

# Solos nos Biomas Brasileiros

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)

# Solos nos Biomas Brasileiros

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal 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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
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 Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

S689 Solos nos biomas brasileiros [recurso eletrônico] / Organizadores  
Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR):  
Atena Editora, 2018. – (Solos nos Biomas Brasileiros; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-008-7

DOI 10.22533/at.ed.087181412

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.  
I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. III. Série.

CDD 631.44

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

O conteúdo dos artigos 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)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Solos nos Biomas Brasileiro*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu volume I, apresenta, em seus 18 capítulos, conhecimentos tecnológicos para Ciências do solo na área de Agronomia.

O uso adequado do solo é importante para a agricultura sustentável. Portanto, com a crescente demanda por alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, esse campo de conhecimento está entre os mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias nas Ciências do solo estão sempre sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume dedicado à Ciência do solo traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como o uso de práticas de manejo de adubação, inoculação de microorganismos simbióticos para a melhoria do crescimento das culturas cultivadas e da qualidade biológica, química e física do solo. Temas contemporâneos de interrelações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências do solo, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área de Agronomia e, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
ANÁLISE MORFOLÓGICA DO SOLO EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA, EM TUCURUÍ-PA	
<i>Kerciane Pedro da Silva</i>	
<i>Raiana Arnaud Nava</i>	
<i>Thays Thayla Santos de Almeida</i>	
<i>Matheus da Costa Gondim</i>	
<i>Dihego Rosa das Chagas</i>	
<i>Sandra Andréa Santos da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
ARMAZENAGEM DE ÁGUA EM SOLO INFECTADO COM FUSÁRIO E CULTIVADO COM MARACUJAZEIRO, CULTIVAR BRS RUBI EM QUATRO COMBINAÇÕES COPA:ENXERTO	
<i>Marcelo Couto de Jesus</i>	
<i>Alexsandro dos Santos Brito</i>	
<i>Flavio da Silva Gomes</i>	
<i>Suane Coutinho Cardoso</i>	
<i>Onildo Nunes de Jesus</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
ATRIBUTOS DE SOLOS, DINÂMICA E EVOLUÇÃO DE PROCESSO EROSIVO NA MICROBACIA DO CÔRREGO MARIANINHO, EM FRUTAL/MG	
<i>Marcos Vinícius Mateus</i>	
<i>José Cláudio Viégas Campos</i>	
<i>Luana Caetano Rocha Andrade</i>	
<i>Nathalia Barbosa Vianna</i>	
<i>Matheus Oliveira Alves</i>	
<i>José Luiz Rodrigues Torres</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814125</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 66**

AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS DE TRÊS CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa*) SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE AMÔNIO

*Ana Carolina Oliveira Chapeta*  
*Erinaldo Gomes Pereira*  
*Carlos Alberto Bucher*  
*Manlio Silvestre Fernandes*  
*Cassia Pereira Coelho Bucher*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814126**

**CAPÍTULO 7 ..... 76**

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA PALMA DE ÓLEO SOB APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

*Shirlene Souza Oliveira*  
*Eduardo Cezar Medeiros Saldanha*  
*Marluce Reis Souza Santa Brígida*  
*Henrique Gusmão Alves Rocha*  
*Gabriela Mourão de Almeida*  
*Maria Soraia Fortado Vera Cruz*  
*Jose Leandro Silva de Araújo*  
*Ana Carolina Pinguelli Ristau*  
*Noéle Khristinne Cordeiro*  
*Whesley Thiago dos Santos Lobato*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814127**

**CAPÍTULO 8 ..... 84**

BIOINDICADORA PARA DIAGNÓSTICO DE RESÍDUO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO SOLO

*Camila Ferreira de Pinho*  
*Gabriella Francisco Pereira Borges de Oliveira*  
*Jéssica Ferreira Lourenço Leal*  
*Amanda dos Santos Souza*  
*Samia Rayara de Sousa Ribeiro*  
*Gledson Soares de Carvalho*  
*André Lucas Simões Araujo*  
*Rúbia de Moura Carneiro*  
*Gabriela de Souza Da Silva*  
*Ana Claudia Langaro*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814128**

**CAPÍTULO 9 ..... 92**

BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM DIFERENTES USOS DO SOLO NA REGIÃO DO CERRADO - MUNICÍPIO DE PALMAS, TO

