

# INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA EM CIÊNCIA ANIMAL



**A** *Atena* Editor

ANO 2018

**Atena Editora**

**Investigação Científica e  
Técnica em Ciência Animal**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editores:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Edição de Arte e Capa:** Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

#### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

I62      Investigação científica e técnica em ciência animal / Organização  
Atena Editora. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.  
186 p.

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-93243-93-6  
DOI10.22533/at.ed.936181905

1. Ciência animal. 2. Zoologia. 3. Zootecnia. I. Título.

CDD 636

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

# Sumário

<b>CAPÍTULO 1   AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE LEITOAS ALOJADAS EM GRUPOS DURANTE O TREINAMENTO PARA O USO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO INDIVIDUAL .....</b>	<b>1</b>
<i>Kaine Cristine Cubas da Silva</i>	
<i>Suélen Serafini</i>	
<i>Maria Luísa Appendino Nunes Zotti</i>	
<i>Vanessa Baggio</i>	
<i>Beatriz Danieli</i>	
<b>CAPÍTULO 2   AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS COMO MECANISMO DE QUALIDADE DE FORRAGENS TROPICAIS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<i>Sandra Mara Ströher</i>	
<i>Marcela AbbadoNeres</i>	
<i>Vandeir Francisco Guimarães</i>	
<i>Adriano Mitolnagaki</i>	
<i>Cristiane CláudiaMeinerz</i>	
<i>Marilda Schmmoeller</i>	
<b>CAPÍTULO 3   COMPORTAMENTO DO CONSUMO E MERCADO DE LEITE NA AMAZÔNIA OCIDENTAL, BRASIL .....</b>	<b>20</b>
<i>Antonia Valcemira Domingos de Oliveira</i>	
<i>Mariene Santos de Araújo Souza</i>	
<i>Maria Marilene Rufina de Oliveira Lima</i>	
<i>Evaline Ferreira da Silva</i>	
<i>Marcelo Helder Medeiros Santana</i>	
<i>Italva Miranda da Silva</i>	
<i>Eduardo Mitke Brandão Reis</i>	
<i>Clebson Lucas Souza</i>	
<i>Dayana Alves da Costa</i>	
<b>CAPÍTULO 4   EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DA SITUAÇÃO DA PESTE SUÍNA CLÁSSICA, EM TERMOS DE RISCO, POR MUNICÍPIO EM SANTA CATARINA .....</b>	<b>28</b>
<i>Amanda Costa Xavier</i>	
<i>Lucélia Hauptli</i>	
<i>Sabrina Tavares</i>	
<b>CAPÍTULO 5   EMPREGABILIDADE DOS MODELOS BIOESTATÍSTICOS NA PRODUÇÃO ANIMAL.....</b>	<b>44</b>
<i>Mérik Rocha Silva</i>	
<b>CAPÍTULO 6   ESTIMATIVA DE PESO VIVO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA UTILIZANDO MEDIDAS BIOMÉTRICAS EM SUÍNOS .....</b>	<b>55</b>
<i>Liliane Olímpio Palhares</i>	
<i>Wilson Moreira Dutra Júnior</i>	
<i>Débora Nathália de Moura Ferreira</i>	
<i>Marconi Italo Lourenço da Silva</i>	
<i>Andrew Henrique da Silva Cavalcanti Coelho</i>	
<i>Rafaela Leitão Correia de Melo</i>	
<b>CAPÍTULO 7   EVOLUÇÃO DE NASCIMENTO E REGISTRO DE EQUINOS DA RAÇA CAMPOLINA.....</b>	<b>64</b>
<i>Laydiane de Jesus Mendes</i>	
<i>Ludmilla de Fátima Leal Pereira</i>	
<i>Raphael Rocha Wenceslau</i>	

*Neide Judith Faria de Oliveira*  
*Diogo Gonzaga Jayme*  
*Rogério Marcos Souza*

**CAPÍTULO 8 | IN VITRO FERMENTATION AND GAS PRODUCTION OF OILSEED PRESS CAKE FROM  
SUBSTITUTING ELEPHANT GRASS IN BIODIESEL PRODUCTION ..... 73**

*Raissa Kiara Oliveira de Moraes*  
*Aderbal Marcos de Azevedo Silva*  
*Leilson Rocha Bezerra*  
*Heloisa Carneiro*  
*José Moraes Pereira Filho*  
*José fabio Paulino de Moura*

**CAPÍTULO 9 | MORFOMETRIA DE EQUINOS COMPETIDORES DE VAQUEJADA..... 87**

*Raissa Antunes Martins*  
*Joana Ribeiro da Glória*  
*Neide Judith Faria de Oliveira*  
*Diogo Gonzaga Jayme*  
*Camila Ferreira e Silva*  
*Marina Jaques Cani*

**CAPÍTULO 10 | NÍVEIS DE ENERGIA E PROTEÍNA NA DIETA DE POEDEIRAS SOBRE DESEMPENHO E  
GORDURA ..... 102**

*Francieli Sordi Lovatto*  
*Cleverson de Souza*  
*Jonathan J. B. Jaimes*  
*Clóvis Eliseu Gewehr*

**CAPÍTULO 11 | PERFIL DE PISCICULTURAS NOS MUNICÍPIOS DE TOLEDO-PR E MARECHAL CÂNDIDO  
RONDON-PR..... 109**

*Ana Paula da Silva Leonel*  
*Maria Inez Espagnoli Geraldo Martins*  
*Aldi Feiden*  
*Armin Feiden*  
*Ana Maria da Silva*

**CAPÍTULO 12 | PERFIL HEMATOLÓGICO DE EQUINOS EM REPOUSO E APÓS PARTICIPAÇÃO EM PROVA DE  
TEAM PENNING..... 119**

*Laydiane de Jesus Mendes*  
*Ludmilla de Fátima Leal Pereira*  
*Neide Judith Faria de Oliveira*  
*Silene Maria Prates Barreto*  
*Renê Ferreira Costa*  
*Lilian Carla Prates Mota*

**CAPÍTULO 13 | QUALIDADE NUTRICIONAL DO FENO DE GRAMÍNEAS DO GÊNERO CYNODON EM  
DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO ..... 128**

*Sandra Mara Ströher*  
*Marcela Abbado Neres*  
*Daiane Thaís Weirich*  
*Vandeir Francisco Guimarães*  
*Marilda Schmmoeller*  
*Dangela Maria Fernandes*

<b>CAPÍTULO 14</b> REPOSTAS FISIOLÓGICAS DE OVINOS DA RAÇAS DORPER E WHITE DORPER CRIADOS NA REGIÃO SUL DO CEARÁ.....	<b>137</b>
<i>Expedito Danusio de Souza</i>	
<i>Marcus Roberto Góes Ferreira Costa</i>	
<i>Francisco Messias Alves Filho</i>	
<i>Erellens Eder Silva</i>	
<i>Jose Lopes Viana Neto</i>	
<i>Francinilda de Araújo Pereira</i>	
<i>Raimunda Ariadna Gomes De Souza</i>	
<b>CAPÍTULO 15  </b> USO DA GELEIA REAL EM DIETAS PARA PÓS-LARVAS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDA A DESAFIO SANITÁRIO.....	<b>145</b>
<i>Francisco Messias Alves Filho</i>	
<i>Expedito Danúsio de Souza</i>	
<i>Raimunda Ariadna Gomes de Souza</i>	
<i>Cícero Carlos Felix de Oliveira</i>	
<i>Eduardo Arruda Teixeira Lanna</i>	
<i>Rôger Oliveira e Silva</i>	
<i>Juliano dos Santos Macedo</i>	
<i>José Aldemy de Oliveira Silva</i>	
<b>CAPÍTULO 16  </b> USO DE MICROALGAS NA PRODUÇÃO ANIMAL .....	<b>158</b>
<i>Cristiane Tomaluski</i>	
<i>Neiva Tânia Carneiro</i>	
<i>Eliana Fasolo</i>	
<i>Mariana Zanata</i>	
<i>Lenise Freitas Mueller da Silveira</i>	
<i>Angélica Simone Cravo Pereira</i>	
<i>Claiton André Zotti</i>	
SOBRE OS AUTORES .....	<b>169</b>

## IN VITRO FERMENTATION AND GAS PRODUCTION OF OILSEED PRESS CAKE FROM SUBSTITUTING ELEPHANT GRASS IN BIODIESEL PRODUCTION

### **Raissa Kiara Oliveira de Morais**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Medicina Veterinária  
Patos, Paraíba

### **Aderbal Marcos de Azevedo Silva**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Medicina Veterinária  
Patos, Paraíba

### **Leilson Rocha Bezerra**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Medicina Veterinária  
Patos, Paraíba

### **Heloisa Carneiro**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Juiz de Fora, Minas Gerais

### **José Morais Pereira Filho**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Medicina Veterinária  
Patos, Paraíba

### **José fabio Paulino de Moura**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Medicina Veterinária  
Patos, Paraíba

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate in vitro ruminal fermentation, the production of volatile fatty acids (VFAs), methane (CH<sub>4</sub>) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and pH values and ammonia (N-NH<sub>3</sub>) from different byproducts generated in the production chain biodiesel through the use of an in vitro semiautomatic gas production technique using a statistical design with four treatments

and five replications. The treatments consisted of substituting elephant grass in increasing levels, 0%, 30%, 50% and 70%, with the byproducts of *Gossypium hirsutum*, *Ricinus communis*, *Moringa oleifera*, *Jatropha curcas* and *Helianthus annuus*. The *Helianthus annuus* byproducts had the highest production of acetate and butyrate, and therefore higher production of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>. The *Moringa oleifera* byproducts had the highest production of propionate and lower production of greenhouse gases. Cotton and sunflower byproducts have greater bioavailability of fat for animal production, but they are major producers of greenhouse gases. The moringa byproduct is the most suitable for replacing elephant grass and may contribute to the reduction of greenhouse gas emissions, and it can be used to level 70%.

