In this scenario, the present work aimed to study the groundwater level through an exploratory analysis of time series. The study area covered the eastern portion of the Araripe sedimentary basin, in the municipality of Milagres, in Ceará state. As the object of this study, it was obtained the time series of monthly average groundwater levels in a monitoring well of RIMAS/CPRM and installed in the Middle Aquifer System. Graphical and numerical methods were applied for the identification and description of time series main characteristics. Precipitation data in the study area were used to evaluate the system recharge. Results were discussed according to the environmental aspects of the study area. As a result, it was possible the identification and description of time series patterns such as trend and seasonality through the applied methods. It is also highlighted the sharp drawdown of groundwater levels in long term in the time series, reflecting the quantitative state of the aquifer system, as well as the groundwater recharge during the rainy season of the region, evidenced by the study of time series seasonality together with the precipitation data.

Keywords: Araripe Sedimentary Basin. Water Resources. Semi-Arid.

Introduction

In the Brazilian semi-arid region, the water problem has been the subject of studies and interventions since the 19th century. The region is marked by high temperatures, fragile hydrography and irregular temporal and spatial precipitation distribution. These climate conditions, allied with the periodic droughts in the semi-arid, constitute a structural problem with economic and social implications. In this context, obtaining water for human supply and its usage in irrigation and industry in the region was constituted historically through the surface water impoundments in reservoirs or through wells drilling for groundwater catchment (REBOUÇAS, 1997; GARJULLI, 2003).

The semi-arid hydrogeology is characterized by two distinct contexts: the crystalline basement, in which the low permeability rocky formations give cause to efficient use of reservoirs as water

solution; and the sedimentary rocks, with potential groundwater reserves (REBOUÇAS, 1997). In Ceará state, the crystalline basement predominates, corresponding to about 75 % of the territory, and is located in its large central region. However, in the south end and the state's coast, sedimentary formations with high potential in groundwater resources are found (TEIXEIRA, 2003). In particular, in the south of the state, on the border with Pernambuco and Piauí, the Araripe Sedimentary Basin is located, a relevant area of hydrogeological interest due to its qualitative and quantitative groundwater potential (CPRM, 2009).

Araripe Sedimentary Basin is the biggest groundwater reserve of Ceará state and it is geographically inserted in the Cariri (from Ceará) region. The Cariri region is supplied almost in its entirety by groundwater from wells or springs. In this scenario, the municipalities of Crato, Juazeiro do Norte and Barbalha are included,

which exert strong centrality in the regional development. Population and economic growth have led to an increase in groundwater exploitation for human consumption and industry and irrigation use (VERÍSSIMO, 1999; MOURA-FÉ *et al.*, 2019).

The Middle Aquifer System is the most drilled and exploited one in the Cariri region, and the aquifer recharge occurs in most part because of the rain, having yet the contribution of springs located at the Araripe plateau foot. Taking into consideration its importance for the region's development, the aquifer is exposed to a series of factors that threaten its waters. The indiscriminate well drilling, the polluting waste generation by the agricultural and industrial activities, and the contamination of surface waters are risk factors that, allied with high groundwater exploitation, highlight the importance of monitoring, diagnosis and management tools (COGERH, 2009; VERÍSSIMO, 1999).

Groundwater monitoring in Araripe Sedimentary Basin is carried out by the Brazilian Geological Service – CPRM, as part of the Groundwater Integrated Monitoring Network – RIMAS, and by the Ceará Water Resources Management Company – COGERH. The groundwater monitoring is an essential tool for the quantitative and qualitative evaluation of reserves, since, through systematic observations of dynamic processes, such as the water levels and water quality in monitoring wells, it allows the historical tracking of important hydrological variables and provide information for planning and management (FEITOSA, 2008). In face of this, formalisms such as time series are important tools in the representation, modeling and forecasting of hydrological processes (MACHIWAL; JHA, 2012; CHAN; CRYER, 2008).

In time series study, the use of graphic tools for data analysis is important (MORLEY; ADAMS, 1991). Many time series characteristics can be identified through the graphical analysis

(HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018). Time series decomposition techniques for the identification and study of patterns such as trend and seasonality have been applied by authors like Cortes *et al.* (2018). In particular, regarding the study and evaluation of groundwater, Machiwal, Nimawat and Samar (2011) used graphic statistical techniques to evaluate groundwater monitoring networks. Also, time series approach was used by authors like Crosbie, Binning and Kalma (2005), to infer the aquifer system recharge, Carnier Neto (2006), in the assessment of monitoring networks, Hu, Zhang and Xing (2001), when analyzing the annual dynamic characteristics of groundwater level, and Gouvêa (2009), to study the influence of precipitation and soil characteristics in water level variations in recharge areas.

In light of the foregoing, the present paper aimed to analyze the evolution of groundwater level in a monitoring well in the Middle Aquifer, through time series studies. In this study, time series characteristics were graphically and numerically explored, and results were correlated with rainfall data, in order to understand the regional dynamics of the aquifer. The results obtained were discussed according to the environmental aspects of the study area.

Material and methods

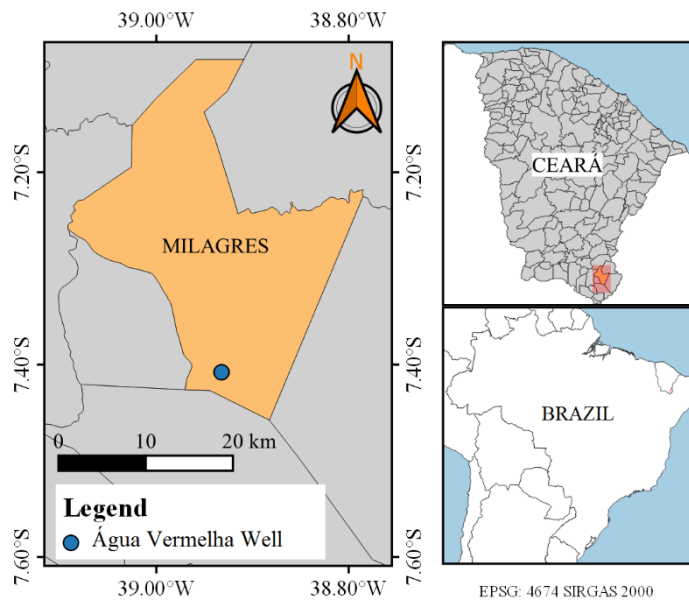
Study area

The study area of the present work is inserted in the municipality of Milagres, where the Água Vermelha well is situated, the object of this work. The municipality of Milagres is located at the south end of Ceará state, limited to the North by the municipalities of Barro and Aurora, to the South by Abaiara and Brejo Santo, to the East by Mauriti and Barro, and to the West by Missão Velha and Abaiara (IPECE, 2017). It has a land area of 579.097 km² and a population estimate of 27,462 inhabitants (IBGE, 2020).

The municipality is inserted in the context of the Salgado River sub-basin and the hydrogeological context of the Araripe sedimentary basin

(COGERH, 2019a). Figure 1 shows the location of the study area.

Figure 1 – Location map of the municipality of Milagres, Ceará, highlighting the location of Água Vermelha well, 2021.



Source: Elaborated by the authors (2021).

Hydrogeology of the region is characterized by a diversified lithostratigraphy, which provides the occurrence of aquifers alternating, aquitards and aquicludes, with spatial variations and discontinuities. Thus, the following hydrogeological division of the Araripe sedimentary basin is adopted: (i) Upper Aquifer System, represented by the Exu and Arajara formations; (ii) Santana Aquiclude, characterized by the homonymous formation; (iii) Middle Aquifer System, represented by the Batateira River, Abaiara and Missão Velha formations; (iv) Brejo Santo Aquiclude, defined by the homonymous formation; and (v) Bottom Aquifer System, determined by the Mauriti formation and basal part of the Brejo Santo formation (VERÍSSIMO, 1999).

The monitoring well has a useful depth of 70.0 m and is located at an altitude of 362.34 m above sea level. Its lithographic profile involves layers of thin sandstone, claystone, clay

and sandy clay (CPRM, 2021). Figure 2 shows the analyzed monitoring well.

The precipitation regime of the region is characterized by high interannual irregularity and by the rainfall temporal and spatial variability. The average annual precipitation in the Cariri region is 919.6 mm, with rainfall concentrated in the so-called rainy season, from December to May. In the months of December and January, the so-called pre-season rains occur, having the beginning of the rainy quarter in February of each year (TEIXEIRA, 2003).

The region has a warm semi-arid tropical, hot tropical and hot sub-humid tropical climate. The topography is formed by two distinct domains, plateau and depression, known respectively as Araripe plateau, which occupies 73 % of the total area of the Basin, and the Cariri Valley (COGERH, 2009).

Figure 2 – Água Vermelha well in the municipality of Milagres, Ceará, August, 2012.

Source: CPRM (2021).

Dataset

The dataset used in the present work consists of the time series of groundwater level evolution of Água Vermelha well, located in the south of Milagres municipality. The data were obtained from the Groundwater Integrated Monitoring Network - RIMAS/CPRM, station nº 2300022135 (CPRM, 2021). Water level measurements were obtained through an automatic level gauge equipped with a datalogger. The historical records of groundwater levels were obtained covering the period of August 2011 to November 2019.

For studying the aquifer recharge, it was also used precipitation data of the study area. The rainfall time series of meteorology stations located in the area of interest were obtained on the portal of the Meteorology Foundation of Ceará – FUNCEME.

Time series analysis

Time series are collections of observations sequentially realized in the time domain. Let y_t a time series, with $y_t = y_1, \dots, y_n$, indexed at the times t_1, \dots, t_n . The time series approach has applications in many fields of knowledge, such as economy, epidemiology, hydrological sciences, among others, since its study allows the understanding of the stochastic nature of the phenomena, to identify patterns and to make predictions from a known historical record. Time series analysis consists in identify its main properties, describe its behaviour and select suitable forecasting models (CHAN, CRYER; 2008).

The initial and most basic step of time series analysis is the visualization of time series values graphically disposed as a function of time. Analyzing time series plots allows identifying patterns, unusual values, changes throughout the

time and relations with other variables. Besides, computing the time series descriptive statistics is also important in this step (KABACOFF, 2015; SHUMWAY; STOFFER, 2017).

Time series can exhibit different patterns, and usually is useful for the analysis to decompose the time series in components that can represent these patterns, such as trend, seasonality and random variations. The decomposition can be additive ($y_t = S_t + T_t + R_t$) or multiplicative ($y_t = S_t \times T_t \times R_t$), in which S_t , T_t and R_t represent respectively the seasonality and trend components, and a remainder component. The decomposed time series can also be expressed in the form of $y_t = S_t + A_t$, in which $A_t = T_t + R_t$ is called the seasonally adjusted component. Thus, the seasonality and the A_t component can be analyzed separately.

The trend component captures changes in the time series values throughout the time, i.e., long-term changes in positive or negative directions. The seasonality represents the seasonal effects that influence the time series values in certain periods of the year, day of the week or hour of the day. The seasonal plots are useful graphical tools in this sense, once it allows that seasonal patterns can be perceived clearly. In this plot, sub-series for each station are shown, for example, for a monthly series, the values are shown by year, and the months are disposed on the horizontal axis. Lastly, the remainder component captures influences that cannot be described by the seasonal and trend effects.

Time series that do not show trend and seasonality patterns, i.e., those whose statistical properties that describes its behaviour do not change through time, are stationary time series. However, many time series which represents real-world phenomena are not-stationary time series, since it exhibits such patterns (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

There are several methods for time series decomposition, such as classical decomposition by Moving Averages, in addition to more sophisticated methods such as the Seasonal and Trend Decomposition using Loess (STL). The STL decomposition is a robust and versatile method developed by Cleveland *et al.* (1990). The method performs an additive decomposition and allows that parameters such as the trend curve smoothness and the seasonality variations can be controlled by the user. Also, the method is robust to outliers, so that the unusual values do not influence the trend and seasonality, but only the remainder component.

Through time series decomposition, the strength of the trend and seasonality components can be measured, according to the method proposed by Wang, Smith and Hyndman (2006). In time series with a strong trend pattern, the seasonally adjusted component A_t shows greater variance in comparison to the remainder component R_t . On the other hand, in cases of lower trends, the variances of both components are approximately equal. Thus, the trend and the seasonality can be calculated by Equations (1) and (2), respectively.

$$F_T = \max \left(0, 1 - \frac{\text{var}(R_t)}{\text{var}(T_t + R_t)} \right) \quad (1)$$

$$F_S = \max \left(0, 1 - \frac{\text{var}(R_t)}{\text{var}(S_t + R_t)} \right) \quad (2)$$

The value of $0 \leq F_T \leq 1$ is given by the relation between the variances of the remainder component and the seasonally adjusted component. Regarding the seasonality, it can have its strength measured in a similar way, but comparing the variance of a component without trend, i.e., $S_t + R_t$. The value of $0 \leq F_S \leq 1$ for time series with lower seasonality will be closer to 0, while in time series with stronger seasonal behaviour, it will be closer to 1 (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

Another important characteristic of time series is the relation of dependency between its values. Autocorrelation is a measure of dependency that quantifies the form of how the observations in a time series relate to each other. To this end, lagged values of the time series are used. To lag a time series means to delay its value in a certain number k of observations. The autocorrelation, r_k , between y_t and y_{t-k} is given by Equation (3).

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (3)$$

At which: \bar{y} is the time series average and n is the number of observations.

Once computed the correlations for many lagged values, they can be displayed graphically, through the Autocorrelation Function (ACF). The interpretation of the ACF plot can reveal the existence of trend or seasonality in time series (CHAN; CRYER, 2018).

Pluviometry

For the pluviometry study in a region, data from rainfall stations situated inside an area of interest and its surroundings are used. Then, it is adopted an average precipitation in the region, computed through methods such as arithmetic average, the Thiessen polygon method or isohyets method. This average precipitation is considered corresponding to a water depth that covers the considered area (TUCCI, 2001).

It was used 7 stations nearby to the studied well. For the selection, inactive stations, without data for the considered period or with an insufficient amount of data were not considered. For each station, the monthly accumulated precipitation time series were obtained in the period from August 2011 to November 2019. The average precipitation was computed for each month in the study period using the Thiessen polygon method, with a total influence area of 1,247 km². Then, the monthly precipitation time series were obtained.

In the Thiessen polygon method application, an influence area for each station inside the study area is defined, and the average precipitation is then calculated by the weighted mean of the rainfall measurements at each station so that the weights are the influence areas. Constructing the areas consists of tracing straight lines that join adjacent stations, followed by tracing the perpendicular bisectors of these areas. The generated polygons by the perpendicular bisectors are the Thiessen polygons (TUCCI, 2001).

Data processing and computational implementation

The precipitation time series, obtained from the FUNCEME website, and the groundwater level time series, available on the RIMAS website, were processed in Excel, in order to compute the monthly accumulated precipitation and average groundwater level time series, respectively. Thiessen polygon tracing and the influence areas calculation was carried out on QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2021), and the time series study was performed in the R statistical environment (R CORE TEAM, 2013). Gap-filling of time series was done by linear interpolation. The STL decomposition was computed by the *stl* function, using 11 observations as seasonality window (parameter *s.window* = 11) and the non-robust method (parameter *robust* = FALSE).

Results and discussion

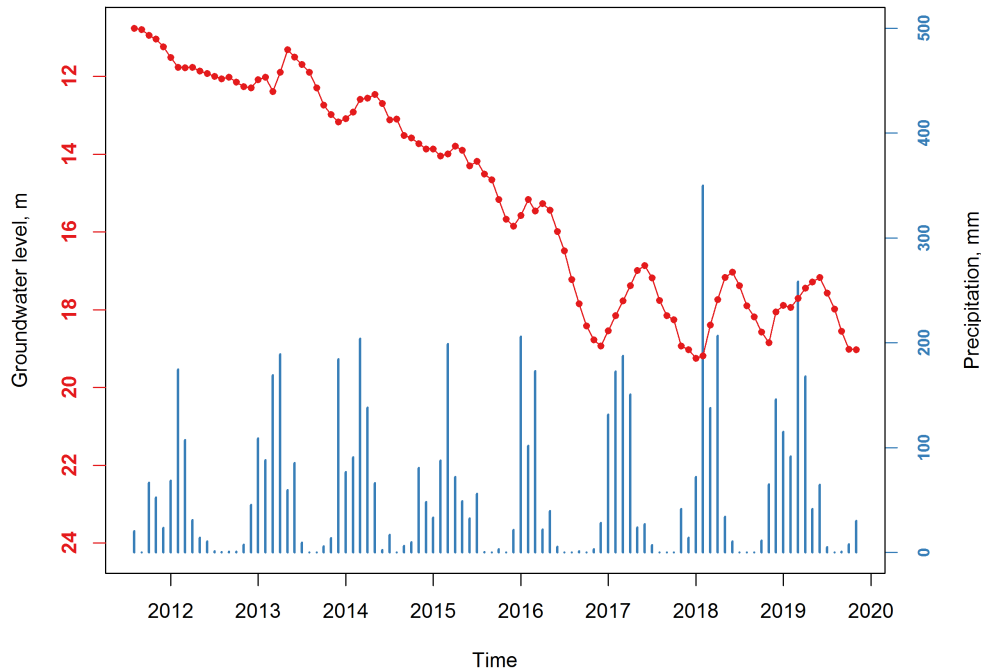
Time series analysis

The monthly average groundwater level time series obtained in the Água Vermelha well showed in general a sharp drawdown. The highest water level registered was the first of the time series, of 10.76 m in August 2011, while the lowest was registered in January 2018, equivalent to 19.25 m of depth. Therefore, the time series range was 8.49 m. The groundwater lowering, from the time series start to the last record, was 8.30 m.

Monitoring groundwater levels evolution is important for water availability evaluation. Historical precipitation data are also considered in this evaluation, once it allows the measurement of the aquifer

system recharge. Figure 3 shows the monthly groundwater level time series in Água Vermelha well, in comparison with the monthly accumulated precipitation time series in the study area.

Figure 3 – Evolution of monthly average groundwater level in Água Vermelha well vs. Precipitation in the study area, during the period of August/2011 to November/2019.



Source: Elaborated by the authors (2021).

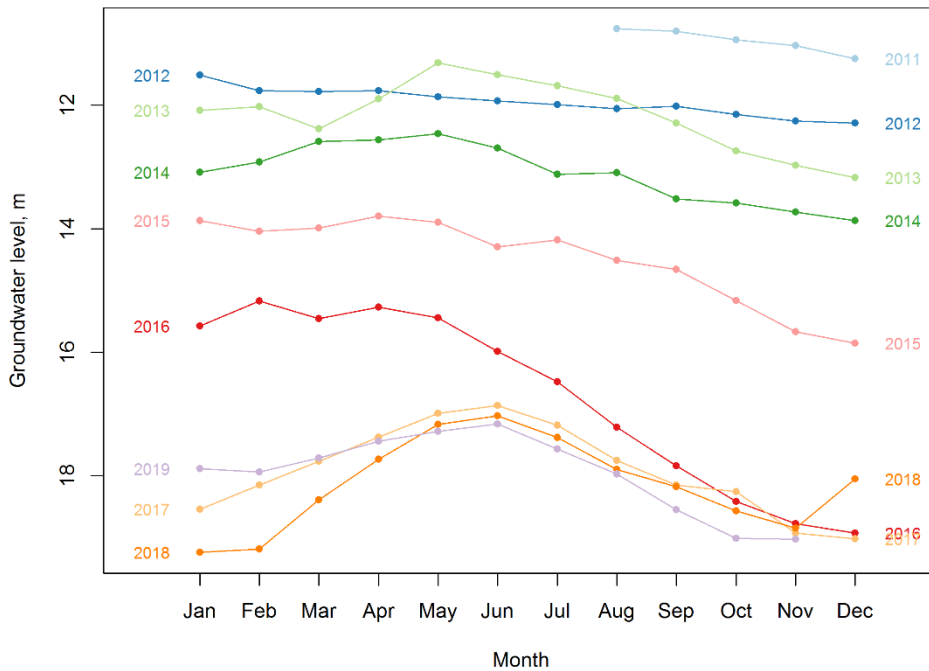
By analyzing the groundwater level time series, it can be seen at long term a clear negative trend from 2011 to 2016, indicating the water level drawdown. Then, from 2017 to 2019, there are no trend variations, and a seasonality pattern occurs, causing a periodic increase in the time series values at the beginning of each year. This seasonal variation also occurs in the first years of the time series, but in a milder way.

Another way to clearly analyze the seasonal behaviour of time series is through the seasonal plots, shown in Figure 4. The negative trend throughout each year is evident, where 2016 was the year that showed the biggest drawdown of groundwater level. From 2017, the periodic increase of groundwater level starts in February, reaching the highest value in June. In the early

years of the time series, there is also a slight increase in the level during this period. In fact, this is due to the region precipitation regime, in which the rainy season begins in February and extends to May, despite the interannual variability.

In hydrological time series, the exhibition of patterns such as trend and seasonality occurs due to climate natural variations or anthropic action (KARAMOUZ; NAZIF; FALAHI, 2012). The individual study of these components is useful to understand the time series, as well as to improve the performance of modeling techniques and prediction. The STL decomposition of the monthly groundwater level time series is shown in Figure 5. By analyzing separately each component, it can be perceived that in this method the seasonality is considered dynamic, increasing

Figure 4 – Seasonal plot of monthly average groundwater level in Água Vermelha well, during the period of August/2011 to November/2019.



Source: Elaborated by the authors (2021).

throughout the years, and the trend plot shows the drawdown of the water level, followed by a period of stability. The grey vertical bars, on the right side of each plot, have the same size, but are expressed in different scales. The difference in the bar sizes implies that the variations in the seasonality and the remainder components are small in comparison to the variations in the original time series, while in the trend, the variations are bigger in relation to the original time series. This allows to graphically infer the strength of trend and seasonality (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

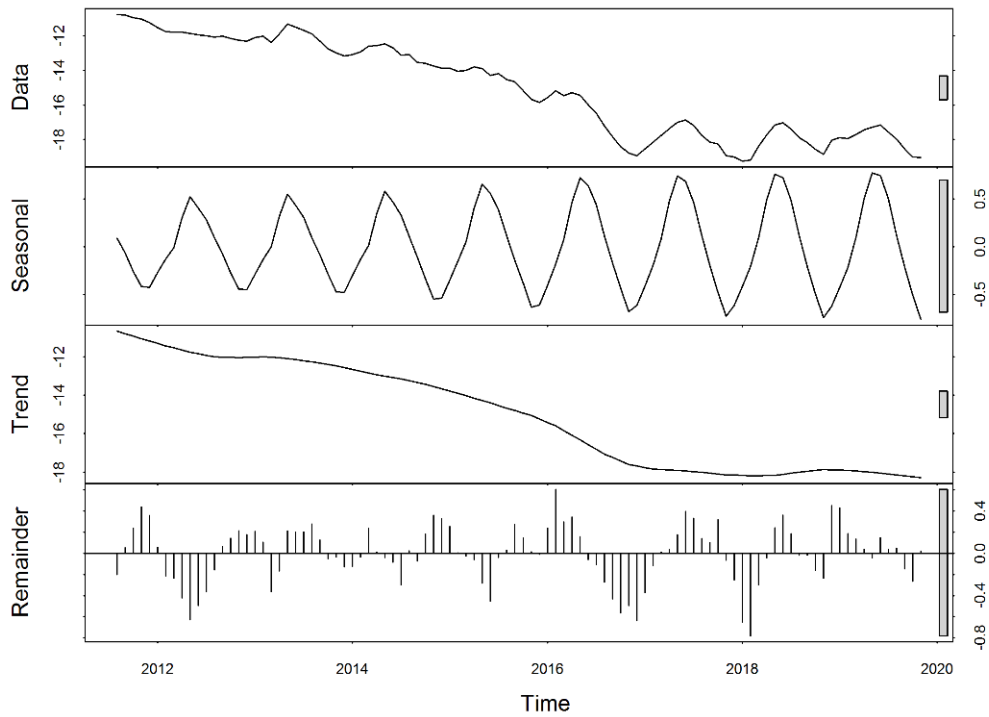
Another way for measuring the presence of trend and seasonality components is through the relation between its variances and the variance of the remainder component. Therefore, Equations (1) and (2) were applied and the obtained values were $F_T = 0.9897$ and $F_S = 0.7166$. The value of F_T closer to 1 is a numerical indicative of the strong trend present and allows infer that the trend is the most important component of the time series. The value of F_S indicates the

existence of seasonality in the time series, although it manifests in more slightly in relation to the trend component.

The existing autocorrelation between the observations of a time series is another important factor in its study. The autocorrelation function plot for the monthly groundwater level time series up to lag 24 is shown in Figure 6. In the x-axis the lagged values of the series are disposed, i.e., the values of y_{t-k} , where k is a lag, while the y-axis is formed by the correlation values between the lags.

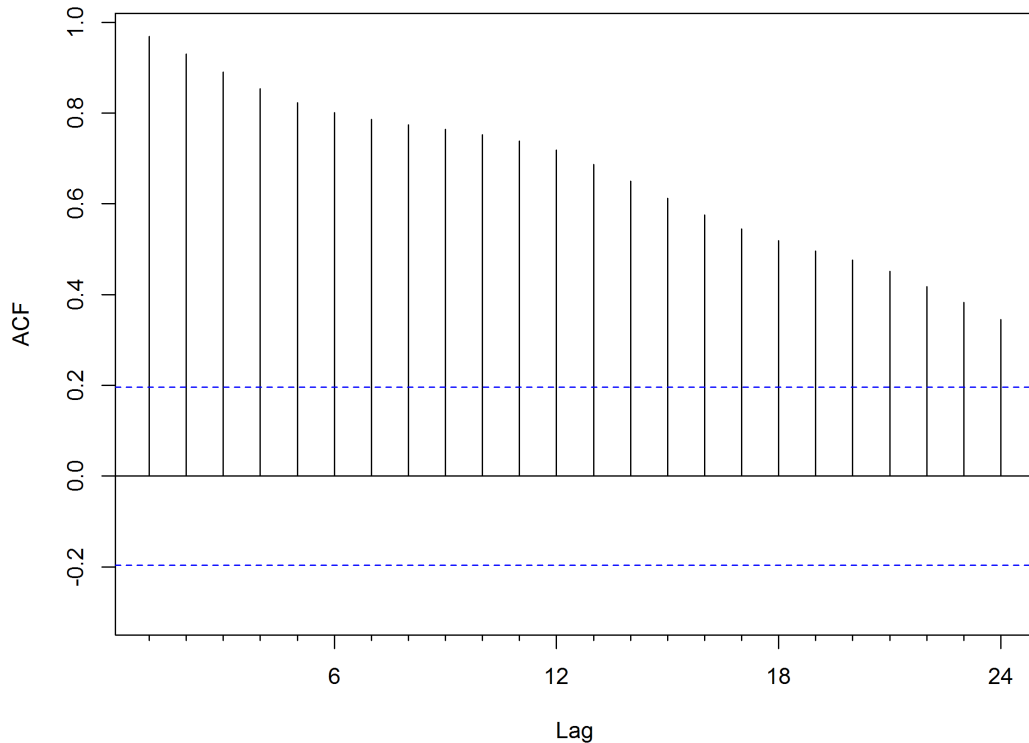
The pattern shown in the plot is characteristic of time series with the trend, since the correlation is higher and positive in the smaller lags, while smoothly decrease according to the greater the lags are. This implies that the time series observations have strong relation with the observed value at the immediately previous months. Besides, the significant correlation value at lag 12 indicates the time series annual seasonality.

Figure 5 – Monthly average groundwater level in Água Vermelha well (August/2011 to November/2019), and the 3 additive components obtained by STL decomposition.



Source: Elaborated by the authors (2021).

Figure 6 – Autocorrelation Function (ACF) plot of monthly average groundwater level time series in Água Vermelha well, during the period of August/2011 to November/2019.



Source: Elaborated by the authors (2021).

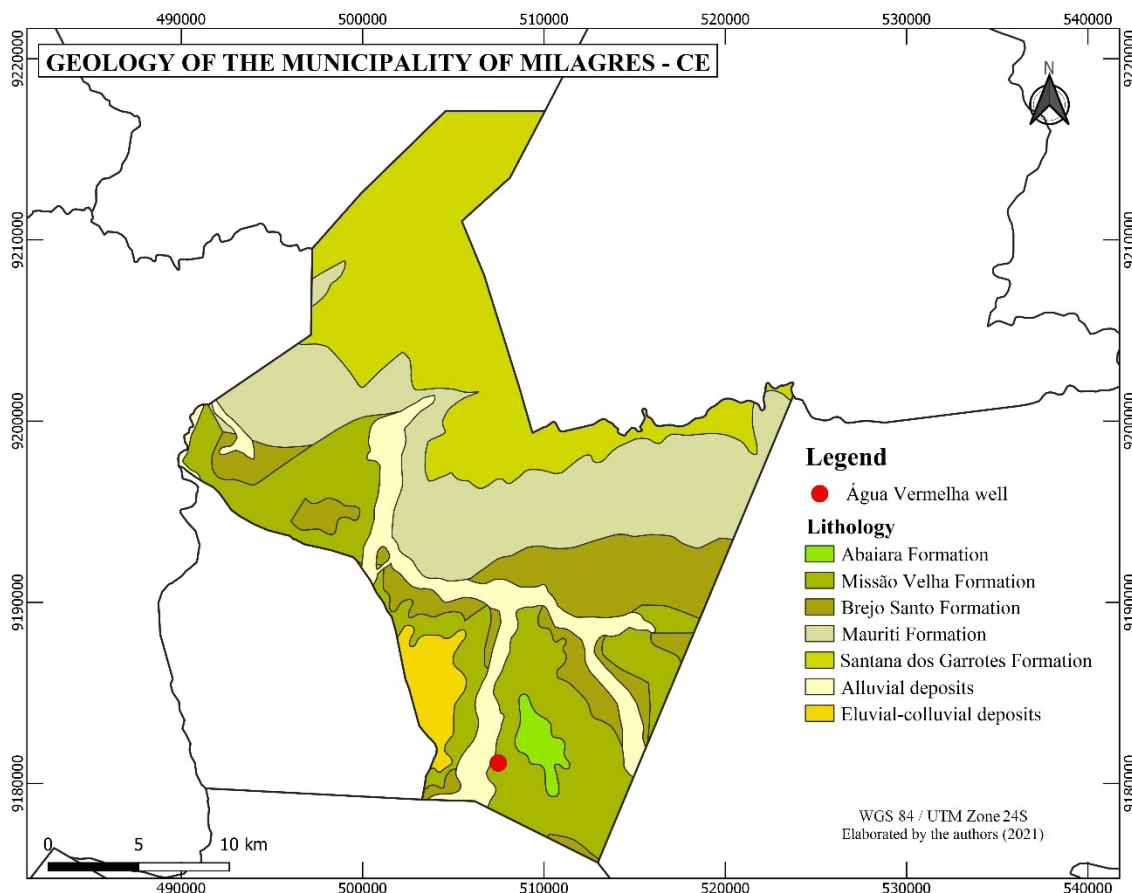
Environmental aspects of the study area

The observed drawdown of the groundwater level in the well, according to Figure 3, reflects the situation of the quantitative state of the Middle Aquifer System. According to the Report of Monitored Wells of Cariri by COGERH (2019b), by observing the comparative of 10 years of monitoring, from 2009 to 2019, most of the monitored wells by the agency exhibits drawdown, sometimes significant, in relation to the

initial values. Regarding the qualitative state of the Araripe Basin aquifers, authors like Gomes, Mendonça and Cavalcante (2019) highlight the vulnerability and the risk of pollution to which the water reserves are subjected.

Inserted in the geological context of the Araripe sedimentary basin, the municipality of Milagres has lithological characteristics that contribute to good groundwater storage capability, as can be identified by its lithologies. Figure 7 shows the geological map of the municipality.

Figure 7 – Geological map of the municipality of Milagres, Ceará, highlighting the Água Vermelha well location, 2020.



Source: CPRM (2020).

It can be seen in the municipality territory that the geological context of Milagres is characterized by the existence of sedimentary rocks derived from the Araripe sedimentary basin. According to the geological base of the Brazilian

Geological Service (CPRM, 2020), its lithological heterogeneity varies among silt shales (Abaiara Formation), thick and thin sandstones, and conglomerates (Missão Velha Formation), besides the shales, argillite and silt of varied colours

(Brejo Santo Formation), overlaid by sandstones of thick granulometry (Mauriti Formation).

Based on this characterization and identification according to the map, it can be noticed that the studied well is settled on the Missão Velha Formation. In his studies, Camacho (2016) characterizes this location as an underground space where are the middle aquifer waters, situated over an aquitard derived from the Brejo Santo formation. The lithological conditions in which the Água Vermelha well is situated, marked by a rocky sedimentary substrate, provides the ideal conditions for groundwater storage. This is due to the type of rock, in which there is a porosity of interstitial or primary type, characteristic of sedimentary environment with sandy composition (REBOUÇAS, 2013).

The studied monitoring well is located relatively far from the city. Figure 8 shows the surrounding area of the studied well, from CBERS 4 satellite image obtained through the General Division of Images (INPE, 2021), referring to the period of August 2020. While it is possible to see the distancing between the well and the city space, agricultural areas can be seen in its surroundings. The Água Vermelha well is a monitoring well, therefore there is no pumping of its waters. However, the historical observations of measured groundwater level evolution exhibit a significant drawdown on the water-table level in the well. This, in turn, indicates that the aquifer systems waters of the region are subject to disturbances from climatological factors and land use.

Figure 8 – Visualization of the Água Vermelha well surroundings from a satellite image, August/2020.



Source: Elaborated by the authors (2021).

In the socio-environmental context, groundwater obtained from drilled wells are useful for

the development of many functions, in the physical and biological sphere as well as in the social

sphere. Groundwater is used for activities such as agricultural production, industrial activities, besides the populational supply (MANZIONE, 2015). It is important to point out that groundwater in the semi-arid environment context has greater importance, once it constitutes one of the main forms of water supply. Such fact is due to the rainfall irregularity inherent of the region, as well as by the intermittency of the watersheds, where most of them have water flow only during the rainy season (TEIXEIRA, 2003; WHEATER; MATHIAS; LI, 2010).

In general, even having immeasurable importance for the human species, the water environments are the most affected by the lack of environmental protection, population growth and land use. In surface water sources and underground environments, it can be seen the water contamination, that degrade not only the physical and biological space, but also reach the social sphere (SOARES, 2015).

Conclusion

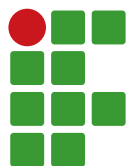
Methods explored in this research allowed the identification and the description of the main characteristics of the analyzed time series. The Água Vermelha well showed a significant lowering of water levels, despite the recharge during the rainy season. Given the importance of the Araripe sedimentary basin aquifer systems, the study of groundwater levels evolution in monitoring wells and the evaluation of the environmental aspects in the area allow to perform the diagnosis of groundwater qualitative and quantitative states, as well as to understand the local dynamics and the aquifers systems behaviour.

References

- CARNIER NETO, D. **Análise das séries temporais de monitoramento de nível d'água em poços no aquífero Rio Claro**. 2006. vii, 61 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/92806>. Acesso em: junho/2021.
- CAMACHO, C. R. **A influência da estruturação geológica sobre o fluxo das águas subterrâneas no Vale do Cariri – Bacia Sedimentar do Araripe - Ceará – Brasil**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará (Dissertação de mestrado), 2016, p. 19 – 33.
- CHAN, K.; CRYER, J. **Time series analysis with applications in r**. New York: Springer, 2008.
- CLEVELAND, R. B.; CLEVELAND, W. S.; MCRAE, J. E. STL: A seasonal-trend decomposition. **Journal of official statistics**, v. 6, n. 1, p. 3-73, 1990.
- COGERH. **Plano de Monitoramento e Gestão dos Aquíferos da Bacia do Araripe**: Estado do Ceará. Fortaleza: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, CE, 2009.
- COGERH. **Comitês de Bacias Hidrográficas**. Fortaleza: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, CE, 2019a.
- COGERH. **Boletim de Monitoramento dos Poços com Datalogger no Cariri - CE (Ano de 2019)**. Fortaleza: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, CE, 2019b.
- CORTES, F.; MARTELLI, C. M. T.; XIMENES, R. A. A.; MONTARROYOS, U. R.; SIQUEIRA JUNIOR, J. B.; CRUZ, O. G.; ALEXANDER, N.; SOUZA, W. V. Time series analysis of dengue surveillance data in two Brazilian cities. **Acta tropica**, v. 182, p. 190-197, 2018.

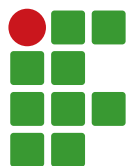
- CPRM. **Hidrogeologia da porção oriental da Bacia Sedimentar do Araripe**: Diagnóstico do estado da arte. Brasil: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2005. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/10454/1/META_A.PDF. Acesso em: junho/2021.
- CPRM. **Implantação de Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas**. Brasil: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2009. Disponível em: http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/proposta_monitoramento_CPRM_2009.pdf. Acesso em: junho/2021.
- CPRM. **Mapa geológico e de recursos naturais do estado do Ceará**. Brasil: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2020. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20418>. Acesso em: junho/2021.
- CPRM. **Rede Integrada De Monitoramento de Águas Subterrâneas - RIMAS**. Brasil: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2021. Disponível em: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout>. Acesso em: junho/2021.
- CROSBIE, R. S.; BINNING, P.; KALMA, J. D. A time series approach to inferring groundwater recharge using the water table fluctuation method. **Water Resources Research**, v. 41, n. 1, 2005.
- FEITOSA, F. A. C. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.
- GARJULLI, R. Os recursos hídricos no semi-árido. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 38-39, 2003.
- GOMES, M. C. R.; MENDONÇA, L. A. R.; CAVALCANTE, I. N. Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas na Porção Leste da Bacia Sedimentar do Araripe, Ceará, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 252-259, 2019.
- GOUVÊA, T. H. **Análise estatística da influência da precipitação e de características do solo na variação do nível d'água em área de recarga do Aquífero Guarani**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**. Melbourne, Australia: OTexts, 2018. Disponível em: <https://www.OTexts.com/fpp2>. Acesso em: junho/2021.
- HU, K. Z.; ZHANG, J. Z.; XING, L. T. Study on dynamic characteristics of groundwater based on the time series analysis method. **Water Science Engineering Technology**, v. 5, p. 32-34, 2001.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE: Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: junho/2021.
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Divisão de Geração de Imagens (DGI)**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2021. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo>. Acesso em: junho/2021.
- IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal de Milagres**. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE: Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal>. Acesso em: junho/2021.
- KABACOFF, R. **R in Action: Data Analysis and Graphics with R**. Manning, 2015.
- KARAMOUZ, M.; NAZIF, S.; FALAHI, M. **Hydrology and hydroclimatology: principles and applications**. CRC Press, 2012.

- MACHIWAL, D.; NIMAWAT, J. V.; SAMAR, K. K. Evaluation of efficacy of groundwater level monitoring network by graphical and multivariate statistical techniques. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 48, n. 3, p. 36-43, 2011.
- MACHIWAL, D.; JHA, M. K. **Hydrologic Time Series Analysis: Theory and practice**. New Delhi, India: Springer, 2012.
- MANZIONE, R. L. **Águas subterrâneas: conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar**. Jundiaí, Paco Editorial, 2015.
- MORLEY, S.; ADAMS, M. Graphical analysis of single-case time series data. **British Journal of Clinical Psychology**, v. 30, n. 2, p. 97-115, 1991.
- MOURA-FÉ, M. M.; SILVA, M. J. A.; DIAS, V. P.; MONTEIRO, D. A.; SILVA, J. H. M.; RODRIGUES, R. M. Região Metropolitana do Cariri (RMC), Ceará: meio ambiente e sustentabilidade. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 1198-1216, 30 set. 2019.
- REBOUÇAS, A. C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.
- REBOUÇAS, A. C. Águas Subterrâneas. In: GAIMPÁ, C. E. Q.; GONÇALES, V. G. **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2. Ed. 2013, p. 17 – 56.
- SHUMWAY, R. H.; STOFFER, D. S. **Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples**. Springer, 2017.
- SOARES, G. C. S. **Cadeia causal da degradação de nascentes na bacia hidrográfica do Rio Gramame – Paraíba** (Dissertação). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2016.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System, 2021.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2013.
- TEIXEIRA, F. J. C. **Modelos de gerenciamento de recursos hídricos: análises e proposta de aperfeiçoamento do sistema do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2001.
- VERÍSSIMO, L. S. **A importância das Águas subterrâneas para o Desenvolvimento socioeconômico do Eixo CRAJUBAR, Cariri ocidental - Estado do Ceará**. 1999. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
- WANG, X.; SMITH, K.; HYNDMAN, R. Characteristic-based clustering for time series data. **Data mining and knowledge Discovery**, v. 13, n. 3, p. 335-364, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10618-005-0039-x>.
- WHEATER, H. S.; MATHIAS, S. A.; LI, X. **Groundwater Modelling in Arid and Semi-Arid Areas**. New York: Cambridge University Press, 2010. ISBN978-0-521-11129-4.



Sumário

Desempenho agrônômico de híbridos de milho para produção de forragem na safra 2019/2020	330
Dionatas Alex Garcia; José Luiz de Andrade Rezende Pereira; Tássio Rezende Garcia; Vítor Marinello Souza; Luciano Luiz Pereira Júnior	
Caracterização físico-química e avaliação sensorial de cafés submetidos à diferentes processamentos pós-colheita	340
Rodrigo Moreira do Prado; Leonardo Leite Moreira; Paula Tristão Santini; José Marcos Angélico de Mendonça; Luciana Maria Vieira Lopes Mendonça	
Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no cultivo do feijoeiro.....	350
Márcio José de Santana; Matheus Pereira de Assis; Stephânia Martins Trindade; Jan Cornelis van Kempen; Nicolly Urzedo Carneio	
Extrato de gengibre como alternativa para o controle de tripes (<i>Thrips tabaci</i>) em alface hidropônica	363
Synara Silva; Marcelo Antônio de Sousa Gouvêia; Sylmara Silva; Luciano Donizete Gonçalves; Rafael Pereira	
Dinâmica populacional do complexo de cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) em capim braquiária e mombaça.....	373
Westefann dos Santos Sousa; Jorge Luis Carvalho Silva; Thiago Souza Campos; João Victor de Lima Santos	
Análise socioambiental da zona rural de Espírito Santo do Dourado/MG: perspectiva para políticas integracionais futuras	382
Marielle Rezende de Andrade; Fábio Geraldo Ávila; Roosevelt Heldt Junior; Mireile Reis dos Santos	
Crescimento econômico e sustentabilidade: uma análise da Curva Ambiental de Kuznets sobre Amazônia Legal	395
Vasconcelos Reis Wakim; Jaques Otto Roma; Elizete Aparecida de Magalhães	
Estudo de séries temporais para avaliação do nível de água subterrânea em poço de monitoramento.....	410
Rubens Oliveira da Cunha Júnior; João Victor Mariano da Silva	



Desempenho agrônômico de híbridos de milho para produção de forragem na safra 2019/2020

Dionatas Alex Garcia¹, José Luiz de Andrade Rezende Pereira², Tássio Rezende Garcia³, Vitor Marinello Souza⁴, Luciano Luiz Pereira Júnior⁵

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes. Graduando em Engenharia Agrônômica. dionatas.garcia10@gmail.com.

²IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Professor. joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

³IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Graduando em Engenharia Agrônômica. rezendegarcia@bol.com.br.

⁴IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. cursando Técnico em Agropecuária. marinellosv@outlook.com.

⁵IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Graduando em Engenharia Agrônômica. luciano115junior@gmail.com.

Submetido: 18/09/2020 | Aceito: 19/01/2021

Resumo

O milho possui grande destaque econômico no agronegócio nacional e internacional, sendo usado para diversas finalidades, tais como utilização do grão e em forma de volumoso (silagem). Este trabalho teve como objetivo avaliar as características agrônômicas de 12 híbridos de milho para produção de silagem em Inconfidentes/MG. Utilizaram-se de 12 híbridos, sendo: 20A78PW, 2B512PW, 2B533PW, 2B688PW, 30F53LEPTERA, AG8740-PRO3, DKB345-PRO3, DKB363-PRO3, LG3055-PRO3, LG6036-PRO3, MAXIMUS-VIP3 e MG652PW. Os tratamentos foram implantados no delineamento de blocos casualizados (DBC), com 3 repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de 4 linhas de 5 metros de comprimento e espaçamento de 0,8 m entre fileiras, sendo a área útil as duas linhas centrais. Os parâmetros avaliados foram produtividade de matéria verde, produtividade de matéria seca, altura de planta, altura de espiga, espessura média do colmo, janela de corte, florescimento e ciclo. Os híbridos 20A78PW, 2B533PW, DKB345-PRO3 e DKB363-PRO3 apresentaram os maiores valores de janela de corte em relação aos demais. O híbrido LG3055-PRO3 apresentou a menor janela de corte. Os híbridos 30F53LEPTERA, AG8740, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3 e MG652PW apresentaram os maiores valores de altura de planta. Não foi observada diferença estatística entre os híbridos para as variáveis produtividade de matéria verde, altura de espiga e espessura do colmo. Os híbridos AG8740, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3 e MG652PW obtiveram os maiores valores de produtividade de matéria seca. Os híbridos 20A78PW, 2B533PW, DKB345-PRO3 e DKB363-PRO3 apresentaram o menor tempo de florescimento masculino e feminino. O híbrido DKB345-PRO3 se destacou, mostrando-se com grande potencial para ser recomendado e cultivado pelos produtores de silagem.

Palavras-chave: Matéria seca. *Zea mays* L. Silagem. Volumoso. Florescimento.

Introdução

A cultura do milho possui grande destaque econômico no agronegócio nacional e internacional, sendo utilizada para diversas finalidades, em destaque a utilização do grão para consumo humano e principalmente como concentrado nas dietas animais e em forma de volumoso (silagem). Altas produtividades da cultura podem ser relacionadas com as características fisiológicas das plantas utilizadas para o processamento da silagem, pois trabalhos realizados propõem que a qualidade final do produto está diretamente mais correlacionada com as características qualitativas dos elementos vegetativos da planta do que ao grão em si (MENDES *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2011).

O processo de ensilagem objetiva a conservação das forrageiras que, por sua vez, vem sendo cada dia mais adotada como estratégia para o período de seca e falta de alimento para os animais e melhoria no aproveitamento da cadeia produtiva. A silagem representa uma participação de mais de 70 % nas propriedades produtoras de leite, tornando-se um forte parâmetro para o mercado de milho em nível nacional (VIEIRA; ANTUNES, 2018). O milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies cultivadas de grande diversidade genética, tanto em qualidade nutricional quanto em produtividade, apresentando um volumoso de elevado valor nutricional e com importância considerável principalmente na alimentação de ruminantes, visando ao maior potencial produtivo do animal (MARCONDES *et al.*, 2012).

Moraes *et al.* (2013) apontaram a existência de grande variedade de híbridos de milho para a produção de silagem, sendo a espécie *Zea mays* L. considerada uma das mais cultivadas para este fim, além de fornecer uma considerável diversidade em variáveis como matéria verde, espessura de colmo, entre outras que influenciarão no aspecto nutricional do produto final da silagem.

Zopollatto *et al.* (2009) expressaram que o milho possui diversos compostos diferentes, sendo a fração vegetativa constituída por carboidratos estruturantes e a fração granífera com o amido do endosperma. Assim, verifica-se que do florescimento ao estágio de grão farináceo, a cultura tem importante transformação, levando em consideração o aspecto quantitativo com a concentração de matéria seca e também o aspecto qualitativo com a alteração rápida da porcentagem dos compostos nutritivos, ou seja, da parte forrageira das plantas.

Oliveira *et al.* (2007) expuseram em seu trabalho que fatores como ciclo, tipo, produtividade de matéria seca, por exemplo, têm destaque na escolha dos híbridos para o cultivo, pois influenciam a quantidade e o valor nutricional da silagem. Além disso, ressaltam a existência de grande variedade de cultivares de milho quando considerada a produtividade de matéria seca e sua qualidade.

A cultura do milho apresenta grande variabilidade para definição de seu ciclo completo, uma vez que as condições ambientais e a diversificação de genótipos interferem no seu desenvolvimento; assim, toma-se como base o número de dias desde a sua semeadura até a colheita ou a ocorrência da inflorescência (MACHADO *et al.*, 2017).

Oliveira *et al.* (2005) citaram que ensaios de competição de híbridos de milho são de extrema importância para avaliar o desempenho agrônômico de novas cultivares híbridas geneticamente melhoradas lançadas no mercado,

sendo avaliadas nas diferentes condições ambientais. Diante disso, a escolha da cultivar híbrida pelo produtor, mais adequada para suas condições locais, será obtida com base em dados resultantes de ensaios de caracterização agrônômica (SANTOS *et al.*, 2002). Lupatini *et al.* (2004) ressaltaram que os melhores desempenhos das cultivares híbridas destinadas à produção de silagem ocorrem quando todas as condições locais são adequadas para o desenvolvimento da planta.

Jaremtchuk *et al.* (2005) reforçaram a afirmativa de que para a escolha do híbrido de milho para silagem com a finalidade de uma produção exequível no aspecto econômico e com destaque na qualidade, deverão ser utilizadas as cultivares de maior produtividade e adaptadas às condições ambientais da localidade de cultivo.

Desta maneira, é relevante que pesquisas gerem informações, avaliando o desempenho das cultivares híbridas de milho disponíveis no mercado, subsidiando recomendações de cultivares para silagem de planta inteira para diversas ocasiões e regiões. Neumann *et al.* (2018) citaram também a forte interação entre o genótipo e o ambiente sobre o desempenho de cultivares de milho destinados à produção de silagem.

Diante das informações expostas, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico de 12 híbridos de milho para produção de silagem em Inconfidentes/MG na safra 2019/2020.

Material e métodos

O experimento foi realizado em campo no município de Inconfidentes/MG, na área experimental da Fazenda do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus* Inconfidentes.

O município se localiza a 869 m de altitude, 22°18'47" de latitude Sul e 46°19'54,9" de longitude Oeste (FAO, 1985). O clima da região

é do tipo temperado propriamente dito, ou seja, mesotérmico de inverno seco (Cwb). Possui temperatura média anual de 19,3 °C e precipitação média anual de 1.411 mm (FAO, 1985). A área possui um latossolo vermelho amarelo eutrófico (DOS SANTOS *et al.*, 2018) sendo cultivada anualmente com milho.

Foram utilizados 12 híbridos (20A78PW, 2B512PW, 2B533PW, 2B688PW, 30F53LEPTERA, AG8740, DKB345-PRO3, DKB363-PRO3, LG3055-PRO3, LG6036-PRO3, MAXIMUS e MG652PW) com características para a produção de silagem.

O experimento foi instalado no dia 22 de novembro de 2019, época de plantio recomendada na região. O solo foi preparado de maneira convencional. Foi realizada uma aração a 30 cm de profundidade e, em seguida, duas gradagens para destorroamento e nivelamento.

Os tratamentos foram instalados utilizando o delineamento de blocos casualizados (DBC), com 3 repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de 4 linhas de 5 metros de comprimento e espaçamento de 0,8 m entre fileiras, sendo a área útil as duas linhas centrais.

Os parâmetros avaliados foram produtividade de matéria verde (PMV) em t ha⁻¹, produtividade de matéria seca (PMS) em t ha⁻¹, altura de planta (AP) em metros, altura de espiga (AE) em metros, espessura média do colmo (EC) em centímetros, janela de corte (JC) em dias, florescimento masculino (FM) e feminino (FF) em dias e o ciclo (CC) em dias.

Foi determinada a avaliação desses parâmetros devido à extrema relação deles nos aspectos qualitativo e quantitativo do produto final, que é a silagem de planta inteira. A interação genótipo e ambiente apresenta também uma forte influência entre elas.

A variável matéria verde foi determinada a partir das plantas das duas linhas centrais de cada área útil na qual elas foram cortadas

e foram amarrados feixes para distribuição do peso, sendo pesadas na sequência em uma balança digital de mão; posteriormente, calculou-se a produtividade em t ha⁻¹ da matéria verde.

Para obtenção da matéria seca, as plantas das áreas úteis foram cortadas e picadas após as espigas apresentarem 1/2 linha do leite e, em seguida, foi retirada uma amostra de 300 g, a qual foi desidratada com auxílio de uma estufa de circulação de ar forçada a 56 °C por um período de 72 h e, após esse período, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas em balança de precisão. A partir da porcentagem de matéria seca do híbrido obtida por meio da diferença de peso verde e seco, foi determinada a produtividade em t ha⁻¹ dessa variável.

A altura de planta foi determinada pela medida em metros da altura média de dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil, sendo esta medida realizada a partir do nível do solo até o ponto de inserção da folha bandeira (última folha da planta).

A altura de espiga foi obtida pela altura média de dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil, medida em metros, do nível do solo até o ponto de inserção da espiga principal.

Para a determinação da espessura média do colmo, as medidas foram realizadas em centímetros com auxílio de paquímetro. Foram medidos três pontos na planta e obteve-se uma média, sendo um ponto a 20 cm acima do nível do solo, outro na inserção da espiga principal e outro na inserção da folha bandeira e o valor final para fins de avaliação foi a média de dez plantas escolhidas aleatoriamente dentro da área útil.

A janela de corte foi determinada a partir do momento em que as plantas estavam aptas para realizar seu corte, de 1/2 da linha do leite a 3/4 da linha do leite.

Para a avaliação dos florescimentos, foi mensurado o número de dias da semeadura até 50 % das plantas da parcela apresentarem

anteras liberando pólen, no caso do florescimento masculino (pendoamento), ou emitirem estilo-estigma no florescimento feminino (embonecamento), de acordo com a metodologia de Clovis *et al.* (2015) e Ciappina (2019). Foi calculado, também, o intervalo de florescimento que trata da diferença, em dias, entre o pendoamento e o embonecamento.

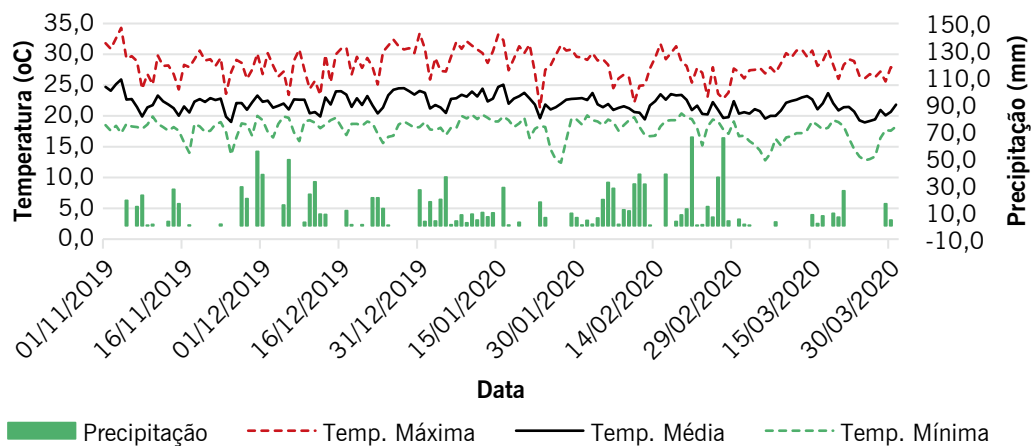
O ciclo de cada híbrido foi determinado a partir do momento da semeadura até quando as plantas apresentaram o seu ponto de corte, no qual o milho estava na $\frac{1}{2}$ da linha do leite. As avaliações da linha do leite eram realizadas semanalmente após o florescimento masculino e feminino; posteriormente, com os híbridos apresentando quase a metade da linha do leite, as avaliações passaram a ser diárias, por precaução para que o momento ideal do corte não fosse observado tardiamente e com possíveis erros analíticos.

Os dados foram analisados por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2011) e as variáveis foram comparadas pelo teste Skott-Knott (1974), a 5 % de probabilidade.

Resultados e discussão

A interação genótipo e ambiente é de extrema importância, desta maneira podemos observar na Figura 1 os dados da temperatura máxima, mínima e média e a precipitação ao longo da condução do experimento. Os dados foram coletados em uma estação meteorológica (Vantage Pro2 - Davis®) instalada na Fazenda do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes em local com Latitude: 22° 18' 37,47" S, Longitude: 46° 19' 56,31" O e Altitude: 914,0 m. O equipamento armazena dados horários, os quais foram integralizados para obtenção do total diário de precipitação, e foi calculada a média diária para os dados de temperatura.

Figura 1 – Temperatura e precipitação durante a condução do experimento de novembro/2019 a março/2020 em Inconfidentes/MG.



Fonte: Barbosa (2020).

Os resultados médios para produtividade de matéria verde (PMV), produtividade de matéria seca (PMS), altura de planta (AP), altura de

espiga (AE), espessura do colmo (EC) e janela de corte (JC) estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores do desempenho agrônômico de 12 híbridos de milho para silagem avaliados em Inconfidentes/MG na safra 2019/2020.

Híbridos	*PMV (t ha ⁻¹)	*PMS (t ha ⁻¹)	*AP (m)	*AE (m)	*EC (cm)	*JC (dias)
20A78PW	61,15 a	17,54 b	2,37 b	1,22 a	1,71 a	18 a
2B512PW	56,07 a	18,08 b	2,32 b	1,26 a	1,72 a	14 b
2B533PW	66,58 a	18,20 b	2,35 b	1,27 a	1,82 a	15 a
2B688PW	56,96 a	19,47 b	2,29 b	1,22 a	1,86 a	12 c
30F53LEPTERA	61,48 a	15,77 b	2,57 a	1,44 a	1,74 a	13 b
AG8740-PRO3	63,76 a	24,12 a	2,45 a	1,31 a	1,70 a	10 c
DKB345-PRO3	59,96 a	23,63 a	2,48 a	1,29 a	1,74 a	16 a
DKB363-PRO3	51,86 a	20,67 b	2,40 b	1,27 a	1,68 a	16 a
LG3055-PRO3	52,61 a	19,59 b	2,26 b	1,35 a	1,75 a	7 d
LG6036-PRO3	62,68 a	24,38 a	2,50 a	1,24 a	1,88 a	11 c
MAXIMUS	49,23 a	18,86 b	2,20 b	1,24 a	1,73 a	13 b
MG652PW	70,86 a	22,74 a	2,50 a	1,33 a	1,87 a	12 c
CV (%)	11,52	16,00	5,22	5,07	6,79	12,75

*Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) ($P < 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Analisando a variável PMV, verificou-se que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os híbridos. Por outro lado, Paziani *et al.* (2009) ressaltaram em sua pesquisa que a produtividade de matéria verde é um dos primeiros parâmetros buscados pelo produtor para escolha de determinada cultivar, pelo fato de o produtor se preocupar com o dimensionamento dos silos onde será armazenado o alimento bruto, além de diluir os custos de implantação da cultura devido à elevação da produtividade. Contudo, a PMV possui influência da época de corte, desta maneira recomenda-se observar melhor a PMS, uma vez que nela também se encontram os nutrientes que os animais utilizarão.

Para a variável PMS, houve diferença estatística, em que os híbridos AG8740-PRO3, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3 e MG652PW apresentaram os maiores valores. Essa variável é de extrema importância na escolha de um híbrido, pois nela estão contidos nutrientes essenciais e a energia que os animais precisam para produção de carne ou leite. Lupatini *et al.* (2004) ressaltaram que as cultivares recomendadas

para silagem deverão estar adaptadas na região de plantio, buscando um ótimo desempenho de PMS e uma boa participação de grãos, o que consequentemente irá resultar em alta produtividade e boa qualidade do alimento.

Observou-se diferença estatística da AP entre os híbridos, sendo 30F53LEPTERA, AG8740-PRO3, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3 e MG652PW os de maiores portes. Essa variável é influenciada pelo genótipo e pelo local onde o híbrido é semeado (interação genótipo x ambiente), o acamamento está relacionado com essa variável, no entanto neste experimento não houve ocorrência de acamamento.

Nas variáveis AE e EC, não houve diferença estatística entre os híbridos, esses parâmetros também estão relacionados com a interação genótipo e ambiente.

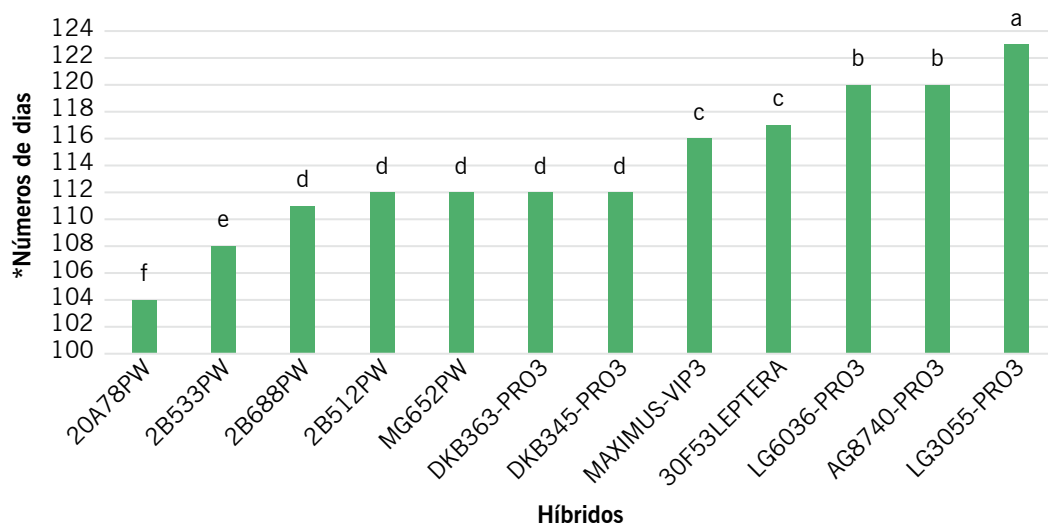
Analisando-se a variável JC, verificou-se diferença significativa ($P < 0,05$), e os híbridos que demonstraram maiores valores de janela de corte em relação aos outros foram: 20A78PW; 2B533PW; DKB345-PRO3 e DKB363-PRO3.

A menor janela de corte foi apresentada pelo híbrido LG3055-PRO3. Essa variável é muito importante, pois auxilia os produtores de silagem a planejarem melhor suas colheitas dentro de um período ideal visando à excelência dos resultados do produto final, desta maneira, os híbridos com maiores janelas de corte serão os mais indicados para a produção de silagem.

Portanto, recomenda-se a escolha dos híbridos que possuem a maior produtividade de matéria seca, outro fator importante é a janela de corte, que deve ser o mais espaçada possível.

Os resultados obtidos do ciclo da cultura (CC), contados em dias, podem ser visualizados na Figura 2.

Figura 2 – Valores em dias do ciclo da cultura de 12 híbridos de milho para silagem avaliados em Inconfidentes/MG, na safra 2019/2020.



*Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) ($P < 0,05$). CV (%) 1,54.

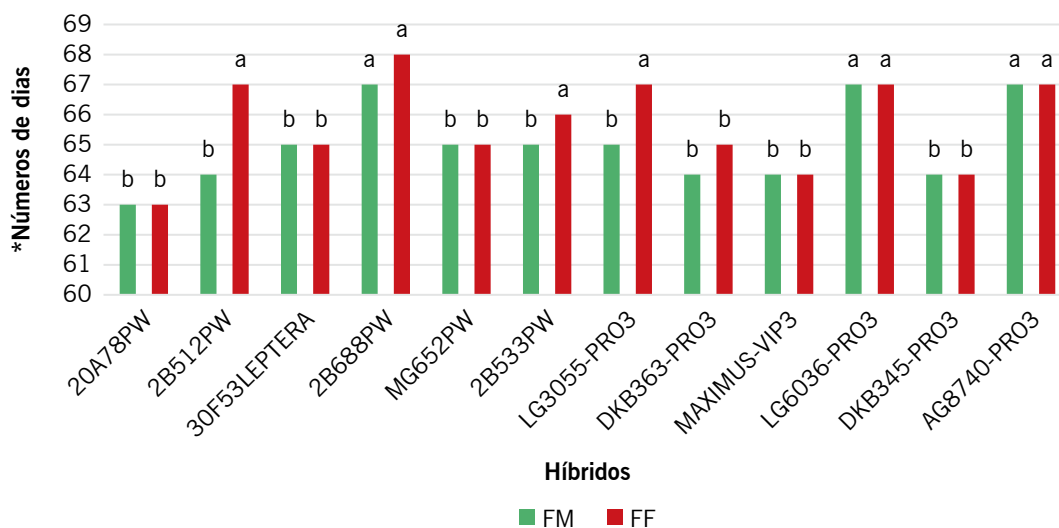
Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Segundo a Emater (2016), as classificações do ciclo das cultivares de milho são determinadas de acordo com o número de dias da semeadura até o momento da colheita. Com base nesta afirmativa, no caso de milho para silagem, o ciclo foi estabelecido no momento do corte.

Dekalb (2018) ressaltou que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) vem tentando padronizar a classificação do ciclo de híbridos de milho em número de dias, porém ainda não existe uma norma definida para esse assunto; assim, sugere-se a divisão em 3 grupos: Grupo I – Superprecoce: até 110 dias; Grupo II – Normal: entre 110 e 145 dias e Grupo III – Tardio: maior que 145 dias.

De acordo com os resultados apresentados no Gráfico 2, as cultivares foram classificadas quanto ao seu ciclo como Superprecoce e Normal, sendo Superprecoce os híbridos 20A78PW e 2B533PW e Normal os híbridos 2B512PW, 2B688PW, 30F53LEPTERA, AG8740-PRO3, DKB345-PRO3, DKB363-PRO3, LG3055-PRO3, LG6036-PRO3, MAXIMUS-VIP3 e MG652PW.

O florescimento masculino (FM) e o florescimento feminino (FF) podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3 – Florescimento masculino e feminino de 12 híbridos de milho para silagem avaliados em Inconfidentes/MG na safra 2019/2020.

*Médias seguidas de letras distintas nas colunas para o mesmo florescimento diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) ($P < 0,05$).

FF – CV (%) 2,15.

FM – CV (%) 2,18.

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Observa-se na Figura 3 que não houve grande variação entre os intervalos de florescimento das 12 cultivares de milho, destacando os híbridos 20A78PW, 30F53LEPTERA, MG652PW, MAXIMUS-VIP3, LG6036-PRO3, DKB345-PRO3 e AG8740-PRO3, que tiveram o florescimento masculino e feminino ao mesmo tempo. Porém, os demais híbridos ainda ficaram dentro dos parâmetros adequados para avaliação desta variável sendo que o período variou de 1 a 3 dias.

O processo de liberação do pólen pelo pendão da planta de milho pode levar em média de 2 a 14 dias, enquanto o florescimento feminino geralmente ocorre no período de dois a três dias depois do pendoamento. Assim, intervalos de florescimento de três dias não são considerados tão grandes que possam afetar o desempenho na cultura (CIAPPINA, 2019).

Ciappina (2019), em seu experimento, observou que o intervalo de florescimento variou de zero a três dias, considerados ideais para produção e para programa de melhoramento genético,

uma vez que os intervalos maiores dificultam o processo de autofecundação das plantas.

Magalhães *et al.* (2009) destacaram que o milho em seu florescimento é muito sensível, principalmente se relacionado à falta de água, devendo chamar a atenção para que não ocorra aumento no intervalo entre o florescimento masculino e feminino, pois irá afetar de forma negativa a produção da cultura.

Observando a precocidade dos florescimentos masculino e feminino nos híbridos na Figura 3 e destacando a variável janela de corte na Tabela 1, verificou-se que as cultivares com maiores valores de janela de corte apresentaram um menor período para ocorrência dos florescimentos principalmente no pendoamento, em que os híbridos 20A78PW, 2B533PW, DKB345-PRO3 e DKB363-PRO3 sobressaíram nesta avaliação em relação aos demais, demonstrando uma média de 64 dias para ambos os florescimentos e 16 dias de janela de corte, enfatizando a afirmativa.

Zopollatto *et al.* (2009), em pesquisa avaliando o desempenho de cultivares de milho para produção de silagem em duas safras distintas, encontraram valores semelhantes ao florescimento masculino, correspondendo a uma média de 64 dias.

Assim como foi destacada a importância de se levar em consideração a variável janela de corte para melhor planejamento dos produtores, principalmente para o período da colheita, também é de grande relevância salientar que o florescimento possui uma relação com o espaçamento da janela de corte, tornando-se parâmetro determinante no momento da escolha do híbrido.

Conclusões

Os híbridos 20A78PW; 2B533PW; DKB345-PRO3 e DKB363-PRO3 apresentaram os maiores valores de janela de corte em relação aos demais. O híbrido LG3055-PRO3 apresentou a menor janela de corte.

Os híbridos 30F53LEPTERA, AG8740, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3 e MG652PW apresentaram os maiores valores de altura de planta.

Não houve diferença estatística entre os híbridos para as variáveis produtividade de matéria verde, altura de espiga e espessura do colmo.

Os híbridos AG8740, DKB345-PRO3, LG6036-PRO3 e MG652PW representaram os maiores valores de produtividade de matéria seca.

Os híbridos 20A78PW, 2B533PW, DKB345-PRO3 e DKB363-PRO3 apresentaram o menor tempo de florescimento masculino e feminino.

De maneira geral, o híbrido DKB345-PRO3 se destacou, mostrando-se com maior potencial para ser recomendado e cultivado pelos produtores de silagem na região de Inconfidentes/MG.

Agradecimentos

Ao grupo de estudo em agricultura (GEAGRO), pelo auxílio nas atividades do projeto. Ao IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes, pela disponibilização de área e equipamentos. À Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação do IFSULDEMINAS, pelo fomento da bolsa de pesquisa. Ao Laboratório 3rlab, pelo auxílio com as análises realizadas.

Referências

CIAPPINA, A. L. **Caracterização de híbridos e associação entre caracteres para produção de silagem em milho**. 2019. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Go, 2019. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9996>. Acesso em: 18 jul. 2020.

CLOVIS, L. R.; SCAPIM, C. A.; BARTH PINTO, R. J.; BOLSON, E.; CAMARGO SENHORINHO, H. J. Avaliação de linhagens s3 de milho por meio de testadores adaptados à safrinha. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 109-120, jan./mar. 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237138297012.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.

DEKALB. **A precocidade do híbrido de milho**. 2018. conteúdo exclusivo DEKALB. Disponível em: <https://www.dekalb.com.br/pt-br/conteudos/a-precocidade-do-hibrido-de-milho-.html>. Acesso em: 9 jun. 2020.

DOS SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; DE ALMEIDA, J. A.; DE ARAÚJO FILHO, J. C.; DE OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais. **Cultura do milho**. [S. l.]: Emater/MG, 2016. 6 p. Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=17022>. Acesso em: 12 jul. 2020.

FAO. **Agroclimatological data for Latin América and Caribbean**. Roma, 1985. (Coleção FAO: Produção e Proteção Vegetal, v. 24).

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039 – 1042, nov./dez. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001. Acesso em: 19 abr. 2020.

JAREMTCHUK, A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M. T.; KOZLOWSKI, L. A.; COSTA, C.; MADEIRA, H. M. F. Características agrônômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 181-188, abr./jun. 2005. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/1220/653>. Acesso em: 15 ago. 2020.

LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 02, 2004. Disponível em: http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/102/pdf_396. Acesso em: 12 dez. 2019.

MACHADO, B. O.; SLAVIERO, C.; SLAVIERO, M.; RIZZARDO, A.; PASQUALOTTO, L.; ARGENTA, J.; BISPO, N. B. **Análise do ciclo de populações de milho crioulo cultivadas na região Norte do Rio Grande do Sul**. 62. ed. Sertão: ABMS, 2017. 5 p. Disponível em: http://www.abms.org.br/eventos_anteciores/rtams_2017/trabalhos_anais/1405.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

MAGALHÃES, P. C.; DE SOUZA, T. C.; DE ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; MAGALHÃES, M. M.; CANTÃO, F. R. de O. Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 223-232, 2009. Disponível em: http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/283/pdf_154. Acesso em: 20 ago. 2020.

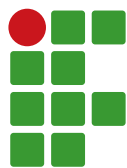
MARCONDES, M. M.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; DO ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, PR, v. 5, n. 2, p. 173-192, maio/ago. 2012. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1461/1746>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, M. N.; FARIA FILHO, E. M.; DE SOUZA FILHO, A. X. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 285-297, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n2/a04v67n2.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2020.

MORAES, S. D. de; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S. da; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n.4, p. 624-634, out./dez., 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbspa/v14n4/02.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.

NEUMANN, M.; POCZYNEK, M.; LEÃO, G. F. M.; FIGUEIRA, D. N.; SOUZA, A. M. D. Desempenho de híbridos de milho para silagem cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S.l.], v. 17, n. 1, p. 49-62, 2018. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4818/6342867a576f38401dd78a3d57143fc8e6d4.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2020.

- OLIVEIRA, J. S.; SOUZA SOBRINHO, F.; SANTIAGO, A. D.; SANTOS, D. M.; GOMIDE, C. A.; PEREIRA, A. V.; LANES, E. C. M.; ALMEIDA, E. J. D.; RAMOS, C. R. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização na forma de silagem na Mesorregião do Leste Alagoano. **Medicina Veterinária**, Recife, v. 1, n. 2, p. 26-33, jul./dez. 2007. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/715/594>. Acesso em: 12 ago. 2020
- OLIVEIRA, S. J. R.; FEIJÓ, S.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; MARTINI, L. F. D.; DAMO, H. P. Substituindo o uso de bordaduras laterais por repetições em experimentos com milho. **Ciência Rural**, v. 35, p. 10-15, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n1/a03v35n1.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n3/a02v38n3.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- PEREIRA, J. L. A. R.; PINHO, R. G. V.; DE SOUZA FILHO, A. X.; FONSECA, R. G.; SANTOS, A. de O. Influência das características qualitativas dos componentes da planta de milho na degradabilidade da matéria seca da planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 2, p. 158 – 170, 2011. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/327>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- SANTOS, P. G.; JULIATTI, F. C.; BUIATTI, A. L. Avaliação do desempenho de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p. 597-602, maio, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n5/9528.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- VIEIRA, L. H. A.; ANTUNES, R. O. Produção de milho silagem submetido a diferentes espaçamentos entre plantas. **Repositório Institucional da FUCAMP**, Monte Carmelo, MG, 2018. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/jspui/bitstream/FUCAMP/317/1/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20milho%20em%20silagem.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; MARI, L. J.; SCHMIDT, P.; DUARTE, A. P.; MOURÃO, G. B. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 452-461, nov. 2009. Anual. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n3/a08v38n3.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.



Caracterização físico-química e avaliação sensorial de cafés submetidos à diferentes processamentos pós-colheita

Rodrigo Moreira do Prado¹, Leonardo Leite Moreira², Paula Tristão Santini³,
José Marcos Angélico de Mendonça⁴, Luciana Maria Vieira Lopes⁵

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – *Campus* Muzambinho. Discente. rodrigoteccafe@gmail.com.

² IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Discente. leoleitecv@hotmail.com.

³ Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutoranda em Agronomia/Fisiologia Vegetal. paulatsantini@gmail.com.

⁴ IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professor. jose.mendonca@muz.ifsulde Minas.edu.br.

⁵ IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Professora. Luciana.lopes@muz.ifsulde Minas.edu.br

Submetido em: 11/03/2019 | Aceito em: 08/05/2019

Resumo

O café é um produto agrícola cujo processamento requer especial atenção, a fim de manter preservadas suas qualidades. Na pós-colheita, podem ser obtidos diferentes padrões de grãos devido à adoção de técnicas e uso de equipamentos que possibilitem a separação dos frutos por estágio de maturação, possibilitando a formação de lotes de café mais homogêneos quando comparados ao lote de café sem essa separação (mistura de frutos). A composição química do grão de café depende de fatores genéticos, ambientais e condições de manejo pré e pós-colheita, sendo importante avaliar os diferentes tipos de manejo pós-colheita e sua interferência na qualidade final da bebida. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar os atributos físico-químicos e o perfil sensorial dos diferentes padrões de café obtidos durante a pós-colheita dos frutos. Foram obtidos 13 padrões, sendo: mistura de frutos secados em leira alta, mistura de frutos secados em leira baixa, verde mais maduro, boia natural, passa natural, boinha, verde cana natural, maduro natural, maduro natural fermentando em água, maduro natural fermentado seco, passa descascado, maduro descascado e maduro despulpado, em três repetições ao acaso. Foram avaliados brix, acidez titulável total, pH, teor de cinzas e perfil sensorial. O tratamento Maduro Natural (MN) foi o melhor processamento avaliado, pois proporcionou o maior valor de Brix e o menor valor de acidez titulável. Os tratamentos maduro descascado, maduro despulpado e maduro natural apresentaram melhores valores sensoriais, sendo assim são recomendados para o manejo pós-colheita para obtenção de uma boa qualidade da bebida.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Qualidade. Tratamento.

Introdução

O café é uma das culturas mais tradicionais da agricultura brasileira, tendo seu cultivo iniciado há mais de 200 anos no Brasil. É considerada uma cultura de grande expressão econômica no país (FAGAN *et al.*, 2011). No entanto, é um dos produtos agrícolas cujo processamento requer especial atenção, a fim de manter preservadas as suas qualidades (NOBRE *et al.*, 2011). Diante disso, o café pode ser processado de duas maneiras: via seca, que produz café em coco; via úmida, que produz café despulpado e descascado (BORÉM *et al.*, 2013).

A forma de preparo por via seca dos grãos fornece o café natural ou de terreiro, em que o fruto é processado integralmente (ARRUDA;

HOVELL; REZENDE, 2011), isto é, com o exocarpo (casca), resultando em um café com maiores teores de sólidos solúveis, açúcares redutores e totais (RIBEIRO *et al.*, 2011). No processamento via úmida, ocorre eliminação do exocarpo e do mesocarpo (mucilagem), os quais são fontes de fermentação e retardam a secagem (MATIELLO *et al.*, 2010). Podem ser produzidos: os cafés cereja descascado, resultado da remoção mecânica da casca e, parcialmente, da mucilagem do fruto; os cafés cereja despulpados, originados de frutos descascados mecanicamente com a mucilagem remanescente removida por fermentação; os cafés cereja desmucilados, resultado da remoção mecânica tanto da casca quanto da mucilagem (BORÉM *et al.*, 2013).

A indústria cafeeira, atualmente, apresenta crescente segmentação quanto às características de qualidade do café que são relacionadas à sua origem e formas de preparo, que dependem dos fatores intrínsecos e extrínsecos. A interação entre esses fatores garante a expressão final das características de sabor e aroma da bebida (PIMENTA *et al.*, 2009).

Recentemente, a demanda por cafés diferenciados se intensificou e o setor cafeeiro vem investindo, cada vez mais, na produção de cafés com qualidade em razão da exigência do mercado consumidor (ABRAHÃO *et al.*, 2010). Ofertar qualidade ao consumidor brasileiro não tem sido uma tarefa fácil para os agentes envolvidos na cadeia produtiva, principalmente no que diz respeito ao retrospecto histórico do agronegócio do café no Brasil, em razão do mercado interno consumir cafés considerados de qualidade inferior aos de padrões de qualidade “especiais”, classificados para as exportações. Entretanto, nos últimos 10 anos, o Brasil está começando a marcar lentamente presença no mundo dos cafés de qualidade (SCHOLZ *et al.*, 2011).

A bebida do café é o fator determinante para a remuneração do produto (NOBRE *et al.*, 2011). As interações entre a genética, o ambiente e o manejo cultural exercem influência direta sobre a qualidade da bebida, com grande importância para as operações realizadas após a colheita do fruto. Comumente, o café é avaliado quanto à qualidade por meio de análise sensorial, conhecida como prova de xícara (FAGAN *et al.*, 2011). Uma vez que o processo é realizado de maneira adequada, a análise sensorial é a melhor forma de identificar se o café possui características que vão ao encontro das exigências do mercado consumidor (FANTE *et al.*, 2015).

As características da bebida de café são influenciadas por modificações nos grãos atribuídas a distúrbios fisiológicos e às fermentações microbianas que degradam os açúcares da mucilagem dos frutos na planta, formando álcoois ou ácidos

carboxílicos (FAVARIN *et al.*, 2004). O sabor e o aroma do café são parâmetros complexos que fazem parte da qualidade da bebida (ABRAHÃO *et al.*, 2010). A bebida do café pode ser classificada conforme o sabor e o aroma apresentados na prova de xícara, que mostram características de sabor suavíssimo e adocicado, atenuando a qualidade até a categoria rio zona, de sabor e odor intoleráveis ao paladar e ao olfato (MACEDO *et al.*, 2016).

Além dos fatores genéticos, ambientais e daqueles relacionados à condução e manejo da lavoura cafeeira, acredita-se que as diferenças no sabor e aroma do café sejam provenientes de diversas alterações físico-químicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nos grãos do café durante o processamento (RIBEIRO *et al.*, 2009). Sabe-se que o pH é indicativo de eventuais transformações dos frutos de café, como as fermentações indesejáveis que ocorrem na pré ou pós-colheita, originando defeitos (SIQUEIRA; ABREU, 2006).

A composição química do grão de café cru depende de fatores genéticos, ambientais e condições de manejo pré e pós-colheita e, segundo os autores, a torração é uma etapa essencial para a produção de compostos que conferem as características de aroma e sabor do café (NETO *et al.*, 2015). Os principais compostos associados à qualidade da bebida do café são carboidratos, proteínas, lipídios, ácidos clorogênicos, taninos hidrossolúveis, cafeína e trigonelina (SCHOLZ *et al.*, 2011). Entre eles, os açúcares e as proteínas do grão cru são os principais compostos que contribuem para o sabor e aroma do café torrado (LICCIARDI *et al.*, 2005). O grão de café é rico em sais minerais (3,0 % a 5,0 %), como potássio, magnésio, cálcio, sódio, ferro, manganês, rubídio, zinco, cobre, estrôncio, cromo, vanádio, bário, níquel, cobalto, chumbo, molibdênio, titânio e cádmio (ENCARNÇÃO; LIMA, 2003).

Sabe-se que o processamento pós-colheita compreende a etapa de preparo para a secagem

do café, sendo possível a separação de frutos de acordo com o estágio de maturação, conferindo homogeneidade ao lote e conseqüentemente a diminuição de riscos em relação à perda de qualidade (NETO *et al.*, 2015). Os processos técnicos, com a adoção de métodos químicos e físico-químicos, garantem a qualidade do café (CARVALHO *et al.*, 1994). Inúmeros trabalhos tentam correlacionar a qualidade final da bebida do café com a composição química do grão. Cafés de qualidade inferior apresentam menores teores de açúcares e proteínas e maiores teores de acidez total, principalmente, teores de compostos fenólicos (ABRAHÃO *et al.*, 2010). Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do processamento pós-colheita na caracterização físico-química do café torrado e a avaliação sensorial, a fim de determinar os melhores tratamentos para o manejo pós-colheita na obtenção da boa qualidade na bebida.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Setor de Cafeicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - *Campus* Muzambinho, Minas Gerais. O município se encontra a 1.033,0 metros de altitude, 21°22'33" de latitude Sul e 46°41'32" de longitude Oeste, com uma temperatura média de 23,0 °C (FUNDAÇÃO PROCAFÉ, 2017).

Foram colhidos cafés (*Coffea arabica*), cultivar Catuaí amarelo, por derriça manual no pano, em lavouras do IFSULDEMINAS - *Campus* Muzambinho. No setor de pós-colheita, realizaram-se as operações para obtenção dos tratamentos: 1) mistura de frutos lera baixa (MFLB); 2) mistura de frutos lera alta (MFLA); 3) boia natural (BN); 4) 35 % verde + maduro (VM) 5) boinha (B); 6) passa natural (PN); 7) maduro natural (MN); 8) maduro fermentado seco (MFS); 9) maduro fermentado em água (MFA); 10) maduro descascado (MD); 11) maduro despulpado (MDP); 12) passa descascado

(PD); 13) verde cana (VC), a avaliação foi feita em três repetições por tratamento.

Adotou-se como padrão para a leira alta uma densidade de 30,0 litros de café por metro quadrado e para a leira baixa 10,0 litros de café por metro quadrado. Os tratamentos MFLA e MFLB foram separados e levados diretamente para a secagem em terreiro suspenso.

A primeira separação foi realizada por densidade em uma caixa d'água, originando os tratamentos VM, que afundou, e BN, que boiou e foi retirado com uma peneira. Do tratamento BN foram retirados mais três tratamentos: PN e B, que foram separados manualmente e, após a separação, seguiram direto para a secagem; PD, que passou primeiro pelo descascador antes de ser conduzido à secagem. Do tratamento VM, originaram-se mais seis tratamentos: MN e VC, que foram levados para a secagem logo após a separação; MFS e MFA, que foram armazenados em sacos plásticos por 18 horas para que a fermentação ocorresse; MFA, que foi submerso em água; MFS, que não foi submerso em água.

Por fim, os tratamentos MD e MDP foram levados para o descascador modelo DC 6, marca Pinhalense. Após descascado, o tratamento MD foi conduzido para secagem, e o MDP ficou em água por 18 horas para que ocorresse a retirada da mucilagem.