*Lidia Justen*  
*Michele Ribeiro Ramos*  
*Nayara Monteiro Rodrigues*  
*Alexandre Uhlmann*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814129**

**CAPÍTULO 10 ..... 106**

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO COMUM SOB INFLUÊNCIA DO USO DE BORO

*Rodrigo Ribeiro Fidelis*  
*Karen Cristina Leite Silva*  
*Ricardo de Oliveira Rocha*

*Lucas Xaubet Burin  
Jânio Milhomens Pimentel Júnior  
Patricia Sumara Fernandes  
Pedro Lucca Reis Souza  
Danilo Alves Veloso*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141210**

**CAPÍTULO 11 ..... 114**

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO EM PLANTAÇÃO DE PALMA DE ÓLEO NA PRESENÇA DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

*Shirlene Souza Oliveira  
Eduardo Cezar de Medeiros Saldanha  
Marluce Reis Souza Santa Brígida  
Henrique Gusmão Alves Rocha  
Gabriela Mourão de Almeida  
Jose Leandro Silva de Araújo  
Ana Carolina Pinguelli Ristau  
Noéle Khristinne Cordeiro  
Bruna Penha Costa  
Whesley Thiago dos Santos Lobato*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141211**

**CAPÍTULO 12 ..... 124**

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO COMPOSTO ORGÂNICO ORIUNDO DE BORRA DE CAFÉ

*Jamerson Fábio Silva Filho  
Dalcimar Regina Batista Wangen  
Alessandra Vieira da Silva  
Kerly Cristina Pereira  
Jaberson Basílio de Melo  
Ivaniele Nahas Duarte*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141212**

**CAPÍTULO 13 ..... 129**

COMPOSTO DE BORRA DE CAFÉ NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

*Alessandra Vieira da Silva  
Dalcimar Regina Batista Wangen  
Jamerson Fábio Silva Filho  
Kerly Cristina Pereira  
Lara Gonçalves de Souza  
Ivaniele Nahas Duarte*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141213**

**CAPÍTULO 14 ..... 138**

CONTRIBUIÇÃO DA FRAÇÃO GALHOS FINOS NA SERAPILHEIRA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA, EM MACAÍBA, RN

*Luan Henrique Barbosa de Araújo  
José Augusto da Silva Santana  
Wanctuy da Silva Barreto  
Camila Costa da Nóbrega  
Juliana Lorensi do Canto  
César Henrique Alves Borges*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141214**

<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>145</b>
CORRELAÇÃO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO DE SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	
<i>Guilherme Guerin Munareto</i> <i>Claiton Ruviano</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>154</b>
CULTIVO DE RABANETE EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS ADICIONADOS DE CINZA DE JATOBÁ ( <i>Hymenaea courbaril</i> L.)	
<i>Liliane Pereira Campos</i> <i>Gasparino Batista de Sousa</i> <i>Alexandra Vieira Dourado</i> <i>Tamires Soares da Silva</i> <i>Mireia Ferreira Alves</i> <i>Barbemile de Araújo de Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>160</b>
DEPOSIÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina dos Santos Padilha</i> <i>Walmer Bruno Rocha Martins</i> <i>Gracialda Costa Ferreira</i> <i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i> <i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>171</b>
DEPOSIÇÃO DE MICRONUTRIENTES DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina Dos Santos Padilha</i> <i>Walmer Bruno Rocha Martins</i> <i>Gracialda Costa Ferreira</i> <i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i> <i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141218</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>183</b>

## BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM DIFERENTES USOS DO SOLO NA REGIÃO DO CERRADO - MUNICÍPIO DE PALMAS, TO

### Lidia Justen

Universidade Estadual do Tocantins-UNITINS,  
Engenharia Agrônômica  
Palmas -TO.

### Michele Ribeiro Ramos

Universidade Estadual do Tocantins-UNITINS,  
Engenharia Agrônômica  
Palmas -TO.