**KEYWORDS:** acetate, propionate, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar a fermentação do rúmen in vitro, a produção de ácidos gordos voláteis (AGVs), metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e os valores de pH e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) de diferentes subprodutos gerados na cadeia da produção biodiesel através do uso de uma técnica in vitro semi-automática de produção de gás usando um delineamento estatístico, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de substituição de capim-elefante em níveis crescentes, 0%, 30%, 50% e 70%, com

os subprodutos de *Gossypium hirsutum*, *Ricinus communis*, *Moringa oleifera*, *Jatropha curcas* e *Helianthus annuus*. O subproduto do *Helianthus annuus* teve a mais alta produção de acetato e butirato, e, conseqüentemente, uma maior produção de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. O subproduto da moringa oleifera teve a maior produção de propionato e menor produção de gases de efeito estufa. Os subprodutos do algodão e do girassol têm maior biodisponibilidade de gordura para o desempenho do animal, mas eles são grandes produtores de gases de efeito estufa. O subproduto da moringa é o mais adequado para a substituição de capim-elefante e pode contribuir para a redução das emissões de gases com efeito de estufa, podendo ser utilizado até o nível de 70%.

PALAVRAS-CHAVE: acetato, propionato, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>

## 1 | INTRODUCTION

Ruminant feeds are based on tropical grasses due to the animal's ability to ingest and digest foods rich in fiber, and therefore to achieve high efficiency for animal production needs and to maximise the utilisation of the energy supplied by the forage. However, some biological indices from ruminant feeds are below their productive potential. In addition, ruminants throughout the world are major sources of discussion and continue to be cited as the main producers of greenhouse gas (GHG) emissions due to enteric fermentation digestive processes. Ruminants produce mainly CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>, and the accumulation of these gases is considered the main cause of global warming (CHIZZOTTI et al. 2008; MOREIRA et al., 2014).

Brazil has been performing more research to assess the nutritional value of forage and find alternative foods that allow improvement of management strategies. This research is important because Brazil has the largest commercial cattle herd in the world and is currently the target of criticism due to deforestation to expand pastures and low production indices recorded in cattle farming systems that have degraded pastures or are below their production potential. As a result, these farming systems generate greater amounts of GHG per pound of meat and milk produced (GOEL; MAKKAR, 2012; HRISTOV et al., 2013). Adjustments to the ruminant feed may allow higher production performance of animals and at the same time reduce the byproducts for the environment because the production of these gases can vary depending on the diet of the implanted production activity. One of the researched strategies is the use of byproducts from biodiesel production because most pies or sharp oilseeds that are being used for biodiesel production are suitable for use in animal nutrition (OLIVARES-PALMA et al., 2013), but each has its own characteristics with regard to digestibility, and some possess antinutritional factors. Therefore, we aimed to quantify the production of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>, and evaluate the fermentation indices of byproducts of biodiesel production.

## 2 | MATERIALS AND METHODS

This research was conducted at the Experimental Station of Coronel Pacheco, Minas Gerais State (owned by Embrapa Gado de Leite – CNPGL), located in the Mata of Minas Gerais State, Brazil.

### 2.1. Feeds and Substrates

In this experiment, the following feeds were used: cotton cake (*Gossypium hirsutum*), castor beans (*Ricinus communis*), moringa (*Moringa oleifera*), jatropha (*Jatropha curcas*) and sunflower cake (*Helianthus annuus*). The control was elephant grass (*Pennisetum purpureum*) from the experimental field of Embrapa in Coronel Pacheco in Minas Gerais State.

At the start of the analysis, the samples were thawed, pre-dried using forced ventilation at 55 °C for 72 h, ground in a Wiley mill equipped with a 5 mm sieve, packaged in plastic bags, identified and sent for laboratory analysis at Embrapa Dairy Cattle, Juiz de Fora, MG.

In the laboratory, the samples belonging to each fodder were mixed with glycerin and homogenised to form a single sample. From this sample, a portion (100 g) was used for chemical analysis, and the remainder of the material was used to formulate the test diets. Each diet was formulated to evaluate various levels of glycerin in the diet, with ratios of 100/0, 70/30, 50/50 and 30/70 (roughage/byproducts).

### 2.2. Chemical analyses

The substrates consisting of forage materials and each byproduct were pre-dried in forced air ovens at 60 °C for 48 h and then ground in a Willey mill equipped with a 1.0 mm sieve to measure dry matter (DM) at 105 °C. Amount of crude protein (CP) was determined using the Kjeldahl method. Levels of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) were determined using a method described by Van Soest (1991). Ether extraction (EE) was performed according to the general procedures described by Silva and Queiroz (2002). The total carbohydrates (TC) were obtained through the equation  $100 - (\% \text{ CP} + \% \text{ EE} + \% \text{ ash})$  described by Sniffen et al. (1992). The sample of glycerin was subjected to chemical analysis for measurement of glycerol, water, ash, oil, methanol, sodium (Na), phosphorus (P) and calcium (Ca).

### 2.3. In vitro digestibility

The assay for in vitro digestibility of dry matter (DDM) was performed according to the methodology of Tilley and Terry (1963). Three fistulated steers were used for this in vitro test. The ruminal contents were collected in the morning, transferred to preheated thermo-flasks (39 °C) and transported immediately to the laboratory. In the laboratory, the rumen fluid was filtered using a fine sieve. Mineral buffer solution was later added to the rumen

fluid in a water bath maintained at 39°C with continuous CO<sub>2</sub> injection. The samples were held in an incubator, in a state of rotation, for 72 h. Peptides were added to the incubators within 48 h to act as an intermediate compound for the action of the microorganisms.

## 2.4. In vitro incubations

**Substrates:** The substrate used for *in vitro* incubations was glycerin, which was used to replace the byproduct fodder in ratios of 100/0, 70/30, 50/50 and 30/70 (roughage/byproducts). The feed ingredients were dried at 55°C for 24 h and then ground to pass a 1 mm screen. The *in vitro* incubation was conducted according to the methods reported by Meale et al. (2012). The entire incubation procedure was repeated twice, which means two incubation runs x three replicates per treatment, resulting in a total of six replicate vials per treatment.

**Inoculum:** The inoculum for the *in vitro* incubation was obtained from the three ruminally fistulated cows grazing on beard grass supplemented with 2 kg of concentrate (22 g/kg CP and 12.6 g/kg NDF in DM). Rumen fluid was collected 2 h before morning milking from 4 distinct sites in the rumen, filtered through 4 layers of cheesecloth, combined in equal portions from each animal and immediately transported in a pre-warmed Thermos® flask to the laboratory. Inocula were prepared by mixing rumen fluid and a mineral buffer with 0.5 mL of cysteine sulphide solution (Vitti et al., 1999) in a ratio of 1:5. Inoculum (30 mL) was then transferred into pre-loaded, pre-warmed (39°C) vials under a stream of O<sub>2</sub>-free N gas. The vials were sealed and placed on an orbital shaker rack set at 120 oscillations per min in an incubator set at 39°C.

**Determination of total gas, methane concentration and in vitro dry matter disappearance (IVDMD):** The net gas production of each vial was measured at 6, 12, 24 and 48 h of incubation with a water displacement apparatus (Fedorak and Hrudehy, 1983). At 6 h and 12 h prior to gas measurement, the headspace gas was sampled from each vial with a 20 ml syringe and immediately transferred into a 5.9 mL evacuated Exetainer® (Labco Ltd., High Wycombe, Buckinghamshire, UK), which was analysed to determine the CH<sub>4</sub> concentration using gas chromatography. Methane was expressed as mg of CH<sub>4</sub>/g of DM disappeared, and total net gas production was expressed as ml/g of incubated DM. After the gas was sampled for CH<sub>4</sub> and total gas production was measured at 48 h of incubation, the fermentation vials were opened, and the pH of the culture was measured using a pH meter (Orion Model 260A, Fisher Scientific, Toronto, ON, Canada). The ANKOM® bags with the residues were then removed from the bottles, rinsed thoroughly with distilled water and dried at 55°C for 48 h to a constant weight to estimate IVDMD.