A secagem dos cafés foi realizada em quadros confeccionados de madeira, com sombrite no fundo reforçado com arame, com área de 1 metro quadrado. Os terreiros foram colocados em suspensão e a pleno sol. Os cafés foram revolvidos a cada 45 minutos (de 7 a 8 vezes no dia) até atingirem 11 % de umidade. Após a secagem, os cafés foram armazenados na sala de amostras por 20 dias para descansarem, depois todas as amostras seguiram para o beneficiamento no descascador modelo DRC-2 marca Pinhalense. Após esse processo, as amostras foram acondicionadas em potes de polietileno de alta densidade e armazenadas no

Laboratório de Classificação de Café localizado no IFSULDEMINAS - *Campus* Muzambinho.

Dessas amostras, foram separados 100,0 g de café sem defeitos e com peneira 16 e acima, que foram torrados no torrador de amostras da marca Laboratto®. Após a torra, foi retirada uma pequena porção desses grãos para fazer a medição de teores de cinzas, essa avaliação foi realizada no Laboratório de Bromatologia e Água localizado no IFSULDEMINAS - *Campus* Muzambinho.

Na bebida preparada, conforme o protocolo da Specialty Coffee Association of America (SCAA), foram avaliados acidez titulável total (ATT), Brix e potencial hidrogeniônico (pH). Todas as avaliações foram realizadas em duplicata. Os sólidos solúveis totais (SST) foram avaliados por leitura direta no refratômetro digital e os resultados expressos em graus Brix, de acordo com normas da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). A leitura do pH foi determinada na bebida por meio do pHmetro marca Digimed, 2M-21. Para a realização da acidez titulável, colocou-se em um recipiente um total de 20 mL de água destilada e 2 mL da infusão do café, adicionando-se 3 gotas de indicador fenolftaleína a 1 %, titulando-se com solução de Hidróxido de Sódio 0,1 N até a viragem de cor, conforme técnica descrita pela AOAC (1990). Os valores foram expressos em mL de NaOH 0,1 N, por 100 g de amostra, essas avaliações foram realizadas em duplicata. Os valores de cinzas foram obtidos a partir de 1 g de café torrado, incinerados por quatro horas em uma mufla com temperatura de 550 °C.

A classificação sensorial foi realizada por juízes com certificação "Q-Grader" dada pela Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA, 2015), utilizando o protocolo descrito por essa Associação. Foram preparados 100 g de café peneira 16 e acima, que foram torrados em equipamento Laboratto, até atingirem a coloração média correspondente a #55 a #65 na escala Agtron (FANTE *et al.*, 2015). Após o

período de descanso, as amostras foram moídas e colocadas em cinco xícaras de vidro para cada amostra, respeitando a concentração de 8,25 g de café moído para 150,0 mL de água aquecida a aproximadamente 93,0 °C (FANTE *et al.*, 2015).

As amostras de café arábica foram submetidas à classificação em diferentes padrões de qualidade de bebida quanto à prova de xícara. A prova de xícara foi realizada por dois provadores profissionais, seguindo o protocolo da Specialty Coffee Association of America (SCAA), em que foram avaliados 10 atributos (aroma/fragrância, uniformidade, defeitos, doçura, acidez, sabor, corpo, finalização, balanceamento e conceito final) em escala de 0 a 10 para cada atributo.

O delineamento experimental utilizado foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC), contendo 13 tratamentos, com 3 três repetições por tratamento. As avaliações foram realizadas nos Laboratórios de Classificação e Industrialização do Café do IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. Os dados foram avaliados por meio do software Sisvar (FERREIRA, 2014) e submetidos ao teste de ANOVA usando o *post hoc* Scott e Knott (1974) ao nível de 5 % de significância.

Resultados e discussão

Para a variável pH, houve uma variação nos resultados para os diferentes processamentos utilizados (TABELA 1). Observa-se que o tratamento com maior valor de pH foi o PN (4,70), seguido dos tratamentos BN (4,61), MFLA (4,59), MFS (4,58), os quais não diferiram estatisticamente entre si. O potencial hidrogeniônico (pH) é um atributo importante, pois condiciona as reações químicas do meio.

O grau de acidez da bebida do café é formado pelos compostos com características ácidas gerados nas etapas iniciais da torra e que, posteriormente, quando degradados diminuem a

acidez inicial (SCHOLZ *et al.*, 2011). Para bebida, cafés torrados sem amargor ou acidez indesejável apresentam pH entre 4,9 e 5,2

(MARTINEZ *et al.*, 2014). Os valores obtidos estão bem próximos dos sugeridos para uma bebida desejável.

Tabela 1. Resultados do teste de comparação de médias das análises físico/químicas, acidez titulável total (ATT), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais (SST), grau Brix (Brix) e teor de cinzas (CINZAS) em *C. arabica* cultivar Catuaí amarelo, submetido a diferentes tipos de processamentos. IFSULDEMINAS – *Campus Muzambinho*, Muzambinho/MG, 2017.

Tratamento**	pH*	ATT	BRIX	CINZAS
MFLA	4.59 B	0.67 E	1.10 D	3.39 A
MFLB	4.48 D	0.64 F	1.26 C	3.50 A
VM	4.46 D	0.78 B	1.26 C	2.97 B
BN	4.61 B	0.68 E	1.33 C	3.03 B
PN	4.70 A	0.67 E	1.06 D	2.72 B
B	4.43 E	0.74 C	1.33 C	3.24 A
VC	4.24 F	0.81 A	0.96 D	3.28 A
MN	4.43 E	0.64 F	1.73 A	3.54 A
MFA	4.43 E	0.77 B	1.53 B	3.37 A
MFS	4.58 B	0.68 E	1.36 C	3.37 A
PD	4.48 D	0.70 D	1.26 C	3.39 A
MD	4.40 E	0.70 D	1.36 C	3.54 A
MDP	4.53 C	0.70 D	1.30 C	3.39 A
CV %	0.49	1.91	0.49	7.18

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott (1974).

** Legenda: 1) MFLB - mistura de frutos lera baixa; 2) MFLA - mistura de frutos lera alta; 3) BN - boia natural; 4) VM - 35% verde + maduro; 5) B - boinha; 6) PN - passa natural; 7) MN - maduro natural; 8) MFS - maduro fermentado seco; 9) MFA - maduro fermentado em água; 10) MD - maduro descascado; 11) MDP - maduro despulpado; 12) PD - passa descascado; 13) VC - verde cana.

Para a variável ATT, houve uma variabilidade nos resultados obtidos (TABELA 1). Observa-se que o tratamento com o maior valor de ATT foi o VC (0,81), seguido dos tratamentos VM (0,78) e MFA (0,77), os quais não diferiram estatisticamente entre si.

A acidez percebida no café é um atributo importante para análise sensorial do produto, sabendo que sua intensidade varia em função do estágio de maturação dos frutos, local de origem, tipo de colheita, forma de processamento, tipo de secagem e condições climáticas durante a colheita e secagem (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Dados da literatura mostraram que a diminuição da qualidade do café não está

associada com o pH, mas com a elevação da acidez e essa estaria associada ao número de defeitos dos grãos e aumento de alguns ácidos (PIMENTA *et al.*, 2009).

Para a variável Brix, houve variabilidade nos resultados obtidos (TABELA 1). Observa-se que entre os 13 processamentos avaliados, apenas um obteve um maior valor se destacando dentre os demais, sendo ele o MN (1,73).

Uma maior quantidade de sólidos solúveis é desejada tanto pelo ponto de vista do rendimento industrial, quanto pela sua contribuição para assegurar o corpo da bebida (MENDONÇA; PEREIRA; MENDES, 2005), além de ser um

fator importante para que haja um alto rendimento industrial, podendo sofrer alterações em relação ao tipo, torração e grau de moagem.

Na variável cinzas, houve uma menor variação nos resultados obtidos nos processamentos avaliados (TABELA 1). Observa-se que apenas os tratamentos VM (2,97), BN (3,03) e PN (2,72) obtiveram resultados estatisticamente abaixo dos demais processamentos avaliados.

Em estudo realizado por Müller, Huebner e Souza (2013), cujo objetivo foi caracterizar físico-quimicamente diferentes marcas de café dos tipos em pó e solúvel comercializadas na região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul, comparando-as com os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira, os valores de todas as marcas avaliadas apresentaram valores maior que 5 %, limite máximo preconizado pela legislação (BRASIL, 1999). Isso indica que há uma quantidade elevada de impurezas nas amostras e que

elas sofreram alterações durante o processo produtivo (MÜLLER; HUEBNER; SOUZA, 2013). No presente estudo, observa-se que os cafés avaliados estavam livres de impurezas ou sujidades, pois apresentaram valores inferiores a 4 %.

Uma bebida de café é considerada de boa qualidade quando há um equilíbrio entre atributos sensoriais como corpo, doçura, acidez e amargor, apresentando uma bebida rica e densa (RIBEIRO *et al.*, 2011). Na classificação da qualidade da bebida do café *Coffea arabica* L. submetido a manejos distintos em pós-colheita, foram observadas diferenças significativas dentro dos parâmetros analisados.

De acordo com a Tabela 2, para o atributo aroma, houve diferenças significativas ($p < 0,05$), em que os tratamentos verde natural (VN) e verde cana natural (VCN) foram estatisticamente iguais entre si e inferiores aos demais tratamentos.

Tabela 2 – Médias dos atributos sensoriais de cafés submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita. IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, Muzambinho/MG, 2017.

TRATAMENTOS**	AROMA*	SABOR	RESIDUAL	ACIDEZ	CORPO	EQUILÍBRIO	UNIFORMIDADE	XÍCARA LIMPA	DOÇURA	GERAL	DEFEITOS
VN	6.50 b	6.00 d	6.00 c	6.00 c	6.25 c	6.00 c	10.00 a	5.00 b	5.00 d	6.00 a	2.34 a
VCN	6.79 b	6.42 c	6.12 c	6.12 c	6.33 c	6.12 c	10.00 a	10.00 a	10.00 a	7.33 a	0.70 b
B	7.12 a	6.79 b	6.62 a	6.62 a	6.75 b	6.46 c	5.66 b	5.66 b	8.00 b	6.33 a	2.55 a
MFLA	7.17 a	6.83 b	6.54 a	6.54 a	6.67 b	6.46 c	6.71 b	6.66 b	8.33 b	6.38 a	2.34 a
PD	7.21 a	6.96 b	6.87a	6.66 a	6.83 b	6.62 c	8.33 a	8.33 a	9.33 a	6.67 a	0.99 b
35 % VERDE + MADURO	7.25 a	6.91 b	6.46 b	6.46 b	6.75 b	6.62 c	10.00 a	10.00 a	10.00 a	6.58 a	0.70 b
MDP	7.29 a	7.08 a	6.75 a	6.75 a	7.08 a	7.91 a	10.00 a	10.00 a	9.50 a	7.00 a	0.70 b
MNFA	7.33 a	7.12 a	6.54 a	6.54 a	6.67 a	7.08 b	9.16 a	6.66 a	9.66 a	7.00 a	1.09 b
MFLB	7.33 a	6.96 b	6.50 b	6.50 b	6.79 b	6.50 c	9.33a	9.33 a	9.66 a	6.54 a	1.17 b
BN	7.33 a	6.89 b	6.71 a	6.71 a	6.71 b	6.54 c	3.33 c	3.33 c	6.66 c	6.29 a	3.23 a
PN	7.33 a	7.12 a	6.75 a	6.75 a	7.08 a	6.91 b	10.00 a	10.00 a	10.00 a	6.92 a	0.70 b
MNFS	7.37 a	6.87 b	6.38 b	6.38 b	6.75 b	6.50 c	10.00 a	10.00 a	10.00 a	6.54 a	0.70 b
MD	7.42 a	7.39 a	6.87a	6.87 a	7.12 a	7.04 b	9.66 a	8.00 a	8.33 b	7.12 a	0.70 b
MN	7.54 a	7.29 a	6.92 a	6.92 a	6.96 a	7.91 a	9.41 a	10.00 a	10.00 a	7.58 a	0.70 b
CV%	2.42	3.22	3.58	3.58	2.76	6.44	12.54	15.16	10.83	9.70	4.22
MÉDIA	7.216	6.900	6.588	6,58	6,82	6.740	8.687	8.261	8.892	6.737	75.621

*Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974), com nível de 5 % de probabilidade.

**Legenda: verde natural (VN), verde cana natural (VCN), boinha (B), mistura de frutos leira alta (MFLA), passa descascado (PD), 35 % verde + maduro, maduro despolpado (MDP), maduro natural fermentado em água (MNFA), mistura de frutos leira baixa (MFLB), boia natural (BN), passa natural (PN), maduro natural fermentado seco (MNFS), maduro descascado (MD), maduro natural (MN).

Malta, Pereira e Chagas (2005) relataram que entre os vários fatores que afetam a qualidade do café destaca-se a presença de grão defeituosos, principalmente verdes, sendo conhecida a influência prejudicial desses no aspecto, torração e principalmente qualidade da bebida, o que se deve ao fato de o aroma nos tratamentos verde natural e verde cana natural terem obtido valores diferentes dos demais com 6,50 e 6,79.

Para o parâmetro sabor, houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo que os tratamentos MDP, MNFA, PN, MD e MN proporcionaram maiores médias, não diferenciando estatisticamente entre si. No requisito residual, os tratamentos VN e VCN não diferiram entre si, apresentando as menores médias. Os demais tratamentos apresentaram os maiores valores para o padrão.

A diminuição da qualidade do café não está associada com o pH, mas com a elevação da acidez e essa estaria associada ao número de defeitos dos grãos e grãos verdes (BORÉM *et al.*, 2013). A acidez percebida na análise sensorial do produto é um importante atributo, pois sua intensidade varia em função do estágio de maturação dos frutos, local de origem, forma de processamento, tipo de secagem, processamento e condições climáticas (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Deste modo, os resultados apontam que os menores valores para a acidez foram para o VN e VCN.

Para o parâmetro corpo, os tratamentos VN e VCN não diferenciaram estatisticamente entre si, proporcionando menores médias. No padrão de equilíbrio, os tratamentos MDP e MN obtiveram as maiores médias não diferenciando entre si estatisticamente. No requisito uniformidade, o tratamento BN foi o que obteve menor média, seguido dos tratamentos MFLA e B que não diferiram entre si.

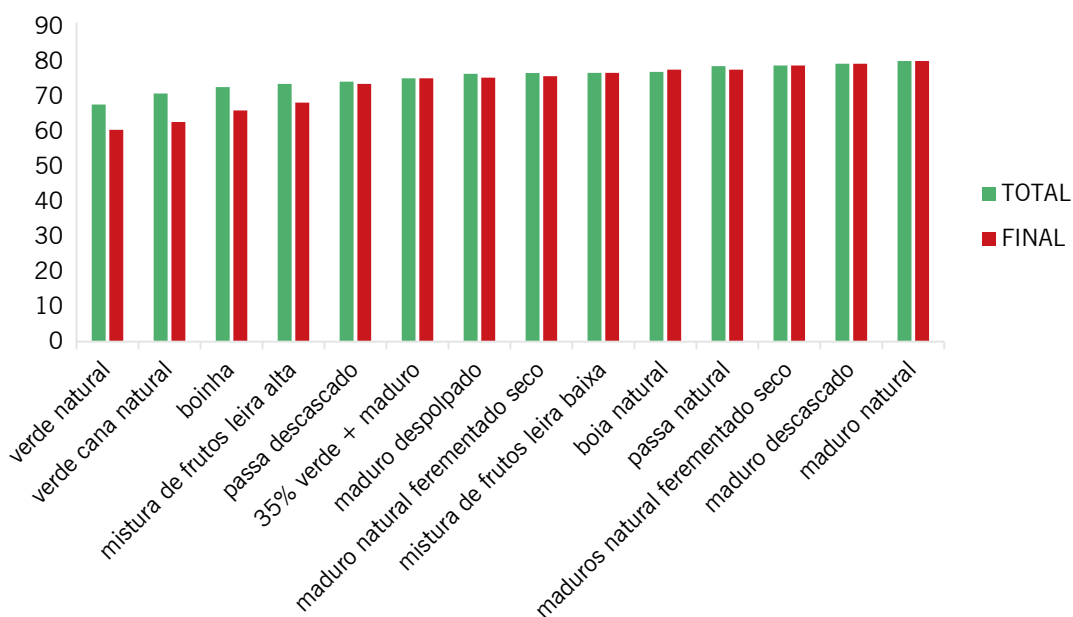
Para xícara limpa, o menor resultado encontrado foi para o tratamento BN, seguido de VN, MFLA e B com médias pouco maiores. Na análise da doçura, o menor resultado entre os tratamentos analisados foi o VN. De acordo com Borém *et al.* (2013), pode-se observar que o aumento na temperatura de secagem influencia os menores valores de açúcares, o que mostra que o manejo correto pós-colheita reflete na qualidade final da bebida.

O padrão geral não teve diferenças significativas entre os tratamentos. Apesar de todos os parâmetros terem mostrado algumas discrepâncias, os resultados não foram suficientes para afetar a qualidade geral da bebida.

No requisito defeitos, os maiores índices foram apresentados para: VN, B, MFLA e BN, ou seja, para os tratamentos com maiores quantidade de defeitos que não diferiram entre si e diferem dos demais tratamentos. Vários fatores acabam prejudicando a qualidade da bebida, gerando a elas maiores quantidades de defeitos, por exemplo: condições climáticas, condução das operações nos terreiros, descontrole na fermentação, período de armazenagem, tempo de secagem no terreiro, esses dois últimos fazem com que os frutos percam maior quantidade de umidade.

As possíveis causas das amostras, nesses casos, apresentarem baixa qualidade podem ser atribuídas às condições climáticas e a grãos verdes (MOLIN *et al.*, 2008). Neste estágio, os frutos ainda não atingiram maturidade fisiológica, dificultando a prática do despulpamento e a presença de compostos fenólicos nos frutos verdes, aumentando a adstringência ou o “endurecimento” da bebida (SCHOLZ *et al.*, 2011).

Figura 1 – Médias total e final dos cafés submetidos aos diferentes tratamentos pós-colheita. IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, Muzambinho/MG, 2017.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

A Figura 1 exibe os resultados das médias total e final para os tratamentos, sendo possível perceber os menores valores no parâmetro verde natural com 67,75 no total e 60,50 no resultado final. Os outros parâmetros mostram que não houve diferenças estatísticas entre si.

Conclusões

Os diferentes tratamentos avaliados mostraram que especialmente o verde natural e o verde cana natural apresentaram menores valores no quesito sensorial na maioria dos padrões analisados, o que sugere que tal efeito seja devido ao fato de que nos frutos verdes destaca-se o sabor adstringente, próprio do estágio de maturação do fruto.

Conclui-se no presente trabalho que o tratamento maduro natural (MN) é o melhor processamento avaliado, apresentando maior potencial para a produção de bebida com melhor qualidade, pois proporcionou o maior valor de Brix e o menor valor de acidez titulável. A presença de grãos verdes afetou a qualidade da bebida do café

Coffea arabica L., influenciando os padrões, devido ao mau amadurecimento dos frutos.

Diante dos resultados, foi possível observar que os tratamentos maduro descascado, maduro despulpado e maduro natural apresentaram melhores valores sensoriais, sendo assim recomendados para o manejo pós-colheita para obtenção de uma boa qualidade da bebida.

Referências

- ARRUDA, N. P.; HOVELL, A. M.; REZENDE, C. M. Discriminação entre estádios de maturação e tipos de processamento de pós-colheita de cafés arábica por microextração em fase sólida e tipos de processamento de pós-colheita. **Química Nova**, v. 34, n. 5, 819-824, 2011.
- ABRAHÃO, S. A.; PEREIRA, R. G. F. A.; DUARTE, S. M. S.; LIMA, A. R.; ALVARENGA, D. J.; FERREIRA, E. B. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar./abr., 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Virginia, 1990.1094p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999. Estabelece normas para fixar a identidade e as características mínimas de qualidade do café torrado em grão e café torrado e moído. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília/DF, 29 de abril de 1999, seção 1, n 80-E.

BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, P. D.; ISQUIERDO, E. P.; GIOMO, G. S.; SAATH, R.; CARDOSO, R. A. Microscopia eletrônica de varredura de grãos de café submetidos 227 a diferentes formas de processamento e secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 227-237, abr./jun. 2013.

CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S. M.; CHAGAS, S. J. R.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Relações entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e da qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 449-454, mar. 1994.

ENCARNAÇÃO, R. O.; LIMA, D. R. **Café & Saúde Humana**, Embrapa, 2003.

FAGAN, E. B.; SOUZA, C. H. E.; PEREIRA, N. M. B.; MACHADO, V. N. Efeito do tempo de formação do grão de café (*coffea* sp) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 729-738, Sept./Oct. 2011.

FANTE NETO, J. C.; NADALETI, D. H. S.; MENDONÇA, L. M. V. L.; MENDONÇA, J. M. A. Avaliação sensorial de cafés submetidos a diferentes tipos de processamento pós-colheita e secagem em terreiro suspenso. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Epamig/Embrapa, 2015. p. 1-4.

FAVARIN, J. L.; VILLELA, A. C. G.; MORAES, M. H. D.; CHAMMA, H. M. C. P.; COSTA, J. D.; DOURADO-NETO, D. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária**, v. 39, n. 2, p.3-6, 03 fev. 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

LICCIARDI, R; PEREIRA, R. G. F. A; MENDONÇA, L. M. V. L.; FURTADO, E. F. Avaliação físico-química de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 425-429, jul./set. 2005.

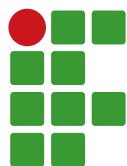
MACEDO, L. L.; AGNOLETTI, B. Z.; ARAUJO, C. S.; VIMERCATI, W. C.; SARAIVA, F. H.; TEIXEIRA, L. J. Q. Avaliação de propriedades físico-químicas de café arábica classificados quanto à qualidade da bebida. In: **XX Encontro latino americano de iniciação científica, XVI Encontro latino americano de pós-graduação e vi encontro de iniciação à docência – UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA**, 2016.

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras/MG, v. 29, n. 5, 20 maio 2005.

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; LACERDA, J. S.; NEVES, Y. P.; PEDROSA, A. W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 838-848, nov./dez., 2014.

MATIELLO, J. B.; SNATINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. Edição 2010. Rio de Janeiro/Varginha, MAPA/PROCAFÉ, p. 542, 2010.

- MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A.N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 239-243, 2005.
- MOLIN, R. N.; ANDREOTTI, M.; REIS, A. R.; JUNIOR, E. F.; BRAGA, G. C.; SCHOLZ, M. B. S. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuítas, Paraná. **Acta Scieagronomica**. Maringá, v. 30, n. 3, p.355-358, nov. 2008.
- MÜLLER, A, J., HUEBNER, L., SOUZA, C, F, V, de. Avaliação da qualidade físico-química de diferentes marcas de café torrado solúvel e em pó comercializadas na região do vale do Taquari/RS. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 1, p. 1004-1012, 2013.
- NETO, J. C. F.; NADALETI, D. H. S.; MENDONÇA, L. M. V. L.; MENDONÇA, J. M. A. **Avaliação sensorial de cafés submetidos a diferentes tipos de processamento pós-colheita e secagem em terreiro suspenso**. IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil 24 a 26 de junho de 2015, Curitiba/PR. 2015.
- NOBRE, G. W.; BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; PEREIRA, R. G. F. A.; OLIVEIRA, P. D. Composição química de frutos imaturos de café arábica (*Coffea arabica* L.) processados por via seca e via úmida. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 107-113, maio/ago. 2011.
- PIMENTA, C. J.; PARREIRA, C. R.; PIMENTA, M. E. S. G.; CHALFOUN, S. M.; OLIVEIRA, R. M. E.; BOTELHO, D. M. S.; LEAL, R. S. **Avaliação da composição química de café torrado e moído de diferentes marcas comercializadas no município de Lavras/MG**. VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2009.
- RIBEIRO, F. C.; FIGUEIREDO, L. P.; GIOMO, G. S.; ISQUERDO, E. P.; FERREIRA, I. T.; BORÉM, F. M. Qualidade de bebida, condutividade elétrica e lixiviação de potássio de grãos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes métodos de degomagem biológica. VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2009, Vitória ES. **Resumo, Ata, Anais ou Trabalhos Apresentado**. Vitória ES: Embrapa café, 2009.
- RIBEIRO, B. B.; MENDONÇA, L. L.; DIAS, R. A. A.; ASSIS, G. A.; MARQUES, A. C. Parâmetros qualitativos do café proveniente de diferentes processamentos na pós-colheita. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 14, p. 273-279, 2011.
- SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **SCAA protocols cupping specialty coffee**. 2015. Disponível em: <https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- SIQUEIRA, H. H. de; ABREU, C. M. P. de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, jan./fev., 2006.
- SCHOLZ, M. B. S.; FIGUEIREDO, V. R. G.; SILVA, J. V. N.; KITZBERGER, C. S. G. Características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 245-255, set./dez. 2011.



Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no cultivo do feijoeiro

Márcio José de Santana¹, Matheus Pereira de Assis², Stephânia Martins Trindade³, Jan Cornelis van Kempen⁴, Nicolly Urzedo Carneiro⁵

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Professor doutor em Irrigação e Drenagem. marciosantana@iftm.edu.br.

²IFTM, *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Engenheiro Agrônomo, bolsista PET MEC. matheus.assis72@hotmail.com.

³IFTM, *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Estudante de Engenharia Agrônômica. stephaniatrinidade@outlook.com.

⁴IFTM, *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Engenheiro Agrônomo, bolsista PET MEC. jankempen15@hotmail.com.

⁵IFTM, *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Engenheira Agrônoma, bolsista CNPq. nicollycarneiro1997@gmail.com.

Submetido em: 29/12/2020 | Aceito em: 15/03/2021

Resumo

A irrigação possibilita o aumento da produtividade na cultura do feijoeiro, porém, se manejada de forma inadequada, pode elevar o custo de produção e promover a lixiviação de nutrientes, principalmente do nitrogênio, nutriente que é fundamental para o desenvolvimento da cultura. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o rendimento do feijoeiro comum submetido a diferentes doses de nitrogênio e lâminas de água na região de Uberaba/MG. O experimento foi conduzido no IFTM – *Campus* Uberaba, em blocos casualizados, constituído por quatro níveis de irrigação (déficits de 15 %, 30 % e 45 % e um fator sem déficit hídrico) e quatro doses de nitrogênio (50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹) aplicadas no estágio V4 do feijoeiro. A cultivar utilizada foi BRSMG Majestoso. Não ocorreu interação entre as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio para as variáveis estudadas. As doses de nitrogênio influenciaram somente o teor de nitrogênio foliar de forma linear. O déficit hídrico de 9,72 % foi favorável para atingir máximas produtividades de grãos e favorece o número de vagens por planta. A massa da planta em R6, massa de 100 grãos, hidratação e soma térmica decaíram linearmente com o aumento do déficit hídrico.

Palavras-chave: Manejo da irrigação. Déficit hídrico. *Phaseolus vulgaris* L.

Introdução

O Brasil concentra 50 % do produto interno bruto no agronegócio e ocupa a sexta posição entre as economias mais promissoras do mundo. Por isso, tem-se buscado cada dia mais uma produção sustentável de alimentos para atender às necessidades mundiais (SABUNDIJIAN *et al.*, 2016).

Entre as principais culturas produzidas no país, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em todas as regiões brasileiras, em três safras de cultivo, por apresentar uma alta adaptação climática, sendo fonte de renda para grandes e pequenos produtores, além de ser incontestavelmente de grande importância nutricional para os brasileiros. De acordo com dados da Conab (2019), a produção das três safras foi de 3,23 milhões de toneladas distribuídas em 2,927 milhões de hectares. Quando cultivado em uma época com restrição hídrica, o feijão necessita

de irrigação, para que consiga atingir seu pleno potencial produtivo.

Na busca pela eficiência produtiva do feijoeiro irrigado, o manejo do solo e da água possui destaque como componentes que necessitam de grande atenção (MORAIS *et al.*, 2017). Sabe-se hoje da importância de se utilizarem os recursos hídricos de forma consciente. Por isso, a irrigação deve ser manejada de forma correta visando atingir altos níveis de eficiência. Nas estratégias do manejo de irrigação, existem alguns aspectos que devem ser analisados: o momento a se aplicar, a quantidade a ser aplicada e a lâmina total aplicada durante o desenvolvimento da cultura (PACHECO *et al.*, 2016).

Quanto à adubação, o nutriente mais absorvido pelo feijoeiro é o nitrogênio, estando este elemento presente em diversas moléculas e processos fisiológicos da planta. A adubação nitrogenada influencia o aumento da área foliar

e, conseqüentemente, a maior absorção de luz e atividade fotossintética da planta, proporcionando maiores produtividades da cultura (SCHERER *et al.*, 2015). No entanto, as pesquisas relacionadas ao nitrogênio no cultivo do feijoeiro são muito controversas e variam de acordo com o manejo agrícola adotado (BERNARDES *et al.*, 2014).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o rendimento do feijoeiro comum submetido a doses de nitrogênio e lâminas de irrigação, na região de Uberaba/MG.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no *Campus* Uberaba do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro localizado no município de Uberaba/MG, situado a 800 m de altitude com latitude de 19° 39' 19" S e longitude de 47° 57' 27" W. O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, isto é, verão quente e chuvoso, inverno frio e seco, com temperatura média anual de 23,2 °C (VALLE JUNIOR *et al.*, 2010) e

precipitação média anual de 1584,2 mm ano⁻¹ (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES *et al.*, 2003).

O experimento foi conduzido em blocos casualizados (DBC), sendo empregado esquema fatorial 4 x 4, constituído por 4 níveis de disponibilidade de água no solo (déficits de 15 %, 30 % e 45 % e um fator sem déficit hídrico) e 4 doses de nitrogênio (50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹) diferenciadas em cobertura no estágio V4 do feijoeiro, utilizando ureia como fonte deste nutriente. Foram empregadas 4 repetições, totalizando 16 tratamentos e 64 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída de 6 linhas de semeadura com 3 metros de comprimento. As plantas localizadas ao centro da área foram consideradas plantas úteis para coletas de dados (área de 1 m²).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, cujas características químicas foram analisadas pelo Laboratório de Análise de Solo – Labfert Uberaba/MG (TABELA 1). Todos os teores dos nutrientes foram corrigidos seguindo a recomendação de Chagas *et al.* (1999) para o nível NT4. O solo pertence à classe textura Franco Argilo Arenosa (TABELA 2).

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo utilizado no experimento. IFTM - *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

Características	Teores	Características	Teores
pH em CaCl ₂	5,8	H + Al (mmolc dm ⁻³)	16,0
P (mg dm ⁻³)	31,12	SB (mmolc dm ⁻³)	44,86
K (mmolc dm ⁻³)	2,96	T (mmolc dm ⁻³)	60,86
Ca ²⁺ (mmolc dm ⁻³)	26,2	V (%)	73,21
Mg ²⁺ (mmolc dm ⁻³)	15,7	M.O. (g dm ⁻³)	17,8
Al ³⁺ (mmolc dm ⁻³)	0		

SB é a soma de bases trocáveis; T é a CTC a pH igual a 7,0; V é a saturação por bases; M.O. é a matéria orgânica no solo.

Fonte: Laboratório de Análise de Solo – Labfert Uberaba, MG.

Tabela 2 – Resultados da análise física do solo (textura) da área experimental. IFTM - *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

Camada (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe
0-20	64	10	26	Franco Argilo Arenosa

Fonte: Laboratório de Análise de Solo – Labfert Uberaba, MG.

Na Tabela 3 constam as equações de ajuste das curvas características de retenção de água no solo para as camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade.

A partir do solo coletado por meio do cilindro de Uhland, verificaram-se valores de densidade

do solo de 1,18 g cm⁻¹ e 1,22 g cm⁻¹, para as respectivas profundidades 0 cm - 20 cm e 20 cm - 40 cm. A capacidade de campo foi de 0,23 cm³ cm⁻³ para a tensão de água no solo média de 10 kPa na camada de 0 cm - 20 cm e ponto de murcha permanente de 0,054 cm³ cm⁻³.

Tabela 3 – Resultados da caracterização hídrica do solo da área experimental. IFTM - *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

Camada (cm)	Equação	R2
0 – 20	$\theta = \frac{0,46}{\left[1+(1,4 * \Psi_m)^{4,707}\right]^{0,116}} + 0,078$	0,925
20 – 40	$\theta = \frac{0,375}{\left[1+(0,985 * \Psi_m)^{6,917}\right]^{0,127}} + 0,238$	0,958

θ =umidade volumétrica (cm³ cm⁻³); Ψ_m =potencial matricial (kPa).

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

A cultivar utilizada no experimento foi a BRSMG Majestoso que apresenta hábito de crescimento indeterminado tipo III e grãos do tipo carioca. O sistema de preparo do solo foi o convencional, realizado com o auxílio de grade niveladora e a abertura dos sulcos por meio de cultivador, com hastes espaçadas a 50 cm. O experimento foi semeado em 16 de abril de 2017 com a densidade de 16 sementes por metro. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual e o controle de insetos e doenças no feijoeiro foi realizado conforme necessidade, com o uso de agrotóxicos registrados para a cultura. A colheita foi realizada em 7 de agosto de 2017 aos 92 dias após a semeadura da cultura.

Os dados meteorológicos foram obtidos por

meio de um termohigrômetro digital e um pluviômetro modelo *Ville de Paris* instalados no local do experimento e aferidos com os dados da estação meteorológica automática localizada no IFTM – *Campus* Uberaba.

A irrigação foi efetuada por quatro microaspersores instalados nas parcelas, com sobreposição de 50 % instalados a 20 cm do solo, com intensidade de aplicação de 7,5 mm h⁻¹. Hastes tensiométricas foram instaladas em cada tratamento para avaliar a tensão de água e a umidade do solo. A leitura dos dados foi realizada durante o período da manhã.

Para obtenção da Evapotranspiração de referência foi utilizada a equação 1 de Hargreaves e Samani (1985).

$$ET_o = 0,0023 (T_{méd} + 17,8) \times (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} \times Ra \times 0,408 \quad (1)$$

em que: ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); $T_{mín}$ = temperatura mínima (°C); $T_{máx}$ = temperatura máxima (°C); $T_{méd}$ = temperatura média (°C) e Ra = radiação no topo da atmosfera (MJ m⁻²dia⁻¹).

Os dados referentes à radiação solar foram obtidos seguindo a recomendação de Doorenbos

e Pruitt (1975). Os valores de evapotranspiração da cultura no tratamento sem déficit hídrico

foram obtidos por meio das equações 2 e 3, sendo que as demais lâminas de irrigação obedeceram à proporção de cada tratamento.

$$ETc = ETo \times Kc \times Ks \quad (2)$$

em que: ETc = evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}); Kc = coeficiente da cultura (adimensional) e Ks = coeficiente de umidade (adimensional).

$$LB = LL/Cu \times Ea \quad (3)$$

em que: LB = lâmina bruta de irrigação (mm); LL = lâmina líquida de irrigação, considerada a ETc estimada (mm); Ea = eficiência de aplicação do sistema (decimal) e Cu = coeficiente de uniformidade do sistema (decimal).

O coeficiente da cultura adotado foi proposto por Santana (2007). Durante todo o período de condução do experimento foi admitido o valor de 1 (um) para o coeficiente de umidade do solo e para ambos os parâmetros de eficiência de aplicação e coeficiente de uniformidade do sistema o valor de 0,85 foi aplicado na fórmula.

Para a realização da soma térmica foi considerado o método de Arnold (1959), com registro por parcela quando pelo menos 10 plantas tivessem mudado de fase fenológica. A temperatura base superior considerada foi de 35 °C e a inferior de 10 °C. O método foi calculado conforme equação 4.

$$GD = \{[(T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})/2] - T_{\text{base}}\} \quad (4)$$

em que: GD = graus-dia acumulado (°C); $T_{\text{máx}}$ = temperatura diária média máxima do ar (°C); $T_{\text{mín}}$ = temperatura diária média mínima do ar (°C); T_{base} = temperatura abaixo da qual as plantas não se desenvolvem.

A hidratação de grãos foi determinada por meio da metodologia descrita por Durigan (1979), assim, em cada béquer com capacidade de 250 mL foram adicionadas 50 gramas de grãos previamente escolhidos e 200 mL de água destilada. Durante um tempo de 12 horas, foram realizadas as avaliações do volume de água não absorvido pelos grãos. Ao final do tempo previsto para a hidratação, a água foi totalmente drenada e os grãos pesados. A relação de hidratação foi determinada como sendo a razão entre a massa após a hidratação e a massa inicial dos grãos.

Outros parâmetros foram avaliados como: produtividade de grãos, massa de 100 grãos, massa da planta em R6, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, eficiência do uso da água (E.U.A) e teor de nitrogênio foliar. Os valores de

produtividade e massa de 100 grãos foram corrigidos para a umidade de 13 %.

Todos os parâmetros foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2014), sendo os efeitos dos tratamentos quando significativos a 5 % de probabilidade, estudados por meio de análise de regressão.

Resultados e discussão

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios de tensão de água no solo e a lâmina total aplicada em cada tratamento. Analisando-se os dados de tensão de água no solo, não se observa diferença entre os déficits hídricos, com os valores variando de 12,83 kPa a 16,32 kPa.

Tabela 4 – Tensão de água no solo e lâminas aplicadas no experimento. IFTM – *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

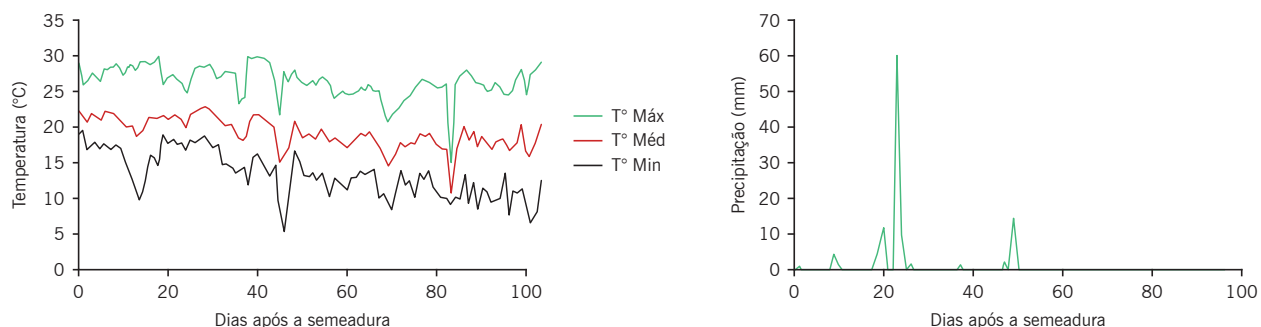
Déficit Hídrico (%)	Tensão média de água no solo (kPa)	Lâmina aplicada (mm)
0	12,83	472
15	13,56	433
30	16,32	394
45	14,17	354

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Devido à realização de irrigação diariamente na condução do trabalho, o valor das tensões de água no solo permaneceu próximo da capacidade de campo, em torno de 10 kPa. Em estudo conduzido por Brito (2014), que avaliou diferentes tensões de água no solo (30 kPa, 40 kPa, 50 kPa, 60 kPa e 70 kPa) no cultivo do feijoeiro comum, observou-se que a tensão de 30 kPa

proporcionou incrementos positivos na produtividade do feijoeiro.

Após a realização dos cálculos foram obtidas as lâminas aplicadas em cada déficit na condução do experimento. Durante o desenvolvimento da cultura, ocorreu uma precipitação acumulada de 125,22 mm (FIGURA 1). Pode-se observar que 24 dias após a semeadura do feijoeiro ocorreu uma precipitação de 60,19 mm.

Figura 1 – Temperatura (máxima, média e mínima) e precipitação na área experimental do IFTM - *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Somando-se a precipitação durante a condução do experimento, foram verificadas as lâminas de 472 mm, 433 mm, 394 mm e 354 mm aos respectivos déficits de 0 %, 15 %, 30 % e 45 %. Segundo Cunha *et al.* (2013), em experimento analisando diferentes formas de manejo de irrigação (Tanque classe A, Tensiometria e Penman-Monteith), com as lâminas correspondentes a 407,39; 272,04 e 341,63, foi observado que a maior lâmina proporcionou a maior produtividade da cultura.

As umidades relativas do ar máxima, mínima e média durante o desenvolvimento da cultura foram de 52,62 %; 72,80 % e 92,06 %, respectivamente. A temperatura no período de desenvolvimento da cultura variou de 5,60 °C a 29,90 °C, sendo que a temperatura média durante a condução do experimento foi de 19,1 °C (FIGURA 1). O valor de temperatura recomendado para o pleno desenvolvimento do feijoeiro é de 29 °C durante o dia e 21 °C durante a noite. Temperaturas acima de 35 °C são prejudiciais

à cultura, podendo afetar sua produtividade (GONZAGA *et al.*, 2014).

Na Tabela 5, encontra-se o resumo da análise de variância para as variáveis: produtividade de grãos, massa de 100 grãos, massa em R6, número de vagens por planta (NVP), soma térmica, número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), hidratação dos grãos, eficiência do uso da água (EUA) e teor de nitrogênio foliar (N Foliar). Verificou-se diferença

estatística para os déficits ($p < 5\%$) para massa em R6 e número de vagens por planta (NVP). Para as variáveis produtividade de grãos, massa de 100 grãos, hidratação, soma térmica, eficiência do uso da água (E.U.A) e teor de nitrogênio foliar, observou-se diferença estatística ($p < 1\%$). Não ocorreu interação entre as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio e efeito das doses de nitrogênio para nenhuma variável estudada.