### Nayara Monteiro Rodrigues

Universidade Estadual do Tocantins-UNITINS,  
Engenharia Agrônômica

### Alexandre Uhlmann

Embrapa Florestas – Colombo - PR

**RESUMO:** O estudo da quantidade e da atividade da biomassa microbiana pode fornecer subsídios importantes para o planejamento do uso correto da terra. Este trabalho tem como objetivo compreender as relações existentes entre o uso e a Respiração e Biomassa Microbiana do solo. Os tratamentos foram uma área sob pastagem, outra cultivada com *Eucalyptus* spp., outra com banana orgânica e outra área com agricultura convencional. A Respiração microbiana (RMS) foi determinada pelo método da captura, em solução de NaOH, do CO<sub>2</sub> evoluído do solo com uso de câmaras de incubação. A biomassa microbiana do solo (BMS), foi determinada pelo método da Respiração Induzida pelo Substrato (RIS). Os valores médios encontrados para

RMS: 0,28 C-CO<sub>2</sub> mg Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, 0,84 C-CO<sub>2</sub> mg Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, 1,08 C-CO<sub>2</sub> mg Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> e 1,54 C-CO<sub>2</sub> mg Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente solos sob agricultura, pastagem, eucalipto e banana orgânica. O solo sob cultivo orgânico apresentando os maiores valores, apontando um maior aporte de material orgânico quando comparados com os outros usos. Para BMS, o resultado médio encontrado foi 65,21 µg C g<sup>-1</sup>, 181,2 µg C g<sup>-1</sup>, 237,3 µg C g<sup>-1</sup> e 237,3 µg C g<sup>-1</sup>, respectivamente solos sob agricultura, eucalipto, pastagem, e banana orgânica. O resultado idêntico nas áreas de pasto e banana podem ser justificados pela maior quantidade de matéria orgânica, seja pela adubação orgânica aplicada no cultivo da banana, seja pelo esterco dos animais no período em que estão pastejando na área. Os diferentes usos do solo demonstraram alterar os atributos biológicos do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioindicadores; qualidade ambiental; matéria orgânica.

**ABSTRACT:** The study of the amount and activity of microbial biomass can provide important inputs for planning the correct use of the earth. This work aims to understand the relationship between the use of Breath and Microbial Biomass of the soil. The treatments were an area under pasture, another cultivated with *Eucalyptus* spp., Another with organic banana and another area with conventional

agriculture. Microbial respiration (RMS) was determined by the NaOH solution capture method of CO<sub>2</sub> evolved from the soil using incubation chambers. Soil microbial biomass (BMS) was determined by the Substrate Induced Breathing (RIS) method. The average values found for RMS were: 0.28 C-CO<sub>2</sub> mg Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, 0.84 C-CO<sub>2</sub> mg Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, 1.08 C-CO<sub>2</sub> mg Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, 54 C-CO<sub>2</sub> mg kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, respectively under agriculture, pasture, eucalyptus and organic banana. The soil under organic cultivation presented the highest values, indicating a greater contribution of organic material when compared with the other uses. For BMS, the average result was 65.21 µg C g<sup>-1</sup>, 181.2 µg C g<sup>-1</sup>, 237.3 µg C g<sup>-1</sup> and 237.3 µg C g<sup>-1</sup>, respectively soils under agriculture, eucalyptus, grassland, and organic banana. The same result in the areas of pasture and banana can be justified by the greater amount of organic matter, either by the organic fertilization applied in the banana cultivation, or by the manure of the animals in the period in which they are grazing in the area. The different uses of the soil have shown to alter the biological attributes of the soil.

**KEYWORDS:** Bioindicators; environmental quality, organic matter.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro destaca-se entre os biomas tropicais por apresentar grande potencial agrícola e produtor de grãos, carne, fibras e, mais recentemente, de energia (biocombustíveis). No entanto, em razão da expansão agrícola e da forte pressão do agronegócio, foram incorporadas ao sistema de produção áreas que possuem solos com baixa aptidão agrícola, isso intensifica a degradação das espécies em seus ambientes naturais, seja da fauna ou da flora, por meio da destruição dos mesmos (ASSIS et al., 2014).

Diferentes sistemas de uso e manejo do solo podem levar a uma drástica redução na diversidade biótica do solo, seja imediatamente, através da perda da cobertura vegetal nativa, ou em longo prazo, através dos efeitos secundários, onde a perda da vegetação afeta as condições físico-químicas, a fertilidade do ambiente e a ciclagem de nutrientes.