**Determination of N-NH<sub>3</sub> and VFA:** A subsample (1.6 mL) of the culture media from each vial was transferred to a 2 ml micro-centrifuge tube and centrifuged at 14,000 x g for 10 min at 4°C (Spectrafuse 16M, National Labnet Co., Edison, NJ, USA) to precipitate particulate matter and protein. The supernatant was transferred into 2 mL micro-centrifuge tubes and analysed for ammonia-N. In addition, a subsample (1.5 mL) of each vial

was collected, acidified with 300 µl of metaphosphoric acid (0.25; w/v) and centrifuged as previously described for the ammonia-N analysis. The supernatant was frozen at -20°C until analysis for VFA concentrations. The 0 h samples were also analysed for ammonia-N and VFA to calculate net ammonia-N and net total VFA production (HOLTSHAUSEN et al., 2009).

## 2.5. Statistical analyses

The experimental design used to evaluate the cumulative gas production and degradability of dry matter was completely randomised in a 4 x 4 factorial arrangement (byproducts and substitution levels).

The total gas production and degradability of DM were subjected to an analysis of variance (ANOVA). Interaction effects were assessed using Tukey's test ( $P < 0.05$ ) between the byproducts within each level of substitution and levels substitution within each byproduct. The results of increasing levels were interpreted through regression models using Proc Reg in SAS (2003).

## 3 | RESULTS

According to the results shown in Table 1, it appears that the byproducts are suitable for use in ruminant feed. We noticed that the moringa byproducts had higher protein concentration, the best IVDMD and low levels of fiber (NDF, ADF and ADL).

Table 1: Chemical composition ( $\text{g kg}^{-1}$ ) of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) and byproducts resulting from the industrialisation of biodiesel.

Ingredient	DM	CP	NDF	ADF	ADL	EE	ASH	TC	NFC	IVDMD
Elephant grass	882.3	126.1	555.0	351.1	144.4	14.2	25.4	834.3	279.3	591.4
Cotton	929.1	549.9	303.6	207.7	32.1	40.3	68.3	341.5	37.9	595.6
Moringa	901.2	577.6	202.7	80.5	10.3	84.8	49.8	287.8	85.1	791.3
Jatropha	920.7	356.9	391.4	334.5	43.4	110.6	79.5	453.0	61.6	571.3
Sunflower	914.5	329.4	439.7	384.0	120.4	162.0	41.3	467.3	27.6	463.1
Castor	912.6	420.2	423.3	383.4	154.4	43.8	42.3	493.6	70.3	497.1

Abbreviations: DM, Dry Matter; CP, Crude Protein; NDF and ADF, Neutral and Acid Detergent Fiber; ADL, Acid Detergent Lignin; EE, Ether Extract; ASH, Ashes; IVDMD, In Vitro Dry Matter Degradability; TC, Total Carbohydrates; NFC, Non Fiber Carbohydrates.

Among the byproducts analysed, the jatropha and sunflower had the lowest crude protein values (356.9 and 329.4  $\text{g kg}^{-1}$ , respectively). The highest levels of NDF (423.3 and 439.7  $\text{g kg}^{-1}$ ) and higher values of ADF (383.4 and 384.0  $\text{g kg}^{-1}$ ) and lignin (154.4 and 120.4  $\text{g kg}^{-1}$ , respectively) were found in the byproducts of castor and sunflower. The lowest values of NDF were found in the moringa and cotton byproducts (202.7 and 303.6  $\text{g kg}^{-1}$ ,

respectively).

It was observed a dependent interaction between the effect of some byproducts and replacement levels of elephant grass when analysing the production of volatile fatty acids (Table 2).

Table 2: Mean values, probability (P-value) and regression equations illustrating the effects of substituting elephant grass for byproducts resulting from the industrialisation of biodiesel on the production of volatile fatty acids (VFAs).

Byproducts	Levels of substitution				Regression Equations	R <sup>2</sup>	P
	0%	30%	50%	70%			
<b>Production of Acetate (µmol mL<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Cotton</b>	26.51	32.92 <sup>A</sup>	30.01 <sup>A</sup>	30.33 <sup>A</sup>	Y= 26.84+0.24x-0.002x <sup>2</sup>	0.56	0.02
<b>Castor</b>	26.51	29.06 <sup>A</sup>	29.04 <sup>A</sup>	27.87 <sup>AB</sup>	Y= 27.33	0.05	0.48
<b>Moringa</b>	26.51	25.98 <sup>B</sup>	26.65 <sup>B</sup>	26.25 <sup>B</sup>	Y=26.39	0.0001	0.97
<b>Jatropha</b>	26.51	31.03 <sup>A</sup>	26.76 <sup>AB</sup>	26.65 <sup>B</sup>	Y= 28.11	0.007	0.78
<b>Sunflower</b>	26.51	30.47 <sup>A</sup>	34.32 <sup>A</sup>	30.16 <sup>A</sup>	Y= 26.18+0.28-0.003x <sup>2</sup>	0.57	0.03
<b>Production of Propionate (µmol mL<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Cotton</b>	11.76	13.34 <sup>A</sup>	11.94 <sup>AB</sup>	11.76 <sup>AB</sup>	Y= 12.34-0.003x	0.39	0.03
<b>Castor</b>	11.76	11.76 <sup>A</sup>	10.53 <sup>B</sup>	9.81 <sup>B</sup>	Y= 12.07-0.02x	0.37	0.03
<b>Moringa</b>	11.76	12.55 <sup>A</sup>	14.26 <sup>A</sup>	15.57 <sup>A</sup>	Y= 11.44+0.05X	0.33	0.04
<b>Jatropha</b>	11.76	12.74 <sup>A</sup>	10.73 <sup>AB</sup>	10.94 <sup>AB</sup>	Y= 12.20	0.08	0.36
<b>Sunflower</b>	11.76	13.33 <sup>A</sup>	15.51 <sup>A</sup>	14.41 <sup>A</sup>	Y= 12.05+0.04x	0.53	0.0069
<b>Production of Butyrate (µmol mL<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Cotton</b>	3.34	5.06 <sup>A</sup>	4.73 <sup>A</sup>	4.52 <sup>A</sup>	Y=3.39+0.074x-0.008x <sup>2</sup>	0.86	0.0003
<b>Castor</b>	3.34	3.85 <sup>AB</sup>	3.75 <sup>AB</sup>	3.68 <sup>AB</sup>	Y= 3.48	0.11	0.29
<b>Moringa</b>	3.34	3.13 <sup>B</sup>	3.60 <sup>AB</sup>	3.26 <sup>B</sup>	Y=3.30	0.004	0.84
<b>Jatropha</b>	3.34	4.25 <sup>AB</sup>	3.40 <sup>B</sup>	3.18 <sup>B</sup>	Y= 3.70-0.003x	0.46	0.02
<b>Sunflower</b>	3.34	4.46 <sup>AB</sup>	4.74 <sup>A</sup>	4.05 <sup>AB</sup>	Y= 3.32+0.06x-0.0007x <sup>2</sup>	0.75	0.022
<b>Acetate: propionate ratio</b>							
<b>Cotton</b>	2.25	2.46	2.51	2.57	Y = 0.101x + 2.195	0.878	<0.001
<b>Castor</b>	2.25	2.47	2.75	2.84	y = 0.205x + 2.065	0.966	<0.001
<b>Moringa</b>	2.25	2.07	1.86	1.68	y = -0.192x + 2.445	0.999	<0.001
<b>Jatropha</b>	2.25	2.43	2.49	2.44	y = 0.063x + 2.245	0.6	0.238
<b>Sunflower</b>	2.25	2.28	2.21	2.08	y = -0.058x + 2.35	0.721	<0.001

\*Means in the same column with different letters differ statistically by Tukey's test at 5% probability.

It was observed that among the levels of substitution, the sunflower byproduct had higher production of acetic acid ( $p < 0.05$ ) at the 50% level of substitution (34.32 mmol mL<sup>-1</sup>). This result did not differ from the cotton byproduct ( $p > 0.05$ ), which at the 30% level of replacement created 32.92 mmol mL<sup>-1</sup> of acetic acid. The byproduct of moringa had the lowest production of VFA ( $p > 0.05$ ), especially at the 70% level. It produced only 26.25 mmol mL<sup>-1</sup> VFA, which did not differ from the byproducts of castor or jatropha.