Tabela 5 – Resumo do quadro de Análise de Variância para as variáveis: produtividade de grãos (Prod.), massa de 100 grãos, massa em R6, número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGV), hidratação, soma Térmica, eficiência do uso da água (EUA) e teor de nitrogênio foliar (N Foliar). IFTM - Campus Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

FV1	GL2	Prod.	Massa de 100 grãos	Massa em R6	NVP	Soma Térmica
Déficit (D)	3	0,0000 ⁴	0,0000 ⁴	0,0460 ⁵	0,0500 ⁵	0,0000 ⁴
Dose de Nitrogênio (N)	3	0,9870 ^{ns}	0,4899 ^{ns}	0,6791 ^{ns}	0,1193 ^{ns}	0,1454 ^{ns}
D x N	9	0,6983 ^{ns}	0,6882 ^{ns}	0,8325 ^{ns}	0,7391 ^{ns}	0,3411 ^{ns}
Média geral		4174,24 kg ha ⁻¹	24,78 g	22,89 g	15,69	855,51°C
CV ³ (%)		21,23	11,3	23,46	29,36	1,75
FV1	GL2	NGP	NGV	Hidratação	E.U.A	N Foliar
Déficit (D)	3	0,1865 ^{ns}	0,6081 ^{ns}	0,0004 ⁴	0,0067 ⁴	0,5757 ^{ns}
Dose de Nitrogênio (N)	3	0,4048 ^{ns}	0,1101 ^{ns}	0,5642 ^{ns}	0,9817 ^{ns}	0,0000 ⁴
D x N	9	0,4503 ^{ns}	0,2712 ^{ns}	0,8306 ^{ns}	0,6537 ^{ns}	0,8373 ^{ns}
Média geral		85,92	5,40	1,61	10,06	31,77
CV ³ (%)		31,13	15,39	9,54	21,63	12,25

¹ fontes de variação; ² grau de liberdade; ³ coeficiente de variação; ⁴ significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F; ⁵ significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

A produtividade não sofreu influência das doses de nitrogênio aplicadas na condução do experimento, possivelmente devido à aplicação ter sido realizada em V4 e as chuvas ocorridas no período. Esse resultado corrobora o trabalho realizado por Pacheco *et al.* (2016) no município de Aquidauana/MS, no qual os autores também não observaram efeito significativo das doses (0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹) de nitrogênio. Alguns autores, como Guimarães *et al.* (2017) e Sabundjian (2013), também não verificaram diferenças estatísticas nas doses de

nitrogênio para produtividade de grãos do feijoeiro. Por outro lado, Kolling e Ozelame (2017) verificaram que para cada 10 kg de nitrogênio aplicados, houve um incremento na produtividade da cultura de 14 kg ha⁻¹.

Amaral *et al.* (2016), em experimento realizado na cidade de Jaboticabal/SP, avaliaram cinco doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹) e observaram que as doses influenciaram a produtividade de grãos do feijoeiro, em que a

aplicação de 136 kg ha⁻¹ propiciou 2565 kg ha⁻¹ de produtividade.

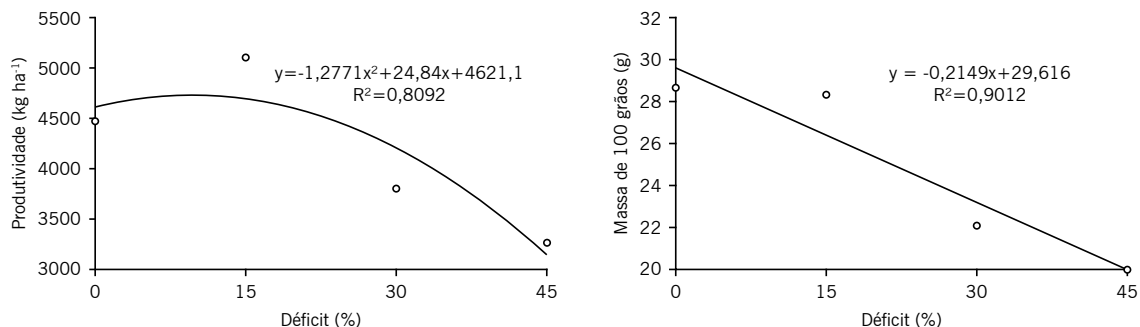
Em trabalho realizado, Moreira *et al.* (2013), analisando doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹) no feijoeiro irrigado, verificaram incremento linear ocasionado pelas doses de nitrogênio em semeadura no rendimento dos grãos, em que para cada kg deste nutriente ocorreu um incremento de 3,679 kg ha⁻¹ nessa variável, sendo o rendimento máximo de 2.404 kg ha⁻¹.

Sabundijian *et al.* (2016) testando doses de 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹, em cobertura com a aplicação em área total de *Rhizobium tropici*, verificaram efeito significativo para produtividade de grãos no primeiro ano de condução do experimento com o ponto máximo

de produção utilizando 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio; no entanto, no segundo ano de condução o autor não encontrou diferenças estatísticas com as doses de nitrogênio, mostrando a dificuldade da dinâmica no manejo desse nutriente.

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito significativo sobre a produtividade de grãos. O déficit de 9,72 % é o indicado para atingir os maiores valores de produtividade (FIGURA 2). Segundo Aleman e Mignacca (2015), para a cultivar Pérola, com os níveis de reposição de água no solo de 25 %, 50 %, 75 %, 100 %, 125 % e 150 %, a máxima produção dos grãos foi com a reposição de 75 % de água no solo, mostrando o efeito benéfico do déficit hídrico na produtividade dos grãos.

Figura 2 – Produtividade e massa de 100 grãos em função do déficit hídrico. Uberaba, MG.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Em trabalho conduzido por Sales *et al.* (2017), foi verificado que a maior produtividade da cultivar BRSMG Majestoso foi de 3422,19 kg ha⁻¹, com uma lâmina de 226,96 mm, sendo esta lâmina menor cerca de 29 % da lâmina de maior valor utilizada no experimento. Peres (2014), analisando coinoculação e lâminas de irrigação (100 % e 75 %), verificou que a lâmina de 75 % proporcionou produtividade igual ou superior à lâmina de 100 % no cultivo outono/inverno.

Torres *et al.* (2013), avaliando diferentes coberturas do solo e lâminas de irrigação (40 %, 70 %, 100 %, 130 % e 160 % da

evapotranspiração diária), também verificaram uma maior produtividade de grãos quando utilizada a reposição de 100 %.

A massa de 100 grãos também foi influenciada pelas lâminas de irrigação (FIGURA 2), verificando-se relação inversamente proporcional entre peso dos grãos e déficit hídrico; a cada aumento unitário do déficit hídrico, ocorreu uma redução de 0,72 % na massa dos grãos. Esses resultados são similares aos de Moraes *et al.* (2017), em que o aumento do déficit resultou num menor peso de grãos por planta; no estudo, para cada 1 % de aumento na reposição hídrica, ocorreu um aumento de 3,54 % no peso dos grãos.

O fato de o nitrogênio não ter afetado a massa de 100 grãos também foi verificado por Kolling e Ozelame (2017), que utilizando as doses de 0 kg ha⁻¹, 25 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹ e 75 kg ha⁻¹ de nitrogênio não verificaram efeito sobre a massa das sementes. Outros autores também não encontraram diferenças no efeito da dose de nitrogênio na massa de 100 grãos, como Moreira *et al.* (2013), Guimarães *et al.* (2017) e Sabundjian *et al.* (2016).

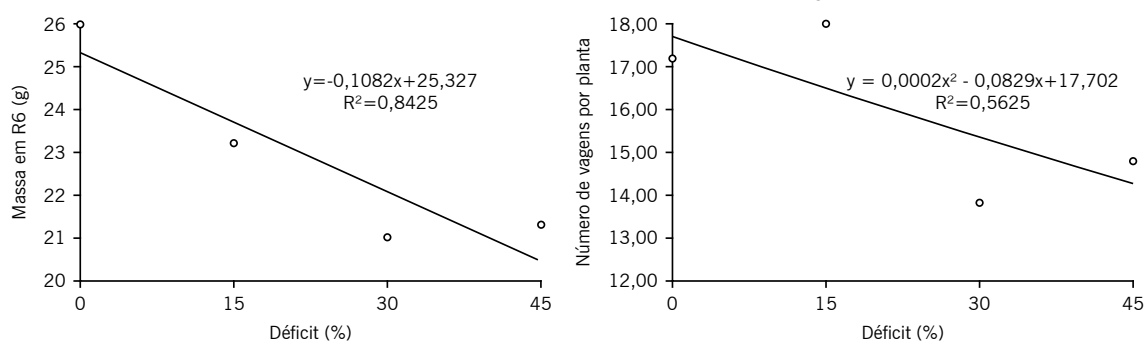
A massa da planta em R6 também não foi influenciada pelas doses de nitrogênio, resultado semelhante ao de Silva, Silva e Trevisam (2017a), em experimento avaliando a interação entre nitrogênio e enxofre, utilizando as doses de 80 mg dm⁻³ e 120 mg dm⁻³ de nitrogênio observaram-nas quais não se observou efeito significativo desse nutriente na matéria seca da parte aérea, tendo como média geral a produção de 9,77 g vaso⁻¹.

Em trabalho no qual se avaliou época de aplicação e doses de 0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, Scherer

et al., (2015) verificaram diferenças estatísticas para matéria seca do feijoeiro, sendo recomendada a dose de 120 kg ha⁻¹, parcelada aos 15 e 30 dias após a emergência. Schoninger *et al.* (2015) também observaram incremento linear na massa seca da parte aérea ao utilizarem as doses de 0 N ha⁻¹, 40 N ha⁻¹ e 80 kg de N ha⁻¹ de nitrogênio na cultivar BRS Requite.

O déficit hídrico proporcionou efeito nessa variável, da mesma forma que no peso de 100 grãos, sendo inversamente proporcional e, para cada aumento em 1 % do déficit hídrico, ocorreu redução 0,42 % na massa da planta (FIGURA 3). A variável massa da planta está interligada com o peso de 100 grãos, pois quanto menor o peso da planta, menor será o seu aporte, número e tamanho de folhas, acarretando uma menor capacidade fotossintética e conseqüentemente um menor enchimento de grãos. O déficit hídrico na cultura promove diminuição da absorção de nutrientes e mudança no comportamento do metabolismo da planta, o que pode ter provocado queda nas médias das variáveis mencionadas.

Figura 3 – Massa seca da planta em R6 e número de vagens por planta em função do déficit hídrico. Uberaba/MG.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

O número de vagens sofreu efeito dos níveis de déficits hídricos, na condução do experimento, o déficit de 15 % resultou em uma média de 18 vagens por planta (FIGURA 3). Esse resultado contribuiu para explicação da produtividade dos grãos, pois o número de vagens por planta influenciou diretamente essa variável; logo o déficit proporcionou um maior número de vagens

e, conseqüentemente, uma produtividade maior. Em trabalho realizado por Peres (2014), analisando-se a coinoculação e lâminas de irrigação de 100 % e 75 %, verificou-se que o déficit de 15 % proporcionou o maior valor para essa variável em experimento conduzido no ano de 2013.

Segundo Torres *et al.* (2013), o número de vagens foi maior quando utilizada a reposição

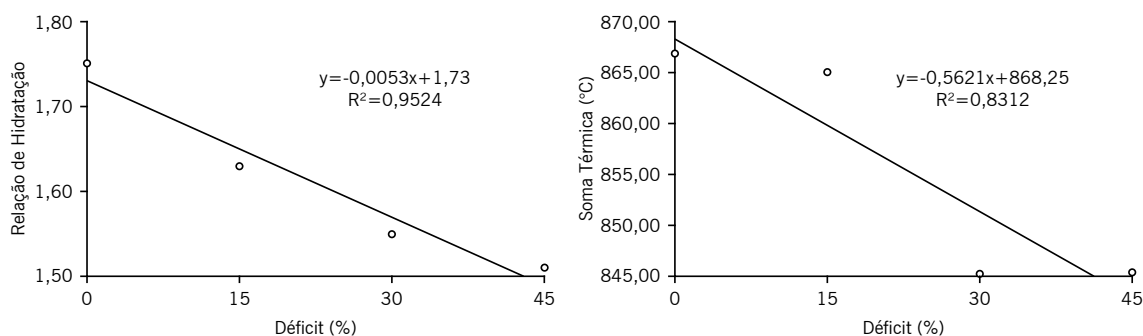
de 100 %. Souza (2016), em estudo com as doses de 0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹, observou incremento linear ocasionado pelas doses de nitrogênio no número de vagens por planta.

Nas condições do experimento, o número de grãos de vagem médio foi 5,4, não sendo influenciado pelos fatores estudados (TABELA 3). A variável número de grãos por planta também não sofreu influência das doses de nitrogênio e lâminas de irrigação, observando o valor médio de 85,02 (TABELA 5). Sabundjian *et al.* (2016), testando doses de 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹, também não verificaram

efeito significativo do nitrogênio sobre o número de grãos por planta.

A relação de hidratação foi significativa para os déficits hídricos (FIGURA 4) e, com o aumento do déficit, ocorreu redução na relação de hidratação, para a qual foram observados valores entre 1,75 e 1,51. Esse resultado pode ser explicado com o auxílio da massa de 100 grãos, que apresentou o mesmo comportamento ao ser analisada. Com o aumento do déficit, ocorreu diminuição na massa dos grãos e, conseqüentemente, diminuição no seu tamanho, pois quanto menor o tamanho do grão, menor sua capacidade de hidratação.

Figura 4 – Relação de hidratação e soma térmica em função do déficit hídrico. Uberaba/MG.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Amaral *et al.* (2016), analisando as doses de 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹, não observaram diferença no tempo para hidratação e, após o intervalo entre 15 horas e 13 horas, notou-se a máxima hidratação.

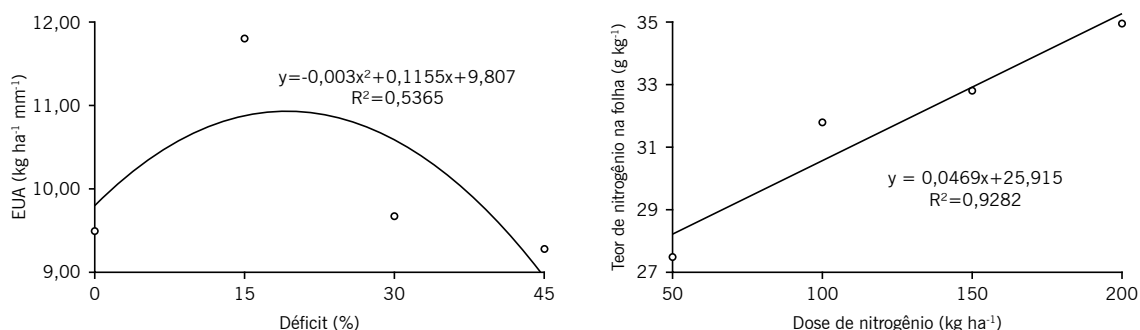
Segundo Souza (2016), para a cultivar IAC Alvorada não foi notada diferença significativa para as variáveis: relação de hidratação, que obteve como média geral o valor de 2,02; tempo máximo de hidratação, para o qual foi observada média de 11 horas e 35 minutos e teor de proteína bruta, que apresentou média de 20,35 %.

A soma térmica sofreu influência do déficit hídrico (FIGURA 4), podendo-se observar que

quanto maior foi o déficit, menor o ciclo da cultura, com valores totais de 866 °C, 864 °C, 845 °C e 845 °C, respectivamente, para os déficits de 0 %, 15 %, 30 % e 45 %. Com a redução da lâmina aplicada, a planta recebe estímulo para terminar seu ciclo em menor tempo.

Para a eficiência de uso da água (FIGURA 5), os maiores valores foram verificados para o déficit de 15 %, que apresentou uma média de 11,79 kg ha⁻¹ por mm⁻¹. Brito *et al.* (2016), que avaliaram a condução do feijoeiro com e sem restrição hídrica, observaram nos tratamentos sem restrição hídrica o valor de 0,50 kg m⁻³ para E.U.A, aplicando-se 376,4 mm de lâmina total.

Figura 5 – Eficiência do uso da água em função do déficit hídrico e teor de nitrogênio na folha em função das doses de nitrogênio. Uberaba/MG.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Pacheco *et al.* (2016) afirmaram que a E.U.A é um dos parâmetro essenciais ao analisar o efeito das práticas agrícolas. Analisando as doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹) e estimando a evapotranspiração pelo método de Hargreaves e Samani (1985), Pacheco *et al.* (2016) obtiveram o valor de 0,40 kg m⁻³ para o E.U.A.

Soares *et al.* (2016), analisando uma testemunha (precipitação pluviométrica) e 46 %, 73 %, 84 % e 100 % da reposição da ET_c, verificaram que o tratamento 100 % proporcionou maior eficiência do uso da água com 0,26 kg m⁻³, sendo a média do experimento de 0,32 kg m⁻³.

Observou-se incremento linear no teor de nitrogênio nas folhas, obtendo os valores entre 27,5 % e 34,97 % com o aumento das doses (FIGURA 5). Não foi observado efeito das lâminas de irrigação para o teor de nitrogênio nas folhas. Segundo Silva (2017b), doses de nitrogênio 80 mg e 120 mg dm⁻³ não apresentaram diferença significativa.

Souza (2016), avaliando doses de nitrogênio de 0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ na cultivar IAC Alvorada, verificou incremento linear no teor de nitrogênio foliar, com média geral de 31,8 g kg⁻¹. Bernardes *et al.* (2014), avaliando doses de nitrogênio na cultivar BRS Supremo, constataram efeito significativo das doses do elemento sobre o teor final nas folhas do feijoeiro no florescimento, obtendo um

ajuste melhor pelo modelo quadrático em que a dose de 120,7 kg ha⁻¹ proporcionou valor máximo de 47,2 g kg⁻¹ de nitrogênio.

Conclusão

As doses de nitrogênio não influenciaram o rendimento do feijoeiro comum nas condições do estudo. Os maiores déficits hídricos proporcionaram queda no rendimento da cultura. O déficit hídrico de 9,72 % foi favorável para atingir máximas produtividades de grãos e favorece o número de vagens por planta.

Referências

- ALEMAN, C. C.; MIGNACCA, F. A. Avaliações morfofisiológicas do feijão Pérola irrigado. *Colloquium Agrariae*, v. 11, n. 2, p. 19-24, 2015.
- AMARAL, C. B.; PINTO, C. C.; FLÔRES, J. A.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1602-1609, 2016.
- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heatunit system. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 74, n. 1, p. 430-445, 1959.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; CUNHA, P. C. R. Resposta do feijoeiro de outono-inverno a fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 458-468, 2014.

BRITO, J. E. D.; ALMEIDA, A. C. S.; LYRA, G. B.; FERREIRA JÚNIO, R. A.; TEODORO, I.; SOUZA, J. L. Produtividade e eficiência de uso da água em cultivo de feijão sob diferentes coberturas do solo submetido à restrição hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 2, p. 565 - 575, 2016.

BRITO, R. R. **Crítérios de manejo na irrigação do feijoeiro em três texturas de solo**. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

CHAGAS, J. M.; BRAGA, J. M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L. T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G. A. A.; ANDRADE, M. J. B.; LANA, R. M. Q.; RIBEIRO, A. C. Recomendação adubação para o feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-308.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 6, n 7, p. 1-119, 2019.

CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 735-742, 2013.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirement's**: Revised, Roma: FAO, 1975. 144 p. Irrigation and Drainage Paper, 24.

DURIGAN, J. F. **Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1979. 81f. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GUIMARÃES, R. A. M.; BRAZ, A. J. B. P.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B.; BRAZ, G. B. P.; SILVEIRA, P. M. Resposta de cultivares de feijoeiro a adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 136 – 148, 2017.

GONZAGA, A. C. de O. (Ed.). Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: **Embrapa**, 2014. 247 p.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985.

KOLLING, D. F.; OZELAME, O. Utilização de nitrogênio e enxofre em cobertura no feijão preto safrinha. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 204-211, 2017.

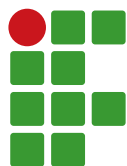
MORAIS, W. A.; CUNHA, F. N.; SOARES, F. A. L.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, N. F.; COSTA, C. T. S. Avaliação das características de produção do feijoeiro submetidos a variações de lâminas de irrigação e doses de adubação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 3, p. 1389-1397, 2017.

- MOREIRA, G. B. L.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; BORGES, I.; KONDO, M. K. Desempenho agrônomico do feijoeiro com doses de nitrogênio em semeadura e cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 818-823, 2013.
- PACHECO, A.; LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q.; FRANÇA, A.; SILVA, L. E. Diferentes métodos de manejo de irrigação e doses de adubação nitrogenada nos componentes de produtividade e eficiência no uso da água. **Agrarian**, v. 9, n. 33, p. 263-273, 2016.
- PERES, A. R. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica das sementes**. 2014. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus Ilha Solteira, Ilha Solteira.
- SABUNDIJIAN, M. T.; ARF, O.; MEIRELLES, F. C.; NASCIMENTO, V.; KANEKO, F. H.; TARUMOTO, M. B. Fertilização nitrogenada no desempenho agrônomico do feijoeiro de inverno em sucessão a gramíneas de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 2, p. 152-161, 2016.
- SABUNDIJIAN, M. T. **Efeito residual do consórcio de milho e *Urochloa ruziziensis* com inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do feijão e trigo irrigado em sistema plantio direto**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira.
- SALES, R. A.; AMBROZIM, C. S.; POSSE, R. P.; OLIVEIRA, E. C.; POSSE, S. P. Índice de satisfação das demandas de água e produtividade do feijão em diferentes lâminas de irrigação em Colatina – ES. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 1, p. 81-87, 2017.
- SANTANA, M. J. **Resposta do feijoeiro comum a lâminas e épocas de suspensão de irrigação**. 2007. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras. Lavras.
- SCHERER, A. L.; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L. Efeito de diferentes épocas e doses de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro cultivado em Campo Grande - MS. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 2, p. 162-171, 2015.
- SCHONINGER, E. L.; LANGE, A.; MENEGON, T. G.; CAIONE, G. Produtividade da cultura do feijoeiro submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Agrarian**, v. 8, n. 30, p. 387-398, 2015.
- SILVA, M. L. S.; SILVA, M. A. D.; TREVIZAM, A. R. Influência do nitrogênio e enxofre na produção do feijoeiro. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 3, p. 11-22, 2017a. DOI: 10.18406/2316-1817v9n32017899.
- SILVA, M. R. S.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, R. N.; ROCHA, A. O.; LIMA, A. N. S.; SANTOS, S. A.; SILVA, L. K. S. Resposta do feijoeiro a lâminas de água aplicada em relação à evapotranspiração da cultura. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 2, p. 71-77, 2017b.
- SILVA, W. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 665-674, maio/jun. 2003.
- SOARES, F. C.; PARIZI, A. R. C.; SILVA, G. U.; ESSI, R.; RUSSI, J. L.; BEM, L. H.; SANTOS, P. R. Irrigação suplementar na produção de grãos e na eficiência de uso da água do feijoeiro. **Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 34, p. 374-382, 2016.

SOUZA, S. S. **Doses de nitrogênio em cobertura, no feijoeiro de inverno em sucessão, a sistemas de cultivo de milho exclusivo e consorciado com braquiária e com crotalária.** 2016. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TORRES, J. L. R.; SANTANA, M. J.; PIZOLATO NETO, A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e coberturas de solo. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 833-841, 2013.

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



Extrato de gengibre como alternativa para o controle de tripes (*Thrips tabaci*) em alface hidropônica

Synara Silva¹, Marcelo Antônio de Sousa Gouvêa², Sylmara Silva³, Luciano Donizete Gonçalves⁴, Rafael Pereira⁵

¹ Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestranda em Fitotecnia. synarasilv@gmail.com.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - Campus Bambuí. Discente no curso em Agronomia. marcelogouveiatc@gmail.com.

³ UFLA. Doutoranda em Fitotecnia. sylmara-silva@hotmail.com

⁴ IFMG - Campus Bambuí. Professor orientador e pesquisador. lucianogoncalves@ifmg.edu.br.

⁵ UFLA. Laboratorista. rafaell.pereira@ufla.br.

Submetido em: 18/11/2020 | Aceito em: 30/03/2021

Resumo

O gengibre apresenta grande quantidade de óleos essenciais, sendo o zingibereno a substância majoritária e que pode estar interligado à atividade inseticida do vegetal. Desta forma, pode constituir-se em uma alternativa viável na substituição do uso de defensivos agrícolas para o controle de pragas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de extrato à base de gengibre em alface hidropônica como alternativa ao controle de tripes. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram as concentrações de 0 %, 20 %, 40 %, 60 % e 80 % peso/volume de extrato aquoso. Após 45 dias da semeadura, foi realizada aplicação do extrato vegetal de gengibre nas plantas de alface a cada sete dias. Foi monitorada a população de tripes a partir de armadilhas adesivas, presas acima de cada parcela experimental, a cada semana até a colheita. Além disso, foram avaliados peso da matéria fresca, altura da parte aérea e incidência de danos diretos na cultura. Em relação ao monitoramento de tripes, não foram observadas diferenças significativas indicando a uniformidade do nível populacional entre as parcelas da alface. Para a avaliação de peso e matéria fresca, não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos. Entretanto, a partir da concentração de 60 % foram observadas as menores médias de plantas com danos diretos, mostrando que quanto maior a concentração da solução, menor alimentação do inseto. Portanto, o uso de extrato vegetal de gengibre em alface hidropônica se torna uma alternativa promissora para a redução da alimentação de tripes em alface.

Palavras-chave: Inseticidas naturais. Controle alternativo. Cultivo protegido. Hidroponia. Propriedade inseticida.

Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) é considerada a hortaliça folhosa com maior consumo pela população mundial, com amplo cultivo em diversos países do mundo, tanto em área cultivada quanto em produtividade (LOBO, 2018). Dentre os maiores produtores, destaca-se a China, seguida pelos Estados Unidos, Índia, Espanha, Itália, Japão, Irã, Bélgica, México e Turquia (FAO, 2019).

No Brasil, a alface apresenta grande relevância econômica, social e nutricional. Conforme o Anuário Brasileiro de Hortifruti (2018), o volume nacional produzido em 2018 foi de 575,5 mil toneladas, em uma área de 86,8 mil hectares. O cultivo geralmente é realizado pela agricultura familiar, o que lhe confere relevância social com a

geração de empregos e renda durante o ano para as famílias, proporcionando a elevação do poder aquisitivo local (AGUIAR; DELGROSSI; THOMÉ, 2018). Em relação à importância nutricional, o consumo diário de alface proporciona a ingestão de diversos nutrientes, com baixo valor calórico (SUINAGA *et al.*, 2013), prevenindo doenças cardiovasculares e câncer (SILVEIRA, 2018).

No entanto, durante o desenvolvimento da cultura, ocorrem diversos problemas fitossanitários causados por pragas. O trips (*Thrips tabaci*) é considerado uma das principais pragas agrícolas, sendo que na cultura da alface é um dos principais vetores de viroses. A transmissão da virose ocorre durante a alimentação do trips, em que as plantas infectadas apresentam

encarquilhameto das folhas e, conseqüentemente, a desvalorização comercial do produto (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2011). O ataque desta praga pode também elevar a suscetibilidade à penetração de fungos e bactérias devido às lesões foliares, além de inviabilizar a produção de sementes (CARVALHO, 2017; ZAWADNEAK *et al.*, 2015).

Atualmente, o manejo fitossanitário do trips na cultura da alface baseia-se especialmente em aplicações intensivas de defensivos químicos para reduzir o nível populacional do inseto, porém o seu uso indiscriminado gera inúmeros problemas (MARANGONI; MOURA; GARCIA, 2012). É crescente a preocupação dos consumidores com relação ao manejo de pragas e doenças nas culturas agrícolas, sendo importante a busca constante por estratégias de produção mais sustentáveis.

Desta forma, o manejo integrado de pragas (MIP) surgiu em resposta à utilização de agrotóxicos, visando ao uso simultâneo de diversos manejos, de forma econômica e harmoniosa com o ambiente, por meio da menor exposição dos agricultores aos inseticidas e, conseqüentemente, redução dos índices de resíduos tóxicos nas hortaliças (PEREIRA; PINHEIRO; CARVALHO, 2013).

Dentro do MIP, o uso de extratos vegetais é uma prática antiga e torna-se importante estratégia de controle. Os extratos são obtidos de recursos renováveis, apresentam favoráveis propriedades toxicológicas, menor efeito sobre organismos não alvos, rápida degradação no solo não acumulando no meio ambiente, além de oferecerem maior segurança para o consumidor (VASCONCELOS; GODIM; BARROS, 2006).

Os extratos vegetais apresentam a possibilidade de serem produzidos pelos próprios produtores, diminuindo os custos de produção, além de serem aceitos dentro de sistemas orgânicos de produção. Entretanto, apesar de haver uma grande diversidade de plantas existentes no Brasil, o que torna o país próspero à identificação

de fontes naturais para o desenvolvimento de novos produtos, há uma carência da caracterização diante do alto número de espécies.

As espécies pertencentes à família Zingiberaceae apresentam grande potencial inseticida (ALMEIDA, 2012). Entre as plantas da família, o gengibre (*Zingiber officinale roscoe*) é uma planta que possui a capacidade de produzir óleos essenciais em grande quantidade. Portanto, apresenta potencial como planta inseticida para ser utilizada em sistemas de produção (LOPES *et al.*, 2011).

Com isso, é de extrema importância que sejam utilizados inseticidas seletivos para determinada praga, promovendo a preservação das espécies benéficas ao agroecossistema e às interações ambientais. Apesar da sua importância como alternativa de controle natural, atualmente existem poucos estudos sobre a utilização desses compostos em cultivos agrícolas.

A utilização de um defensivo alternativo elaborado a partir do gengibre pode constituir uma opção para o controle de trips em alface hidropônica, o que possibilita a redução de agroquímicos, com uma produção mais sustentável, além de gerar alimentos de maior qualidade e menor contaminação.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de diferentes concentrações de extrato aquoso à base de gengibre em alface hidropônica, como alternativa ao controle de trips (*Thrips tabaci*).

Material e métodos

O trabalho foi realizado no Setor de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – Campus Bambuí, entre julho e outubro de 2018. A instituição está situada no município de Bambuí/MG, nas coordenadas geográficas latitude 20°02'13" S, longitude 46°00'34" W e altitude de 681 metros (GOOGLE EARTH, 2021).

O experimento foi conduzido em plantas cultivadas em sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*) e em casa de vegetação. A solução nutritiva possuía pH entre 5,5 a 6,5 para

a maximização da absorção dos nutrientes pela alface. A composição da solução nutritiva e a solução de ajuste estão informadas abaixo conforme as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Quantidade de sais para o preparo de 2.000 litros de solução nutritiva. IFMG – *Campus* Bambuí. Bambuí/MG, 2018.

Nº	Fertilizantes	Nutrientes	g/ 2.000 L
1	Nitrato de cálcio	N, Ca	2.500
2	Cloreto de potássio	K	760
3	Monoamônio fosfato - MAP	N, P	300
4	Sulfato de magnésio	Mg e S	800
5	Micronutrientes	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn	50

B = Boro; Ca = Cálcio; Cu = Cobre; Fe = Ferro; K = Potássio; Mg = Magnésio; Mn = Manganês; Mo = Molibdênio; N = Nitrogênio; Ni = Níquel; P = Fósforo; S = Enxofre; Zn = Zinco.

Fonte: Furlani (1997).

Tabela 2 – Solução nutritiva de ajuste. IFMG – *Campus* Bambuí. Bambuí/MG, 2018.

Solução	Fertilizantes	Nutrientes	g/ 50 L
A	Nitrato de cálcio	N, Ca	3.000
	Micronutrientes	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn	75
B	Cloreto de potássio	K	4.500
	Monoamônio fosfato - MAP	N, P	1.000
	Sulfato de magnésio	Mg e S	1.200

Fonte: Furlani (1997).

A aquisição do gengibre ocorreu em uma propriedade de agricultura familiar, próxima ao município de Bambuí/MG. A colheita dos rizomas foi realizada semanalmente, a cada 7 dias. Para o preparo do extrato vegetal, foi realizada a trituração de 600 gramas de gengibre em dois litros de água destilada. A solução foi peneirada e diluída nas concentrações de 0 %, 20 %, 40 %, 60 % e 80 % peso/volume, utilizando água destilada. O extrato vegetal foi armazenado em recipientes de vidro de cor escura, por um dia.

O experimento foi implantado em delineamento em blocos casualizados, composto por 5 tratamentos, 4 repetições e 20 plantas por parcela. Os tratamentos testados foram as concentrações: T1 – 0 %, T2 – 20 %, T3 – 40 %, T4 – 60 % e T5 – 80 % peso/volume. Cada

parcela recebeu uma armadilha adesiva na parte central, presa 20 cm acima das plantas, para a captura dos insetos adultos.

As mudas de alface da cultivar Vanda foram produzidas em bandejas de isopor com 128 células, contendo substrato comercial Maxfertil que possui casca de pinus compostada, vermiculita e adubação de base. Cerca de 30 dias após a semeadura, as mudas apresentavam bom desenvolvimento vegetativo, em relação à parte aérea e ao sistema radicular. Com isso, foi realizado o transplântio das mudas de alface para o sistema hidropônico e a implantação de uma armadilha adesiva por parcela experimental (Bio Trap Placas Adesivas- Azul), com dimensão de 10 cm x 12,5 cm, centralizadas na parcela e fixadas acima das plantas por um fitilho.

As armadilhas foram colocadas para quantificar a população de insetos durante o desenvolvimento da cultura, além de observar o aumento populacional em determinada fase da cultura. Com isso, 7 dias após o transplante realizou-se o levantamento quantitativo da incidência inicial de tripes na cultura da alface, em que as armadilhas foram retiradas realizando a contagem manual de tripes em cada parcela experimental. Em seguida, foram colocadas novas placas adesivas e estas não foram retiradas, até o momento da colheita da alface.

A aplicação do extrato vegetal de gengibre foi realizada após o transplante, a cada 7 dias, com auxílio de um borrifador, pulverizando o extrato em todas as folhas de alface até a íntegra cobertura foliar pelo produto, totalizando um período de 21 dias. Antes de cada aplicação, foi realizada a contagem manual da população de tripes, para avaliar o aumento da incidência da praga durante o ciclo produtivo.

As avaliações foram realizadas durante a colheita, analisando apenas as plantas centrais, totalizando 6 plantas por parcela. As análises consistiram na quantificação do número de tripes nas armadilhas durante o desenvolvimento vegetativo, o peso da matéria fresca (g), a altura das plantas (cm) e a incidência de danos diretos da alimentação do tripes nas folhas.

Para a determinação do peso da matéria fresca, foi utilizada uma balança de precisão. Enquanto

para a avaliação de altura, foi realizada a medição da base da planta até o ponto máximo da cabeça de alface, com o auxílio de uma régua graduada.

A avaliação da incidência de tripes consistiu na contabilização de plantas de cada parcela útil que apresentavam os sintomas diretos nas folhas de alface, devido à alimentação do tripes. Posteriormente, foi realizada a média de plantas com sintomatologia por tratamento e transformados os valores em porcentagem de incidência, seguindo a metodologia utilizada por Borges (2006).

Os dados foram submetidos à análise de variância. As variáveis significativas no teste F foram submetidas à análise de regressão a 5 % de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014). Além disso, foram estimadas as correlações de Pearson entre as médias de todas as características avaliadas. A hipótese de que o coeficiente de correlação de Pearson é igual a zero ($H_0: P = 0$) foi avaliada pelo Teste t. As correlações foram realizadas usando o programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

Resultados e discussão

No monitoramento da quantificação do número de tripes presente na armadilha adesiva, a média das quatro contagens durante o experimento foi de 252,75 insetos. Os valores obtidos da população do inseto-praga em cada contagem podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Número médio de tripes em relação aos tratamentos avaliados em alface, considerando diferentes períodos de avaliação. IFMG – Campus Bambuí. Bambuí/MG, 2018.

Tratamentos	1ª Contagem	2ª Contagem	3ª Contagem	4ª Contagem
0 %	130,00	159,25	303,75	401,75
20 %	122,25	132,50	307,50	361,25
40 %	124,75	135,00	309,50	346,50
60 %	171,25	212,25	389,50	414,75
80 %	152,25	182,50	321,75	376,75
Médias	140,10	164,30	326,40	380,20
CV (%)	32,86	45,72	29,23	25,18

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Observa-se que na realização da primeira contagem de tripes nas armadilhas para analisar a população presente na casa de vegetação, há uma densidade populacional inicial média nos tratamentos de 140,10 insetos. Os valores médios obtidos na segunda, terceira e quarta contagem foram de 164,30; 326,40 e 380,20 insetos médios, respectivamente. Não houve diferença significativa entre as parcelas, indicando que a taxa de infestação por tripes estava uniforme dentro da área experimental.

Durante o desenvolvimento vegetativo da

alface, o tripes pôde ser encontrado em todos os estágios fenológicos, sendo importante a utilização do monitoramento na área para observar a população do inseto. Contudo, existem poucos trabalhos relacionados à produção em ambiente protegido que demonstram o nível de controle do inseto-praga (GAERTNER; BORBA, 2014).

Para as variáveis altura e peso da matéria fresca, a aplicação de diferentes concentrações do extrato à base de gengibre possuiu comportamento semelhante quando submetidos à análise de variância, podendo ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias para as variáveis analisadas em relação aos tratamentos testados em alface na colheita. IFMG – *Campus* Bambuí. Bambuí/MG, 2018.

Tratamentos	Altura (cm)	Peso (g)
0 %	31,70	287,08
20 %	31,54	268,33
40 %	31,42	297,49
60 %	30,91	271,66
80 %	32,70	301,66
CV (%)	6,76	10,24

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Com relação à variável altura, a média das plantas foi de 31,65 cm, variando entre 30,91 cm e 32,70 cm. Enquanto o peso médio de matéria fresca foi de 285,24 gramas, em um intervalo de 268,33 gramas a 301,66 gramas.

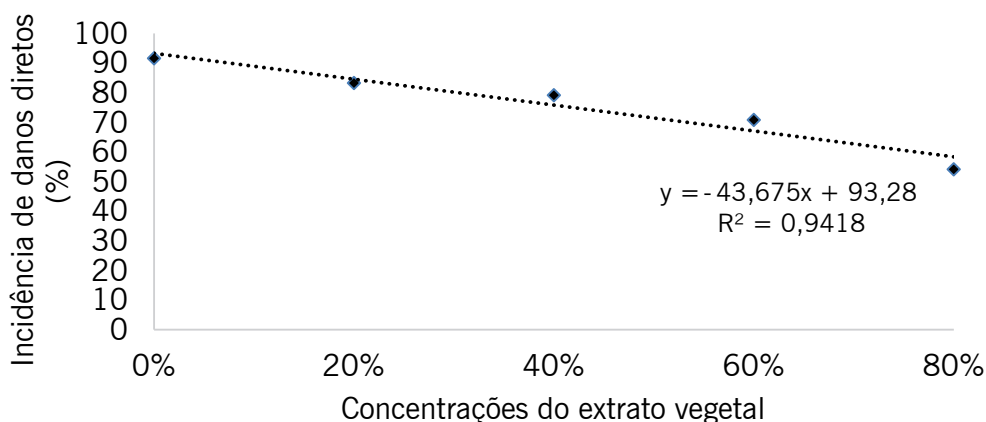
Os dados de matéria fresca da parte aérea foram superiores aos encontrados no trabalho de Patekoski e Pires-Zottarelli (2010), no qual a alface Vera apresentou 158,8 g em experimento realizado na primavera e 182,2 g em experimento realizado no verão. Porém, os resultados do experimento corroboram os obtidos por Santos et al. (2010), que trabalhando com alface Vera em sistema hidropônico, encontraram média de 244,78 g aos 47 dias após a semeadura para as plantas.

Na casa de vegetação, não foi possível observar plantas de alface com sintomatologia viral,

resultado do dano indireto, com a transmissão de vírus. Segundo Domiciano, Ota e Tedardi (1993), a incidência de danos provocados pelo tripes e a menor produção de uma cultura são mutáveis de acordo com fatores que interferem na relação inseto-planta, como cultivares, condições climáticas, estágios fenológicos, época de plantio e nível de infestação.

Na análise de danos diretos, os resultados demonstram a eficácia do extrato à base de gengibre com concentração de 80 % e 60 % no controle de tripes em alface, com média de 54,16 % e 70,83 % de plantas com sintomas, respectivamente, conforme Figura 1. Desta forma, a utilização da solução a partir da concentração de 60 % peso/volume, o produtor rural pode obter resultados benéficos no controle de tripes em alface.

Figura 1 – Incidência de danos diretos pelo ataque de tripes em plantas de alface em função da aplicação de diferentes concentrações de extrato de gengibre. IFMG – *Campus Bambuí*. Bambuí/MG, 2018.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Hamada *et al.* (2018) constataram que a partir da concentração de 50 % do extrato de gengibre, há uma redução da viabilidade de ovos, interferência no desenvolvimento de pupas e fertilização de *Spodoptera littoralis*.

Para comprovar a relação entre as características estudadas, realizou-se a correlação de Pearson entre as variáveis. Os dados obtidos podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 – Estimativas de correlação de Pearson entre as variáveis avaliadas em plantas de alface pulverizadas com extrato vegetal de gengibre. IFMG – *Campus Bambuí*. Bambuí/MG, 2018.

Correlação de Pearson	
Contraste	Estimativa
CG vs AL	0,50
CG vs PE	0,55
CG vs DD	-0,95*
AL vs PE	0,67
AL vs DD	-0,53
PE vs DD	-0,40

CG - Concentração do extrato de gengibre; AL – Altura (cm); PE – Peso (g); DD – Danos diretos. *Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste t.

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

No presente estudo, a estimativa de correlação da concentração do extrato de gengibre e danos diretos foi de -0,95 e significativa

(TABELA 5). Esta correlação é negativa ou inversa e indica uma redução nos danos diretos, em função do aumento na concentração da solução de extrato de gengibre. As demais estimativas de correlação obtidas foram não significativas.

A redução dos danos diretos pode ser explicada pela ocorrência de antixenose ou não preferência alimentar, caracterizado por um processo de resistência de plantas, induzido por fatores químicos ou morfológicos. A planta cultivada não é utilizada para a alimentação, devido ao fato de o método dificultar a localização dos insetos, especialmente em insetos com hábito sugador, diminuindo a seleção da planta hospedeira e o local em que o inseto normalmente se alimenta (GALLO *et al.*, 1988).

A aplicação do extrato de gengibre pode ter influenciado o processo de antixenose em plantas de alface, o que promoveu, conseqüentemente, a repelência ao tripes durante a alimentação e causou os menores índices de danos à cultura. A eficácia da não preferência alimentar a determinado inseto pode ser ocasionada pela bioatividade dos compostos do extrato vegetal comumente encontrados em maior abundância na solução (MEDEIROS, 2017; CRUZ, 2014).

O zingibereno é a principal substância constituinte do gengibre, identificado em altos teores

nas plantas e pode estar interligado à atividade inseticida do vegetal (NEIVA; MALUF; MACIEL, 2013). Entretanto, a concentração dos compostos bioativos nos rizomas pode apresentar variação, devido a fatores como idade, condições de cultivo, fatores ambientais (ABDULHAY; YONIUS, 2019).

Diversos resultados evidenciam ligação da atividade inseticida com a maior concentração do extrato vegetal de gengibre. Merlotto *et al.* (2018), ao avaliarem o efeito de inseticida de diferentes extratos hidroalcoólicos de plantas sobre pulgão *Myzus persicae* na cultura do jiló, verificaram que o extrato de gengibre foi o que demonstrou maior potencial para mortalidade dos insetos, quando comparado aos demais extratos.