Segundo Paulucio et al. (2017), fatores como cobertura vegetal, propriedades químicas e físicas do solo e as condições climáticas influenciam a atividade e a composição da microbiota do solo. Quanto à cobertura vegetal, cada espécie tem capacidade diferente de produção de fitomassa, e também sua qualidade depende da espécie dentro do mesmo clima e solo. Ainda segundo o mesmo, a importância dos organismos do solo é inquestionável, pois eles são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e pela ciclagem de nutrientes, que são fundamentais para a vida do planeta.

A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores. Estes são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade microbiológica do solo são bastante

sensíveis, e a utilização deles pode indicar tanto problemas, como melhorias no ambiente edáfico, previamente aos indicadores físicos e químicos (ANTONIOLLI et al., 2015).

Dentre os principais indicadores microbiológicos utilizados para avaliar a qualidade do solo, destacam-se a determinação do C da biomassa, respiração microbiana e atividade enzimática do solo (BALOTA et al., 2014). A biomassa microbiana é um indicador sensível a mudanças no ecossistema, pois representa o destino inicial do C em transformação, e é uma das principais fontes de produção do CO<sub>2</sub> e das enzimas do solo (MOREIRA, 2006).

A respiração basal microbiana reflete a velocidade de decomposição de um resíduo orgânico adicionado ao solo. Quando essa atividade microbiana é alta ocorre maior decomposição e, conseqüentemente, liberação de nutrientes para as plantas; porém, também pode significar perdas de C do solo, em longo prazo (SOUZA et al., 2010).

Onde a compreensão do comportamento dos microrganismos do solo é fundamental para auxiliar nos programas de manejo e conservação do solo e para a utilização dos recursos naturais, melhorando a produção florestal ou agrícola com menores impactos à microbiota e conseqüentemente na qualidade do solo.

Este trabalho tem como objetivo compreender as relações existentes entre o manejo do solo e a atividade de microrganismos como bioindicadores da qualidade do solo, em diferentes sistemas de uso do solo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo está situada no Complexo de Ciências Agrárias – CCA da Fundação Universidade do Tocantins – UNITINS, inserido no Centro Agrotecnológico de Palmas – CAP, na região central do Estado do Tocantins, Brasil, e localizado geograficamente sob as coordenadas aproximadas de 10°20'00" S e 10°27'00" S de latitude e 48°15'00" Wgr e 48°20'00" Wgr de longitude, a uma altitude de 213 metros. Situa-se a aproximadamente 32 km do município de Palmas – TO, e a 10 km da TO 050, sentido Palmas-Porto Nacional.

Os tratamentos estudados corresponderam a diferentes usos de solo. Assim seguem:

- Agricultura Convencional: Caracterizada por intenso e frequente revolvimento do solo, com longos períodos de solo exposto sem cobertura vegetal.
- Banana orgânica: Experimento implantado em março de 2012, utilizando a cultivar Thap Maeo, os tratamentos eram constituídos por três tipos de cobertura do solo (vegetação espontânea, feijão-de-porco e calopogônio). Sendo adotado adubação orgânica, constituída de 100 kg de N. ha<sup>-1</sup> na for-

ma de cama de frango, 100 kg de P. ha<sup>1</sup> na forma de termofosfato magnesia-no e 170 kg de K. ha<sup>-1</sup> na forma de cinza.

- Floresta plantada de Eucalipto: Unidades clonais de *Eucalyptus sp.* implantadas apenas para manutenção dos indivíduos á campo. Sem qualquer tipo de adubação ou tratos culturais ou longos dos anos, funcionando como um banco de germoplasma.
- Pastagem: Implantado pela Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa Cerrados / UEP-TO e Embrapa Gado de Corte, em dezembro de 2004, se constitui em uma unidade física de 15 hectares subdivididos em 8 piquetes de pastagem de *Urochloa brizantha cv. Xaraés* no Centro Agrotecnológico de Palmas, (CAP). O solo onde foi instalada essa unidade no período das águas sofre saturação por elevação do lençol freático. Na implantação da pastagem o solo foi calcareado e fosfatado (superfosfato simples) seguindo o recomendado para a espécie forrageira. A partir de maio de 2007 deu-se início ao pastejo da área com lotação média de 1,44 UA/ha.