The regression analysis for acetate production demonstrated that the byproducts of cotton and sunflower seeds, which produced the highest volumes, are represented by a quadratic model. The optimal level of production for the cotton byproduct was found at the 60% level, and the optimal level for the sunflower byproduct was 46.66% and was obtained with a lowest point in the production volume of 32.71 mmol mL<sup>-1</sup>.

The results shown for propionate production had a positive linear relationship for the byproducts of mamoma, moringa and sunflower. The cotton and castor bean byproducts had a negative linear effect, in that as the replacement ratio increased, there was a reduction in the production of propionate of 0.003% and 0.02%, respectively. The linear effect of the byproducts of the jug and the sunflower was positive, such that the amount of propionate increased with increasing replacement ratios by 0.05 and 0.04%, respectively. Analysing the means of gas production, we noted that the highest production ( $p < 0.05$ ) was present in the byproduct of moringa (15.57 mmol mL<sup>-1</sup>), and the lowest was ( $p < 0.05$ ) by the byproduct of castor (9.81 mmol mL<sup>-1</sup>), both at 70% replacement. Moreover, as the replacement increased from 30 to 70%, the cotton, castor, and jatropha byproducts decreased, which was the opposite of what happened with moringa and sunflower byproducts that increased with increasing replacement ratios.

The average production of butyrate showed dependence between byproducts and replacement levels. The cotton byproduct produced the largest volume ( $p < 0.05$ , 5.06 mmol mL<sup>-1</sup>) at the 30% level. The jug byproduct produced the lowest volume (3.13 mmol mL<sup>-1</sup>) at the 30% level. The regression analyses demonstrated that byproducts of moringa and castor showed no expressive behaviours. However, the byproducts of cotton and sunflower had a quadratic relationship, with the 43.75% level producing the maximum amount of butyrate for the cotton byproduct, and the 42.85% level producing the lowest amount for sunflower. A negative linear effect was observed for the jatropha byproduct, decreasing 0.003% for each increase in replacement unit.

It was noted in this study that there was an interaction between substitution levels and byproducts in predicting pH, but only for the sunflower after a 48 hour time interval (Table 3).

Table 3: Mean values, probability (P-value) and regression equations illustrating the pH from substituting elephant grass with byproducts resulting from the industrialisation of biodiesel.

Byproducts	Levels of substitution				Regression Equations	R <sup>2</sup>	P
	0%	30%	50%	70%			
<b>Cotton</b>	6.65	6.62 <sup>A</sup>	6.63 <sup>AB</sup>	6.68 <sup>A</sup>	Y= 6.63	0.009	0.65
<b>Castor</b>	6.65	6.64 <sup>A</sup>	6.69 <sup>A</sup>	6.72 <sup>A</sup>	Y=6.64+0.001x	0.20	0.02
<b>Moringa</b>	6.65	6.61 <sup>A</sup>	6.66 <sup>AB</sup>	6.66 <sup>A</sup>	Y= 6.64	0.01	0.06
<b>Jatropha</b>	6.65	6.53 <sup>A</sup>	6.57 <sup>AB</sup>	6.57 <sup>A</sup>	Y= 6.62	0.01	0.06
<b>Sunflower</b>	6.65	6.44 <sup>B</sup>	6.39 <sup>C</sup>	6.47 <sup>B</sup>	Y=6.67-0.01x+0.0001x <sup>2</sup>	0.81	<0.001

\*Means in the same column with different letters differ statistically by Tukey's test at 5% probability.

Analysing the byproducts within the levels of substitution of elephant grass we note that, at all levels of substitution, the byproducts, except sunflower, have higher pH. The sunflower byproduct had lower pH levels ( $p < 0.05$ ) at all levels of substitution, in a quadratic relationship. The maximum pH ( $pH = 7.42$ ) was obtained at the 50% replacement level.

The results for the production of greenhouse gases ( $CO_2$  and  $CH_4$ ) are shown in Table 3. Analysing the volume of production of these gases, there is a dependent interaction between the effect of the byproducts and the replacement level (Table 4).

Table 4: Mean values, probability (P-value) and regression equations illustrating the effects of substituting elephant grass for byproducts resulting from the industrialisation of biodiesel on production of  $CH_4$  ( $mL\ g^{-1}$ ),  $CO_2$  ( $mL\ g^{-1}$ ) and  $N-NH_3$  ( $mL\ g^{-1}$ ).

Byproducts	Levels of substitution				Regression Equations	R <sup>2</sup>	P
	0%	30%	50%	70%			
<b>Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>; mL g<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Cotton</b>	10.45	47.23 <sup>B</sup>	41.19 <sup>B</sup>	37.39 <sup>B</sup>	Y = 47.72	0.005	0.73
<b>Castor</b>	10.45	34.82 <sup>A</sup>	26.78 <sup>B</sup>	19.04 <sup>C</sup>	Y = 14.21 + 0.99x - 0.01x <sup>2</sup>	0.65	<0.001
<b>Moringa</b>	10.45	28.72 <sup>A</sup>	28.67 <sup>B</sup>	22.44 <sup>C</sup>	Y = 10.59 + 0.89x - 0.10x <sup>2</sup>	0.88	<0.001
<b>Jatropha</b>	10.45	26.30 <sup>B</sup>	22.06 <sup>C</sup>	19.26 <sup>D</sup>	Y = 10.95 + 0.69x - 0.008x <sup>2</sup>	0.77	<0.001
<b>Sunflower</b>	10.45	76.44 <sup>A</sup>	72.66 <sup>A</sup>	61.38 <sup>A</sup>	Y = 12.19 + 2.95x - 0.03x <sup>2</sup>	0.87	<0.001
<b>Methane production (CH<sub>4</sub>; mL g<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Cotton</b>	0.86	6.49 <sup>B</sup>	6.99 <sup>B</sup>	7.81 <sup>A</sup>	Y = 3.61 + 0.06x	0.59	<0.001
<b>Castor</b>	0.86	5.86 <sup>B</sup>	4.68 <sup>BC</sup>	4.06 <sup>B</sup>	Y = 3.06	0.12	0.09
<b>Moringa</b>	0.86	4.15 <sup>BC</sup>	2.67 <sup>C</sup>	2.11 <sup>C</sup>	Y = 1.005 + 0.13x - 0.001x <sup>2</sup>	0.69	<0.001
<b>Jatropha</b>	0.86	5.17 <sup>BC</sup>	4.05 <sup>C</sup>	4.15 <sup>B</sup>	Y = 1.91 + 0.014x	0.81	<0.001
<b>Sunflower</b>	0.86	12.06 <sup>A</sup>	10.64 <sup>A</sup>	9.99 <sup>A</sup>	Y = 4.168 + 0.11x	0.49	0.001
<b>Ammonia Nitrogen (N-NH<sub>3</sub>; mL g<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Cotton</b>	21.46	33.60 <sup>A</sup>	38.26 <sup>AB</sup>	44.33 <sup>A</sup>	Y = 22.33 + 0.32x	0.94	<0.001
<b>Castor</b>	21.46	29.16 <sup>B</sup>	34.76 <sup>AB</sup>	31.96 <sup>AB</sup>	Y = 21.14 + 0.42x - 0.003x <sup>2</sup>	0.76	0.042
<b>Moringa</b>	21.46	36.40 <sup>A</sup>	41.76 <sup>A</sup>	37.33 <sup>AB</sup>	Y = 21.24 + 0.76x - 0.007x <sup>2</sup>	0.96	<0.001
<b>Jatropha</b>	21.46	28.70 <sup>B</sup>	26.60 <sup>B</sup>	28.00 <sup>B</sup>	Y = 23.07	0.27	0.07
<b>Sunflower</b>	21.46	32.90 <sup>A</sup>	37.10 <sup>AB</sup>	44.80 <sup>A</sup>	Y = 21.89 + 0.32x	0.96	<0.001

\*Means in the same column with different letters differ statistically by Tukey's test at 5% probability.

Analysing the means of production of carbon dioxide ( $CO_2$ ) within each byproduct, we noted that the highest production occurred with the sunflower byproduct, which ranged from 76.44 to 61.38  $ml\ g\ DM^{-1}$  for each of the replacement levels. The lowest rates of production were observed in the jatropha, moringa and castor byproducts at all replacement levels. However, when analysing each substitution level individually, we noted that the 30% and 50% levels had the highest and lowest production with the sunflower byproduct (76.44 and 72.66  $ml\ g\ DM^{-1}$ ) and jatropha byproduct (26.30 and 22.6  $ml\ g\ DM^{-1}$ ). At the 70% level of substitution, the lowest production was obtained from the castor byproduct (19:04  $ml\ g\ DM^{-1}$ ), and the higher production volume was obtained from the sunflower byproduct (61.38

ml g DM<sup>-1</sup>).