Rohde *et al.* (2013) avaliaram o efeito de extratos preparados com diferentes vegetais frescos e secos sobre larvas, pupas e adultos de *C. capitata* e verificaram que o cinamomo e o gengibre tiveram efeito inseticida sobre adultos de *C. capitata*.

Chaubey (2011) constatou que a fumigação com óleos essenciais de gengibre reduziu significativamente o potencial de oviposição dos adultos e inibiu o desenvolvimento de larvas para pupas e as pupas para adultos de *Tribolium castaneum*. Em outro trabalho, Chaubey (2013) verificou que os óleos essenciais de gengibre e *P. cubeba* causaram toxicidade tanto por fumigação quanto por contato em *Callosobruchus chinensis* adultos.

O uso do gengibre também foi relatado como ingrediente de biopesticidas, assim como outras plantas medicinais. Arora *et al.* (2012) avaliaram a eficácia de uma formulação de biopesticida contendo cebola (*Allium cepa*) e gengibre (*Zingiber officinale*) contra *Helicoverpa armigera* e registraram um controle de 70 % a 80 %, além de um incremento na produção em plantas tratadas com a formulação em comparação com as plantas não tratadas.

Gomes (2016), ao avaliar os efeitos de óleos essenciais de gengibre fresco e seco, verificou que as maiores concentrações apresentaram melhores resultados para repelência e para oviposição do ácaro *T. urticae*. Esse dados corroboram a hipótese de que quanto maior a concentração do extrato, maior a quantidade de compostos bioativos na solução e elevada propensão à atividade inseticida do vegetal.

Madreseh-Ghahfarokhi *et al.* (2018), ao avaliarem o efeito de óleos essenciais de gengibre sobre *Culex theileri*, verificaram que os tratamentos apresentaram tanto efeito inseticida, quanto efeito de repelência, sendo promissores substitutos de pesticidas químicos.

Desta forma, apesar do alto nível populacional de tripses na condução do experimento, a solução que apresentou maior concentração de compostos bioativos obteve resultado benéfico e impediu que o inseto presente na área realizasse a alimentação, reduzindo os danos diretos. Diante do pressuposto, os resultados obtidos no presente trabalho indicam o potencial promissor da utilização do extrato de gengibre, por meio da menor atratividade da cultura, para reduzir a alimentação do tripses no cultivo de alface e, como consequência, diminuir a transmissão de doença viral.

Conclusão

A utilização de extrato de gengibre com concentrações superiores a 60 % peso/volume demonstrou ser eficaz na redução da alimentação do tripses, pois reduziu os danos diretos na cultura da alface. Por outro lado, não promoveu o maior desenvolvimento das plantas, em relação à altura e peso da matéria fresca.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - *Campus Bambuí*, pelo financiamento do projeto.

Referências

- ABDULHAY, H. S.; YONIUS, M. I. *Zingiber officinale* an alternative botanical insecticide against black bean aphid (*Aphis fabae* Scop). **Bioscience Research**, v. 16, p. 2315- 2321, 2019. Disponível em: [https://www.isisn.org/BR16\(2\)2019/2315-2321-16\(2\)2019BR19-227.pdf](https://www.isisn.org/BR16(2)2019/2315-2321-16(2)2019BR19-227.pdf). Acesso em: 18 mar. 2021.
- AGUIAR, L. C.; DELGROSSI, M. E.; THOMÉ, K. M. Short food supply chain: characteristics of a family farm. **Ciência Rural**, v. 48, n. 5, 2018.
- ALMEIDA, M. C. **Efeitos do processamento por radiação em espécies da família Zingiberaceae: açafrão (*Curcuma longa* L.), gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) e zedoária (*Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe)**. 2012. 108f. Tese de Doutorado (Tecnologia Nuclear - Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2012.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTIFRUTI. **Muita Gente**: Setor de folhosas envolve o maior número de produtores em pequenas áreas, mas soma mais de 170 mil hectares nos cinturões verdes das cidades. Editora Gazeta Santa Cruz. p. 92-93. 2018.
- ARORA, S.; KANOJIA, A. K.; KUMAR, A.; MOGHA, N.; SAHU, V. Biopesticide formulation to control tomato lepidopteran pest menace. **Current science**, p. 1051-1057, 2012.
- BORGES, L. M. **Controle de viroses em alface por meio de métodos integrados de manejo da cultura**. 2006. 128f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus Botucatu, Botucatu, 2006.
- BRANDÃO FILHO, J. U. T.; SANTOS, H. S. MARAUS, P. F.; SANTOS, S. S.; BUZANINI, A. C. Eficiência de diferentes inseticidas aplicados no controle de *Frankliniella occidentalis* na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Horticultura Brasileira** **29**, p. 1037-1042, 2011.
- CARVALHO, R. G. de. **Atividade de inseticidas em diferentes modalidades de aplicação no controle de insetos vetores de viroses na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2017. 20f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- CHAUBEY, M. K. Biological activities of *Zingiber officinale* (Zingiberaceae) and *Piper cubeba* (Piperaceae) essential oils against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). **Pakistan journal of biological sciences: PJBS**, v. 16, n. 11, p. 517-523, 2013.
- CHAUBEY, M. K. Insecticidal properties of *Zingiber officinale* and *Piper cubeba* essential oils against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Biologically Active Products from Nature**, v. 1, n. 5-6, p. 306-313, 2011.
- CRUZ, S. V. M. V. **Efeito da aplicação de extratos aquosos de plantas na redução de injúrias da traça-das-crucíferas em plantas de repolho**. 2014. 50f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2014.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. UFV, 2006.
- DOMICIANO, N. L.; OTA, A. Y.; TEDARDI, C. R. Momento adequado para controle químico de tripses, *Thrips tabaci* Lindeman, 1888 em cebola, *Allium cepa* L. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 22, n. 1, p. 77-83, 1993.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. **Data about production quantities of lettuce and chicory.** 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/home/en/>. Acesso em: 18 mar 2021.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência agrotecnológica*. v. 38, n. 2, 2014.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT. **EMBRAPA Amazônia Ocidental: Boletim Técnico 168.** Campinas, 1997.

GAERTNER, C.; BORBA, R. da S. Diferentes cores de armadilhas adesivas na cultura da alface hidropônica. **Revista Thema**, v. 11, n. 1, p. 4-11, 2014.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Manual de entomologia agrícola.** São Paulo: Agronômica Ceres. v. 10. 920 p. 1988.

GOMES, A. C. S. **Efeito de óleos essenciais de gengibre e acilaçúcares sintéticos sobre artrópodes-praga.** 2016. 110f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

HAMADA, H. M.; AWAD, M.; EL-HEFNY, M.; MOUSTAFA, M. A. M. Insecticidal activity of garlic (*Allium sativum*) and ginger (*Zingiber officinale*) oils on the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). **African Entomology**, v. 26, n. 1, p. 84-94, 2018.

LOBO, L. das D. **Custo de produção e rentabilidade do cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em Silvânia-GO.** 2018. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro Universitário de Anápolis UniEvangélica, Anápolis – GO, 2018.

LOPES, F. S. C.; FARIAS, E. S.; LOPES, M. C.; PICANÇO, M. C.; BLANK, A. F.; SANTOS, A. C. C.; PEREIRA, R. M.; BACCI, L. Inseticidas botânicos no controle da broca das cucurbitáceas *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. **Anais... Viçosa. 2011.**

MADRESEH-GHAHFAROKHI, S.; PIRALI, Y.; DEGHANI-SAMANI, A.; DEGHANI-SAMANI, A. The insecticidal and repellent activity of ginger (*Zingiber officinale*) and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) essential oils against *Culex theileri* Theobald, 1903 (Diptera: Culicidae). **Annals Parasitology**, v. 64, n. 4, p. 351-360, 2018.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 6, n. 2, p. 95-112, 2012.

MEDEIROS, R. O. N. B. **Estudo da aplicação na área da saúde do gengibre, sua caracterização química.** 2017. 62f. Tese de Doutorado (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Portugal, 2017.

MERLOTTO, G. R.; TOSCANO, L. C.; SILVA, E. M.; ANDRADE, J. R.; SILVA, R. de S. M. Controle Alternativo de *Myzus persicae* na cultura do jiló com extratos de plantas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 7-7, 2018.

NEIVA, I. P.; MALUF, W. R.; MACIEL, G. M. Resistência de linhagens de tomateiro à mosca-branca (*Bemisia argentifolii*), relacionada a aleloquímicos e densidade de tricomas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 1, 2013.

PATEKOSKI, K. S.; PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A. Patogenicidade de *Pythium aphanidermatum* a alface cultivada em hidroponia e seu biocontrole com *Trichoderma*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 805-810, 2010.

PEREIRA, R. B.; PINHEIRO, J. B.; DE CARVALHO, A. D. F. Diagnose e controle alternativo de doenças em alface, alho, cebola e brássicas. **Embrapa Hortaliças - Circular Técnica 120**. Brasília – DF, 2013.

ROHDE, C.; MOINO JUNIOR, A.; SILVA, P. K.; RAMALHO, K. R. de O. Efeito de extratos vegetais aquosos sobre a mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 80, n. 4, p. 407-415, 2013.

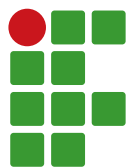
SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 961-969, 2010.

SILVEIRA, A. J. da. **Potencial agronômico e dissimilaridade genética entre genótipos de alface ricos em carotenoides**. 2018. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2018.

SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal. **Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, mar. 2013.

VASCONCELOS, G. J. N. de; GONDIM, M., G. C.; BARROS, R. Extratos aquosos de *Leucaena leucocephala* e *Sterculia foetida* no controle de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1353-1359, 2006.

ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MEDEIROS, C.; SILVA, R. A. da. **Olericultura: pragas e inimigos naturais**. Curitiba: SENAR – PR, 70 p., 2015.



Dinâmica populacional do complexo de cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) em capim braquiária e mombaça

Westefann dos Santos Sousa¹, Jorge Luis Carvalho Silva², Thiago Souza Campos³, João Victor de Lima Santos⁴

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Botucatu, SP. Pós-Graduando em Agricultura. westefannsantos@hotmail.com.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Conceição do Araguaia, PA. Professor. carvjls@gmail.com.

³ UNESP, Jaboticabal, SP. Pós-Graduando em Produção Vegetal. thiagocamposagr@gmail.com.

⁴ IFPA, Conceição do Araguaia, PA. Graduando em Agronomia. joaovictordels@gmail.com.

Submetido em: 02/01/2021 | Aceito em: 11/05/2021

Resumo

As cigarrinhas-das-pastagens são consideradas pragas de grande importância em gramíneas forrageiras no Brasil devido à sua ocorrência generalizada. Este inseto constitui uma das pragas mais importantes na degradação das pastagens. Para que seja eficiente o controle das cigarrinhas-das-pastagens, é importante conhecer o comportamento populacional das espécies deste inseto, identificar o período de maior ocorrência, bem como as condições climáticas e ambientais que favorecem o desenvolvimento da praga. Deste modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a dinâmica populacional das cigarrinhas-das-pastagens, ao nível quantitativo, em pastagens de *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum*, associando os resultados com dados meteorológicos do município de Conceição do Araguaia, Sudeste Paraense. Para o estudo da dinâmica populacional de cigarrinha-das-pastagens, foram realizadas amostragens quinzenais, em dois tipos de pastagens com idades entre 5 e 7 anos, mantidas sob pastejo rotacionado, com lotação de 1,5 unidade animal. Foi adotado o método de monitoramento das ninfas e adultos das cigarrinhas-das-pastagens, por meio de caminhamento dentro da área de observação. Avaliou-se o nível de infestação das cigarrinhas-das-pastagens em ambas as espécies forrageiras e todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Constatou-se que a espécie *B. decumbens* apresentou maior número de adultos e de ninfas, quando comparada com a espécie forrageira *P. maximum*. A dinâmica populacional das cigarrinhas-das-pastagens dá-se de forma gradual conforme as condições climáticas, sendo que o período com temperaturas não tão elevadas (22 °C a 34 °C) e uma boa precipitação pluviométrica proporcionam uma infestação deste inseto-praga na pastagem.

Palavras-chave: Inseto-Praga. Pastagem. *Brachiaria decumbens*. *Panicum maximum*.

Introdução

As cigarrinhas-das-pastagens pertencem à ordem Hemiptera e à família Cercopidae, são consideradas pragas de grande importância em gramíneas forrageiras no Brasil devido à sua ocorrência generalizada, altos níveis de infestação e dos severos danos causados (VALÉRIO, 2009). As principais espécies que atacam as pastagens são: *Zulia entreriana*, *Deois flavopicta*, *Deois schac* e *Mahanarva* spp., entre outras que também possuem grande importância econômica (BORGHI *et al.*, 2018).

Conhecidas como uma das pragas mais importantes associadas à degradação das pastagens, as cigarrinhas são insetos com aparelho bucal do tipo sugador, sendo que na fase adulto

vivem na parte aérea da planta hospedeira e, quando ninfas, ficam protegidas na base das plantas cobertas por uma espuma branca, característica das espécies de cigarrinha-das-pastagens (BORGHI *et al.*, 2018).

Como forma de controle das cigarrinha-das-pastagens, é inexistente um método isolado para controlar eficientemente o inseto-praga, sendo recomendado um conjunto de medidas (Manejo Integrado de Pragas), por exemplo, controle cultural, químico e biológico, para minimizar os danos da praga nas pastagens (TOWNSEND *et al.*, 2001). No entanto, para garantir um controle eficaz e economicamente viável é fundamental conhecer o comportamento populacional das cigarrinhas-das-pastagens,

identificando o período de maior ocorrência, bem como as condições climáticas e ambientais que favorecem o desenvolvimento do inseto (BERNADO *et al.*, 2003).

Os danos provocados pelas cigarrinhas-das-pastagens variam de cada espécie de gramínea, sendo que os prejuízos econômicos podem ser consideráveis dependendo do local, das condições climáticas e do manejo (BERNARDO *et al.*, 2003). Existem diversas espécies de cigarrinhas que ocorrem nas pastagens do Brasil e várias são de importância econômica; dependendo da região, podem variar as espécies predominantes. Apesar de morfologicamente semelhantes, as espécies de cigarrinha-das-pastagens podem apresentar preferências e capacidades de danos diferenciados (VALÉRIO, 2006).

Quanto à suscetibilidade das espécies ao ataque da cigarrinha-das-pastagens, capins do gênero *Brachiaria* são preferencialmente atacados por esses insetos (BORGHI *et al.*, 2018), o que tem sido evidenciado por trabalhos científicos, como o realizado por Auad *et al.* (2009) e Pereira *et al.* (2018), que constataram maior densidade populacional de cigarrinha-das-pastagens nas espécies *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*, respectivamente. Trabalhos demonstrando a ocorrência de cigarrinha-das-pastagens em espécies do gênero *Panicum* são pouco estudados, justificando a realização do presente trabalho.

As gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Panicum* constituem umas das principais espécies componentes da dieta de ruminantes no Brasil, sendo a primeira mais predominante nas regiões dos Cerrados, considerada como a base das pastagens cultivadas brasileiras e as espécies do gênero *Panicum* são as mais importantes para a produção de bovinos nas regiões de clima tropical e subtropical (CORRÊA; SANTOS, 2003).

A ocorrência de cigarrinha em pastagens tem sido uma das principais causas para a degradação dos pastos no Brasil (VALÉRIO, 2009). Assim, torna-se relevante a obtenção de conhecimento da dinâmica populacional de cigarrinhas-das-pastagens, de modo a se tornar mais eficiente a tomada de decisões quanto à época e ao tipo de manejo a ser adotado no seu controle.

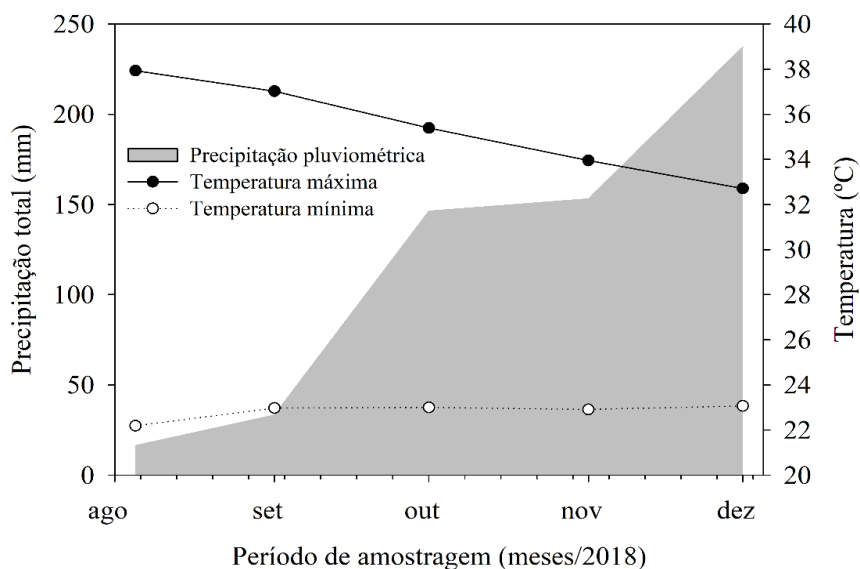
Deste modo, objetivou-se avaliar a dinâmica populacional das cigarrinhas-das-pastagens, ao nível quantitativo, em pastagens de *B. decumbens* e *P. maximum*, associando os resultados com dados meteorológicos.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido na propriedade Paraíso, localizada a 10 quilômetros do município de Conceição do Araguaia, Pará, às margens da PA-287. O município de Conceição do Araguaia, no Estado do Pará, pertence à Mesorregião Sudeste Paraense, com sede municipal situada em 08°16'S; 49°16'W e 157 m de altitude. 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 tem uma pluviosidade média anual de 1.734 mm.

A pesquisa teve início no mês de agosto de 2018 e finalizou em dezembro do respectivo ano. Os dados meteorológicos referentes aos meses de amostragem estão disponíveis na Figura 1. Foi possível observar uma variação da temperatura máxima entre 32,71 °C e 37,93 °C, enquanto a temperatura mínima variou entre 22,19 °C e 23,07 °C. A precipitação pluviométrica total aumentou gradativamente de agosto a dezembro, com 221 mm no último mês de amostragem (dezembro).

Figura 1 – Climograma da precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima nos meses de agosto a dezembro de 2018, em Conceição do Araguaia, Pará, Brasil.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2020).

Para o estudo da dinâmica populacional de cigarrinha-das-pastagens, foram realizadas amostragens quinzenais, em dois tipos de pastagens: *B. decumbens* e *P. maximum* cv. Mombaça, com idades de 7 anos e 5 anos, respectivamente, mantidas sob pastejo rotacionado, com lotação de 1,5 unidade animal.

Neste estudo foi adotado o método de monitoramento das ninfas e adultos das cigarrinhas-das-pastagens, por meio de caminhamento dentro da área de observação em forma de zig-zag (VALÉRIO, 2005). O levantamento populacional de ninfas foi realizado com base na contagem do número de massas de espuma, no pé da planta (nível do solo), utilizando como referência uma moldura quadrada de ferro com dimensões de 0,25 m x 0,25 m, arremessada ao acaso, para definir um ponto de amostragem (PEREIRA; BENEDETTI; ALMEIDA, 2008). Após o arremesso, foram quantificados o total de massas de espuma dentro da área delimitada pelo próprio quadrado e o resultado expresso em número médio de massas de espuma por metro quadrado.

O método empregado para amostragem dos adultos se deu por meio de varredura com rede

entomológica, com arco de 40 cm de diâmetro, realizando-se amostragem em 10 pontos ao acaso, descrevendo uma trajetória aleatória dentro da área de pastagem (LOHMANN; PIETROWSKI; BRESSAN, 2010).

Em cada ponto amostral foram realizadas 10 varreduras com a rede e os insetos obtidos em cada ponto amostral foram acondicionados em sacos plásticos e encaminhados para o Laboratório de Entomologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) – Campus de Conceição do Araguaia, onde se realizou a triagem das espécies, selecionando-se a espécie de inseto de interesse (cigarrinhas-das-pastagens). A identificação das espécies de cigarrinha-das-pastagens foi realizada com auxílio de um estereomicroscópio binocular com LED (light-emitting diode) modelo DI-224, para visualização das estruturas dos insetos e com a utilização de chaves de identificação.

As unidades experimentais possuíam 100 metros quadrados e o delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com 2 tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela área de estudo

(espécie forrageira) e pelos períodos (época de monitoramento), considerando como repetição cada monitoramento realizado. Os dados meteorológicos (precipitação, temperatura média diária máxima e mínima) foram obtidos por meio do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia, Estação Automática de Conceição do Araguaia (INMET, 2018).

Avaliou-se o nível de infestação das cigarrinhas-das-pastagens em ambas as espécies forrageiras. Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias da espécie forrageira e a época de monitoramento, assim como sua interação, foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. Quando houve interação entre os fatores estudados, realizou-se a análise de correlação de Pearson. As análises estatísticas e a plotagem dos gráficos foram realizadas com o auxílio dos softwares Sisvar 5.4 (FERREIRA, 2011) e SigmaPlot 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2006).

Resultados e discussão

A análise de variância (TABELA 1) demonstrou uma interação significativa para os fatores espécies forrageiras e épocas da amostragem, quando observado o número de infestação dos adultos de cigarrinha-das-pastagens. O número de espumas por metro quadrado apresentou significância apenas para o fator isolado espécie forrageira.

Conforme o teste de médias para as espécies forrageiras, notou-se que a *B. decumbens* apresentou maior número de adultos e de ninfas, quando comparado com a espécie forrageira *P. maximum*. A época de amostragem que demonstrou maior número de adultos foi dezembro, seguida por novembro e os demais meses não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, assim como não houve diferença estatística para o número de espumas (TABELA 1).

Tabela 1 – Análise de variância e teste de médias para o número de adultos e número de espumas em função da espécie forrageira e época de amostragem.

Fonte de Variação	Quadrados Médios	
	Nº de Adultos	Nº de espumas m ²
Espécie Forrageira (EF)	1685,50 **	1513,80 **
Epóca da Amostragem (EA)	180120,20 **	21,5750 NS
EF x EA	1448,70 **	9,425 NS
CV (%)	9,95	22,12
Médias para Espécie Forrageira		
<i>Brachiaria decumbens</i>	235,40 ± 36,75 a	23,6 ± 3,69 a
<i>Panicum maximum</i>	45,60 ± 9,09 b	6,20 ± 2,93 b
Médias para Época da Amostragem		
Agosto	124,25 ± 91,10 b	17,75 ± 9,36 a
Setembro	126,25 ± 84,51 b	13,00 ± 9,97 a
Outubro	134,25 ± 90,08 b	12,75 ± 6,87 a
Novembro	143,00 ± 82,97 ab	14,00 ± 8,15 a
Dezembro	174,75 ± 128,41 a	17,00 ± 10,56 a

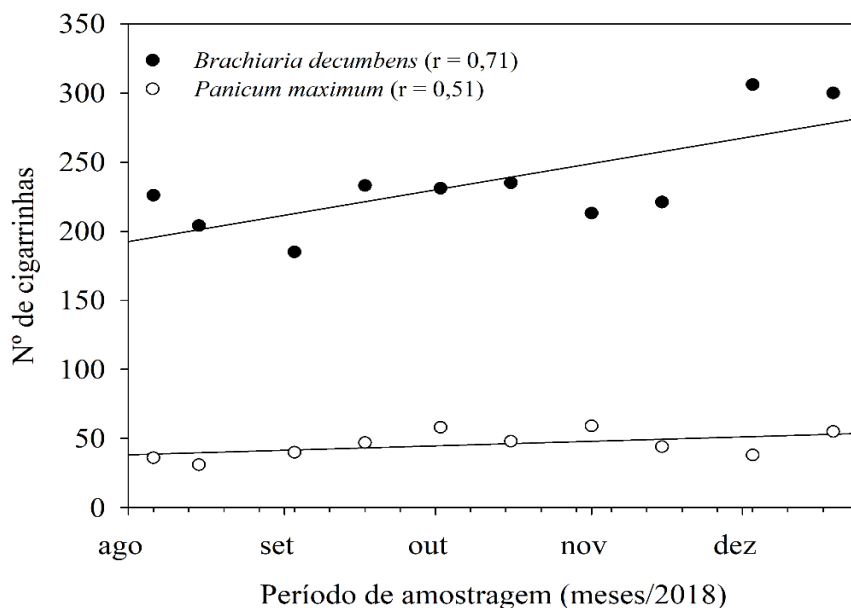
CV = Coeficiente de variação. ns = não significativo, ** = significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra nas colunas são iguais estatisticamente pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

A interação entre os fatores espécie forrageira e época da amostragem estão ilustradas na correlação de Pearson na Figura 2. Foi notório um aumento no nível de infestação das cigarrinhas-das-pastagens ao passo que o período se aproximava do mês de dezembro, principalmente na pastagem composta pela espécie *B. decumbens*, que apresentou maior valor absoluto do coeficiente de determinação ($r = 0,71$). Por outro lado, o capim *P. maximum* pouco demonstrou influência do período de amostragem no nível de infestação das cigarrinhas ($r = 0,51$).

Vale destacar que o mês de dezembro, cuja infestação desse inseto-praga foi mais acentuada, coincide com o período que ocorreu a maior precipitação pluviométrica total (237,3 mm) e temperaturas médias máximas e mínimas de 32,71 °C e 23,07 °C, respectivamente (FIGURA 1). Deste modo, é possível inferir que os fatores da ordem ambiental influenciam a dinâmica populacional das cigarrinhas-das-pastagens e o seu potencial reprodutivo, sendo a temperatura e a umidade os parâmetros climáticos de maior importância neste contexto (GARCIA *et al.*, 2011; TEIXEIRA; SÁ, 2010).

Figura 2 – Correlação linear de Pearson para o número de adultos de cigarrinha-das-pastagens em função do período de amostragem.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Essas informações corroboram o resultado obtido no presente trabalho, quando esses foram comparados com os parâmetros abióticos (precipitação e temperatura). Townsend *et al.* (2001) declararam uma maior ocorrência populacional das cigarrinhas-das-pastagens no Estado de Rondônia entre os meses de dezembro e fevereiro, tendo como justificativa as condições climáticas, correspondendo ao período chuvoso da região.

Em relação aos fatores climáticos e ambientais, os ataques das cigarrinhas-das-pastagens

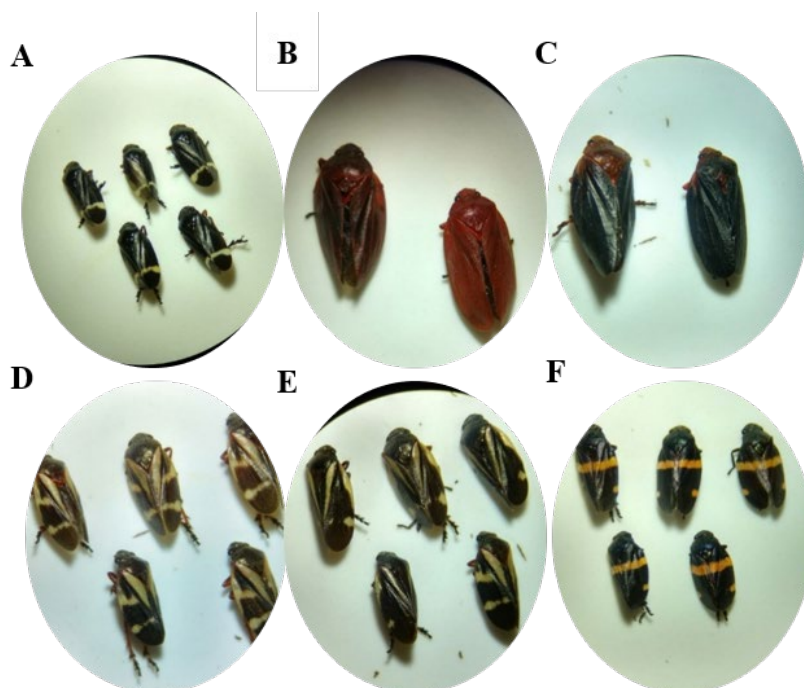
podem ocorrer com maior severidade no período de maior precipitação e temperaturas elevadas do que em outros períodos em que as condições não são tão favoráveis (período de seca), fato este que está diretamente relacionado com a maior população desse inseto cujas condições climáticas são ideais (DIAS-FILHO, 2017).

Vale ressaltar que o início do período chuvoso favorece a infestação das cigarrinhas-das-pastagens, visto que temperaturas amenas

e umidade elevada são condições que favorecem o desenvolvimento biológico das cigarrinhas-das-pastagens. Em condições não adequadas, os ovos das cigarrinhas-das-pastagens podem não eclodir, ocasionando a diapausa (aquiescência), que corresponde a um período de repouso, podendo permanecer nessas condições até o final do período seco, evidenciando uma dependência das condições climáticas para um bom desempenho do seu ciclo biológico (SANTOS; SARAIVA, 2019).

As espécies que ocorreram em ambas as pastagens amostradas estão dispostas na Figura 3. A identificação em laboratório demonstrou a presença de *Notozulia entreriana*, *Maharva* sp., *D. flavopicta*, *Deois incompleta* e *Aeneolamia colon*. As espécies identificadas estão de acordo com o que é relatado na literatura sobre as principais espécies de cigarrinha-das-pastagens que ocorrem no Brasil, sendo elas: *Z. entreriana*, *D. flavopicta*, *D. incompleta*, *D. schach* e *Maharva fimbriolata* (TOWNSEND *et al.*, 2001).

Figura 3 – Espécies catalogadas de cigarrinha-das-pastagens ocorrentes nas forrageiras *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* no Sudeste Paraense.

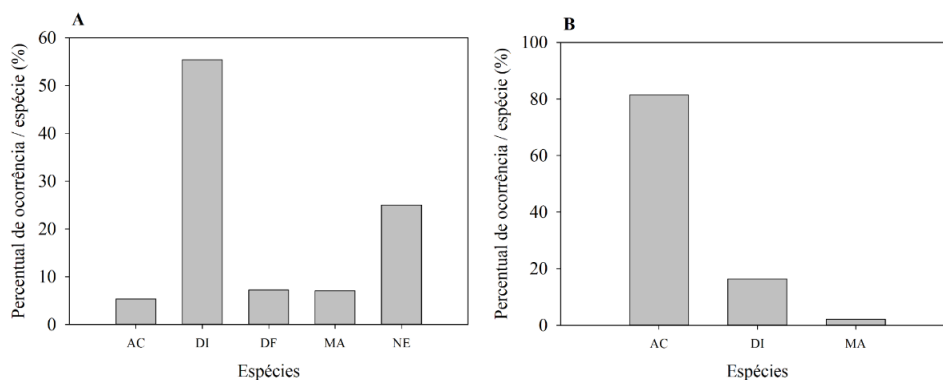


A = *Notozulia entreriana*, B = *Maharva* sp., C = *Maharva* sp., D = *Deois flavopicta*, E = *Deois incompleta* e F = *Aeneolamia colon*.

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

A ocorrência das espécies foi maior na pastagem com *B. decumbens* (POE = 6) do que no *P. maximum* (POE = 4) (FIGURAS 4A e 4B). Nota-se que as espécies de cigarrinha-das-pastagens *D. incompleta* e *A. colon* apresentaram o maior número de indivíduos ocorrentes nas pastagens de *B. decumbens* e *P. maximum*, respectivamente, com percentual de ocorrência por espécie de 55,41 % para *D. incompleta* e 81,37 % para *A. colon* (FIGURA 4).

Este fato de maior ocorrência em uma espécie de forrageira está relacionado com a suscetibilidade da gramínea, que segundo Townsend *et al.* (2001) a *B. decumbens* possui uma alta suscetibilidade à infestação da cigarrinha quando comparada com o *P. maximum*, sendo este considerado resistente ao ataque da praga. Por este motivo, a diversificação das pastagens torna-se essencial para minimizar a severidade do inseto-praga.

Figura 4 – Percentual de ocorrência por espécie (POE) de cigarrinha-das-pastagens em *Brachiaria decumbens* (A) e *Panicum maximum* (B).

AC = *Aeneolamia colon*, DI = *Deois incompleta*, DF = *Deois flavopicta*, MA = *Mahanarva* sp. e NE = *Notozulia entreriana*.

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Vale ressaltar a ocorrência isolada das espécies de cigarrinhas-das-pastagens *D. flavopicta* e *N. entreriana* na gramínea *B. decumbens* e que elas não foram encontradas na pastagem com *P. maximum*. Essas mesmas espécies também foram observadas em pastagens de *B. decumbens* e *B. humidicola* no meio-norte do Mato Grosso (BERNARDO *et al.*, 2003). Portanto, é visível um hábito preferencial por capins do gênero *Brachiaria*, corroborando Borghi *et al.* (2018). Essa maior suscetibilidade das espécies forrageiras do gênero *Brachiaria* está relacionada com a intensificação do plantio de áreas com *B. decumbens* e *B. humidicola* em um curto espaço de tempo, ocasionando um desequilíbrio biológico.

Conclusão

A dinâmica populacional das cigarrinhas-das-pastagens se dá de forma gradual conforme as condições climáticas, sendo que o período com temperaturas não tão elevadas (22 °C a 34 °C) e uma boa precipitação pluviométrica proporcionam uma infestação deste inseto-praga na pastagem.

A *Brachiaria decumbens* é mais suscetível ao ataque das cigarrinhas-das-pastagens que o *Panicum maximum* e algumas espécies de cigarrinha têm preferência por atacar a *B. decumbens*, a exemplo, a *Deois flavopicta* e a *Notozulia entreriana*.

Recomendam-se mais estudos nas condições edafoclimáticas em que este trabalho foi conduzido, para avaliar a dinâmica populacional desses insetos-pragas durante um período maior de amostragem, assim como correlacionar os resultados com o tipo de manejo das pastagens e diferentes espécies forrageiras.

Referências

AUAD, A. M.; CARVALHO, C. A.; SILVA, D. M.; DERESZ, F. Flutuação populacional de cigarrinhas-das-pastagens em braquiária e capim-elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1205-1208, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000900020. Acesso em: 31 dez. 2020.

BERNADO, E. R. A.; ROCHA, V. F.; PUGA, O.; SILVA, R. A. Espécies de cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) no meio-norte do Mato Grosso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 369-371, 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/343766/especies-de-cigarrinhas-das-pastagens-hemiptera-cercopidae-no-meio-norte-do-mato-grosso>. Acesso em: 31 dez. 2020.

BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, R. M. S.; ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M. Recuperação de pastagens degradadas. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. (Ed.). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. cap. 4, p. 105-138.

CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon***. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 36p.

DIAS-FILHO, M. B. **Soluções para problemas recorrentes em pastagens no Pará**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 27p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001. Acesso em: 02 jan. 2021.

GARCIA, J. F.; PRADO, S. S.; VENDRAMIM, J. D.; BOTELHO, P. S. M. Effect of sugarcane varieties on the development of *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae). **Revista Colombiana da Entomologia**, Bogotá, v. 37, n. 1, p. 16-20, 2011. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882011000100003. Acesso em: 31 dez. 2020.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP**. 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 02 jan. 2021.

LOHMANN, T. R.; PIETROWSKI, V.; BRESSAN, D. F. Flutuação populacional de cigarrinhas-das-pastagens na Região Oeste do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 1291-1298, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744099019.pdf>. Acesso em: 31 dez. 2020.

PEREIRA, M. F. A.; FAVARE JÚNIOR, A.; AUAD, A. M.; COSTA, M. G. Survival and injuries of *Deois flavopicta* (Stal., 1854) in pastures under seed treatment with insecticides and dry mass yield. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 85, p. 1-6, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-16572018000100219. Acesso em: 31 dez. 2020.

PEREIRA, M. F. A.; BENEDETTI, R. A. L.; ALMEIDA, J. E. M. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin no controle de *Deois flavopicta* (Stal. 1854), em pastagens de capim-braquiária (*Brachiária decumbens*). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 4, p. 465-469, 2008. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v75_4/pereira.pdf. Acesso em: 31 dez. 2020.

SANTOS, C. F.; SARAIVA, F. A. M. Monitoramento climático para as cigarrinhas de pastagens no município de São Miguel do Guaporé. **Revista FAROCIENCIA**, v. 5, n. 1, p. 1-5, 2019. Disponível em: <https://revistas.faro.edu.br/FAROCIENCIA/article/view/290>. Acesso em: 31 dez. 2020.

SYSTAT SOFTWARE. Inc. For windows, version 10.0. SigmaPlot, Chicago, Illinois. 2006.

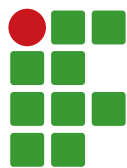
TEIXEIRA, V. M.; SÁ, L. A. N. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin no controle de cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) em *Brachiaria brizantha* em Rondônia - Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 263-273, 2010. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/331>. Acesso em: 31 dez. 2020.

TOWNSEND, C. R.; TEIXEIRA, C. A. D.; NETTO, F. G. S.; PEREIRA, R. G. A.; COSTA, N. L. **Cigarrinhas-das-pastagens em Rondônia: diagnóstico e medidas de controle**. Porto Velho: Embrapa-CRAF, Rondônia, 2001. 44p.

VALÉRIO, J. R. **Cigarrinhas-das-pastagens**. Documentos eletrônicos – Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2009. 51p.

VALÉRIO, J. R. **Considerações sobre a morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. 'Marandu' em alguns Estados do Centro e Norte do país: Enfoque entomológico**. Comunicado técnico, v. 98, 2006.

VALÉRIO, J. R. Pragas em pastagens: identificação e controle. In.: PEDREIRA, C. G. S., MOURA, J. C., SILVA, S. C., FARIA, V. P. (Ed.). **Teoria e prática da produção animal em pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2005, p. 353-386.



Análise socioambiental da zona rural de Espírito Santo do Dourado/MG: perspectiva para políticas integracionais futuras

Marielle Rezende de Andrade¹, Fábio Geraldo Ávila², Roosevelt Heldt Junior³, Mireile Reis dos Santos⁴

¹ Instituto Fernando Bonillo de Pesquisa e Conservação Ambiental. Engenheira Ambiental. marielle@ifbonillo.org.br.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Poços de Caldas. Assistente Social. fabio.avila@ifsulde Minas.edu.br.

³ IFSULDEMINAS – Campus Poços de Caldas. Tecnólogo em Gestão Ambiental. heldtjr@gmail.com.

⁴ IFSULDEMINAS – Campus Poços de Caldas. Professora. mireile.santos@ifsulde Minas.edu.br.

Submetido em: 13/10/2020 | Aceito em: 27/05/2021

Resumo

As questões referentes à conservação ambiental e ao diagnóstico da zona rural ainda são temas escassos dentro das políticas públicas e requerem maior atenção neste aspecto. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi apresentar um diagnóstico da zona rural de um município do Sul de Minas Gerais, com característica tipicamente agrícola e grande disponibilidade hídrica, para verificação de eventuais incongruências socioambientais. Foram utilizadas informações secundárias de banco de dados públicos federal, estadual e municipal, além de questionários presenciais, protocolos de avaliação rápida e imagens de satélite de alta resolução para mapeamento do uso do solo nos últimos anos. Foi possível perceber que as ações para conservação de Áreas de Preservação Permanentes – APPs são reduzidas e que os entrevistados apresentam conhecimento limitado sobre políticas públicas de incentivo à produção familiar. Com relação ao saneamento básico rural, as ações práticas por parte do poder público devem ser priorizadas. A conclusão desse diagnóstico é sugerir que o município priorize investimentos em políticas públicas voltadas a assistir o segmento socioambiental.

Palavras-chave: Educação ambiental. Conservação. Saneamento rural. Políticas públicas.

Introdução

A questão do saneamento ambiental no Brasil perpassa todo um contexto cíclico, histórico, político e econômico, engendrado nos interesses que modelaram a sociedade da época. Desde o início do século XX o saneamento ambiental brasileiro foi centralizado no poder executivo federal, até meados da última década, na atualidade, essas questões foram novamente devolvidas para a esfera municipal, de maneira mais descentralizada e coletiva (SOUSA; COSTA, 2016).

A situação socioambiental da zona rural requer uma maior atenção por parte de gestores públicos, instituições de ensino, organizações não governamentais e comunidade em geral; pois as comunidades dessas regiões além de distantes geograficamente das sedes municipais enfrentam também o acesso limitado, ou muitas vezes ausentes, à rede pública de educação. Essa função

acaba ficando a cargo de poucas instituições, que na maioria das vezes não conseguem atingir todo o público carente de orientações e suporte técnico.

A universalização dos serviços de saneamento básico no Brasil compõe um dos princípios do Plano Nacional de Saneamento Básico – PLAN SAB estabelecido a partir da Lei 11.445/2007 e Decreto nº 7.217/2010. Isso significa que os serviços de saneamento básico devem atender a toda à população, inclusive àquelas residentes em áreas rurais; o novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei 14.026/2020, objetiva a universalização e qualificação da prestação dos serviços no setor, com meta do Governo Federal de alcançar a universalização até 2033, garantindo que 99 % da população brasileira tenha acesso à água potável e 90 % ao tratamento e a coleta de esgoto. No entanto, os serviços de saneamento básico na zona rural no Brasil,

de maneira geral, se apresentam insatisfatórios em relação ao atendimento e à eficiência das ações. Segundo dados do Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR (FUNASA, 2019), a porcentagem de domicílios sem atendimento adequado em relação ao manejo de resíduos sólidos é de 55 %. Em relação aos serviços de abastecimento de água, 33,5 % da população da zona rural possuem atendimento precário e 26 % não possuem atendimento adequado. O manejo de águas pluviais apresenta um cenário menos severo, com 60,4 % da população com atendimento adequado. Em relação ao esgotamento sanitário, 54,1 % da população rural apresenta atendimento precário e 25,3 % não recebe atendimento. Esses dados demonstram uma realidade perigosa e de baixa salubridade nas regiões rurais, comprometendo a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida dessas populações, além da contaminação de mananciais de abastecimento.

Para sanar o déficit relativo ao saneamento rural, é necessário que todos os atores envolvidos sejam protagonistas na concepção, implementação e gestão das ações, que devem ser territorializadas e ajustadas às realidades locais (MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021). Segundo Renaud *et al.* (2018), os modelos mentais, valores e atitudes humanas variam no tempo e no espaço e são elementos-chave na relação entre homem e natureza, podendo promover mudanças no sentido da sustentabilidade. Em outras palavras, os aspectos sociais devem ser incorporados em modelos para sustentabilidade, principalmente para conservação de recursos naturais. Sendo assim, a integração de papéis dos diversos atores, como as instituições de pesquisa e ensino nos serviços de saneamento desenvolvidos no Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) são peças fundamentais para a implantação de políticas públicas focadas nesse cenário (FERREIRA *et al.*, 2019).