## 2.2 Amostragem a campo

A ferramenta utilizada na coleta de solo foi o trado holandês, onde para cada amostra de solo foram coletados cerca de 1000 g do mesmo, no seu horizonte A; com aproximadamente 20 cm de profundidade. Para a área de pastagem foram coletadas 21 amostras de solo, para a área floresta plantada de eucalipto 14 amostras, para a área de banana orgânica 10 amostras e para a área de agricultura convencional 7 amostras. O número de amostras coletado por área variou conforme o tamanho de cada área. As amostras foram transferidas para um saco plástico de polietileno limpo e sem uso. Após a coleta, as amostras foram transportadas para o laboratório de Física do solo da Universidade Estadual do Tocantins.

## 2.3 Determinação da capacidade de retenção de água do solo

A capacidade de retenção de água do solo foi determinada conforme Monteiro e Frighuetto (2000), descrita por Dionísio et al. (2016). Primeiramente para cada amostra, foi separado um conjunto formado por funil de vidro, papel filtro quantitativo faixa preta de filtragem rápida (diâmetro de 15 cm) e um frasco de vidro para coletar a água percolada.

Então pesou-se 50,0 g de solo úmido coletado conforme item anterior, previamente tamizado em peneira número 10 (abertura de 2,00 mm) e foi transferido com auxílio de uma espátula para o funil. Em um béquer foi pesado em balança analítica 100 g de água destilada e adicionada ao solo no funil em pequenos volumes.

Cobriu-se o funil com filme plástico e deixou as amostras em temperatura ambiente. No dia seguinte, após decorrido o período de 24 horas, retirou-se a água retida na haste do funil, com batidas suaves no suporte e pesou-se o frasco coletor contendo a água percolada.

Para o cálculo da determinação da capacidade de retenção (CR) de água do solo utilizou-se a seguinte fórmula:

$$CR (\%) = [(100-AP) + AS] / SS \times 100$$

Em que:

AP: água percolada (g);

AS: água existente no solo (g); e

SS: massa do solo seco (g), obtido após a secagem do solo úmido (50 g) em estufa (105 °C) até massa constante.

A partir da determinação da CR (%) é necessário determinar a capacidade de retenção de água estabelecida à 60% da CR, onde usou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Capacidade de retenção estabelecida} = CR \times 0,6$$

Por fim com a capacidade de retenção estabelecida calculou-se a quantidade necessária de água a adicionar ao solo para atingir CR (60%) com a seguinte fórmula:

$$\text{Água (mL)} = CR (60\%) - AS.$$

## 2.4 Respiração Microbiana

Para a determinação da respiração microbiana do solo utilizou-se a metodologia de respiração do solo em sistema estático, método de ALEF (1995), descrita por Dionísio et al. (2016). Primeiramente pesou-se 50,0 g de solo úmido para determinar a massa de solo seco, levando para estufa de secagem a 105,0°C por 24,0 horas.

Após pesou-se 100,0 g de solo úmido, previamente tamizado, em peneira número 10 (abertura de 2,0 mm), em triplicata, e transferiu para um frasco de plástico com tampa hermética, fez-se a correção da umidade do solo e dentro do frasco de plástico foi posto um recipiente plástico de 75,0 mL contendo 15,0 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 N padronizado para capturar o CO<sub>2</sub> produzido e outro recipiente plástico contendo 10,0 mL de água destilada para manter a umidade do ambiente.

Também foi realizado a prova em branco, que corresponde a um frasco de plástico contendo apenas um recipiente plástico com 15,0 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 N padronizado e outro contendo 10,0 mL de água destilada.

Os frascos foram fechados hermeticamente e incubados em estufa a 25,0°C por uma semana (168,0 h). Após o período de incubação, foi retirado dos frascos de plástico os recipientes contendo o hidróxido de sódio (NaOH) e adicionado 1,0 mL de cloreto de bário (BaCl<sub>2</sub>) à 50,0% e duas gotas de fenolftaleína. Após a padronização, titulou-se o excesso de hidróxido de sódio (NaOH) com ácido clorídrico (HCl) 0,5 N. A respiração basal do solo (RBS) foi calculada usando-se a fórmula abaixo.

$$RBS \text{ ou RIS (C-CO}_2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}) = \{(b - a) \times N \times E \times 1.000\} / g / h$$

Em que:

b: Volume de HCl gasto na prova em branco;

a: Volume de HCl gasto na amostra;

E: Equivalente do carbono;

N: Normalidade do HCl;  
g: Massa de solo seco; e  
h: horas de incubação.