The highest average production of methane gas (CH<sub>4</sub>) was obtained by the sunflower byproduct at all replacement levels, and the lowest production was obtained by the moringa byproduct. We noted that the highest level of production from sunflower byproduct was at the 30% replacement level, and the lowest production from the moringa byproduct was at the 70% level. The representative equations for carbon dioxide production for the byproducts of castor, moringa, jatropha and sunflower were quadratic. The 49.5% replacement level produced the maximum amount of CO<sub>2</sub> for the castor oil byproduct (38.71 ml g DM<sup>-1</sup>). The lowest production of CO<sub>2</sub> was observed in the moringa byproduct when replaced at 4.45% (12.57 ml g DM<sup>-1</sup>), and the maximum production of CO<sub>2</sub> with the sunflower byproduct was at a replacement level of 49.16% (production of 84.71 ml g DM<sup>-1</sup>). As for the jatropha byproduct, maximum production of CO<sub>2</sub> was obtained at the 43.2% replacement level.

Analysing the effect of the byproducts on the production of methane, we noted that the regression equations had different relationships for each of the byproducts. The moringa byproduct had a quadratic relationship and the lowest production of CH<sub>4</sub> at the 8.12% level of substitution. The byproducts of cotton, jatropha and sunflower had positive linear effects on CH<sub>4</sub> production. As the inclusion of byproducts increased, by percentage units, production of CH<sub>4</sub> increased 0.06%, 0.11% and 0.014%, respectively.

An interaction effect between the levels of substitution of elephant grass by the byproducts of biodiesel was observed for the production of ammonia. Analysing the byproducts at each replacement level, the cotton, moringa and sunflower byproducts were the highest producers of N-NH<sub>3</sub>, whereas the lowest production was recorded for the jatropha byproduct (p<0.05).

The byproducts of cotton and sunflower were affected (p<0.05) by the substitution levels in a linear manner with each increase in replacement level corresponding to an increase of 0.32 ml g DM<sup>-1</sup> in the production of N-NH<sub>3</sub>. However, the byproducts of castor oil and moringa showed a quadratic response in relation to the production of N-NH<sub>3</sub> by the levels of replacement of the elephant grass. The maximum production of N-NH<sub>3</sub> was at the 54.28% level (41 ml g DM<sup>-1</sup>) for the moringa byproduct. The intersection point was obtained at the 54% replacement level.

## 4 | DISCUSSION

The nutritional value of byproducts from biodiesel production presented here qualifies them as alternative ingredients for balanced diets fed to ruminants. They have potential for production and are purchased at reduced costs, which could reduce the expense for farmers with commercial concentrates (SOUZA et al., 2009).

Nevertheless, a major negative in their use in the diet is the presence of high levels of lignin and fat, which most likely negatively influence the degradation of fiber and non-fiber elements (MIZUBUTI et al., 2011; OLIVEIRA et al. 2013). The process of fermentation that

occurs during the metabolism of carbohydrates ingested by ruminants is affected by rumen microorganisms that convert carbohydrates into VFAs (acetic, propionic and butyric acids) as well as other products like CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> (BERCHIELLI et al., 2006). The production of these acids are considered the main source of energy for ruminants (GETACHEW et al., 2004).

Diets with a high proportion of structural carbohydrates favour the production of acetate and butyrate (LIN et al., 2013). The results obtained in this study confirm that the sunflower byproduct used had both high levels of composite fiber and the highest acetate production. However, the results also showed low production of acetate by the mamoma byproduct, which could indicate that low acetate production most likely results from lower cellulose content and, as noted in Table 1, the high lignin content of this byproduct tends to increase the indigestible portion and reduce the digestible portion. Moreover, the presence of antinutritional compounds, such as the protein ricin, which is highly toxic, may have a negative influence on the degradability of the feed, as shown in data obtained by Wood et al. (2011).

The high production of acetate by the cotton byproduct conforms to findings discussed in Horner et al. (1988) who reported that diets containing cottonseed increased acetate production from 15 to 30%. Therefore, it can be said that the sunflower and cotton byproducts can be considered, among the byproducts examined, to provide enhanced fat synthesis in animal production because acetic acid is the precursor of milk fat and meat fat.

Studies have shown that decreases in the production of butyrate have been related to high percentages of soluble carbohydrates and the use of oil sources in the cattle's diet, indicated by a decrease in the number or activity of certain microorganisms because of the toxic effect of lipids (PATRA; YU 2012; HRISTOV et al., 2013). This effect can be observed in this work because the byproducts had decreased production of butyrate at increasing levels of substitution, especially the jatropha byproduct at the 70% substitution level, which resulted in lower rates of butyrate production precisely because high amounts of carbohydrates and lipids were present in the chemical composition (Table 1). Furthermore, the antinutritional compounds can negatively influence production.

Due to rapidly fermentable carbohydrates, the moringa byproduct had the highest concentration of propionate, which decreased the acetate: propionate ratio (A: P), as shown in Table 2. This is because the synthesis of propionate is a good indication of the potential of moringa byproducts in the diets of dairy cows because the high rate of production of VFA promotes increased availability of energy, which would likely result in higher milk production, as found by Melesse et al. (2013).

Corroborating the results presented by Olivares-Palma et al. (2011), the castor oil byproduct resulted in higher levels A: P ratios. This was because the greater the amount of fibrous compounds, the higher the ratio, and it can be observed that the production of propionate is related to high quality of organic matter (RELLING et al., 2001).

The pH values arising from the substitution of the elephant grass byproducts are in agreement with the values reported by Van Soest (1994), which were  $6.7 \pm 0.5$  and indicates that these substitutions can make a suitable environment for the microbial activity that

typically occurs. In the analysis of CO<sub>2</sub> production (Table 4), the sunflower byproduct produced high levels of CO<sub>2</sub> because it also produced high amounts of acetate, which is logical because acetate production yields two moles of CO<sub>2</sub> per mole of glucose (KOZLOSKI, 2009). On the other hand, the low volume of CO<sub>2</sub> production provided by the moringa byproduct through to the 70% level can be explained by two hypotheses: first, that the synthesis of propionate is the process that requires the presence of hydrogen and generates no carbon dioxide (QUARRY et al. 2005; VELASQUEZ et al. 2010), or second, that the low volume is due to the high protein value of the moringa byproduct (577.0 g kg<sup>-1</sup>). According to Khazaal et al. (1995), incubation of protein rich substrates resulted in the formation of bicarbonate of ammonium, from CO<sub>2</sub> and ammonia, thereby reducing the contribution of CO<sub>2</sub> to the total gas production.

The content of non-fiber carbohydrates and concentration of NDF and ADF can characterise the quality of a food and are usually related to a lower proportion of dietary energy that is converted to methane (EUN et al., 2004). In vitro studies have shown an increase in CH<sub>4</sub> production with an increase in NDF content (Getachew et al., 2005; Rivera et al., 2010). Therefore, in this study, the substitution of the moringa byproduct to a 50% level resulted in a smaller amount of methane, the same acetate: propionate ratio and resulted in less wasted energy in the form of CH<sub>4</sub>.

The production of CH<sub>4</sub> by the sunflower and cotton byproducts (Table 4) was directly related to the production of acetate and butyrate. This production occurred because the H<sub>2</sub> released by excess production of these VFAs is harnessed by methanogenic bacteria (TEDESCHI et al. 2003). Similar results were also found by Franco et al. (2013), who found that higher values of methane production per gram of DM degraded diets produced the best nutritional values, assessed by in vitro semi-automatic gas production.

The rumen microorganisms catabolise proteins and produce ammonia in the rumen, particularly as an energy source for microbial synthesis (MOHAMMED et al., 2004). It is known that the optimal level of ruminal ammonia is approximately 10 mg dL<sup>-1</sup> (VAN SOEST, 1994). The results obtained in this study were greater than 28 mg dL<sup>-1</sup> for all byproducts, which is above recommended levels. At this level, excess nitrogen is absorbed into the bloodstream and liver and is metabolised for excretion as urea, which requires on average 2 ATPs for each molecule of ammonia, thus losing energy for the animal.

## 5 | CONCLUSION

Cotton and sunflower byproducts have greater bioavailability of fat for animal production, but they are major producers of greenhouse gases. The moringa byproduct is the most suitable for replacing elephant grass and may contribute to the reduction of greenhouse gas emissions. The main limiting factor for the use of these byproducts is the production of ammonia.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Embrapa Dairy Cattle and Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG - PPM).