Importante ressaltar que o cenário precário relativo ao saneamento ambiental contribui direta e indiretamente para a saúde pública, sendo responsável por elevar a taxa de mortalidade infantil,

além de reduzir a qualidade de vida da população não atendida (TEIXEIRA; GUILHERMINO, 2006; BELLIDO *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2020).

As ações de saneamento em áreas rurais visam reverter essa situação e promover o benefício ambiental, além de estimular a inclusão de grupos sociais minoritários, por meio da implantação de políticas públicas integradas nas áreas de saúde, habitação, igualdade racial e meio ambiente (FUNASA, 2019; MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021).

Diversos trabalhos buscam elucidar tais questões e apontar soluções para o enorme impasse político e de gestão estratégica (MACIEL; FERNANDES, 2011; MADRID *et al.*, 2015; FIGUEIREDO, 2019), bem como divulgar alternativas replicáveis e de fácil implantação, relativas as tecnologias sociais (TONETTI *et al.*, 2018) ou ainda avaliar tecnologias existentes e sua viabilidade econômica e socioambiental (COSTA; GUILHOTO, 2014). Tal cenário ainda se agrava devido ao meio rural ser bastante heterogêneo, constituído de comunidades diversas, com características peculiares em cada região, o que exige formas particulares de intervenções em saneamento básico, tanto em relação às questões ambientais, tecnológicas e educativas, quanto de gestão e sustentabilidade das ações (FUNASA, 2019; MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021).

Além dos aspectos relativos ao saneamento rural, é importante também avaliar o cenário ambiental no qual essas comunidades rurais estão inseridas, visando à tomada de decisão e auxílio na implementação de políticas públicas efetivas e projetos socioambientais relevantes (MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021). É preciso considerar as potencialidades ambientais locais, bem como os riscos de uso, definindo zoneamentos ecológicos e econômicos que permitam a otimização e o uso parcimonioso dos recursos naturais e do solo. Neste sentido, a definição, a caracterização e a proteção de Áreas de Preservação

Permanente – APPs são fundamentais em projetos socioambientais com enfoque no saneamento ambiental e na qualidade de vida dos atores sociais dessas regiões. Assim, algumas ferramentas rápidas e práticas podem ser utilizadas, como os protocolos de diagnóstico e de avaliação rápida de ecossistemas aquáticos como nascentes e riachos, regiões importantes para recarga de mananciais e protegidas por lei (Código Florestal – Lei 12.651/2012). Essas ferramentas, se adaptadas para as realidades locais e com rápidos treinamentos dos aplicadores, podem auxiliar na coleta de dados *in loco* e constituírem tecnologias de baixo custo e eficazes no planejamento territorial e zoneamento em áreas rurais.

Utilizando o município sul-mineiro de Espírito Santo do Dourado como referência, esta pesquisa teve como objetivo diagnosticar o perfil socioeconômico dos moradores da zona rural, bem como investigar como ocorre a gestão das águas municipais e o uso e ocupação dos solos nessas regiões rurais. A pesquisa ocorreu a partir de questionários semiestruturados com atores sociais, consultas bibliográficas em fontes de documentos públicos municipais, estaduais e federais sobre o município e análises temporais históricas de imagens de satélite sobre os usos do solo. O município foi escolhido para o diagnóstico devido às suas potencialidades ambientais, ao crescente aumento da cultura do morango e outras culturas de ciclo curto, com uma ampla contribuição do público rural nas ações econômicas municipais, e à falta de saneamento ambiental nas áreas rurais.

Material e métodos

Caracterização do município e períodos de amostragem

O município de Espírito Santo Dourado insere-se na mesorregião sul-sudoeste de Minas Gerais, possui extensão territorial de 263,89 km² e apresenta população de 4.712 pessoas distribuídas

entre 2.387 munícipes na zona urbana e 2.325 na zona rural (PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO - MG, 2017). Com grande disponibilidade hídrica devido a sua localização geográfica (região serrana), apresenta grande número de córregos e cachoeiras dentro do perímetro urbano e rural. Compõe a Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, afluente da Bacia do Rio Grande, que é contribuinte da Bacia Hidrográfica Federal do Paraná (IGAM, 2021). O município recebe seu nome devido ao Rio Dourado, que é sua principal fonte hídrica, além de ser banhado também pelos rios Machado, Machadinho e Cervo e pelos ribeirões Embiruçu, Gonçalves, Pompéu, Poço D'anta e Paciência (PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO - MG, 2017).

Com relação à gestão e conservação das águas, um dos fatores que mais chamaram a atenção é a situação do sistema de abastecimento público, hoje sob responsabilidade da prefeitura, que não realiza nenhum tipo de cobrança pelos serviços de captação, tratamento e distribuição de água. Segundo o Plano de Saneamento Básico do município de Espírito Santo do Dourado (2017), o sistema público municipal de abastecimento de água possui atendimento precário devido à intermitência na distribuição de água e à dificuldade de implantação da hidrometração dos usuários. Apesar da grande disponibilidade hídrica local, as ferramentas de planejamento quanto ao uso e gestão dos recursos hídricos ainda estão aquém do ideal e o município ainda não possui sistema de tratamento de esgoto que atenda à comunidade, sendo lançados esgotos *in natura* nos pequenos cursos d'água que correm à margem do perímetro urbano no rio Dourado, ribeirão Embiruçu, ribeirão Paciência, ribeirão Pompéu e ribeirão Gonçalves. Entre as principais deficiências apresentadas pelo município no quesito tratamento de esgoto estão: falta de cadastro da rede, inexistência de normatização na implantação de redes, carência de poços de visita, ligações

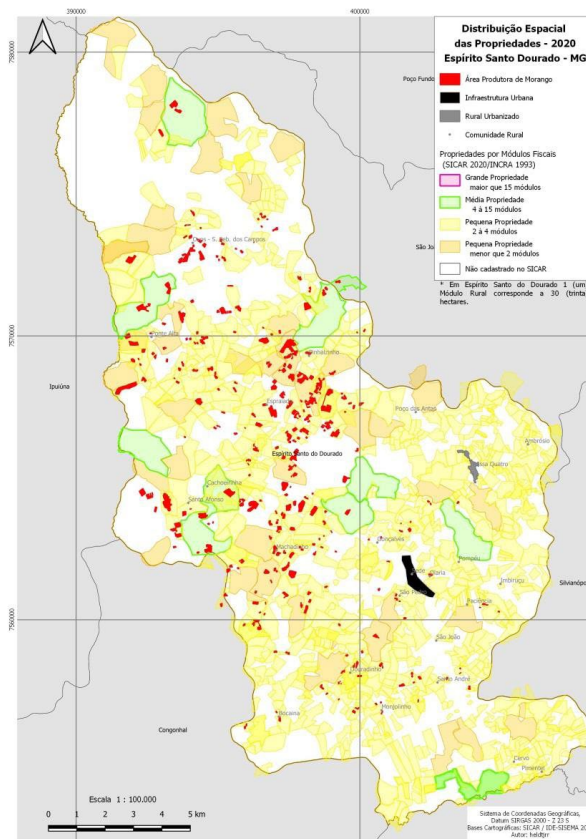
de esgoto à rede pluvial e vice-versa, inexistência de interceptores e inexistência de sistema de tratamento (PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO - MG, 2017). Como existe uma conhecida relação entre ausência de serviços de saneamento básico ou serviços de saneamento precários e perda da saúde com aumento da mortalidade infantil (TEIXEIRA; GUILHERMINO, 2006; BELLIDO *et al.*, 2010, SOUZA *et al.*, 2020, MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021), é possível que a ineficiência na oferta dos serviços tenha refletido na taxa de mortalidade infantil registrada entre os anos de 2012 e 2016.

Em 2010, 49,3 % do município era atendido por serviços de esgotamento sanitário e os bairros rurais não possuem rede coletora de esgoto (IBGE, 2010); em 2013, de acordo com o Atlas Esgoto (ANA, 2013), o índice de atendimento da rede de esgoto urbana do município era de 94 % com coleta sem tratamento; 5 % sem coleta e sem tratamento e 1 % com soluções individuais. Apesar do significativo avanço na área urbana, na zona rural, os moradores lançam o esgoto diretamente em ribeirão e pequenos córregos ou constroem fossas (PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO, 2017).

Com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM de 0,68 (IBGE, 2010), o município ocupa posição mediana em relação aos demais municípios mineiros e sua economia se sustenta predominantemente nos setores de Serviços e Agropecuária. Considerando as relações diretas entre o nível socioeconômico e a mortalidade proporcional por doença diarreica e outras veiculadas pela água e a ausência de saneamento básico, o município de Espírito Santo do Dourado pode encontrar-se sob elevada vulnerabilidade socioambiental. Ainda, com grande parte das suas atividades econômicas concentradas na zona rural, a ausência de saneamento ambiental nessas áreas pode se tornar um problema de ordem superlativa. Com módulos rurais

fixados em 30 hectares, a maioria das propriedades rurais cadastradas no Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR se enquadra como pequenas (≤ 2 a 4 hectares) e médias (4 a 15 hectares), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Distribuição das propriedades e seus tamanhos no município, com destaque para produção de morango. Espírito Santo do Dourado/MG, 2021.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

As amostragens de campo para o diagnóstico socioambiental do município de Espírito Santo do Dourado/MG ocorreram durante ações no âmbito do “Programa Expedição” da Pró-Reitoria de Extensão do IFSULDEMINAS, nos meses de julho de 2018 e 2019.

Diagnóstico socioambiental

Com objetivo de diagnosticar como ocorre a gestão das águas municipais e o uso e ocupação dos solos nas regiões rurais, foi realizado

um levantamento bibliográfico em fontes de documentos públicos municipais, estaduais e federais, referentes às questões administrativas, territoriais, de saneamento e áreas rurais; sendo utilizadas as seguintes bases de dados governamentais: municipal o site da prefeitura; estadual o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER; federal a Agência Nacional das Águas – ANA, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural – SICAR.

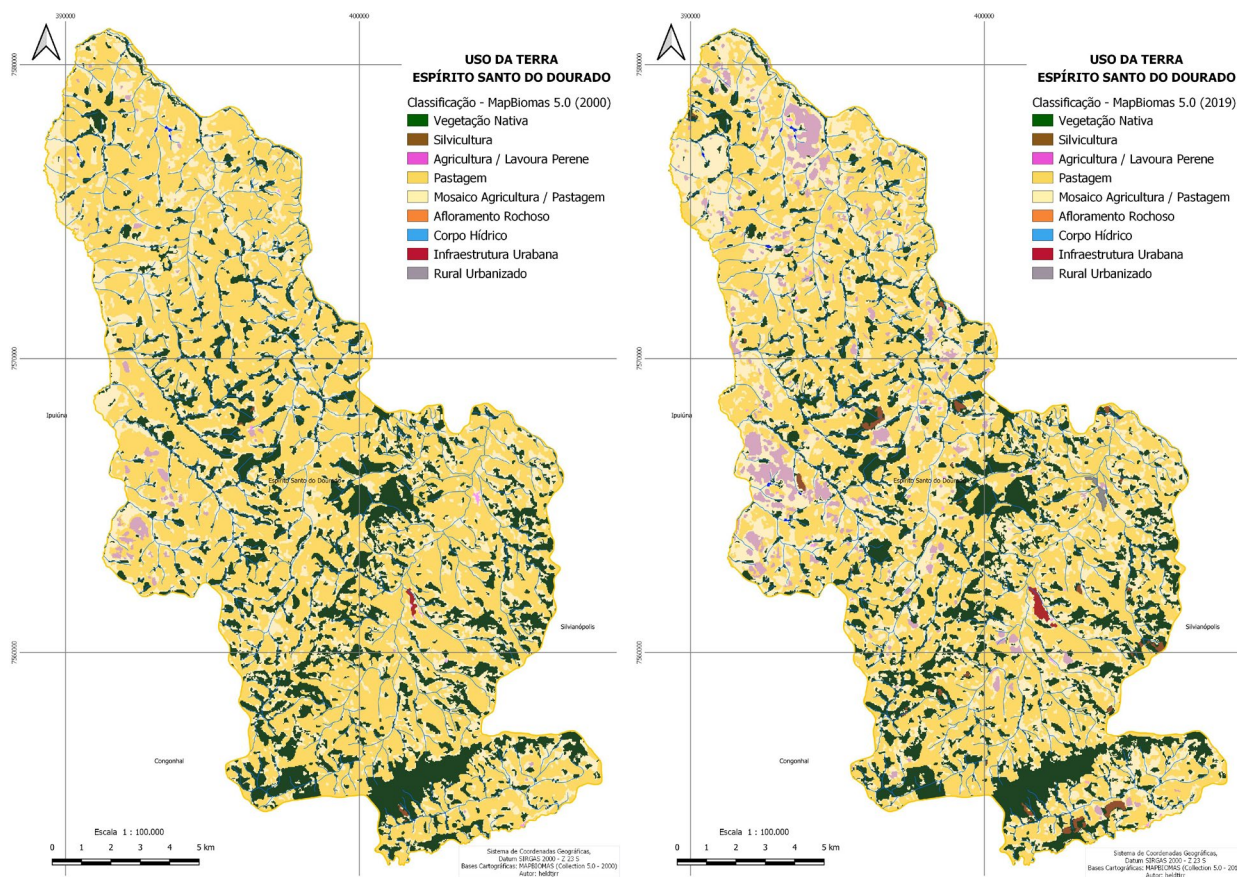
Posteriormente a essa etapa, a metodologia de seleção das propriedades entrevistadas seguiu a ferramenta não probabilística “*snowball sampling*” (BIERNACKI; WALDORF, 1981), na qual foi formada uma cadeia de informantes indicados para responder o questionário, nos bairros rurais municipais, a partir de eixos estruturadores iniciais, compostos por atores influentes no município. Assim, consecutivamente, cada entrevistado também indicava outro ator social, de modo que fosse entrevistado pelo menos um agente social rural de cada bairro. Destaca-se que se consultou o Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) do IFSULDEMINAS acerca da necessidade de avaliação por este órgão, que dispensou de avaliação por se tratar de projeto de extensão. As intervenções foram realizadas seguindo um questionário semiestruturado composto de perguntas pré-definidas, visando conhecer as questões relativas ao uso e à ocupação do solo, gestão e conservação das águas, tratamento de esgoto, sistemas agroecológicos e acesso às políticas públicas de incentivo ao produtor rural. Como ferramenta complementar ao diagnóstico socioeconômico e com o objetivo de georreferenciar e diagnosticar a qualidade ambiental de algumas nascentes em alguns bairros rurais, bem como os usos do solo no

seu entorno próximo, foi aplicado um Protocolo de Caracterização Ambiental Simplificado (CALLISTO *et al.*, 2002) e os resultados apresentados de forma categoricamente adaptada (nota de 1 a 5 = pior para melhor qualidade ambiental identificada). Esse protocolo aborda questões quali-quantitativas relativas ao grau de impacto e de conservação do recurso hídrico, no trecho analisado. Por fim, todas as informações coletadas foram devidamente tabuladas, organizadas e geoespacializadas, de forma a subsidiar a análise socioambiental do município objeto de estudo. Utilizou-se para isso dos softwares de processamento de imagens Google Earth Pro e Quantum Gis (Q-Gis) e Microsoft Excel para tabulação dos dados. Para análises no software Q-Gis foram utilizadas imagens de satélites da plataforma MapBiomas.

Resultados e discussão

A análise comparativa do uso do solo do município nos anos 2000, 2010 e 2019 evidenciou a crescente expansão da agricultura em Espírito Santo do Dourado (FIGURA 2). É possível notar ao longo dos anos o avanço das áreas destinadas à agricultura, principalmente próximo a corpos hídricos, fator fundamental para a garantia do processo de irrigação das culturas. As terras cultivadas, compreendidas por “agricultura” e “mosaico de agricultura e pastagem”, ocupavam no ano 2000 uma extensão de 6.358,54 hectares, apresentando um aumento de 19 % do ano 2000 para 2010 e 24 % de 2000 para 2019. Ao mesmo tempo, percebe-se uma retração de 1,5 % em 2010 e 2,13 % em 2019 das áreas de floresta nativa. Também merece destaque as florestas plantadas (Silvicultura), que em sua maioria são compostas por eucaliptos. Em Espírito Santo do Dourado, essas feições aumentaram 600 % do ano de 2000 para 2010 e 1.200 % de 2000 para 2019.

Figura 2 – Usos do solo em Espírito Santo do Dourado/MG nos anos 2000, 2010 e 2019.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Especificamente a partir do ano de 2014, o município apresentou um aumento crescente nas áreas cultivadas, tendo ocupação relevante o cultivo de morango e a mandioquinha salsa, conforme dados disponibilizados pelo escritório local da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER (FIGURA 3).

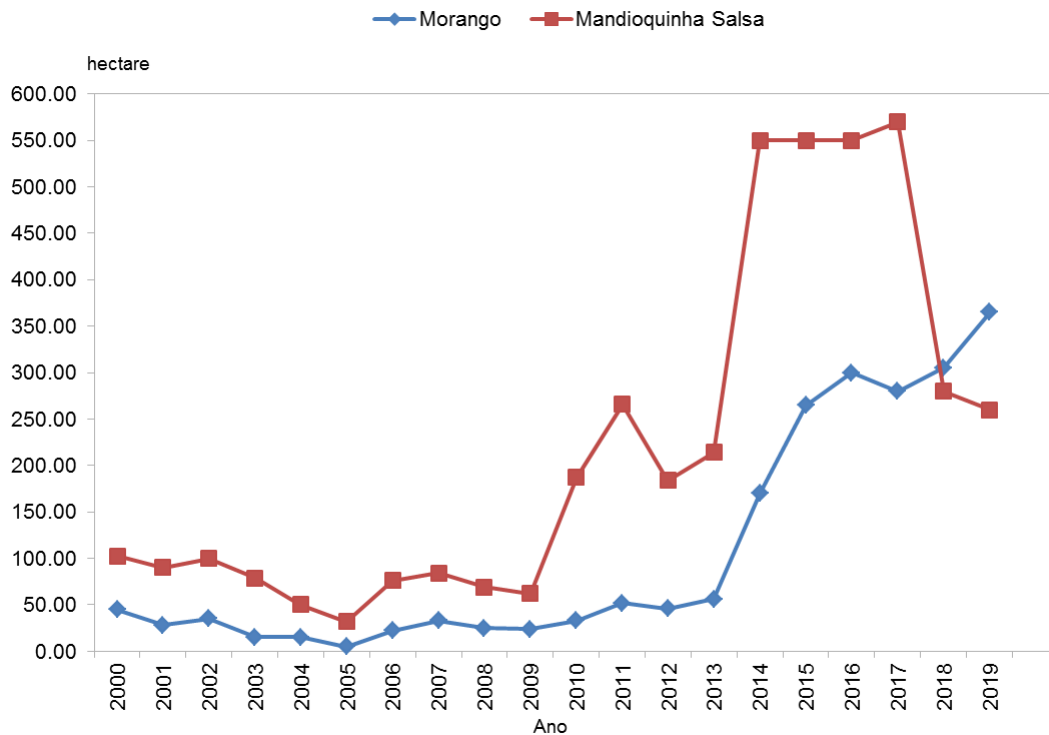
Os cultivos rotativos, quando realizados de maneira tradicional e em desconformidade com técnicas adequadas de gestão da quantidade e qualidade das águas, podem aumentar a contaminação dos recursos hídricos regionais e até mesmo gerar conflitos por demanda hídrica. O aumento produtivo agrícola também pode gerar demandas conflitantes nos processos migratórios municipais (ALVES, 2006) e, eventualmente, gerar sobrecarga dos sistemas de saneamento locais (que neste caso já são precários), além de

aumento da carga de efluentes poluidores nos ecossistemas aquáticos.

Perfil dos produtores rurais entrevistados

No total foram entrevistados 28 moradores da zona rural, todos agricultores, distribuídos em 15 bairros distintos, com pelo menos um representante em cada um dos principais bairros. A maioria desses produtores (59 %) são detentores das terras que laboram, enquanto 30 % arrendam e outros 11 % trabalham para alguém. Esses dados demonstraram o potencial econômico atrativo da pequena agricultura na zona rural no município. A principal cultura no município é o morango, estando presente em 68 % das propriedades entrevistadas. Em 56 % delas, era a única atividade produtiva, enquanto em 12 %

Figura 3 – Áreas de produção de mandioquinha salsa e morango ao longo dos anos no município Espírito Santo do Dourado/MG, 2021.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

se misturavam a outros cultivos como milho e batata salsa (mandioquinha), ambas culturas cíclicas e de curto período, com elevado potencial para degradações físicas, químicas e biológicas do solo e carreamento sazonal de agrotóxicos e fertilizantes, que contaminam água, solo e lençol freático (MESQUITA; PAULA; ALVARENGA, 2000). Considerando as demais culturas desenvolvidas, 32 % dos entrevistados dividiram-se entre bananais, cafezais, cultivos de verduras e pecuária leiteira.

Outro aspecto relevante a se considerar é o desconhecimento dos entrevistados sobre políticas socioeconômicas de assistência a produtores familiares. Esses atores sociais poderiam melhorar suas condições socioeconômicas por meio da adoção dessas práticas, pois conforme atesta Alves (2006), a agricultura familiar é uma alternativa à pobreza rural. O incentivo à produção agrícola familiar ocorre mediante o acesso às políticas públicas de

alimentação escolar (Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE) ou financiamento rural (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF). Um fato bastante alarmante é que 79 % dos entrevistados não estavam cadastrados como produtor familiar ou desconheciam tais políticas públicas. Sob outro aspecto, porém similar, 63 % dos entrevistados nunca ouviram falar em agricultura orgânica e 71 % desconheciam o termo agroecologia ou sistemas agroflorestais, evidenciando a necessidade de se investir em políticas públicas voltadas à disseminação de práticas agrícolas com menor impacto sobre o meio ambiente.

Socioambiental e Saneamento

Com relação à disponibilidade hídrica local, mais de 80 % dos entrevistados possuíam algum corpo hídrico dentro da propriedade. Todas as propriedades faziam intervenção em recurso

hídrico local para irrigação de seus cultivos, seja por meio da captação em nascentes (29 %) e cisternas/poços (18 %), em rios/córregos que percorriam suas propriedades (32 %) ou em acumulações superficiais (21 %), demonstrando a importância e a necessidade da gestão da quantidade e da qualidade dos mananciais hídricos nesses locais. Contraditoriamente ao cenário de intervenção em recurso hídrico, registramos a ausência de atuação por irregularidade ambiental e nenhum dos entrevistados relatou ter passado por tal experiência. Partindo deste aspecto, é possível obter uma relação entre a ausência de ações de conservação proporcional à fiscalização ou incentivo legal para essas práticas. Com relação aos incentivos à conservação ambiental,

o pagamento por serviços ambientais apresenta grande potencial como mecanismo de geração de renda e estímulos a práticas conservacionistas (LAMIM-GUEDES *et al.*, 2017).

Com relação à proteção das APPs em nascentes (50 metros) e entorno dos rios e riachos (30 metros), conforme Lei 12.651/2012, 34 % das propriedades não possuíam os mananciais preservados e 74 % dos entrevistados não sabiam o que são essas áreas, evidenciando uma carência de informações. Os resultados do protocolo de caracterização rápido aplicado em 08 nascentes, escolhidas aleatoriamente, em algumas propriedades entrevistadas, corrobora esses resultados, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Características diagnósticas visuais dos riachos analisados e usos do solo no entorno próximo. Espírito Santo do Dourado/MG, 2021.

LOCAL	BAIRRO	DIREÇÃO	LONGITUDE	LATITUDE	ALTITUDE	ORDENAÇÃO DO CANAL	USO PRE-DOMINANTE DO SOLO NO ENTORNO	ÁREA DE VEGETAÇÃO RIPÁRIA (m ²) ¹	QUALIDADE AMBIENTAL ²
PT1D	Douradinho	Sul	397.633	7.555.693	1.108	2	Floresta	31.400	5
PT2D	Douradinho	Sul	396.769	7.555.312	1.151	1	Floresta	31.400	5
PT1BG	Brejo Grande	Centro-Sul	397.237	7.559.265	1.331	1	Floresta/ Pastagem	25.003	4
PT1PA	Ponte Alta	Centro-Sul	396.809	7.560.533	1.168	2	Agricultura/ Pastagem	16.509	3
PT1GM	Grota da Mineira	Sudeste	405.060	7.565.164	9.49	1	Agricultura	14.350	3
PT2GM	Grota da Mineira	Sudeste	405.288	7.565.336	9.68	1	Agricultura	8.240	2
PT1BO	Boquira	Sul	396.055	7.557.171	1.242	1	Agricultura	6.673	1
PT2BO	Boquira	Sul	397.164	7.556.852	1.243	1	Pastagem	5.677	1
PT1PQ	Passa Quatro	Sudeste	404.408	7.564.856	884	3	Agricultura	0	0

¹Área calculada dentro de um raio de 100 metros a partir da coordenada geográfica central do local demarcado.

²Análise comparativa entre os locais de acordo com as observações de campo e de laboratório. Escala de 1 a 5, sendo 5 = melhor e 0 = pior qualidade

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Os locais analisados possuíam altitudes variando entre 884 metros e 1.331 metros caracterizando a elevada declividade regional. Os usos do solo predominantes no entorno próximo dos riachos (*buffer* de 100 metros no local

onde foi aplicado o Protocolo) foram agricultura e pastagem, exceto nos locais avaliados no bairro Douradinho, onde a vegetação predominante é composta por fragmentos florestais. É perceptível a relação entre a porcentagem de mata no

entorno dos riachos e a qualidade diagnóstica ambiental detectada pelo protocolo aplicado. Percebemos também que nos locais onde há predominância de atividades agrícolas, existe uma tendência à remoção da cobertura vegetal no entorno dos riachos e topos de morro, justamente para ampliação das áreas de cultivo. Esta prática de uso de solo se caracteriza desconforme às normas e legislações ambientais no que se refere à conservação de APPs (margem de riachos, entorno de nascentes, topos de morros, entre outros).

É importante destacar que os locais amostrados no bairro Douradinho estão inseridos em uma região de vale e com alta declividade, denominada pelos moradores como “Paredão” e que vem sendo utilizado, de maneira ainda muito discreta, pelo turismo local. É uma região de falha geológica com picos muito íngremes, baixo potencial para a agricultura e aparente aptidão para o ecoturismo. Mesmo o turismo sendo um setor que contribui de maneira crescente para o Produto Interno Bruto – PIB brasileiro (BRASIL, MINISTÉRIO DO TURISMO, 2018), alguns municípios ainda não conseguem implementar de maneira efetiva ações que conciliem conservação ambiental e renda por meio do turismo sustentável. Para tanto, o estabelecimento de um zoneamento ecológico econômico municipal pode ser uma ferramenta útil para ordenar ações de uso do solo e atestar quantitativamente a aptidão do turismo rural na região.

Outro resultado preocupante registrado nesta pesquisa foi o de 39 % dos entrevistados não possuírem o Cadastro Ambiental Rural - CAR e 21 % nem saberem em que situação legal se encontravam as propriedades nas quais laboravam. Este cenário é corroborado pelos dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (2019), nos quais constam cadastradas 1.575 propriedades rurais no município, representando 57.671,83 hectares, enquanto existem cadastradas no SICAR

(2021) apenas 1.013 propriedades para o município, representando 19.819,20 hectares. Esta incongruência demonstra que 35,68 % das propriedades rurais de Espírito Santo do Dourado ainda se encontram em situação irregular quanto ao CAR.

O CAR foi criado pela Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal) e regulamentado em 2014 e se refere a um registro público eletrônico, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações das propriedades rurais referentes às APPs, uso restrito, reserva legal, remanescentes florestais e áreas consolidadas. O seu objetivo é compor uma base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, além do combate ao desmatamento a partir de um sistema informatizado e geoespacializado em escala nacional (SICAR, 2021). A ausência de cadastro das propriedades rurais no CAR implica a ausência de informações, que no futuro poderão subsidiar políticas de proteção ambiental.

Com relação ao esgoto rural, cerca de 46 % dos entrevistados não possuíam nenhum tipo de tratamento, lançando os dejetos diretamente no solo ou nos córregos próximos. O lançamento de esgoto sem tratamento em corpo hídrico pode ocasionar perda na qualidade da água e consequentemente afetar a saúde da população, com a redução da qualidade de vida (TEIXEIRA; GUILHERMINO, 2006; RESENDE; BELLIDO *et al.*, 2010; FERREIRA; FERNANDES, 2018; SOUZA *et al.*, 2020; MACHADO; MACIEL; THIOLENT, 2021). Esse percentual está bem acima da média nacional de 25,3 %, apresentada pelo PNSR (2019). Entre os entrevistados que possuíam tratamento, 53 % deles utilizavam as chamadas “fossas negras”, que são métodos rudimentares de alocação de esgoto, com grande probabilidade de contaminação de solo e lençol freático. Apenas 7 % dos entrevistados possuíam fossa séptica biodigestora.

Realidade e Perspectivas

Espírito Santo do Dourado/MG é um município pequeno e com aparente potencial para o desenvolvimento do ecoturismo, tendo em vista sua localização geográfica e suas potencialidades naturais. No entanto, é perceptível que a vocação agrícola municipal não se integra a questões de ordem socioambiental voltadas para a sustentabilidade. Conforme preconiza Madrid *et al.* (2015), é preciso uma visão integradora pautada nos princípios da complexidade inerente às questões ambientais para a solução da precariedade ou ausência do saneamento básico. Essas questões perpassam aspectos técnicos, sociais e culturais, incluindo a Educação Ambiental. É preciso levar ao conhecimento dos municípios os programas e benefícios socioeconômicos disponíveis, bem como promover campanhas expressivas de disseminação de ferramentas e técnicas de gestão ambiental eficientes e adequadas. Os autores defendem uma abordagem que atenda às necessidades da população afetada, incluindo sistemas de saneamento descentralizados com a implantação de tecnologias sociais para esgotamento sanitário, levantamento das aptidões natas de cada região com diagnósticos locais mais detalhados, tratamento de água, gestão adequada dos resíduos sólidos e melhorias na infraestrutura de drenagem.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, foi possível observar que as áreas rurais amostradas do município de Espírito Santo Dourado/MG encontram-se em uma situação de considerável vulnerabilidade socioambiental. As atividades agrícolas se mostraram como a principal fonte de renda, porém ainda são desenvolvidas de maneira tradicional, com alto potencial de impacto ambiental e com reduzido conhecimento da população sobre as alternativas mais sustentáveis para a produção de alimentos.

Ainda neste aspecto, a adoção de práticas protetivas ao meio ambiente é praticamente imperceptível na abordagem deste trabalho, evidenciando a importância da gestão qualitativa efetiva dos recursos hídricos locais e da otimização do sistema de saneamento básico, ainda carente de investimentos e atenção. Assim, é necessário priorizar políticas públicas socioambientais mais integrativas, entre elas o incentivo ao uso adequado do solo, conservação das APPs e principalmente, realização de campanhas de conscientização ambiental, para que a população rural esteja ciente das ações em prol do manejo do solo, gestão adequada dos recursos hídricos e adequação ambiental.

Sugere-se estabelecer zoneamento ecológico-econômico municipal por meio de estudos de planejamentos estratégicos, tais como plano diretor, plano de saneamento rural, plano de desenvolvimento rural sustentável, criação de secretaria de meio ambiente, implementação de programas contínuos de educação ambiental, criação de fundo para pagamento por serviços ambientais e implementação de programas de monitoramento da qualidade dos corpos hídricos. Essas são ferramentas com potencial para otimizar a situação atual.

Referências

- ALVES, E. (org). **Migração rural-urbana, agricultura familiar e novas tecnologias: coletânea de artigos revistos**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2006. 181 p. ISBN 85-7383-382-3.
- ANA – Agência Nacional de Água. **Atlas Esgoto**. 2013. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: abril/2021.
- BRASIL. **Plano Nacional de Turismo**. Brasília: Ministério do Turismo, 2018. Disponível em: http://regionalizacao.turismo.gov.br/images/PNT_2018-2022.pdf. Acesso em: abril/2021.

BRASIL. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010.** Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm. Acesso em: abril/2021.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/> Acesso em: abril/2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da União - Seção 1 - 28/5/2012, Página 1. Brasília, DF 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: abril/2021.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: abril/2021.

BELLIDO, J. G.; BARCELLOS, C.; BARBOSA F. S.; Bastos F. I. Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública.** 2010. n. 28, v. 2, p. 114–120.

BIERNACKI, P.; WALDORF, D. Snowball sampling: problems and techniques of chain referral sampling. **Sociological Methods & Research,** Thousand Oaks, CA, v. 10, n. 2, 1981.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa

(MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia,** v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental.** Edição Especial, p. 51-60. 2014.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Consulta pública ao escritório local, Espírito Santo do Dourado/MG, abril/2021.

ERREIRA, L. A. F.; RIBEIRO, P. S. C.; ANDRADE, I. C. M.; GUIDES, R. M.; SANTOS, L. O. L.; CRUZ, L. M.; SANTOS, M. R. R.; REZENDE, S. Saneamento rural no planejamento municipal: lições a partir do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). **Revista DAE.** v. 67, n. 220, São Paulo, Edição Especial, nov. 2019.

FIGUEIREDO, I. C. S. **Tratamento de esgoto na zona rural: diagnóstico participativo e aplicação de tecnologias alternativas.** Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP: 2019.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Programa Nacional de Saneamento Rural – PNSR/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde.** Brasília: FUNASA, 2019. 260 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf. Acesso em: abril/2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/espírito-santo-do-dourado.html>. Acesso em: abril/2021.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. 2021. Disponível em: <http://comites>.

igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-gd5. Acesso em: abril/2021.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Sistema Nacional de Cadastro Rural: Cadastro de Imóveis Rurais – Consulta Pública.** Disponível em: <https://sncr.serpro.gov.br/sncr-web/consultaPublica.jsf?windowId=fe4>. Acesso em: abril/2021.

LAMIM-GUEDES, V.; FERREIRA, L.; CARVALHO, P. P. P.; CAMARGO, P. L. T. Pagamento por serviços ambientais como instrumento para políticas públicas de conservação ambiental. *InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade*. São Paulo: Centro Universitário Senac. v. 12, n. 1 – jun./2017.

MACHADO, G. C. X. M. P.; MACIEL, T. M. F. B.; THIOLENT, M. An integral approach of ecological sanitation in traditional and rural communities. **Ciência & Saúde Coletiva**. 2021. v. 26, n. 4, p. 1333-1344. Portuguese, English. DOI: 10.1590/1413-81232021264.08242019.

MACIEL, A. L. S.; FERNANDES, R. M. C. Tecnologias sociais: interface com as políticas públicas e o serviço social. **Serviço Social & Sociedade**. São Paulo, n. 105, p. 146-165, jan./mar. 2011.

MADRID, F. J. P. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; FERRÃO, A. M. A.; TONETTI, A. L. Metodologia de desenvolvimento eco-sistêmico aplicado ao paradigma do saneamento descentralizado. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas – UFSM, Santa Maria, v. 14, n. 1, Jan-Abr. 2015, p. 101-105. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/16771/pdf>. Acesso em: abr./2021.

MESQUITA, H. A.; PAULA, M. B.; ALVARENGA, M. I. N. Indicadores de impactos das atividades

agropecuárias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 57-62, 70-71, jan./fev. 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ESPÍRITO SANTO DO DOURADO/MG. **Plano de Saneamento Básico do Município de Espírito Santo do Dourado/MG**. 2017. Disponível em: <http://www.espdourado.mg.gov.br/planos/PMSB.pdf>. Acesso em: abril/2021.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>. Acesso em abril/2021.

RENAUD, P.; ROQUE, F. O.; SOUZA, F. L.; PAYS, O.; LAURENT, F.; FRITZ, H. FISCHER, E; FABRICIUS, C. Towards a Meta-Social-Ecological System Perspective: A Response to Gounand *et al.* **Trends in Ecology & Evolution**, maio/2018. DOI: 10.1016/j.tree.2018.04.005.

RESENDE, R. G.; FERREIRA, S.; FERNANDES, L. F. R. O saneamento rural no contexto brasileiro. **Revista Agrogeoambiental**. v. 10, n. 1, mar. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181027>. Acesso em: abril/2021.

SICAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. **Consulta Pública**. Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/municipios/downloads?sigla=MG>. Acesso em: abril/ 2021.

SOUZA, A. C. A.; COSTA, N. R. Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, jul.-set. 2016, p. 615-634.

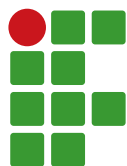
SOUZA, H. P.; OLIVEIRA, W. T. G. H.; SANTOS, J. P. C.; TOLEDO, J. P.; FERREIRA, I. P. S.; ESASHIKA, S. N. G. S.; LIMA, T. F. P.; DELÁCIO,

A. S. Doenças infecciosas e parasitárias no Brasil de 2010 a 2017: aspectos para vigilância em saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública**. 2020, v. 44, n. 10. Disponível em: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.10>. Acesso em: abril/2021.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da Associação entre Saneamento e Saúde nos Estados Brasileiros, empregando dados secundários do Banco de Dados indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2003 – IDB 2003. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 11, n. 3, jul./set. 2006, p. 277-282. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000300011>. Acesso em: abril/2021.

TEIXEIRA, C. P. **Produção de mudas e frutos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo**. 2011. 74 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, 2011. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2054/1/TESE_Produção de mudas e frutos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2054/1/TESE_Produção%20de%20mudas%20e%20frutos%20de%20morangueiro%20em%20diferentes%20sistemas%20de%20cultivo.pdf). Acesso em: abril/2021.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; MADRID, F. J. P. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O.; DUARTE, N. C.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, T. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.



Crescimento econômico e sustentabilidade: uma análise da Curva Ambiental de Kuznets sobre Amazônia Legal

Vasconcelos Reis Wakim¹, Jaques Otto Roma², Elizete Aparecida de Magalhães³

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Mestrado em Administração Pública. Professor Doutor. vasconcelos.wakim@ufjm.edu.br

² Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Estudante de Graduação em Ciências Contábeis. jaques.otto@gmail.com

³ Professora Adjunta III da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Professora Doutora. elizete.am@ufjm.edu.br

Submetido em: 24/03/2021 | Aceito em: 02/07/2021

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar como o desmatamento da Amazônia Legal (AMZ-L) é afetado pelo crescimento econômico dos estados por ela abrangidos, no período de 2000 a 2017. Este estudo tem como *background* a teoria da Curva Ambiental de Kuznets (CAK), proposta por Grossman e Krueger (1991). Para responder o problema de pesquisa, utilizou-se do método de Dados em Painel, considerando os efeitos fixos. A hipótese da CAK, de fato, ocorre no estágio inicial, mostrando que, com o aumento de renda, há queda nos índices de desmatamento, fazendo com que haja uma inversão da curva, assumindo formato de “U” invertido. Entretanto, em altos níveis de renda, o desmatamento volta a aumentar, assim, a curva assume o formato de “N”. Considerando este cenário, pode-se concluir que o aumento da renda, por si só, não garante que haverá redução do desmatamento, porém, vale ressaltar que os índices de desmatamento são menores que no estágio inicial com níveis elevados de renda, mostrando a necessidade de intervenção governamental.

Palavras-chave: Crescimento econômico. Sustentabilidade. Curva Ambiental de Kuznets. Dados em Painel.

Introdução

Desde a década de 1990, quando ocorreu a Cúpula da Terra no Rio de Janeiro, também chamada de ECO-92 ou Rio-92, muito tem-se discutido sobre o aquecimento global e o modelo de crescimento insustentável da humanidade. O acúmulo de gases do efeito estufa na atmosfera, a redução das florestas naturais e seus impactos no ecossistema por todo o mundo foram consequências do avanço das explorações agropecuárias, extrativismo, incêndios e eventos naturais (ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012).

Além dos debates, iniciou-se a preocupação da comunidade mundial em buscar meios alternativos para a produção industrial, de forma a promover o crescimento econômico dos países de maneira sustentável, conforme é descrito no Relatório de *Brundtland*. Conceitualmente, o Desenvolvimento Sustentável (DS) é o consumo consciente dos recursos naturais no presente, para que as gerações futuras tenham o mesmo

nível de satisfação da geração atual (UNITED NATIONS, 1987).

Em 47 anos de discussões sobre a forma insustentável que o mundo se desenvolve, pouco se avançou, efetivamente, nas ações previstas nas agendas governamentais globais. Percebe-se que os líderes mundiais negligenciaram o caráter de urgência em adotar medidas sustentáveis previstas nas convenções das Nações Unidas (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012).

Em um cenário de busca por equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade, o Brasil destaca-se com um importante papel dentro das convenções. Trabalhos, como de Guimarães e Fontoura (2012) e Lago (2006), mostraram o Brasil como um dos países mais atuantes, no que tange à sustentabilidade dentro das convenções realizadas pelas Nações Unidas, entretanto, os mesmos autores descreveram que as medidas adotadas ainda são precárias e insatisfatórias.

Embora o Brasil tenha somado esforços para cumprir os princípios e acordos firmados desde a ECO-92, autores como Fearside (2006) e Coelho e Ferreira (2015) evidenciaram um contínuo crescimento do desmatamento das florestas brasileiras, em especial da Floresta Amazônica, apontando as principais causas, as decisões governamentais (FEARSIDE, 2006) e as desigualdades econômicas e sociais (LAGO, 2006).

O foco global sobre o Brasil está, principalmente, sobre a Amazônia, pois o país abrange a maior parte da floresta, que também se estende a outros países. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) informam que o Brasil detém 59 % da Floresta Amazônica, seguido pelo Peru, com 13 % e por outros países com menores parcelas: Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia, Guiana, Suriname e Guiana Francesa.

A Floresta Amazônica em território brasileiro compõe parte da Amazônia Legal (AMZ-L), que foi criada pela Lei nº 5.173/1966 (BRASIL, 1966), por viés político e não geográfico, estrategicamente com finalidades de desenvolver economicamente aquela região. Ressalta-se que a AMZ-L é composta não somente por florestas úmidas, mas também por cerrado e Floresta Ombrófila aberta, que envolve em quase sua totalidade a atividade agropecuária (MARTHA JUNIOR; CONTINI; NAVARRO, 2011).

O território da Amazônia Legal é de 5.217.423 km² e corresponde a cerca de 61 % do território nacional, de 8.514.877 km². A região inclui, em sua totalidade, os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Roraima, Rondônia e Tocantins e, parcialmente, o estado do Maranhão (a oeste do Meridiano 44^o) (FEARSIDE, 2006). Na Figura 1, são evidenciados os limites da Amazônia Legal brasileira.

Figura 1: Mapa demonstrativo dos limites da Amazônia Legal Brasileira



□ Limite da Amazônia Legal Brasileira □□□□ Limite dos estados

Fonte: Ferreira (2011).