## 2.5 Biomassa Microbiana

Utilizou-se a metodologia de Respiração Induzida pelo Substrato (RIS) (ANDERSON; DOMSCH, 1978 apud DIONÍSIO et al., 2016). Onde primeiramente pesou-se 50,0 g de solo úmido para determinar a massa de solo seco, a amostra foi seca em estufa á 105,0°C por 24,0 horas.

Após a determinação da umidade do solo, pesou-se 50,0 g de solo úmido, que foi transferido para um frasco de plástico, com três repetições. Em cada amostra de solo foi acrescentado 60,0 mg de glicose anidra diluída em água destilada, calculada de acordo com a quantidade de água necessária para correção da umidade do solo para 60,0 %. O solo e a glicose foram devidamente homogeneizados com um bastão de vidro, e os potes foram fechados hermeticamente e pré-incubados em estufa a 22,0°C por 2,0h.

Após o período de incubação, colocou-se no frasco de plástico um recipiente plástico contendo 10,0 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 0,25 N, e voltou a incubar em estufa a 22,0°C por 4,0 h. Também foi realizado a prova em branco contendo apenas um frasco de plástico e um recipiente com 10,0 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,25 N.

Após o período de incubação, foi retirado dos frascos de plástico os recipientes contendo o hidróxido de sódio (NaOH) 0,25 N e adicionado 0,5 mL de cloreto de bário (BaCl<sub>2</sub>) 50,0% e duas gotas de fenolftaleína 0,1 %. E por fim a solução foi titulada com ácido clorídrico (HCl) 0,25 N e anotado a quantidade de ácido consumida. Para o cálculo da biomassa microbiana do solo utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{BMS } (\mu\text{g C g}^{-1}) = 30 (b - a) \times \{(K \times 22 \times 1.000) / (1,8295 \times \text{PA} \times 4)\}$$

Em que:

BMS: Carbono da Biomassa Microbiana ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ );

30: Constante ( $\text{mg Cmic h mL CO}_2^{-1}$ );

b: Média do volume (mL) de HCl gasto para titular as provas em branco;

a: ml HCl gasto para titular as amostras;

K: Concentração da solução de HCl;

22: Fator de conversão (1,0 mL de HCl 1,0 M corresponde a 22,0 mg de CO<sub>2</sub>);

1.000: Fator de conversão de kg de solo para g de solo;

1,8295: Densidade do CO<sub>2</sub> a 22 °C;

PA: Massa da amostra (g de solo seco); e

4: Fator de conversão para transformação de 4 para 1 h.

## 2.6 Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>)

O quociente metabólico foi calculado pela razão entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (ANDERSON E DOMSCH, 1978).

## 2.7 Análise estatística

As médias dos parâmetros biológicos dos solos entre os tratamentos foram avaliados através de ANOVA, aplicando-se testes *post-hoc* a fim de verificar a significância das diferenças par a par. Antes da análise, a presença de heterocedasticidade foi verificada pelo teste de Levene, aceitando H<sub>0</sub> quando p > 0,05. Também foi averiguada a normalidade da distribuição desses dados por meio do teste de Shapiro-Wilk. Complementarmente, os dados foram avaliados graficamente, de modo a atestar a obediência a estas premissas, que quando não cumpridas, foram corrigidas por meio de transformação dos dados (logarítmica, raiz quadrada, raiz cúbica e inversa) (QUINN; KEOUGH, 2002).

Inicialmente, as médias foram testadas, desconsiderando os efeitos da dependência espacial. Posteriormente, MEMs (Moran Eigenvector Maps) foram incorporados aos modelos para isolar o efeito da dependência espacial que costuma inflar o erro tipo I (DINIZ-FILHO et al., 2003; PERES-NETO et al., 2006; PERES-NETO; LEGENDRE, 2010;). Os MEMs foram gerados através de autovetores extraídos a partir de matriz binária de conectividades entre os pontos amostrais, a qual deriva de uma triangulação Delaunay, na qual somente os vizinhos mais próximos são considerados conectados (DRAY et al., 2006). Para obtenção dos MEMs foram utilizados os pacotes *tripack*, *spdep* (BIVAND et al., 2013; BIVAND; PIRAS, 2015) e *spacemakeR* (DRAY et al., 2006) no R (R CORE TEAM, 2012). Os MEMs foram escolhidos através de seleção automática, conforme proposto por Blanchet et al. (2008) utilizando o script publicado em Eisenlohr (2014).