## REFERENCES

- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, V.A.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Funep, Jaboticabal, Brasil, 2006.
- CHIZZOTTI, M.L.; TEDESCHI, L.O.; VALADARES FILHO, S.C. A metaanalysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1588-1597, 2008.
- EUN, J.S.; FELLNER, V.; GUMPERTZ, M.L. Methane production by mixed ruminal cultures incubated in dual flow fermentors. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.112-121, 2004.
- FEDORAK, P.M.; HRUDEY, S.E. A simple apparatus for measuring gas-production by methanogenic cultures in serum bottles. **Environment Technology Letters**, p.425-432, 1983.
- FRANCO, A.L.C.; MIZUBUTI, I.Y.; AZEVÊDO, J.A.G. et al. Fermentação ruminal e produção de metano *in vitro* de dietas contendo torta de algodão. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.1955-1966, 2013.
- GETACHEW, G.; DEPETERS, E.J.; ROBINSON, P.H. et al. Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. **Animal Feed Science and Technology**, v.123, p.547-559, 2005.
- GOEL, G.; MAKKAR, H.P.S. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, n.4, p.729-739, 2012.
- HORNER, J. L.; COPPOCK, C. E.; SCHELLING, G.T. Effects of whole cottonseed on ruminal fermentation, protein degradability, milk yield and composition and responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.1239-1247, 1998.
- HOLTSHAUSEN, L.; CHAVES, A.V.; BEAUCHEMIN, K.A. Feeding saponin-containing *Yucca shidigera* and *Quillaja saponaria* to decrease enteric methane production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.2809-2821, 2009.
- HRISTOV, A.N.; DOMITROVICH, C.; WACHTER, A. Effect of replacing solvent-extracted canola meal with high-oil traditional canola, high-oleic acid canola, or high-erucic acid rapeseed meals on rumen fermentation, digestibility, milk production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.4057-4074, 2011.
- HRISTOV, A.N.; FIRKINS Oh, J.; DIJKSTRA, J. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. **Journal Animal Science**, v.91, p.5045–5069, 2013.
- KHAZAAL, K.; DENTINHO, M.T.; RIBEIRO, J.M. Prediction of apparent digestibility and voluntary intake of hays fed to sheep: comparison between using fiber components, *in vitro* digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. **Animal**, v. 61, p.527-538, 1995.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**, 2.ed. UFSM, Santa Maria, Brasil, 2009.

- LIN, B.; WANG, J.H.; LU, Y. et al. *In vitro* rumen fermentation and methane production are influenced by active components of essential oils combined with fumarate. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 97, p.1-9, 2013.
- MADEIRA, J.V.; MACEDO, J.A.; MACEDO, G.A. Detoxification of castor bean residues and the simultaneous production of tannase and phytase by solid-state fermentation using *Paecilomyces variotii*. **Bioresour Technology**, v.102, p.7343-7348, 2011.
- MEALE, S.J.; CHAVES, A.V.; BAAH, J. et al. Methane production of different forages in *in vitro* ruminal fermentation. **Asian Australian Journal of Animal Science**, v.25, p.86-91, 2012.
- MELESSE, A.; STEINGASS, H.; BOGUHN, J. et al. *In vitro* fermentation characteristics and effective utilizable crude protein in leaves and green pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera* cultivated at low and mid-altitudes. **Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.97, p.1439-0396, 2013.
- MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S., et al. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns coprodutos gerados na cadeia do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p.2021-2028, 2011.
- MOHAMMED, N.; ONODERA, R.; ITABASHI, H.; LILA, Z.A. Effects of ionophores, vitamin B6 and distiller's grains on *in vitro* tryptophan biosynthesis from indolepyruvic acid, and production of other related compounds by ruminal bacteria and protozoa. **Animal Feed Science and Technology**, v.116, p.301-311, 2004.
- MOREIRA, M. N.; SILVA, A. M. A.; CARNEIRO, H. et al. *In vitro* degradability and total gas production of biodiesel chain byproducts used as a replacement for cane sugar feed. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 36, n. 4, p. 399-403, 2014.
- OLIVARES-PALMA, S.M.; MEALE, S.J.; PEREIRA, L.G.R. *In vitro* Fermentation, Digestion Kinetics and Methane Production of Oilseed Press Cakes from Biodiesel Production. **Asian Australian Journal of Animal Sciences**, v.26, p.1102-1110, 2013.
- OLIVEIRA, J.S.; ANTONIASSI, J.; FREITAS, S.C. et al. Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. **Ciência Rural**, v.43, p.509-512, 2013.
- PATRA, A.K.; YU, Z. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and Abundance and Diversity of, Rumen Microbial Populations. **Applied and Environmental microbiology**, v.78, p.4271-4280, 2012.
- PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T. et al. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, v.10, p.24-35, 2005.
- RELLING, E.A.; VAN NIEKERK, W.A.; COERTZE, R.J. et al. An evaluation of *Panicum maximum* cv. Gatton: 2. The influence of stage of maturity on diet selection, intake and rumen fermentation in sheep. **Journal of Animal Science**, v.31, p.85-91, 2001.
- RIVERA, A.R., BERCHIELLI, T.T., MESSANA, J.D. et al. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.617-624, 2010.
- SAS, Statistical Analysis System Inc. **SAS User's Guide**: Statistic SAS Institute Inc., Cary, NC. 2003.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Editora UFV, Viçosa, BRA. 2002.

SOUZA, A.D. de, FÁVARO, S.P., ÍTAVO, L.C.V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44, p.1328-1335, 2009.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II - Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**, 2<sup>a</sup> ed. Comstock Publishing Associates, London, GBR, 1994.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

VELÁSQUEZ, P.A.T.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1206-1213, 2010.

VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C. et al. Misleading relationships between *in situ* rumen dry matter disappearance, chemical analyzed and *in vitro* gas production and digestibility, of sugarcane bagasse treated with varying levels of electron irradiation and ammonia. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, p.145-153, 1999.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P. Potential Environmental Benefits of Ionophores in Ruminant Diets. **Journal Environment Quarterly**, v.32, p.1591-1602, 2003.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestibility of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

## **SOBRE OS AUTORES:**

**Aderbal Marcos de Azevedo Silva:** Professor Aposentado do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Campina Grande; Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Grupo de pesquisa: Sistemas de Produção de Ruminantes no Semiárido; Bolsista Produtividade em Pesquisa pelo CNPq; E-mail para contato: silvaama@gmail.com

**Adriano Mitio Inagaki:** Pós-doutorando pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. Graduação em agronomia pela Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, Brasil. Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Brasil. Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Brasil. Grupo de Pesquisa: GE-FBN - Estudos em Fixação Biológica de Nitrogênio. Bolsista Produtividade em Pesquisa do PNPd/CAPES.

**Aldi Feiden:** Professor adjunto da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE); Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM); Mestrado e Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá; Grupos de Pesquisa: Grupo de estudos de Manejo na Aquicultura / Grupo de Estudos de Tecnologias Aquícolas e Gastronomia do Pescado / Grupo Interdisciplinar e Interinstitucional de Pesquisa e Extensão em Desenvolvimento Rural Sustentável.

**Amanda Costa Xavier:** Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); E-mail para contato:mandicx04@gmail.com

**Ana Maria da Silva:** Mestranda em Biotecnologia Marinha pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira; Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC)

**Ana Paula da Silva Leonel:** Pós-Doutoranda em Desenvolvimento Rural Sustentável na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) campus Marechal Cândido Rondon; Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Paranaense (UNIPAR); Mestrado em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Doutorado em Aquicultura pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" UNESP; Grupo de Pesquisa: Grupo Interdisciplinar e Interinstitucional de Pesquisa e Extensão em Desenvolvimento Rural Sustentável. E-mail: apsleonel@gmail.com

**Andrew Henrique da Silva Cavalcanti Coelho:** Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife. E-mail: andrew.cavalcanti@hotmail.com

**Angélica Simone Cravo Pereira:** Professor da Universidade de São Paulo – FMVZ; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) e Programa de Pós Graduação

em Zootecnia, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), ambos, da Universidade de São Paulo. Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade de Marília; Mestrado em Zootecnia pela Universidade de São Paulo - FZEA. Doutorado em Zootecnia pela Universidade de São Paulo - FZEA;

**Antonia Valcemira Domingos de Oliveira:** Graduanda em Zootecnia - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre/Câmpus Sena Madureira Acre; Grupo de pesquisa: Grupo de Pesquisa e Extensão Agropecuária Sustentável-IFAC e Extensão Agropecuária Sustentável-IFAC; E-mail para contato: valcemira@hotmail.com

**Armin Feiden:** Professor associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE); Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM); Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR); Mestrado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná; Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP); Grupos de Pesquisa: Energia e Sustentabilidade Agrícola / Energia na Agricultura / Grupo Interdisciplinar e Interinstitucional de Pesquisa e Extensão em Desenvolvimento Rural Sustentável

**Beatriz Danieli:** Zootecnista pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC Oeste (2017). Atuou como professora colaboradora da Escola de Educação Básica Cordilheira Alta, Santa Catarina, ministrando as disciplinas de Zootecnia e Indústrias Rurais (2018). Atualmente é aluna do Programa de Pós Graduação em Zootecnia pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC Oeste (início em 2017) na linha de pesquisa relacionada ao uso de sistemas de produção na bovinocultura de leite.