Os estados que compõem a AMZ-L, segundo o IBGE (2010), têm uma população de, aproximadamente, 24 milhões de habitantes, distribuídos em 775 municípios, detendo 1/3 das florestas tropicais úmidas e o maior banco genético do planeta, além de possuir 1/5 de toda água potável do mundo. Em nível nacional, contém 45 % de toda água subterrânea do país. Quanto ao setor econômico, a média do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* dos estados abrangidos pela AMZ-L corresponde a cerca de 63 % do PIB nacional. Por tamanha representatividade e influência sobre o equilíbrio do planeta, Arraes, Mariano e Simonassi (2012) apontaram que, a partir de 1970, a década foi marcada pela ocupação territorial intensa e abertura das florestas virgens, em função da criação da via Transamazônica.

Percebe-se que a AMZ-L possui características que favorecem a prática da degradação daquela região, o setor agrícola e pecuário, favorecido pela geografia e índice de pluviosidade acima da média (MARGULIS, 2003), e o extrativismo e as apropriações ilegais de território, que ocorrem quando há melhoria na infraestrutura, facilitando a saída de madeira, bem como a ocupação e a falsificação de documentos por grileiros, que ocupam o território para vendas posteriores. Isso ocorre porque as infraestruturas agregam valor à propriedade, fato que, muitas vezes, foge do controle do governo (FEARSIDE, 2006). Segundo o mesmo autor, a desigualdade social daquela região também contribui para degradação, e os aspectos econômicos do país são refletidos diretamente na área da AMZ-L.

O crescimento econômico do setor agropecuário e extrativista, em contraste com a desigualdade de renda, tem provocado pressões sobre a AMZ-L, alertando ainda mais a comunidade científica sobre os riscos aos quais a sociedade ficará exposta, caso não se encontrem meios de produção sustentáveis. Neste sentido, Grossman e Krueger (1991), com o conceito da Curva Ambiental de Kuznets (CAK),

estabeleceram uma relação de “U” invertido entre crescimento econômico e sustentabilidade, explicando em seu estudo que, inicialmente, quando há avanços econômicos e elevação na renda *per capita*, aumenta-se também a degradação ambiental, porém, em certo ponto do tempo, à medida que a renda e a economia crescem, a degradação ambiental tende a diminuir. Sendo assim, cria-se uma expectativa positiva com relação às mudanças do crescimento econômico que estão ocorrendo no país, e, ao mesmo tempo, a necessidade de se evoluir em renda e tecnologia para mitigar os impactos sobre o meio ambiente.

Com os avanços na exploração sobre a AMZ-L e o iminente risco de provocar um desequilíbrio sobre este ecossistema, este artigo teve como objetivo identificar em que medida o crescimento econômico dos estados que compõem a Amazônia Legal impactou o desmatamento da região, no período de 2000 a 2017.

Desenvolvimento Sustentável

Embora o termo desenvolvimento sustentável tenha se expandido e sido utilizado como conceito a partir de meados do século XX, seu surgimento foi no ano de 1713. O termo foi usado pela primeira vez pelo autor alemão Hans Carl Von Carlowitz, em seu estudo sobre a exploração inconsequente da madeira na Alemanha. Von Carlowitz sugeriu o *nachhaltende Nutzung* (uso sustentável) das florestas, implicando que, no exercício da exploração madeireira, houvesse um número suficiente de árvores jovens para substituir as que seriam removidas, considerando o fato de que, até o século XVIII, a madeira era consumida como combustível e fazia parte de quase todos os processos de produção.

O século XVIII foi marcado pela expansão da massa populacional mundial, que também chamou a atenção dos pesquisadores sobre a sustentabilidade e a qualidade de vida futura, pois, à medida que se aumentava a população,

elevavam-se as necessidades e o consumo de matéria-prima, como descrito por Malthus (1798) na obra *Essay on the principle of population*.

Com a chegada do século XIX, as reservas energéticas se tornaram escassas, pois, basicamente, eram oriundas do carvão, estando estas comprometidas. Neste sentido, Jevons (1866), em sua obra *The Coal Question: an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines*, alertou sobre o consumo irresponsável de carvão, mostrando que ele entraria em escassez em menos de 100 anos na Inglaterra, caso continuasse inalterado, o que faria com que esse país perdesse seu domínio industrial.

Pisani (2006) concluiu que o tema desenvolvimento sustentável tem sido abordado pelos estudiosos da área muito antes do Relatório de *Brundtland*, conforme o rastro teórico apresentado. Ainda segundo o autor, as questões em torno da sustentabilidade tornaram-se populares pelo avanço do consumo irresponsável de forma rápida, provocado pelo crescimento populacional e pela forma que a população está se desenvolvendo.

Nascimento (2012) explanou sobre duas faces sobre as quais o desenvolvimento sustentável se originou. A primeira está ligada à ecologia, que se refere à capacidade que os ecossistemas têm de se recuperarem das agressões provocadas pelo homem ou pela própria natureza (terremotos, tsunamis, vulcões, fogo etc.). A segunda está relacionada aos meios econômicos, por meio da percepção do modo de consumo, produção e expansão populacional, que, em longo prazo, comprometeria a disponibilidade dos recursos, tornando-os escassos. Ainda segundo o autor, desde o início do fomento sobre o desenvolvimento sustentável, o conceito sobre o tema ainda está em aberto e varia de acordo com os interesses (político e ecológico) de quem o estuda.

Como visto anteriormente, há séculos já se percebia a escassez dos recursos naturais e a

redução na disponibilidade desses recursos, a qual está ligada à economia, como mostrado por Jevons (1866).

Curva Ambiental de Kuznets

Em 1955, Simon Kuznets, em seu estudo *“Economic Growth and Income Inequality”*, propôs que a desigualdade de renda e a carência em tecnologia eram fatores que contribuíam para o aumento da degradação ambiental. Alinhados aos estudos de Kuznets (1955), Grossman e Krueger (1991) foram os pioneiros em provar a veracidade da existência do “U” invertido, que apresenta uma correlação positiva entre o crescimento econômico e o meio ambiente. Segundo os autores, quando uma determinada sociedade atinge níveis de renda e tecnologia elevados, a degradação ambiental tende a reduzir.

Um resgate histórico feito por Montibeller Filho (2007) relatou que, a partir da metade do século passado, o crescimento econômico foi tido como vilão da natureza, sendo responsabilizado pelo consumo dos recursos naturais. O autor O’Connor (1998) apontou que, quando há crescimento na economia, desencadeiam-se a degradação ambiental, poluição e esgotamento dos recursos naturais, todavia, quando há retração na economia, o meio ambiente continua a ser degradado. Nessa ótica, a falta de crescimento econômico tem sido usada como justificativa para a ausência de zelo com o meio ambiente por diversos países, pois, em um cenário de retração econômica, a preservação do meio ambiente representa custos adicionais (MONTIBELLER FILHO, 2007).

Esse descuido com o meio ambiente produziu estudos que evidenciam elementos prejudiciais à qualidade da vida humana, sendo os principais o dióxido de carbono (CO₂), o dióxido sulfúrico (SO₂) e o óxido nitroso (NO), e isso fez com que, a partir da década de 1970, aumentasse a pressão sobre os países em desenvolvimento (CARVALHO; ALMEIDA, 2010). As

pressões para que os países adotassem medidas de aproveitamento sustentável dos recursos naturais aumentaram por todo o mundo, por meio das organizações não governamentais (ONGs) e ativistas ambientais (CARVALHO *et al.*, 2015; LAGO, 2006; MONTIBELLER FILHO, 2007).

As imposições internacionais fizeram com que os debates acerca da qualidade de vida futura fossem amplos. Dada a premissa de que as gerações futuras seriam prejudicadas pela degradação ambiental daquele período, foi convocada, em 1972, a primeira Conferência das Nações Unidas sobre clima, em Estocolmo, iniciando um processo que busca desenvolver a economia de forma otimizada (LAGO, 2006).

Nesse cenário, os países que buscam desenvolvimento sofrem pressões para preservação ambiental. A hipótese da Curva Ambiental de Kuznets divide opiniões. Existe a vertente que acredita que não é necessário sacrificar o crescimento econômico para que o meio ambiente prospere e, em contrapartida, existem aqueles que acreditam que o consumo e o crescimento econômico são, até última instância, responsáveis pela degradação ambiental (CARVALHO, 2013).

De fato, os estudos de Grossman e Krueger (1991, 1995) mostraram evidências empíricas que a curva também pode ter um formato em “N”. Os autores estimaram a CAK para o dióxido de enxofre, fumaça negra e partículas suspensas. Nos dois primeiros, encontraram uma relação de “U” invertido a partir de uma renda per capita de US\$ 5.000. Com relação às partículas suspensas, o valor per capita é ainda menor, entretanto, quando a renda per capita fica entre US\$ 10.000 e US\$ 15.000, os níveis de poluentes estudados voltaram a crescer, indicando que a curva possui formato de “N”.

Panayotou (1993), ao estudar a CAK, além de utilizar variáveis como dióxido de enxofre, óxidos nitrogenados e material particulado sólido (resíduos gerados pela indústria), usou a variável desmatamento. Os resultados obtidos

mostraram, em geral, que o ponto de virada da CAK do desmatamento ocorre entre U\$ 800 e U\$ 1.200, contra U\$ 3.800 a U\$ 5.500 das demais variáveis. O autor argumentou que esse fato ocorre devido ao desmatamento para expansão agrícola ocorrer no estágio inicial de desenvolvimento, antes da industrialização.

O formato descrito pela CAK é atribuído, pela literatura, a vários fatores. A forma de “U” invertido é explicada por Selden e Song (1994) da seguinte maneira: a) elasticidade de renda para demanda ambiental, indicando que, quanto maior a renda, maior será a atenção para qualidade de vida ambiental que querem desfrutar, consumindo produtos mais saudáveis; b) efeito escala, tecnologia/técnica e estrutura/composição (o efeito escala ou crescimento na produção implica maior consumo de recursos e energia, contribuindo positivamente na degradação; quanto ao aspecto tecnológico, a melhoria de renda substitui técnicas de produção antigas por inovadas e aprimoradas para redução de poluentes; o fator estrutura ou composição tende a melhorar gradualmente com o aumento da renda, optando por atividades sustentáveis (GROSMANN; KRUEGER, 1991)); c) comércio internacional, sendo um dos fatores principais que explicam a CAK, entretanto a qualidade ambiental tende a cair com o aumento do comércio, principalmente na exportação; por outro lado, aumentando-se a economia, eleva-se também a degradação, todavia, esses efeitos podem ser suprimidos pelo uso da técnica ou efeito da composição (DINDA, 2004); d) mecanismos de mercado, em que Shafik e Bandyopadhyay (1992) sugeriram que a existência de um mercado autorregulador endógeno, para recursos naturais comercializados no mercado, poderia mitigar os efeitos da degradação ambiental.

Contudo, é necessário enfatizar que os estudos de Grossman e Krueger (1991) revelaram que a CAK, a partir de certo ponto, pode assumir o formato de “N”, o que demonstra que o crescimento econômico, por si só, não garante

a inversão da curva. Carvalho e Almeida (2010) enfatizaram a ideia de que a degradação aumenta, para depois diminuir, com o crescimento econômico; países em desenvolvimento são incipientes em se tratando de sustentabilidade, e faz-se necessário adotar políticas “verdes” para inverter a trajetória que segue a CAK.

Segundo Ávila e Diniz (2015) e Diniz (2007), a inversão da trajetória da CAK não ocorrerá se houver predominância do efeito escala, uma vez que este sobrepõe os aspectos técnicos e de composição. O fato de predominar o efeito escala nos países em desenvolvimento explica o porquê de não ocorrer a inversão da curva, dado que buscar o crescimento econômico é o principal objetivo, *a priori*. Nos países desenvolvidos, a relação é contrária, existe a predominância do efeito técnica e de composição.

Como visto anteriormente, existem fatores adversos que implicam a convergência da CAK. Neste sentido, são aplicadas algumas críticas em relação ao modelo. Stern, Common e Barbier (1996) apontaram três problemas na estimação da CAK: a) simultaneidade: a CAK deriva de um modelo de economia em que não há *feedback* do estado do meio ambiente para o crescimento econômico; segundo os autores, a poluição e o desmatamento são vistos como nocivos à qualidade de vida, mas não há possibilidade de produção; neste sentido, Porter e Van Der Linde (1995) propuseram uma análise reversa da CAK, em que a preservação do meio ambiente faz com que haja crescimento econômico e técnico, de modo que o fator renda seja endógeno, sendo a qualidade ambiental realimentadora do crescimento econômico; estatisticamente, a simultaneidade entre fator produção e dano ambiental produzem estimativas enviesadas e inconsistentes; b) comércio internacional: para Stern, Common e Barbier (1996), países como Estados Unidos e Japão reduziram o dano ambiental, exportando a industrialização para

países em desenvolvimento, o que também enviesava as estimativas; c) problemas de dados: segundo Stern, Common e Barbier (1996), os estudos de Grossman e Krueger (1991) e Shafik e Bandyopadhyay (1992) usam dados de poluição de área urbana e desconsideram poluentes de ecossistemas naturais, que também impactam a saúde humana. Segundo Shafik e Bandyopadhyay (1992), os dados usados na CAK possivelmente darão origem à heterocedasticidade na estimação, tornando o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) ineficiente, mesmo sendo imparcial.

Com olhar crítico de Panayotou (1993), com relação à validade da CAK, ainda cabe questionar: i) a qual nível de renda *per capita* é o ponto de virada? ii) quando ocorreu o dano ambiental e como ele poderia ter sido evitado? iii) se algum limite ecológico seria atingido de modo que fosse irreversível com o aumento da renda? iv) se a melhoria da qualidade do meio ambiente é automática quando se aumenta a renda ou necessita de intervenção de políticas “verdes”? v) como levar os países em desenvolvimento a atingir o nível de qualidade ambiental desfrutada pelos países desenvolvidos?

Khanna e Plassmann (2004) também questionaram que o crescimento da renda em países em desenvolvimento pode ocasionar a piora da poluição mundial. Ainda segundo os autores, apenas emissores que atraem interesse público pelo nível de poluição e impactos conseguem obter a CAK.

Estudos correlatos

Nesta seção, são abordados os estudos anteriores que tratam da CAK. Foram levantados os autores, a variável dependente, a metodologia, o local estudado, bem como os períodos. Por fim, verificou-se se a CAK foi encontrada, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Estudos correlatos sobre a CAK.

Autores	Var. dependente	Metodologia	Amostra	CAK
Santos <i>et al.</i> (2008)	Desmatamento	Dados em Painel (Efeito Fixo)	Municípios da AMZ-L (2000-2004)	Sim
Oliveira <i>et al.</i> (2011)	Desmatamento	Dados em Painel com dependência espacial	Municípios da AMZ-L (2001-2006)	“U” invertido
Gomes e Braga (2008)	Desmatamento	Dados em Painel (Efeito Aleatório)	Estados da AMZ-L (1990-2004)	Sim
Caldas <i>et al.</i> (2003)	Desmatamento	<i>Cross-Section</i>	Pequenas propriedades ao longo da Transamazônica (1996 e 2000)	Sim
Prates (2008)	Desmatamento	Dados em Painel (Efeito Fixo)	Municípios da AMZ-L (2000-2004)	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Procedimentos Metodológicos

Para este trabalho, a metodologia adotada foi o modelo de dados em painel. Este modelo possui algumas vantagens em relação aos modelos de *cross-section* ou de séries temporais. As principais delas são a capacidade de contornar o problema de heterogeneidade dos dados e a de considerar as variáveis individuais de cada indivíduo, neste caso, os estados brasileiros que compõem a Amazônia Legal (HSIAO, 1986). Além dessas vantagens, o modelo permite o uso de maior número de observações, aumentando o grau de liberdade e diminuindo o problema de colinearidade entre as variáveis explicativas.

O modelo geral para dados em painel é dado por:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_k x_{kit} + \dots + \beta_{nit} x_{nit} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Assim, o subscrito i denota os diferentes indivíduos, que, neste trabalho, são os estados da Amazônia Legal, e t , o período que está sendo estudado. O β_0 representa o parâmetro do intercepto, já o β_k corresponde ao coeficiente angular da k -ésima variável explicativa.

Portanto, o modelo adaptado para este trabalho será o seguinte:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_0 + \beta_1 PIB_{it} - \beta_2 PIB_{it}^2 + \beta_3 PIB_{it}^3 + X_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

em que: Y_{it} representa a variável dependente, que é a área de desmatamento da Amazônia Legal; α_{it} é o coeficiente do efeito fixo; β_0 , o intercepto; β_i , os parâmetros a serem estimados; X_{it} , as variáveis explicativas; ϵ_{it} , o termo de erro.

O vetor de variáveis explicativas (X_{it}) foi composto pelo PIB *per capita* ao quadrado, sendo incluído para captar a hipótese da CAK, pois, segundo a teoria de Kuznets, o desmatamento tende a crescer a baixos níveis de renda. A partir do momento em que uma sociedade atinge um maior nível de renda, a situação se inverte e o desmatamento tende a decrescer, assumindo a forma de “U” invertido.

Também foi testado o PIB *per capita* ao cubo, pois, como mostrado por Grossmann e Krueger (1991), a curva pode assumir valores positivos para degradação novamente, quando a renda atinge níveis elevados, fazendo com que a CAK assumira formato de “N”.

Além da variável explicativa PIB, a literatura ainda aborda diversas outras variáveis para explicar a CAK. Para este estudo, foram usadas como variáveis de controle a densidade populacional e o rebanho bovino dos estados que pertencem à Amazônia Legal. Trabalhos anteriores abordaram essas duas variáveis como influenciáveis no desmatamento, como o de Marengo (2007),

Margulis (2003) e Martha Junior, Contini e Navarro (2011). A densidade populacional é utilizada em diversas áreas que estudam a CAK, sendo apontada pelos autores citados como importante para estudar seus impactos sobre a degradação ambiental, portanto, também se aplica a este estudo. A variável rebanho bovino é inserida neste estudo por representar a principal atividade nos estados abrangidos pela Amazônia Legal e apontada como uma das principais causas do desmatamento (MARGULIS, 2003).

Para a variável PIB, é esperado um sinal positivo. Para a forma quadrática do PIB, espera-se um sinal negativo. No entanto, a forma cúbica pode assumir sinal negativo, como proposto por Kuznets (1955), ou positivo, como evidenciado por Grossman e Krueger (1991). Para as variáveis de controle, densidade populacional e rebanho bovino, o sinal esperado é o positivo.

Os dados utilizados para a pesquisa empírica foram obtidos do Sistema do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de Recuperação Automática (SIDRA). Quanto à correção inflacionária das variáveis monetárias, esta foi feita com base no Índice Geral de Preços (IGP-DI),

disponibilizado pelo portal da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Resultados e discussão

Nesta seção, estão abordados os resultados obtidos do modelo econométrico, com base nos dados coletados no SIDRA. Para a escolha do melhor modelo a ser adotado na estimação, quais sejam modelo de efeito fixo, efeito aleatório ou modelo *Pooled*, foi aplicado o teste de Hausman (1978), cuja hipótese nula (H_0) é que não existe diferença estatística entre os dois estimadores. O resultado do teste possibilitou rejeitar a hipótese nula ao nível de significância de 1 %. Assim, o modelo adequado para a estimação foi o de efeito fixo.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da estimação dos modelos de efeito fixo, aleatório e *Pooled*, com intuito de demonstrar a robustez dos coeficientes estimados. Constatou-se que, entre os modelos de efeito aleatório e fixo, não houve variações significativas nem troca de sinais, ao contrário do modelo *Pooled*. No entanto, pelo Teste de Hausman (1978), o efeito fixo foi o modelo indicado para estimação.

Tabela 2 – Estimação do modelo em dados em painel.

Variáveis	Efeito Aleatório	Efeito Fixo	Pooled
Log PIB	18,087** (8,091)	19,649** (7,810)	-22,377 ^{NS} (17,163)
Log PIB ²	-1,866** (0,838)	-2,031** (0,808)	2,293 ^{NS} (1,177)
Log PIB ³	0,060** (0,082)	0,066** (0,027)	-0,077 ^{NS} (0,060)
Log DDP	0,607** (0,331)	1,074* (0,402)	-0,485* (0,147)
Log Bov	0,712*** (0,191)	0,585*** (0,323)	0,682*** (0,066)
Constante	-60,447** (25,862)	-63,915** (24,972)	68,356 ^{NS} (54,971)

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

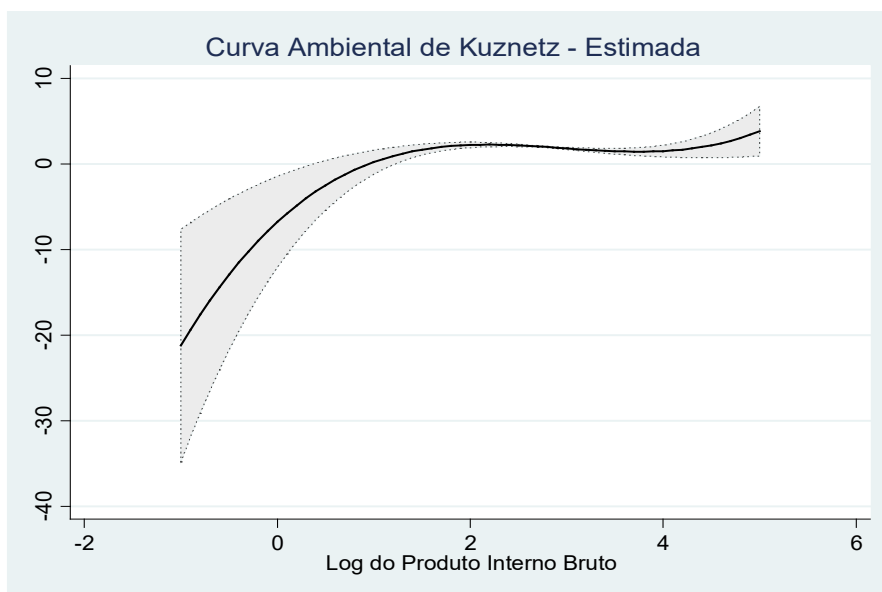
Nota: ^{NS} = não significativos; * significativo a 1 %; ** significativo a 5 %; *** significativo a 10 %. Valor entre parênteses são os desvios-padrão.

Pela estimação do modelo de efeito fixo, constata-se que os coeficientes do PIB, PIB² e PIB³, apresentaram significância estatística ao nível de 5 %, a densidade populacional foi significativa a 1 %, e o rebanho bovino, a 10 %, o que corrobora que essas variáveis impactam diretamente no processo de desmatamento. O sinal apresentado pelos coeficientes já era esperado. Para o PIB, o sinal positivo indica que o desmatamento cresceu com aumento da renda, porém o PIB² com sinal negativo mostra que o desmatamento tende a reduzir ao atingir determinado valor na renda. Para o PIB³, o sinal torna-se positivo novamente, indicando que

altos valores de renda provocariam um aumento no desmatamento.

O modelo de efeito fixo mostrou que para a variável PIB, quando elevada ao quadrado e ao cubo, obtém-se uma curva em formato de “N”, que a diferencia da forma de “U” invertido, como proposta pela Curva Ambiental de Kuznets (1955), ou seja, a renda, ao atingir determinado valor, fez com que houvesse diminuição do desmatamento (FIGURA 2). Ao passo que a renda continua a aumentar, ocorre uma nova inversão da curva, mostrando que o desmatamento volta a crescer. Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Grossman e Krueger (1991).

Figura 2 – Formato da Curva Ambiental de Kuznets encontrada.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Resultados obtidos da estimativa pelo modelo de efeito fixo mostraram que, inicialmente, quando o PIB *per capita* aumenta 1 %, o desmatamento apresentou um incremento de 19,64 %. Entretanto, a trajetória crescente do desmatamento com relação ao PIB *per capita* não é contínua, ela tem uma inversão que ocorre quando o PIB *per capita* é elevado ao quadrado. Assim, as estimativas mostraram que, para cada 1 % de aumento no PIB *per capita*, houve uma redução de 2,03 % no desmatamento. Isso

implica que a CAK é verdadeira e que é possível crescer sustentavelmente até certo valor de renda, uma vez que, quando o PIB *per capita* é elevado ao cubo, ocorre novamente uma inversão, porém, desta vez, com menor impacto, sendo que o aumento de 1 % no PIB *per capita* aumenta o desmatamento em 0,62 %.

Com relação às variáveis densidade populacional e rebanho bovino, existe uma relação positiva com o desmatamento. As estimativas

apontaram que o aumento da densidade populacional de 1 % provocou um incremento de 1,07 % no desmatamento. Para a variável rebanho bovino, o crescimento de 1 % resultou em um acréscimo de 0,58 % no desmatamento. Tais resultados corroboram as análises estatísticas apresentadas anteriormente e nota-se, claramente, essa relação positiva, principalmente entre os estados do Mato Grosso e Pará, onde a população tem maior dispersão e o mercado de bovinos tem se expandido rapidamente.

No primeiro estágio da CAK, é esperado que, à medida que há aumento na densidade populacional, na produção agropecuária e no PIB, também cresça a degradação (efeito escala). Entretanto, é possível mitigar os impactos do crescimento com o uso do efeito técnica e composição (CARVALHO; ALMEIDA, 2008; GROSSMAN; KRUEGER, 1991). À medida que a sociedade atinge certo valor na renda, há uma ideia que, supostamente, ela estaria disposta a pagar por produtos de menor custo ambiental, sugerindo que, para produzir produtos “verdes”, é necessário operar pelos efeitos composição e tecnologia. Aplicando essa teoria à AMZ-L, a tendência é que, com o aumento na renda *per capita*, também ocorra sofisticação no sistema de produção, otimizando o uso do solo. Isso tende a ocorrer pelo fato de existir pressão social por produtos de origem sustentável (efeito composição) (STERN, 2004).

Entretanto, para garantir que os efeitos da renda não sigam paralelos ao desmatamento (efeito escala), é necessário empenho tecnológico na atividade, especialmente agropecuária, predominante na região da AMZ-L (efeito composição), reduzindo as margens de desmatamento, à medida que a renda aumenta, pela otimização da produção, conforme teoria de Torras e Boyce (1998).

Existe um questionamento teórico quanto à validade da CAK. A dúvida baseia-se na possibilidade de exportação de indústrias poluidoras

para países em desenvolvimento e na importação de matéria-prima já semiprocessada. Por esse motivo, países ricos têm obtido a CAK em forma de “U” invertido (CARVALHO; ALMEIDA, 2008). Se essa suposição for verdadeira, dificilmente, no caso da AMZ-L, a curva se sustentará, explicando o formato de “N” encontrado. Tais resultados refletem os estudos de Cole (2004). Segundo o autor, mesmo que todos os países em desenvolvimento atinjam alto nível tecnológico, a dinâmica em que a riqueza diminua a degradação ambiental tende a acabar.

Os resultados encontrados são paralelos às afirmações de De Bruyn, Van Den Bergh e Opschoor (1998), em que a CAK não se sustenta no longo prazo, assim, o formato de “U” invertido seria apenas na fase inicial entre o crescimento econômico e a sustentabilidade. De fato, neste estudo, os achados apontam que, após altos níveis de renda, a curva terá uma nova inversão, assumindo formato de “N”.

Uma possível explicação para que a curva assumia formato de “N”, como mostrado pelo modelo econométrico, está ligada aos limites dos recursos tecnológicos. À medida que os recursos tecnológicos tendem a se esgotar, para sustentar o crescimento, é necessário que haja maior exploração dos recursos naturais, ou seja, o primeiro fenômeno da CAK é temporário, como explicado por Biage e Almeida (2015). Com relação ao segundo estágio, a explicação é orientada pelo estudo de Opschoor (1990), no qual se entende que a inversão da curva de forma crescente pode ser resultado de um *déficit* alcançado no processo de melhorias tecnológicas ou, ainda, que o custo para implantação da tecnologia aos meios de produção se torne oneroso.

Estudos da CAK anteriores, como o de Santos *et al.* (2008), já registravam que melhorias tecnológicas para a Amazônia Legal, após determinado ponto, provocariam degradação ambiental. Assim, o modelo de produção agropecuário e os efeitos de colonização podem

apresentar limites tecnológicos, que contribuiriam para a segunda inversão.

Em contrapartida, sobre as suposições da segunda inversão da CAK, mostrada no presente estudo, os autores Roca e Serrano (2007) levantam um questionamento para validade da curva, dizendo que nenhum país alvo de estudos da CAK atingiu níveis de renda *per capita* tão altos a ponto de fazer com que a curva tenha a segunda inversão, mostrando que na prática não é possível saber se isso ocorreria de fato.

Por se tratar de um estudo empírico que mostra a possível relação entre crescimento e degradação ambiental, em que a curva assuma formato de “N”, o desmatamento tende a ser menor com níveis de renda mais altos, como mostram os resultados apresentados. Da mesma forma, afirmou Beckerman (1992) que, por mais que a degradação ambiental cresça com o aumento de renda no primeiro estágio, a opção que possibilita menores impactos ao meio ambiente é tornando o país rico.

Considerações Finais

O modelo econométrico aplicado neste trabalho demonstrou que, inicialmente, de fato, existe uma forma de “U” invertido, ou seja, o desmatamento cresce a partir do aumento da renda, entretanto, ao atingir certo nível de renda, o desmatamento tende a diminuir, conforme a teoria da CAK.

Quando aplicada a forma cúbica ao modelo, a CAK apresenta uma nova inversão, sugerindo que, em altos níveis de renda, os índices de desmatamentos tendem a continuar aumentando, apresentando formato de “N”. Isso mostra que o crescimento econômico, de forma isolada, não garante que haverá redução nos níveis de desmatamento, havendo necessidade de ações exógenas.

É preciso enfatizar que políticas públicas são necessárias para neutralizar a segunda inversão

da CAK, assim como as “leis verdes” e demais ações por toda sociedade, que colaboram para mitigar os impactos causados pela ação humana. A suposta eficiência dessas ações pode ser observada no comportamento do desmatamento, quando a intervenção governamental, por meio da introdução de leis ambientais, fez com que houvesse uma queda gradual nos níveis de desmatamento.

Este trabalho ainda incluiu duas variáveis, a densidade populacional e o rebanho bovino, ambas com impacto positivo para o desmatamento da Amazônia Legal. O clima e a topografia favoráveis à expansão do rebanho bovino criam ciclos realimentadores da economia local e, consequentemente, expansão da população e da exploração pecuária, atraídas pela forte ação do comércio. Para trabalhos futuros, sugere-se explorar a influência do comércio internacional e da legislação ambiental sobre o desmatamento da Amazônia Legal.

Referências

ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento do Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, v. 50, n. 1, p. 119-140, jan/mar., 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032012000100007>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032012000100007. Acesso em: 02 set. 2019.

ÁVILA, E. S.; DINIZ, E. M. Evidências sobre a curva ambiental de Kuznets e convergência das emissões. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 45, n. 1, p.97-126, jan.- mar. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0101-4161201545197ese>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612015000100097. Acesso em: 17 nov. 2019.

BECKERMAN, W. Economic growth and the environment: Whose growth? whose environment? **World Development**, [S./], v. 20, n. 4, p.481-496, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0305750X9290038>. Acesso em: 14 nov. 2020.

BIAGE, M; ALMEIDA, H. J. F. Desenvolvimento e impacto ambiental: uma análise da curva ambiental de Kuznets. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, [S./], v.45, n. 3, p. 505-556, 2015. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6100/5/PPE_v45_n03_Desenvolvimento.pdf. Acesso em: 04 ago. 2015.

BRASIL. Lei 5.173, de 27 de outubro de 1966. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 out 1966. Disponível em: [L5173 \(planalto.gov.br\)](http://www.planalto.gov.br/legis/leis/1966/leis_5173.htm). Acesso em: 21 jun. 2021.

CALDAS, M.M. WALKER, R.; SHIROTA, R.; PERZ, S.; SKOLE, D. Ciclo de vida da família e desmatamento na Amazônia: combinando informações de sensoriamento remoto com dados primários. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p.1806-9134, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-71402003000400002&script=sci_abstract. Acesso em: 02 jul. 2020.

CARVALHO, N.L.; KERSTING, C.; ROSA, G.; FRUET, L.; BARCELLOS, A.L. Desenvolvimento sustentável x desenvolvimento econômico. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 3, p. 109–117, set-dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/17768>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CARVALHO, S.S. **A Relação entre Crescimento e meio ambiente**: uma reavaliação da Curva de Kuznets Ambiental. Brasília: Ipea, 2013. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=2076. Acesso em: 20 out. 2019.

CARVALHO, T.S.; ALMEIDA, E. **A hipótese da curva de Kuznets ambiental Global**: uma perspectiva econométrico-espacial. 2008. Tese (Mestrado em Economia Aplicada) Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

CARVALHO, T.S.; ALMEIDA, E. A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Revista Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 587-615, jul. set. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-41612010000300004>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612010000300004. Acesso em: 22 set. 2019.

COELHO, A.B.; FERREIRA, M.D.P. Desmatamentos recentes nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 097-102, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/resr/v53n1/0103-2003-resr-53-01-00091.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2020.

COLE, M. A. Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. **Ecological Economics**. v. 48, p. 71-81, 2004.

DE BRUYN, S.M.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; OPSCHOOR, J.B. Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. **Ecological economics**, Amsterdam, v. 25, n. 2, p. 161-175, 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092180099700178X>. Acesso em: 25 nov. 2020.

- DINDA, S. Environmental Curve Kuznets Hypothesis: A Survey. **Ecological Economics**, Beldanga, v. 49, p.431-455, jul. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800904001570>. Acesso em: 20 set. 2019.
- DINIZ, E. M. Lessons From The Kyoto Protoc. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v.10, n. 1, p. 27-38, jan.-jun. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2007000100003>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2007000100003&script=sci_abstract. Acesso em: 05 out. 2019.
- FEARSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia: dinâmicas, impactos e controle. **Revista ACTA amazônica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, maio 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000300018>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59672006000300018&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 14 set. 2019.
- FERREIRA, M.D.P. **Impactos dos preços das commodities e das políticas governamentais sobre o desmatamento na Amazônia Legal**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Indicadores de Preços**. 2020. Rio de Janeiro: FGV. Disponível em: <http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92AF56810C57>. Acesso em: 15 out. 2020.
- GOMES, S.C.; BRAGA, M.J. Desenvolvimento econômico e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. 46., 2008, Rio Branco. **Anais eletrônicos** [...]. Rio Branco, 2008. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/ags/sbrfsr/103095.html>. Acesso em: 17 abr. 2020.
- GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement**. Cambridge: National Bureau of Economic Research. 1991. *Ebook*.
- GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. B. Economic growth and the environment. **Quarterly Journal of Economics**, Oxford, v. 110, n. 2, p. 353-377, maio, 1995. Disponível em: <https://academic.oup.com/qje/article/110/2/353/1826336>. Acesso em: 11 set. 2019.
- GUIMARÃES, R.P.; FONTOURA, Y. S. dos R. Rio +20 ou Rio -20? Crônicas de um fracasso anunciado. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v.15, n. 3, p. 19-39, set/dez. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2012000300003>.
- HAUSMAN, J. A. Specification tests in Econometrics. **The Econometrics Society**, v. 46, n. 6, p. 1251-1271, 1978. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264382660_Hausman_1978/link/53da891a0cf2e38c63371ff4/download. Acesso em: 01 nov. 2020.
- HSIAO, C. **Analysis of Panel Data**. Cambridge: Editora Cambridge University Press, 1986. *Ebook*.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **“Geoestatísticas”, revelam patrimônio ambiental da Amazônia Legal**. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?busca=1&id=1&idnoticia=1887&t=geoestadisticas-revelan-patrimonio-ambiental-la-amazonia-legal&view=noticia>. Acesso em: 03 out. 2019.
- JEVONS, W.S. **The Coal Question**. Londres, 1866. *Ebook*.

KHANNA, N.; PLASSMANN, F. The demand for environmental quality and the environmental Kuznets Curve hypothesis. **Ecological Economics**, v. 51, p. 225-236, 2004.

KUZNETS, S. Economic Growth and Income Inequality. **The American Economic Review**, v. 45, n. 1, p. 1-28. 1995. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1811581?seq=1>. Acesso em: 25 out. 2019.

LAGO, A.A.C. do. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: o Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas**. Brasília: Editora Fundação Alexandre Gusmão, 2006. *Ebook*.

MALTHUS, T. **An Essay on the Principle of Population**. Londres. 1798. *Ebook*.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília, DF: Editora Ministério do Meio Ambiente, 2007. *Ebook*.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento na Amazônia**. Brasília: Editora Banco Mundial, 2003. *Ebook*.

MARTHA JUNIOR, G.B.; CONTINI, E.; NAVARRO, Z. **Caracterização da Amazônia Legal e macrotendências do ambiente externo**. Brasília: Editora EMBRAPA, 2011. *Ebook*.

MONTIBELLER FILHO, G. Crescimento econômico e sustentabilidade. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 81-89, jun. 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9343>. Acesso em: 22 out. 2019.

NASCIMENTO, E.P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiente ao social, do social ao econômico. **Revista Estudos Avançados**, Brasília, v.26, n. 74, p. 51-64, 2012. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10624>. Acesso em: 11 maio 2020.

O 'CONNOR, J. **Natural Causes: essays in Ecological Marxism**. New York: Editora The Guilfor Press, 1998. *Ebook*.

OLIVEIRA, R.C.; ALMEIDA, E.; FREGUGLIA, R.S.; BARRETO, R.C. Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da Curva de Kuznets Ambiental para Amazônia legal. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, SP, v. 49, n. 03, p. 709-740, jul.-set. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032011000300008>. Disponível em: Acesso em: 12 out. 2019.

OPSCHOOR, J. B. Ecologische duurzame economische ontwikkeling: een theoretisch idee en een weerbarstige praktijk. In: NIJKAMP, P.; VERBRUGGEN, H. (Eds.). **Het Nederlands Milieu in de Europese Ruimte: preadviezen van de koninklijke vereniging voor staathuishoudkunde**. Stenfert Kroese, Leiden, p. 77-126, 1990.

PANAYOTOU, T. **Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development**. Geneva: Editora International Labour Office, 1993. *Ebook*.

PISANI, J. A. D. Sustainable development – historical roots of the concept. **Environmental Sciences**, África do Sul, v. 3, n. 2, p. 83-96, 2006.

PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97-119, 1995.

PRATES, R.C. **O desmatamento desigual na Amazônia brasileira**: sua evolução, suas causas e consequências sobre o bem-estar. 2008. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, 2008.

ROCA, J.; SERRANO, M. Income growth and atmospheric pollution in Spain: an input-output approach. **Ecological Journal**, v. 63, p. 230-242, 2007.

SANTOS, R. B.; DINIZ, M.B.; RIVERO, S.L.M.; OLIVEIRA JUNIOR, J.N. Estimativa da curva de kuznets ambiental para a Amazônia Legal. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DA SOCIEDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIEDADE RURAL, 47., 2008, Pará. **Anais eletrônicos [...]**. Pará, 2008. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/ags/sbrfsr/113968.html>. Acesso em: 16 out. 2020.

SELDEN, T. M.; SONG, D. Environmental quality and development: is there a Kuznets Curve for air pollution emissions? **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v.27, n. 2, p. 147-162, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1006/jeem.1994.1031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S009506968471031X>. Acesso em: 16 out. 2019.

SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S. **Economic Growth and Environmental Quality**. Time-Series end Cross-Country evidence. Washington, D. C: Editora the World Bank, 1992. *Ebook*.

STERN, D. I.; COMMON, M. S.; BARBIER, E. B. Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development. **World Development**, [s./l.], v. 24, n. 7, p. 1151-1160, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(96\)00032-0](https://doi.org/10.1016/0305-750X(96)00032-0). Disponível em: Acesso em: 15 nov. 2019.

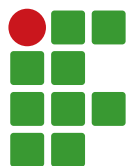
STERN, D., The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. **World Development**, Now York, v. 32, n. 8, p. 1419-1439, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X04000798>. Acesso em: 14 set. 2020.

TORRAS, M.; BOYCE, J. K. Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve. **Ecological Economics**, v. 25, p. 147-160, 1998.

UNITED NATIONS. **Our Common Future**. Report of the World Commission on Environment and Development. 1987. *Ebook*.

VIANA, A.L.D.; MACHADO, C.V.; BAPTISTA, T.W.F.; LIMA, L. D.; MENDONÇA, M.H.M.; HEIMAN, L.S.; ALBUQUERQUE, M.V.; IOZZI, F.L.; DAVID, V.C.; IBAÑEZ, P.; FREDERICO, S. Sistema de Saúde universal e território: desafios de uma política regional para a Amazônia Legal. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 117-131, 2007.

VON CARLOWITZ, H.C. **Sylvicultura economica**. [s.l.: s.n.], 1713. *Ebook*.



Estudo de séries temporais para avaliação do nível de água subterrânea em poço de monitoramento

Rubens Oliveira da Cunha Júnior¹, João Victor Mariano da Silva²

¹ Universidade Federal do Cariri (UFCA), Campus Crato, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB). Mestrando no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável. cunhajunior.rubens@gmail.com.

² UFCA, Campus Crato, CCAB. Mestrando no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável. joaovictormarianods@gmail.com.

Submetido em: 31/12/2020 | Aceito em: 05/07/2021

Resumo

As condições climáticas e hidrogeológicas do semiárido brasileiro demandam soluções hídricas sustentáveis e eficientes. Os programas de monitoramento das águas subterrâneas são ferramentas que subsidiam a tomada de decisão neste sentido. No estado do Ceará, o monitoramento dos aquíferos da bacia sedimentar do Araripe é importante para o desenvolvimento da região. Neste cenário, o presente trabalho objetivou estudar o nível de água subterrânea por meio da análise exploratória de séries temporais. A área de estudo compreendeu a porção leste da bacia sedimentar do Araripe, no município de Milagres, no estado do Ceará. Como objeto de estudo, foi obtida a série mensal de nível estático médio em um poço monitorado pela RIMAS/CPRM e instalado no Sistema Aquífero Médio. Foram aplicados métodos gráficos e numéricos para identificação e descrição das principais características da série temporal. Dados de precipitação na área de estudo foram utilizados para avaliar a recarga do sistema. Os resultados foram discutidos segundo os aspectos ambientais da área de estudo. Como resultados do estudo, foi possível a identificação e a descrição de padrões como tendência e sazonalidade da série por meio dos métodos aplicados. Destacam-se ainda o rebaixamento acentuado do nível estático ao longo da série, refletindo o estado quantitativo do sistema aquífero, bem como a recarga do lençol freático durante a estação chuvosa da região, evidenciada no estudo da sazonalidade da série em conjunto com dados de precipitação.

Palavras-chave: Bacia Sedimentar do Araripe. Recursos hídricos. Semiárido.