A partição da variância foi conduzida através do argumento *varpart* do pacote *Vegan R* (OKSANEN et al., 2015), objetivando segregar a fração da variância explicada pelos elementos individuais do modelo (tratamento e espaço), a fração partilhada entre estes dois elementos, assim como aquela fração que, em geral, permanece inexplicada na forma de resíduos (PERES-NETO et al., 2006). A variação exclusivamente atribuída ao tratamento foi significativa, a ANOVA foi aplicada tendo os MEMs como co-variáveis a fim de atestar o efeito do tratamento independente do efeito do espaço.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Respiração Microbiana (RM) do solo

Com respeito à respiração microbiana (RM) do solo, a partir da Análise de Covariância (ANCOVA) aplicada aos dados, provou haver diferenças significativas

entre os tratamentos. Com a aplicação dos testes post-hoc indicou que as médias da Respiração Microbiana foram inferiores nos solos com agricultura convencional (0,28 mg.Kg<sup>-1</sup>) e maiores na área com plantio de banana orgânica (1,55 mg.Kg<sup>-1</sup>), sendo intermediárias nas áreas com pastagem e plantio de eucaliptos (0,85 mg.Kg<sup>-1</sup> e 1,08 mg.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente), conforme apresentado na Tabela 1.

Tratamento	Média de RM (em mg.Kg <sup>-1</sup> )/ tratamento	Grupos
Agricultura	0,28	A
Pastagem	0,85	B
Eucalipto	1,08	B
Banana orgânica	1,55	C

Tabela 1 – Resultados da aplicação do teste *post-hoc* (HSD) sobre os dados de média da Respiração Microbiana, (RM em mg.Kg<sup>-1</sup>) a fim de verificar o efeito dos tratamentos (áreas plantadas com eucalipto, banana orgânica, agricultura e pastagem).

A alta atividade biológica na área de cultivo de banana orgânica deve-se à aplicação constante de compostos orgânicos e palhada, que proporciona a presença de matéria orgânica com grandes quantidades de carbono prontamente disponível. A alta atividade microbiana é uma característica desejável, uma vez que pode significar rápida transformação de resíduos orgânicos em nutrientes para as plantas (TU et al., 2006).

Sampaio et al. (2008) quando avaliou a qualidade biológica de solos sob cultivo convencional e orgânico de frutas localizado no município de Parnaíba, norte do estado do Piauí, observou que solos com cultivo orgânico apresentaram maior respiração basal (liberação de CO<sub>2</sub>) que os demais solos, indicando maior atividade da biomassa microbiana nesse sistema.

Também foi observado na área de banana orgânica um grande número de plantas invasoras, já que essa área deixou de ser manejada, indicando uma maior diversidade de espécies vegetais na área de estudo. Partindo do princípio que a BMS é regulada pela disponibilidade de substrato orgânico, o solo cultivado com banana tem um maior aporte de material quando comparados com os outros usos. Apesar de valores elevados de RMS poderem apontar para uma situação de estresse, indicando maior consumo de energia, o resultado da alta atividade de respiração basal pode estar indicando o fornecimento contínuo de materiais orgânicos com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição, que pode ser o caso da área em questão.

De acordo com Dias et al. (2010), os valores da respiração basal do solo em monocultivos são menores do que em cultivos com mistura de várias espécies, sendo assim a riqueza de espécies afeta a Respiração Microbiana do solo por meio de mudanças na biomassa, que é maior nos sistemas de maior diversidade de espécies.

Apesar das áreas de eucalipto e pastagem não se diferirem estatisticamente, o valor superior de respiração microbiana do solo na área de eucalipto pode ser explicado pelo tipo e falta de diversidade do material orgânico encontrado na área. Tendo em vista que plantios florestais homogêneos apresentam substrato mais lignificado e

menos diversificado, exigindo um maior consumo de energia para decompor o material orgânico.