**Camila Ferreira e Silva:** Graduação em Zootecnia Instituto Federal do Triângulo Mineiro. Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. E-mail para contato: camila.ferreira1988@gmail.com

**Cícero Carlos Felix de Oliveira:** Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato; Graduação em Matemática pela Universidade Regional do Cariri; Mestrado em Biometria e estatística aplicada pela Universidade Rural do Pernambuco; Doutorado em Biometria e estatística aplicada pela Universidade Rural do Pernambuco

**Claiton André Zotti:** Professor da Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal em Pequenas Propriedades da Universidade do Oeste de Santa Catarina. Graduação em Zootecnia pela Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC; Mestrado em Produção Animal Sustentável pelo Instituto de Zootecnia. Doutorado em Zootecnia pela Universidade de São Paulo - FZEA; Grupo de pesquisa: Produção Animal

**Cleverson de Souza:** Graduação em Zootecnia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá; Doutorado em Ciência Animal pela Universidade do Estado de Santa Catarina; Membro do grupo de pesquisa em Nutrição de Monogástricos; E-mail para contato: clebsonlucas@bol.com.br.

**Clóvis Eliseu Gewehr:** Professor da Universidade do Estado de Santa Catarina; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina; Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria; Mestrado em Desenvolvimento Regional pela Universidade de Santa Cruz do Sul; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras; Membro do grupo de pesquisa em Nutrição de Monogástricos.

**Cristiane Cláudia Meinerz:** Professora da Universidade Paranaense, UNIPAR, Brasil. Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Paranaense, UNIPAR, Brasil. Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Brasil. Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Brasil. Pós-Doutorado pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Brasil.

**Cristiane Tomaluski:** Acadêmica do curso de Zootecnia da Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC

**Daiane Thais Weirich:** Mestra em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, Brasil. Graduação em Zootecnia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, UTFPR, Brasil.

**Dangela Maria Fernandes:** Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Medianeira - PR. Graduação em Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Medianeira - PR, UTFPR, Brasil. Graduação em Engenharia Ambiental pela Faculdade União das Américas - Foz do Iguaçu - PR, UNIAMÉRICA, Brasil. Mestrado em Energia na Agricultura pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel - PR, UNIOESTE, Brasil. Doutorado em Doutorado em Agronomia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Marechal Cândido Rodon - PR, UNIOESTE, Brasil.

**Dayana Alves da Costa:** Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre/Câmpus Sena Madureira Acre; Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú-CE; Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal do Pará; Doutorado em Nutrição Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais; Pós Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas; Grupo de pesquisa: Pesquisa e Extensão Agropecuária Sustentável-IFAC; E-mail para contato: dayana.costa@ifac.edu.br

**Débora Nathália de Moura Ferreira:** Mestrado em zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife. E-mail: delnathy89@gmail.com

**Diogo Gonzaga Jayme:** Professor Adjunto na Universidade Federal de Minas Gerais. Membro do corpo docente do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais. Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Pós Doutorado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal de de Minas Gerais. E-mail para contato: diogogj@gmail.com

**Eduardo Arruda Teixeira Lanna:** Professor da universidade Federal de Viçosa- Viçosa Minas Gerais; Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em

Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa- UFV

**Eduardo Mitke Brandão Reis:** Professor da Universidade: Federal do Acre; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em 2017 da Universidade Federal do Acre; Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Fluminense; Mestrado em Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal do Acre; Doutorado em Ciências Veterinária pela Universidade Federal de Lavras; Grupo de pesquisa: Produção animal na Amazônia Ocidental. E-mail para contato: edumitke@gmail.com

**Eliana Fasolo:** Acadêmica do curso de Zootecnia da Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC

**Erlens Eder Silva:** Professor do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal no Semi-Árido do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB; Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB; Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB; Grupo de pesquisa: G-Pasf - Pastagens e Forragicultura.

**Evaline Ferreira da Silva:** Graduanda em Zootecnia - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre/Câmpus Sena Madureira Acre; Grupo de pesquisa: Grupo de Pesquisa e Extensão Agropecuária Sustentável-IFAC e Extensão Agropecuária Sustentável-IFAC;

**Exedito Danusio de Souza:** Professor do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal no Semi-Árido do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Graduação em Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa-MG; Grupo de pesquisa: Núcleo de Estudo e Pesquisa em Ciência Animal. E-mail para contato: edanusio@gmail.com

**Francieli Sordi Lovatto:** Graduação em Zootecnia pela Universidade do Estado de Santa Catarina; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná; Doutoranda em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina; Grupo de pesquisa em Nutrição de Monogástricos.

**Francinilda de Araújo Pereira:** Professora do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB; Mestrado em Bioprospecção Molecular pela Universidade Regional do Cariri - URCA ;

**Francisco Messias Alves Filho:** Professor do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal no Semi-Árido do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará - UFC; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará - UFC;

**Heloisa Carneiro:** Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite; Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas; Doutorado em Produção Animal pela Universidade Estadual de Oklahoma, Ok, USA; Grupo de pesquisa: PECUS - Dinâmica de gases de efeito estufa em sistemas de produção da agropecuária brasileira; E-mail para contato: [heloisa.carneiro@embrapa.br](mailto:heloisa.carneiro@embrapa.br)

**Italva Miranda da Silva:** Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre/Câmpus Sena Madureira Acre. Graduação em História pela Universidade do Acre; Mestrado em Letras – Linguagem e Identidade pela Universidade Federal do Acre; Doutorado em Ensino de Biociências e Saúde- IOC pela Instituto Osvaldo Cruz; Grupo de pesquisa: e Extensão Agropecuária Sustentável-IFAC. E-mail para contato: [italva.silva@ifac.edu.br](mailto:italva.silva@ifac.edu.br)

**Joana Ribeiro da Glória:** Professor Adjunto na Universidade Federal de Minas Gerais. Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais. Especialização em Produção Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail para contato: [jogloria@gmail.com](mailto:jogloria@gmail.com)

**Jonathan J. B. Jaimes:** Graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia pela Universidade Cooperativa de Colombia Bucaramanga; Mestrado em Ciência Animal pela Universidade do Estado de Santa Catarina; Membro do grupo de pesquisa em Nutrição de Monogástricos.

**José Aldemy de Oliveira Silva:** Graduando em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato

**José Fabio Paulino de Moura:** Professor Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Campina Grande; – Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba; Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba; Pós Doutorado em Produção Animal pela Universidade Federal da Paraíba; Grupo de pesquisa: Sistemas de Produção de Ruminantes no Semiárido; E-mail para contato: [jose.fabio@ufcg.edu.br](mailto:jose.fabio@ufcg.edu.br)

**Jose Lopes Viana Neto:** Professor do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal no Semi-Árido do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará - UFC; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará - UFC; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa-MG; Grupo de pesquisa: Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido

**José Morais Pereira Filho:** Professor Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Campina Grande; Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Piauí; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual

Paulista Júlio de Mesquita Filho; Grupo de pesquisa: Sistemas de Produção de Ruminantes no Semiárido; Bolsista Produtividade em Pesquisa pelo CNPq; E-mail para contato: jmorais@cstr.ufcg.edu.br

**Juliano dos Santos Macedo:** Graduando em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato

**Kaine Cristine Cubas da Silva:** Técnica em Agropecuária pelo Instituto Federal Catarinense – Câmpus Araquari (2011). Zootecnista pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC Oeste (2017), com parte da graduação cursada na Universidade de Bolonha – UNIBO, Itália (2015 a 2016). Atuou na Fazenda Seis Amigos (2017) em Tapurah, Mato Grosso, na área de reprodução de suínos. Foi professora colaboradora no curso Técnico em Zootecnia do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) (2017 a 2018). Atualmente cursa MBA em Liderança e *Coaching* na Gestão de Pessoas pela Universidade do Norte do Paraná (UNOPAR) (início em 2017) e trabalha na Brasil Foods na área de melhoramento genético de suínos em Mineiros, Goiás (início em 2018). E-mail: kainecubas@hotmail.com

**Laydiane de Jesus Mendes:** Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Montes Claros; Mestrado em Produção Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais; E-mail para contato: laydi\_mendes@hotmail.com

**Leilson Rocha Bezerra:** Professor Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Campina Grande; Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Campina Grande; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Campina Grande; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba; Pós Doutorado em Ciência de Matérias pela Universidade de Granada (Espanha) e em Nutrição de Animais Ruminantes pela Universidade Federal da Bahia; Grupo de pesquisa: Sistemas de Produção de Ruminantes no Semiárido; Bolsista Produtividade em Pesquisa pelo CNPq; E-mail para contato: leilson@ufpi.edu.br