Introdução

Na região do semiárido brasileiro, a problemática hídrica tem sido objeto de estudos e intervenções desde o século 19. A região é marcada por altas temperaturas, frágil hidrografia e irregular distribuição temporal e espacial das chuvas. Essas condições climáticas, aliadas às secas periódicas incidentes no semiárido, constituem um problema estrutural com implicações econômicas e sociais. Neste contexto, a obtenção de água para abastecimento humano e uso em irrigação e indústria na região se deu historicamente pelo represamento da água superficial em açudes ou pela perfuração de poços para captação das águas subterrâneas (REBOUÇAS, 1997; GARJULLI, 2003).

A hidrogeologia do semiárido é caracterizada por dois contextos distintos: o embasamento cristalino, cujas formações rochosas de baixa permeabilidade ensejam o uso eficiente dos açudes

como solução hídrica; e as rochas sedimentares, com potenciais reservas de água subterrânea (REBOUÇAS, 1997). No estado do Ceará, predomina o embasamento cristalino, correspondendo a cerca de 75 % do território e localizado na sua grande região central. Entretanto, na extremidade sul e no litoral do estado encontram-se formações sedimentares com maior potencial em recursos hídricos subterrâneos (TEIXEIRA, 2003). Em especial, ao sul do estado, na divisa com os estados de Pernambuco e Piauí, está localizada a Bacia Sedimentar do Araripe, uma área de relevante interesse hidrogeológico pelo seu potencial de qualidade e quantidade de águas subterrâneas (CPRM, 2009).

A Bacia Sedimentar do Araripe é a maior reserva de água subterrânea do estado do Ceará e está inserida geograficamente na região do Cariri cearense. A região do Cariri é abastecida em quase sua totalidade por águas subterrâneas

de poços de captação ou fontes. Neste cenário, estão incluídos os municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, que exercem forte centralidade no desenvolvimento regional. O crescimento populacional e econômico tem levado a um aumento da exploração das águas subterrâneas para consumo humano e uso na indústria e irrigação (VERÍSSIMO, 1999; MOURA-FÉ *et al.*, 2019).

O Sistema Aquífero Médio é o mais perfurado e explotado da região do Cariri, e a recarga do aquífero ocorre em maior parte por conta da chuva, havendo ainda contribuição das fontes localizadas no sopé da chapada do Araripe. Considerando a sua importância para o desenvolvimento da região, o aquífero encontra-se exposto a uma série de fatores que ameaçam as suas águas. A perfuração indiscriminada de poços, a geração de resíduos poluidores por parte das atividades agrícolas e industriais, e a contaminação das águas superficiais são fatores de risco que, aliados às elevadas explorações das águas subterrâneas, ressaltam a importância das ferramentas de monitoramento, diagnóstico e gestão (COGERH, 2009; VERÍSSIMO, 1999).

O monitoramento da água subterrânea na Bacia Sedimentar do Araripe é realizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, como parte da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – RIMAS, e pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH. O monitoramento da água subterrânea é um instrumento essencial na avaliação quantitativa e qualitativa das reservas, uma vez que, por meio de observações sistemáticas de processos dinâmicos, como níveis e qualidade da água em poços, permitem o acompanhamento histórico de importantes variáveis hidrológicas e fornecem informações para planejamento e

gestão (FEITOSA, 2008). Diante disso, formalismos como séries temporais são ferramentas importantes na representação, modelagem e previsão de processos hidrológicos (MACHIWAL; JHA, 2012; CHAN; CRYER, 2008).

No estudo de séries temporais, o uso de ferramentas gráficas na análise dos dados é importante (MORLEY; ADAMS, 1991). Diversas características das séries podem ser identificadas pela análise gráfica (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018). Técnicas de decomposição de séries temporais para identificação e estudo de padrões como tendência e sazonalidade têm sido aplicadas por autores como Cortes *et al.* (2018). Em especial, no tocante ao estudo e avaliação das águas subterrâneas, Machiwal, Nimawat e Samar (2011) utilizaram técnicas estatísticas gráficas para avaliar redes de monitoramento de águas subterrâneas. Ainda, a abordagem por séries temporais foi utilizada por autores como Crosbie, Binning e Kalma (2005), para inferir a recarga do sistema aquífero, Carnier Neto (2006), na avaliação de redes de monitoramento, Hu, Zhang e Xing (2001), ao analisarem as características dinâmicas anuais do nível da água subterrânea, e Gouvêa (2009), para estudar a influência da precipitação e das características do solo nas variações dos níveis d'água em áreas de recarga.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a evolução do nível de água subterrânea em um poço monitorado no Aquífero Médio, por meio do estudo de séries temporais. Neste estudo, as características das séries temporais foram exploradas gráfica e numericamente, e os resultados correlacionados com dados de pluviometria, a fim de se entender a dinâmica regional do aquífero em questão. Os resultados obtidos foram discutidos segundo os aspectos ambientais da área de estudo.

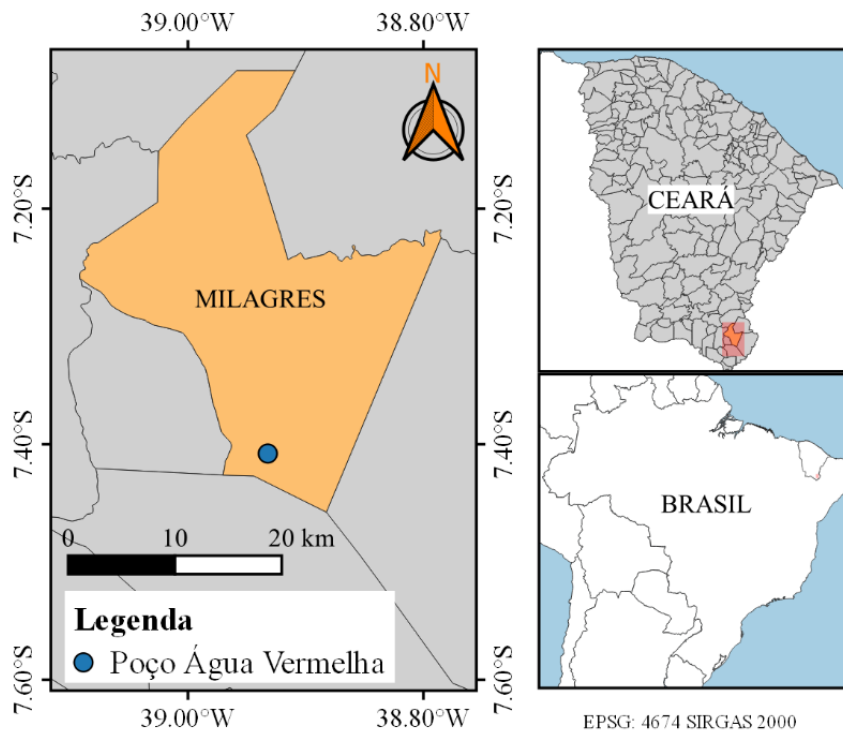
Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho está inserida no município de Milagres, onde está situado o poço Água Vermelha, objeto de estudo deste trabalho. O município de Milagres está localizado no extremo sul do estado do Ceará, limitando-se ao norte com os municípios de Barro

e Aurora, ao sul com Abaiara e Brejo Santo, ao leste com Mauriti e Barro e ao oeste com Missão Velha e Abaiara (IPECE, 2017). Possui uma área territorial de 579,097 km² e uma estimativa populacional de 27.462 habitantes (IBGE, 2020). Está inserido no contexto da sub-bacia do Rio Salgado e no contexto hidrogeológico da bacia sedimentar do Araripe (COGERH, 2019a). A Figura 1 mostra a localização da área de estudo.

Figura 1 – Mapa de localização do município de Milagres, Ceará, com destaque para a localização do Poço Água Vermelha, 2021.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

A hidrogeologia da região se caracteriza pela litoestratigrafia diversificada, que proporciona a ocorrência de uma alternância de aquíferos, aquíferos e aquícludes, com variações e descontinuidades espaciais. Dessa forma, adota-se a seguinte divisão hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe: (i) Sistema Aquífero Superior, representado pelas formações Exu e Arajara; (ii) Aquíclode Santana, caracterizado pela formação homônima; (iii) Sistema Aquífero médio, representado pelas formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha;

(iv) Aquíclode Brejo Santo, definido pela formação homônima; e (v) Sistema Aquífero inferior, determinado pela Formação Mauriti e parte basal da Formação Brejo Santo (VERÍSSIMO, 1999).

O poço de monitoramento possui profundidade útil de 70,0 m e está localizado na cota topográfica de 362,34 m acima do nível do mar. O seu perfil litológico envolve camadas de arenitos finos, argilitos, argilas e argilas arenosas (CPRM, 2021). A Figura 2 mostra o poço de monitoramento analisado.

Figura 2 – Poço Água Vermelha no município de Milagres, Ceará, agosto de 2012.



Fonte: CPRM (2021).

O regime pluviométrico da região é caracterizado pela grande irregularidade interanual e pela variabilidade temporal e espacial das chuvas. A precipitação média anual na região do Cariri é de 919,6 mm, com chuvas concentradas na chamada estação chuvosa, compreendida entre os meses de dezembro a junho. Nos meses de dezembro e janeiro, ocorrem as chamadas chuvas de pré-estação, sendo o início da quadra chuvosa no mês de fevereiro de cada ano (TEIXEIRA, 2003).

A região tem clima tropical quente semiárido brando, tropical quente e tropical quente subúmido. O seu relevo é formado por dois domínios principais, planalto e depressão, conhecidos respectivamente como a Chapada do Araripe, que ocupa 73 % da área total da Bacia, e o Vale do Cariri (COGERH, 2009).

Conjunto de dados

O conjunto de dados utilizado no presente trabalho consiste na série histórica da evolução do nível estático do poço Água Vermelha, localizado ao sul do município de Milagres. Os dados foram obtidos da Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas – RIMAS/CPRM, estação nº 2300022135 (CPRM, 2021). As medições dos níveis foram obtidas por meio de medidor automático de nível equipado com *datalogger*. Os registros históricos de níveis estáticos foram obtidos para o período de agosto de 2011 a novembro de 2019.

Para o estudo da recarga do aquífero, foram também utilizados dados de precipitação da região de estudo. As séries históricas de estações pluviométricas localizadas na área de interesse foram obtidas no portal da Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME.

Análise de séries temporais

Séries temporais são coleções de observações realizadas sequencialmente no domínio do tempo. Seja y_t uma série temporal, tem-se $y_t = y_1, \dots, y_n$, nos tempos t_1, \dots, t_n . A abordagem por séries temporais tem aplicações em diversas áreas do conhecimento, tais como economia, epidemiologia, ciências hidrológicas, entre outras, uma vez que o seu estudo permite entender a natureza estocástica dos fenômenos, identificar padrões e realizar previsões a partir de um histórico conhecido. A análise de séries temporais consiste em identificar as suas principais propriedades, descrever o seu comportamento e selecionar modelos de previsão adequados (CHAN, CRYER; 2008).

A etapa inicial e mais básica da análise de séries temporais é a visualização dos valores da série dispostos graficamente em função do tempo. Analisar o gráfico da série temporal permite identificar padrões, valores incomuns, mudanças ao longo do tempo e relações com outras variáveis. Além disso, o cálculo de estatísticas descritivas da série também é importante nessa etapa (KABACOFF, 2015; SHUMWAY; STOFFER, 2017).

Séries temporais podem exibir diferentes padrões; geralmente, é útil para a análise decompor a série em componentes que possam representar esses padrões, como tendência, sazonalidade e variações aleatórias. A decomposição pode ser aditiva ($y_t = S_t + T_t + R_t$) ou multiplicativa ($y_t = S_t \times T_t \times R_t$), em que S_t , T_t e R_t representam respectivamente as componentes de sazonalidade e tendência, e uma componente de resíduo. A série decomposta pode ser expressa também na forma $y_t = S_t + A_t$, em que $A_t = T_t + R_t$ é chamada componente ajustado sazonalmente. Assim, a sazonalidade e o componente A_t podem ser analisados separadamente.

A componente de tendência captura mudanças no valor da série ao longo do tempo, isto é, mudanças de direção positivas ou negativas em

longo prazo. A sazonalidade representa efeitos sazonais que influenciam os valores da série em determinados períodos do ano, dia da semana ou hora do dia. Os gráficos de sazonalidade são uma ferramenta gráfica útil neste sentido, uma vez que permitem que padrões sazonais possam ser percebidos mais claramente. Neste gráfico, são mostradas subséries para cada estação, por exemplo, em uma série mensal, os valores são exibidos por ano e no eixo horizontal são dispostos os meses. Por fim, a componente de resíduo captura influências que não são descritas pelos efeitos sazonais e de tendência.

Séries temporais que não apresentam padrões de tendência e sazonalidade, isto é, aquelas cujas propriedades estatísticas que descrevem o seu comportamento não se alteram ao longo do tempo, são séries estacionárias. Contudo, muitas séries temporais que representam fenômenos do mundo real são não-estacionárias, uma vez que exibem tais padrões (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

Existem diversos métodos de decomposição de séries temporais, como a decomposição tradicional por Médias Móveis, além de métodos mais sofisticados como a decomposição Sazonal e de Tendência usando *Loess* (STL). A decomposição STL é um método robusto e versátil desenvolvido por Cleveland *et al.* (1990). O método realiza uma decomposição do tipo aditiva e permite que parâmetros como a suavidade da curva de tendência e as variações na sazonalidade possam ser controlados pelo usuário. Além disso, o método é robusto em relação a *outliers*, de modo que valores excepcionais não influenciem a tendência e a sazonalidade, mas apenas a componente de resíduo.

Por meio da decomposição da série, pode-se medir a força das componentes de tendência e sazonalidade, segundo método proposto por Wang, Smith e Hyndman (2006). Em séries com forte padrão de tendência, a componente sazonalmente A_t ajustada deve apresentar variância maior em comparação à componente de resíduo

R_t . Por outro lado, em casos de pouca tendência, as variâncias de ambas as componentes são aproximadamente iguais. Desse modo, a tendência e a sazonalidade podem ser calculadas pelas Equações (1) e (2), respectivamente.

$$F_T = \max \left(0,1 - \frac{\text{var}(R_t)}{\text{var}(T_t + R_t)} \right) \quad (1)$$

$$F_S = \max \left(0,1 - \frac{\text{var}(R_t)}{\text{var}(S_t + R_t)} \right) \quad (2)$$

O valor de $0 \leq F_T \leq 1$ é dado a partir da relação entre as variâncias da componente resíduo e da componente sazonalmente ajustada. Em relação à sazonalidade, pode-se medir sua força de forma similar, mas comparando a variância de uma componente sem tendência, isto é, $S_t + R_t$. O valor de $0 \leq F_S \leq 1$ para séries com pouca sazonalidade será próximo de 0, enquanto em séries com forte comportamento sazonal, será mais próximo de 1 (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

Uma outra característica importante das séries temporais é a relação de dependência existente entre os seus valores. A autocorrelação é uma medida de dependência que mensura a maneira como as observações em uma série temporal se relacionam entre si. Para isto, os valores defasados da série são utilizados. Defasar (*lag*) a série significa atrasar o seu valor em um determinado número k de observações. A autocorrelação, r_k , entre y_t e y_{t-k} é dada pela Equação (3).

$$r_k = \frac{\sum_{k+1}^n (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_1^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (3)$$

em que: \bar{y} é a média da série e n o número de observações.

Uma vez calculadas as correlações para diversos valores defasados, pode-se exibi-las graficamente, por meio da Função de Autocorrelação (ACF, do inglês *Autocorrelation Function*). A interpretação do gráfico da ACF pode revelar a existência de tendência ou sazonalidade nas séries (CHAN; CRYER, 2018).

Pluviometria

No estudo da pluviometria de uma região, são usados dados de estações pluviométricas dentro de uma área de interesse e em suas proximidades. Então, adota-se uma precipitação média na região, calculada por meio de métodos como o de médias aritméticas, o método dos polígonos de Thiessen ou das isoietas. Essa precipitação média considerada corresponde a uma lâmina d'água que cobre toda a área considerada (TUCCI, 2001).

Foram utilizadas 7 estações próximas ao poço estudado. Na seleção, não foram consideradas estações inativas, sem dados no período considerado ou com quantidade de registros insuficiente. Para cada estação, foram obtidas as séries mensais de precipitação total no período de agosto de 2011 a novembro de 2019. A precipitação média foi calculada para cada mês no período estudado utilizando o método dos polígonos de Thiessen, com uma área de influência total de 1.247 km². Em seguida, foi construída uma série temporal de precipitações.

Na aplicação do método dos polígonos de Thiessen, é definida uma área de influência para cada estação dentro da região de estudo, e a precipitação média é então calculada pela média ponderada das alturas pluviométricas em cada estação, de modo que os pesos são as áreas de influência. O traçado das áreas consiste em se traçar linhas retas que unam estações adjacentes, seguido pelo traçado das mediatrizes dessas retas. Os polígonos gerados pelas mediatrizes são os polígonos de Thiessen (TUCCI, 2001).

Tratamento dos dados e implementação computacional

As séries de precipitação, obtidas do portal da FUNCEME, e a dos níveis estáticos, disponíveis no portal da RIMAS, foram tratadas em Excel, a fim de se calcular as séries mensais de precipitação total e de níveis estáticos médios,

respectivamente. O traçado dos polígonos de Thiessen e o cálculo das áreas de influências foi realizado em QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2021), e o estudo das séries temporais foi realizado em ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2013). O preenchimento de falhas nas séries foi feito por interpolação linear. A decomposição STL foi calculada pela função *stl*, utilizando 11 observações como janela de sazonalidade (parâmetro *s.window* = 11) e o método não robusto (parâmetro *robust* = FALSE).

Resultados e discussão

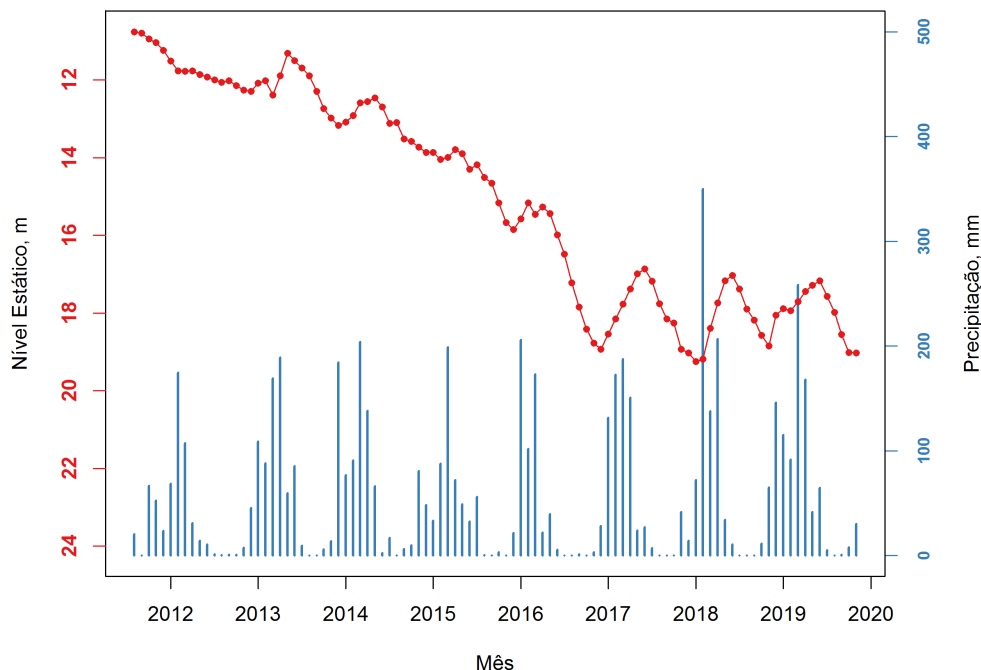
Análise das séries temporais

A série mensal de nível estático médio obtida no poço Água Vermelha apresentou no geral

um rebaixamento acentuado. O valor de nível mais alto registrado foi o primeiro da série, de 10,76 m em agosto de 2011, enquanto o mais baixo foi registrado em janeiro de 2018, equivalendo a 19,25 m de profundidade. Portanto, a amplitude da série foi de 8,49 m. O rebaixamento, do início da série até o último registro, compreendeu 8,30 m.

O acompanhamento da evolução dos níveis das águas subterrâneas é importante para a avaliação da disponibilidade hídrica. Os dados históricos de precipitação também são considerados na avaliação, uma vez que permitem mensurar a recarga dos sistemas aquíferos. A Figura 3 mostra a série mensal de níveis estáticos no poço Água Vermelha em comparação à série mensal de precipitação total na área de estudo.

Figura 3 – Evolução do nível estático médio mensal no poço Água Vermelha vs. Precipitação na área de estudo, no período de agosto/2011 a novembro/2019.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

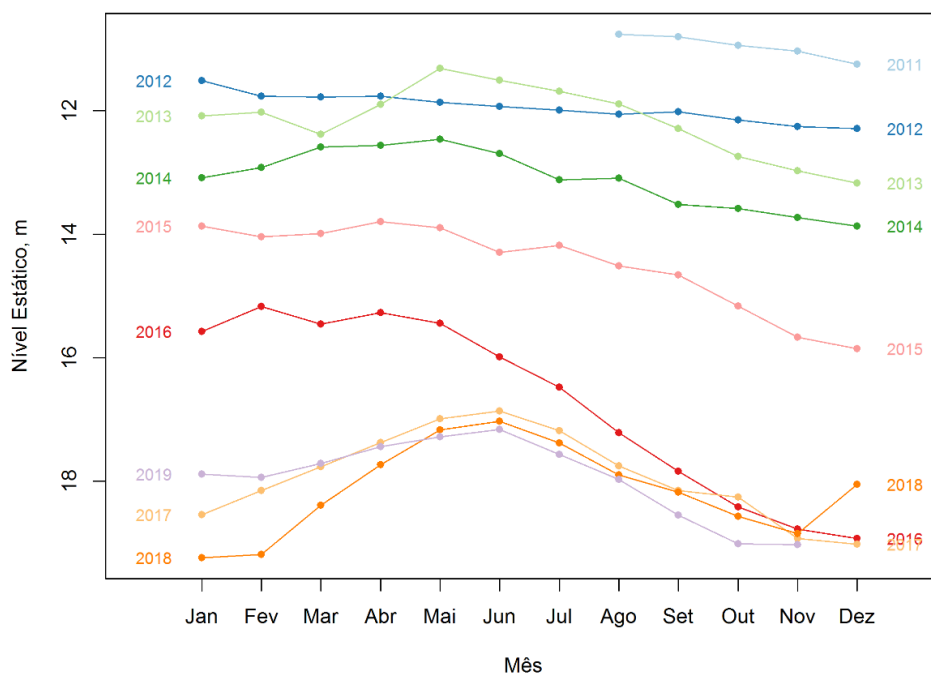
Analisando a série de níveis estáticos, percebe-se em longo prazo uma clara tendência negativa de 2011 a 2016, indicando o rebaixamento do nível. Em seguida, no período de 2017 a 2019, não há variações na tendência, e

um padrão de sazonalidade se manifesta, ocasionando um aumento periódico no valor da série no início de cada ano. Essa variação sazonal também se revela nos primeiros anos da série, mas de forma mais discreta.

Outra forma de se analisar mais claramente o comportamento sazonal da série é pelo gráfico de sazonalidade, mostrado na Figura 4. A tendência negativa ao longo de cada ano da série fica evidente, sendo o ano de 2016 o que apresentou o maior rebaixamento do nível estático. A partir do ano de 2017, o aumento periódico do nível

estático se inicia no mês de fevereiro, atingindo o valor máximo no mês de junho. Nos anos iniciais da série, também ocorre um aumento discreto no nível nesse período. De fato, isto se deve ao regime de chuvas da região, cuja estação chuvosa se inicia no mês de fevereiro e se estende até o mês de maio, apesar da variabilidade interanual.

Figura 4 – Gráfico de sazonalidade da série mensal do nível estático médio no poço Água Vermelha, no período de agosto/2011 a novembro/2019.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Em séries hidrológicas, a manifestação de padrões como tendência e sazonalidade ocorre em decorrência das variações naturais do clima ou da ação antrópica (KARAMOUZ; NAZIF; FALAH, 2012). O estudo individual desses componentes é útil no entendimento da série temporal, bem como para melhorar o desempenho das técnicas de modelagem e previsão. A decomposição STL da série mensal de níveis estáticos é mostrada na Figura 5. Analisando separadamente cada componente, percebe-se que neste método a sazonalidade é considerada dinâmica, aumentando ao longo dos anos, e o gráfico de tendência evidencia o rebaixamento do nível, seguido por um período de estabilidade. As barras verticais de cor cinza, no lado direito

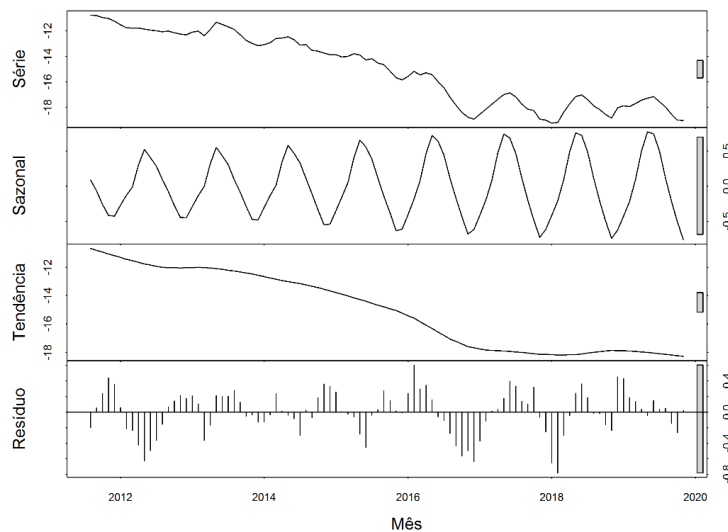
de cada gráfico, têm o mesmo tamanho, mas são expressas em escalas diferentes. A diferença no tamanho das barras implica dizer que as variações nos componentes de sazonalidade e de resíduo são pequenas em comparação às variações da série original, enquanto na tendência, as variações são grandes em relação às da série original. Isto permite inferir graficamente a força da tendência e da sazonalidade na série (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

Outra maneira de se medir a presença das componentes tendência e sazonalidade é por meio da relação entre as suas variâncias e a variância da componente de resíduo. Desse modo, as Equações (1) e (2) foram aplicadas e

os valores obtidos foram $F_T = 0,9897$ e $F_S = 0,7166$. O valor de F_T próximo de 1 é um indicativo numérico da forte tendência presente na série e permite inferir que a tendência é a componente mais importante da série. O valor de F_S indica a existência de sazonalidade na série, embora se manifeste de forma menor em relação à componente de tendência.

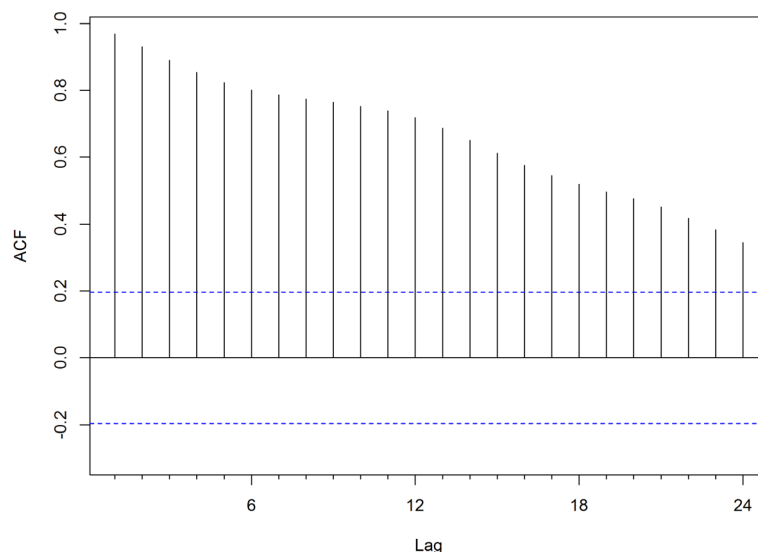
A autocorrelação existente entre as observações da série é outro fator importante no seu estudo. O gráfico da função de autocorrelação para a série mensal de nível estático até a defasagem (*lag*) 24 é mostrado na Figura 6. No eixo das abscissas, estão dispostos os valores defasados da série, isto é, os valores de y_{t-k} , em que k é a defasagem, enquanto o eixo das ordenadas é formado pelos valores da correlação entre as defasagens.

Figura 5 – Série mensal de nível estático médio no poço Água Vermelha (agosto/2011 a novembro/2019), e as 3 componentes aditivas obtidas por decomposição STL.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Figura 6 – Gráfico da Função de Autocorrelação (ACF) da série mensal de nível estático médio no poço Água Vermelha, no período de agosto/2011 a novembro/2019.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

O padrão exibido no gráfico é característico de séries com tendência, uma vez que a correlação é maior e positiva nos *lags* menores, enquanto decresce suavemente conforme maiores são os *lags*. Isso implica dizer que as observações da série têm forte relação com o valor observado nos meses imediatamente anteriores. Além disso, o valor de correlação significativo no *lag* 12 indica a sazonalidade anual da série.

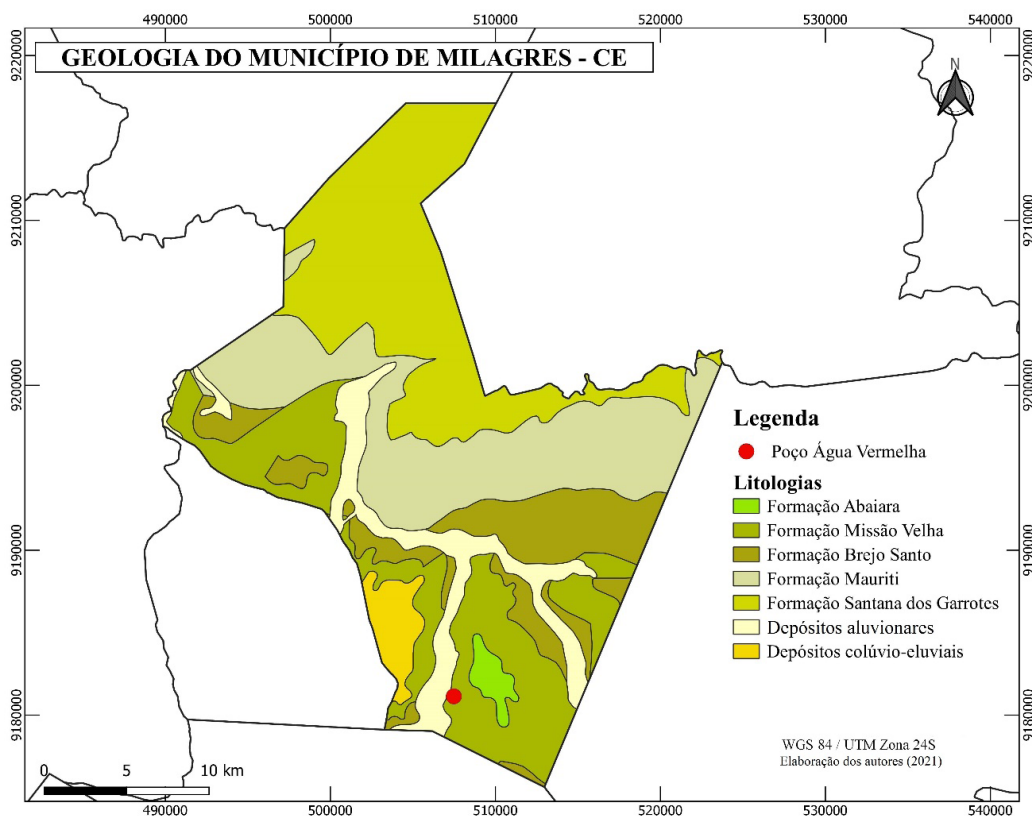
Aspectos ambientais da área de estudo

O rebaixamento dos níveis de água observado no poço, conforme destacado na Figura 3, reflete a situação do estado quantitativo do Sistema Aquífero Médio. Segundo o Boletim de Poços Monitorados no Cariri da COGERH

(2019b), observando-se o comparativo de 10 anos de monitoramento, de 2009 a 2019, a maior parte dos poços monitorados pelo órgão apresentaram rebaixamento, por vezes significativos, em relação aos valores iniciais. Quanto ao estado qualitativo das águas dos aquíferos da bacia do Araripe, autores como Gomes, Mendonça e Cavalcante (2019) destacam a vulnerabilidade e o risco de poluição aos quais estão submetidas as reservas.

Inserido no contexto geológico da bacia sedimentar do Araripe, o município de Milagres possui características litológicas que contribuem para o bom armazenamento de águas subterrâneas, como pode ser identificado a partir das suas litologias. A Figura 7 mostra o mapa geológico do município.

Figura 7 – Mapa geológico do município de Milagres, Ceará, com destaque para a localização do poço Água Vermelha, 2020.



Fonte: CPRM (2020).

Observa-se no território municipal que o contexto geológico de Milagres se caracteriza pela existência de rochas sedimentares derivadas da bacia sedimentar do Araripe. De acordo com a base geológica do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2020), a sua heterogeneidade litológica varia entre folhelhos silíticos (Formação Abaiara), arenitos grossos e finos, e conglomerados (Formação Missão Velha), além de folhelhos, argilitos e silíticos de cores variadas (Formação Brejo Santo), sobrepostos por arenitos de granulometria grossa (Formação Mauriti).

Com base nesta caracterização geral e identificado a partir do mapa, percebe-se que o poço estudado está instalado sobre a Formação Missão Velha. Em seus estudos, Camacho (2016) caracteriza essa localidade como o espaço subterrâneo onde há as águas do aquífero médio, situado acima de um aquífero derivado da formação Brejo Santo. As condições litológicas nas quais está situado o poço Água Vermelha, caracterizadas por um substrato rochoso do tipo sedimentar, proporcionam as condições ideais para o

armazenamento de água subterrânea. Isto se deve ao tipo de rocha, em que há uma porosidade do tipo intersticial ou primária, característica de ambiente sedimentar com composição arenosa (REBOUÇAS, 2013).

O poço de monitoramento estudado se localiza em uma área relativamente distante da cidade. A Figura 8 mostra a área do entorno do poço estudado, a partir de imagens do satélite CBERS 4 obtidas da Divisão de Geração de Imagens (INPE, 2021), referente ao período de agosto de 2020. Ao mesmo tempo em que se observa um distanciamento do poço em relação ao espaço da cidade, identificam-se em suas proximidades áreas agrícolas. O poço Água Vermelha é um poço de monitoramento, de modo que não há bombeamento das suas águas. Contudo, os registros históricos da evolução dos níveis medidos revelam o rebaixamento significativo do nível de água no poço. Isso, por sua vez, indica que as águas dos sistemas aquíferos da região estão submetidas a perturbações decorrentes de fatores climatológicos e de ocupação da terra.

Figura 8 – Visualização do entorno do poço Água Vermelha a partir de imagem de satélite, agosto/2020.



Fonte: Elaboração dos autores (2021).

No contexto socioambiental, as águas subterrâneas provenientes da captação de poços perfurados são úteis no desenvolvimento de diversas funções, tanto no meio físico e biológico quanto no meio social. As águas subterrâneas são utilizadas para atividades como produção agrícola, atividades industriais, além do abastecimento populacional (MANZIONE, 2015). Vale destacar ainda que as águas subterrâneas no contexto dos ambientes semiáridos possuem maior importância, uma vez que constituem uma das principais formas de abastecimento de água. Tal fato se deve à irregularidade pluviométrica característica da região, bem como à característica de intermitência das bacias hidrográficas, em que a maioria delas chega a ter fluxo de água apenas no período da estação chuvosa (TEIXEIRA, 2003; WHEATER; MATHIAS; LI, 2010).

De maneira geral, mesmo detendo importância imensurável para espécie humana, os ambientes hídricos são os mais prejudicados pela ausência de proteção ambiental, sobretudo, pelo elevado índice populacional e pelo desordenado crescimento da ocupação do solo. Nos mananciais hídricos superficiais e nos ambientes subterrâneos, observa-se a contaminação da água, que degrada não só o espaço físico e biológico, mas atinge também a esfera social (SOARES, 2015).

Conclusão

Os métodos explorados no presente estudo permitiram a identificação e a descrição das principais características de séries temporais analisadas. O poço Água Vermelha apresentou rebaixamento significativo nos níveis de água, apesar da recarga durante a estação chuvosa. Diante da importância dos sistemas aquíferos da bacia sedimentar do Araripe, o estudo da evolução dos níveis d'água em poços monitorados e a avaliação dos aspectos ambientais na região permitem realizar o diagnóstico dos estados qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas, bem como compreender a dinâmica regional e o comportamento dos aquíferos.

Referências

CARNIER NETO, D. **Análise das séries temporais de monitoramento de nível d'água em poços no aquífero Rio Claro**. 2006. vii, 61 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/92806>. Acesso em: junho/2021.

CAMACHO, C. R. **A influência da estruturação geológica sobre o fluxo das águas subterrâneas no Vale do Cariri – Bacia Sedimentar do Araripe - Ceará – Brasil**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará (Dissertação de mestrado), 2016, p. 19 – 33.

CHAN, K.; CRYER, J. **Time series analysis with applications in r**. New York: Springer, 2008.

CLEVELAND, R. B.; CLEVELAND, W. S.; MCRAE, J. E. STL: A seasonal-trend decomposition. **Journal of official statistics**, v. 6, n. 1, p. 3-73, 1990.

COGERH. **Plano de Monitoramento e Gestão dos Aquíferos da Bacia do Araripe**: Estado do Ceará. Fortaleza: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, CE, 2009.

COGERH. **Comitês de Bacias Hidrográficas**. Fortaleza: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, CE, 2019a.

COGERH. **Boletim de Monitoramento dos Poços com Datalogger no Cariri - CE (Ano de 2019)**. Fortaleza: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, CE, 2019b.

CORTES, F.; MARTELLI, C. M. T.; XIMENES, R. A. A.; MONTARROYOS, U. R.; SIQUEIRA JUNIOR, J. B.; CRUZ, O. G.; ALEXANDER, N.; SOUZA, W. V. Time series analysis of dengue surveillance data in two Brazilian cities. **Acta tropica**, v. 182, p. 190-197, 2018.

CPRM. **Hidrogeologia da porção oriental da Bacia Sedimentar do Araripe**: Diagnóstico do estado da arte. Brasil: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2005. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/10454/1/META_A.PDF. Acesso em: junho/2021.

CPRM. **Implantação de Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas**. Brasil: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2009. Disponível em: http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/proposta_monitoramento_CPRM_2009.pdf. Acesso em: junho/2021.

CPRM. **Mapa geológico e de recursos naturais do estado do Ceará**. Brasil: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2020. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20418>. Acesso em: junho/2021.

CPRM. **Rede Integrada De Monitoramento de Águas Subterrâneas - RIMAS**. Brasil: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2021. Disponível em: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout>. Acesso em: junho/2021.

CROSBIE, R. S.; BINNING, P.; KALMA, J. D. A time series approach to inferring groundwater recharge using the water table fluctuation method. **Water Resources Research**, v. 41, n. 1, 2005.

FEITOSA, F. A. C. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

GARJULLI, R. Os recursos hídricos no semi-árido. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 38-39, 2003.

GOMES, M. C. R.; MENDONÇA, L. A. R.; CAVALCANTE, I. N. Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas na Porção Leste da Bacia Sedimentar do Araripe, Ceará, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 252-259, 2019.

GOUVÊA, T. H. **Análise estatística da influência da precipitação e de características do solo na variação do nível d'água em área de recarga do Aquífero Guarani**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**. Melbourne, Australia: OTexts, 2018. Disponível em: <https://www.OTexts.com/fpp2>. Acesso em: junho/2021.

HU, K. Z.; ZHANG, J. Z.; XING, L. T. Study on dynamic characteristics of groundwater based on the time series analysis method. **Water Science Engineering Technology**, v. 5, p. 32-34, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE: Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: junho/2021.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Divisão de Geração de Imagens (DGI)**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2021. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo>. Acesso em: junho/2021.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal de Milagres**. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE: Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal>. Acesso em: junho/2021.

KABACOFF, R. **R in Action: Data Analysis and Graphics with R**. Manning, 2015.

KARAMOUZ, M.; NAZIF, S.; FALAHI, M. **Hydrology and hydroclimatology: principles and applications**. CRC Press, 2012.

- MACHIWAL, D.; NIMAWAT, J. V.; SAMAR, K. K. Evaluation of efficacy of groundwater level monitoring network by graphical and multivariate statistical techniques. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 48, n. 3, p. 36-43, 2011.
- MACHIWAL, D.; JHA, M. K. **Hydrologic Time Series Analysis: Theory and practice**. New Delhi, India: Springer, 2012.
- MANZIONE, R. L. **Águas subterrâneas: conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar**. Jundiaí, Paco Editorial, 2015.
- MORLEY, S.; ADAMS, M. Graphical analysis of single-case time series data. **British Journal of Clinical Psychology**, v. 30, n. 2, p. 97-115, 1991.
- MOURA-FÉ, M. M.; SILVA, M. J. A.; DIAS, V. P.; MONTEIRO, D. A.; SILVA, J. H. M.; RODRIGUES, R. M. Região Metropolitana do Cariri (RMC), Ceará: meio ambiente e sustentabilidade. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p.1198-1216, 30 set. 2019.
- REBOUÇAS, A. C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.
- REBOUÇAS, A. C. Águas Subterrâneas. In: GAIMPÁ, C. E. Q.; GONÇALES, V. G. **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2. Ed. 2013, p. 17 – 56.
- SHUMWAY, R. H.; STOFFER, D. S. **Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples**. Springer, 2017.
- SOARES, G. C. S. **Cadeia causal da degradação de nascentes na bacia hidrográfica do Rio Gramame – Paraíba** (Dissertação). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2016.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System, 2021.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2013.
- TEIXEIRA, F. J. C. **Modelos de gerenciamento de recursos hídricos: análises e proposta de aperfeiçoamento do sistema do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2001.
- VERÍSSIMO, L. S. **A importância das Águas subterrâneas para o Desenvolvimento socioeconômico do Eixo CRAJUBAR, Cariri ocidental - Estado do Ceará**. 1999. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
- WANG, X.; SMITH, K.; HYNDMAN, R. Characteristic-based clustering for time series data. **Data mining and knowledge Discovery**, v. 13, n. 3, p. 335-364, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10618-005-0039-x>.
- WHEATER, H. S.; MATHIAS, S. A.; LI, X. **Groundwater Modelling in Arid and Semi-Arid Areas**. New York: Cambridge University Press, 2010. ISBN978-0-521-11129-4.