**Lenise Freitas Mueller da Silveira:** Graduação em Medicina Veterinária pela ULBRA- Canoas; Mestrado em Ciências pela Universidade de São Paulo - FZEA. Doutoranda em Qualidade e Produtividade Animal, Programa de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA

**Lilian Carla Prates Mota:** Graduação em Medicina Veterinária pela Faculdades Integradas do Norte de Minas - FUNORTE

**Liliane Olímpio Palhares:** Mestrado em zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife. E-mail: lilianepalhares@zootecnista.com.br

**Lucélia Hauptli:** Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Doutorado em Produção Animal pela Universidade Estadual Paulista – Júlio de Mesquita Filho (UNESP) – Botucatu - SP; Pós

Doutorado em Ciências Veterinárias pela Universidade Federal do Paraná (UFPR); Grupo de pesquisa: PESQUISA EM PRODUÇÃO ANIMAL – UFSC; E-mail para contato: lucelia.hauptli@ufsc.br

**Ludmilla de Fátima Leal Pereira:** Graduação em Zootecnia pela Universidade Universidade Federal de Minas Gerais; Mestrado em Produção Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail para contato: ludmillaleal20@gmail.com

**Marcela Abbado Neres:** Docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), CCA -Zootecnia, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil; Membro do corpo docente do Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Marechal Candido Rondon, PR, Brasil; Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Brasil; Mestrado em Ciência Animal e Pastagens pela Universidade de São Paulo, USP, Brasil; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil; Coordenadora do Grupo de Pesquisa NEFEPS – Núcleo de Estudos em Feno e Pré-secado; Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq.

**Marcelo Helder Medeiros Santana:** Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre/Câmpus Sena Madureira Acre, Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Paraíba; Mestrado em Zootecnia pelo o programa de Pós-graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Paraíba; Doutorado em Zootecnia pelo o Programa de doutorando integrado em Zootecnia pela UFPB/UFC/UFPE; Grupo de pesquisa: e Extensão Agropecuária Sustentável-IFAC. E-mail para contato: marcelo.santana@ifac.edu.br

**Marconi Italo Lourenço da Silva:** Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife. E-mail: marcone\_italo@hotmail.com

**Marcus Roberto Góes Ferreira Costa:** Professor do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal no Semi-Árido do Instituto Federal do Ceará – campus Crato; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará - UFC; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará - UFC; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará - UFC; Grupo de pesquisa: Núcleo de Estudo e Pesquisa em Ciência Animal

**Maria Inez Espagnoli Geraldo Martins:** Professora Assistente Doutora da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP); Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Mestrado em Economia pela Universidade de São Paulo (USP); Doutorado em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Grupos de Pesquisa: Centro de Estudos em Sistemas Agroindustriais e Desenvolvimento Rural / Nutrição e Larvicultura de Peixes.

**Maria Luísa Appendino Nunes Zotti:** Zootecnista pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (2000), mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003) e doutorado em Física do Ambiente Agrícola pela ESALQ/USP. É docente lotada no Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Oeste. Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em etologia, bioclimatologia e bem-estar animal.

**Maria Marilene Rufina de Oliveira Lima:** Tem experiência na área de Agroecologia, atuando principalmente nos seguintes temas: arborização urbana e agroecologia, agrobiodiversidade de quintais urbanos.

**Mariana Zanata:** Graduação em Zootecnia pela Universidade de São Paulo – FZEA; Mestranda pela Universidade de São Paulo – FZEA;

**Mariene Santos de Araújo Souza:** Graduanda em Zootecnia - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre/Câmpus Sena Madureira Acre; Grupo de pesquisa: Grupo de Pesquisa e Extensão Agropecuária Sustentável-IFAC e Extensão Agropecuária Sustentável-IFAC; E-mail para contato: ene.santos20@hotmail.com

**Marilda Schmmoeller:** Mestra em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, Brasil. Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, Brasil.

**Marina Jaques Cani:** Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestrando em Zootecnia pela Universidade Estadual de Montes Claros. E-mail para contato: marinajcani@hotmail.com

**Mérik Rocha Silva:** Bacharel em Zootecnia (UNEMAT, 2010) Mestre em Ciência Animal (UFMT, 2015). Atualmente colaborador envolvidos na atividade meio da UNEMAT ? Universidade Estadual de Mato Grosso. Atua principalmente em melhoramento genético de animais domésticos e estatística aplicada. <http://www.researcherid.com/rid/D-4102-2013>

**Neide Judith Faria de Oliveira:** Professor Associado na Universidade Federal de Minas Gerais. Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais; Mestrado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais; Doutorado em Ciência Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais; E-mail para contato: neideufmg@gmail.com

**Neiva Carneiro:** Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade do Contestado - UNC; Mestranda em Sanidade e Produção Animal pela Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC

**Rafaela Leitão Correia de Melo:** Mestrado em zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife. E-mail: rafaelaleitaocm@hotmail.com

**Raimunda Ariadna Gomes de Souza:** Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato; Graduação em Letras e Inglês pela Universidade Federal do Amazonas; Mestrado em Ciências da Educação pela Universidade Del Pacifico

**Raissa Antunes Martins:** Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestrando em Produção Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail

para contato: [raissamartins.zoovet@gmail.com](mailto:raissamartins.zoovet@gmail.com).

**Raissa Kiara Oliveira de Moraes:** Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Campina Grande; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Campina Grande; Grupo de pesquisa: Sistemas de Produção de Ruminantes no Semiárido; E-mail para contato: [raissa\\_kiara@hotmail.com](mailto:raissa_kiara@hotmail.com)

**Raphael Rocha Wenceslau:** Professor Adjunto na Universidade Federal de Minas Gerais; Membro do corpo docente do Programa de Pós Graduação em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais; Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais; Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais; Pós Doutorado em Genética e Melhoramento Animal pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail para contato: [rwenceslau@hotmail.com](mailto:rwenceslau@hotmail.com)

**Renê Ferreira Costa:** Professor Faculdades Integradas do Norte de Minas – FUNORTE; Graduação em Medicina Veterinária pela Faculdades Integradas do Norte de Minas – FUNORTE; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Estadual de Montes Claros; E-mail para contato: [renecostavet@gmail.com](mailto:renecostavet@gmail.com)

**Rôger Oliveira e Silva:** Graduando em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus Crato*;

**Rogério Marcos de Souza:** Professor Associado na Universidade Federal de Minas Gerais. Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestrado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutorado em Ciência Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail para contato: [rogeriosouza@ufmg.br](mailto:rogeriosouza@ufmg.br)

**Sabrina Tavares:** Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC; Mestrado em Ciências Veterinárias pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC; E-mail para contato: [sabrinatavares@cidasc.sc.gov.br](mailto:sabrinatavares@cidasc.sc.gov.br)

**Sandra Mara Ströher:** Doutoranda pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ), Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil; Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, Brasil; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, Brasil; Grupo de Pesquisa: NEFEPS – Núcleo de Estudos em Feno e Pré- secado e GEPA – Grupo de Estudos e Pesquisa em Apicultura; Bolsista Produtividade em Pesquisa pela Fundação Araucária. E-mail: [samarazoo@hotmail.com](mailto:samarazoo@hotmail.com)

**Silene Maria Prates Barreto:** Professor Faculdades Integradas do Norte de Minas – FUNORTE; Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais; Mestrado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal de Minas Gerais; E-mail para contato: [silenebarreto@gmail.com](mailto:silenebarreto@gmail.com)

**Suélen Serafini:** Zootecnista pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC Oeste (2016). Tecnóloga de Gestão Ambiental pela Universidade Norte do Paraná - UNOPAR (2013) e Especialista em MBA em Gestão Ambiental pela Universidade Norte do Paraná – UNOPAR (2014). Atualmente é bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) em Programa de Pós Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Ciência e Produção Animal/Linha de Pesquisa: Relação Clima-Solo-Planta-Animal) pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC Oeste (início em 2017).

**Vandeir Francisco Guimarães:** Docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), CCA – Agronomia, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. Membro do corpo docente do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. Graduação em Agronomia em Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Brasil. Mestrado em Fitotecnia em Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Brasil. Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Pós-Doutorado pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Coordenador do Grupo de Pesquisa Fisiologia de Plantas Cultivadas na Região Oeste do Paraná. Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq.

**Vanessa Baggio:** Zootecnista pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC Oeste (2017). Atualmente trabalha na fábrica de rações da Cooperativa Agroindustrial Alfa (Cooperalfa), na Unidade de Quilombo, Santa Catarina, como Analista de Controle de Qualidade.

**Wilson Moreira Dutra Júnior:** Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife E-mail: [wilson.dutrajr@ufrpe.br](mailto:wilson.dutrajr@ufrpe.br)

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-93243-93-6



9 788593 243936