### 3.2 Biomassa Microbiana do Solo (BMS)

Os resultados analíticos da comparação de médias da Biomassa Microbiana no Solo (BMS) pela análise de covariância, indicaram haver diferenças significativas entre os tratamentos. Com a aplicação dos testes post-hoc indicou que BMS (Tabela 2) foi significativamente maior na área de cultivo de banana orgânica e pastagem plantada (237,35 mg.Kg<sup>-1</sup> e 237,29 mg.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente). A menor média de BMS foi verificada na área de agricultura (65,21 mg.Kg<sup>-1</sup>), mas esta não diferiu da média verificada para área com cultivo de eucaliptos (181,19 mg.Kg<sup>-1</sup>) que, por sua vez, também não apresentou diferenças significativas das médias do grupo formado pelas áreas de pastagem e banana orgânica.

Tratamento	Média de RMS (em mg.Kg <sup>-1</sup> )/ tratamento	Grupos
Agricultura	65,21	A
Eucalipto	181,19	AB
Pastagem	237,29	B
Banana orgânica	237,35	B

Tabela 2 – Resultados da aplicação do teste *post-hoc* (HSD) sobre os dados de média da Biomassa Microbiana do solo, (BMS), em mg.Kg<sup>-1</sup> a fim de verificar o efeito dos tratamentos (áreas plantadas com eucalipto, banana orgânica, agricultura e pastagem).

Os elevados valores de BMS das áreas de cultivo de banana orgânica e pastagem plantada, possivelmente estão ligados a uma maior quantidade de resíduos orgânicos no solo. Portanto o resultado, praticamente idêntico encontrado nas áreas de pasto e banana podem ser justificados pelo maior aporte de matéria orgânica nesses sistemas, seja pela adubação orgânica aplicada como fonte de nutrientes no cultivo da banana, seja pelo esterco dos animais no período em que estão pastando na área de pastagem. Segundo Matsuoka et al. (2003) e Perez et al. (2004), a decomposição de resíduos orgânicos, a grande quantidade de raízes e o acúmulo de serrapilheira estimulam a manutenção da microbiota do solo por apresentar menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade.

Xavier et al. (2006) que realizou estudos sobre a BMS sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba – CE, observou que os teores de carbono microbiano obtidos nas áreas de cultivo orgânico não diferiram dos teores obtidos na área sob vegetação nativa, isso geralmente ocorre se o sistema de cultivo estiver bem equilibrado.

Resultados semelhantes foram encontrados para área de pastagem, onde Araújo et al. (2007) que avaliou a qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo, observou que o C da biomassa microbiana (Cmic) de uma área de pastagem plantada e área sob cerrado nativo, não diferiram estatisticamente, isso se deve pôr as áreas

de pastagem com gramíneas forrageiras, apresentarem um intenso desenvolvimento radicular na camada superior do solo, favorecendo a atividade biológica.

Apesar do solo sob plantio florestal não diferir estatisticamente das áreas de banana e pastagem, os resultados inferiores da BMS na área de eucalipto, apesar do mesmo apresentar uma camada significativa de serapilheira, pode ser explicado pela presença de substâncias com atividade antimicrobiana encontradas na serapilheira que dificultam a sobrevivência e o crescimento dos diferentes grupos de microrganismos do solo (Alvarenga et al., 1999).

Silva et al. (2010) também obtiveram baixos valores de CBM em plantios de *Eucalyptus*, que apesar de ausência de manejo do solo após o plantio do eucalipto, fato que se assemelha ao presente estudo, ainda apresentou CBM significativamente inferior a uma área de Cerrado.

Segundo Gama-Rodrigues et al. (2008); Silva et al. (2009) as reduções no CBM, possivelmente, refletem alterações associadas à quantidade e à qualidade dos resíduos vegetais disponíveis à microbiota, pois a baixa qualidade nutricional da matéria orgânica faz com que a microbiota seja incapaz de utilizar totalmente o C orgânico.

A área com agricultura convencional foi o tratamento que apresentou os menores valores de Biomassa Microbiana no solo, fato esse que pode ser explicado por Reganold et al. (2000), afirmando que o plantio convencional, devido ao manejo dado ao solo, reduz o CBM, por envolver processos de baixa manutenção de cobertura vegetal, maior aplicação de agroquímicos e maior revolvimento do solo; resultado que se assemelham ao presente estudo.

No caso dos sistemas convencionais, o revolvimento sistemático do solo contribui para provocar perturbações promotoras de estresse na população microbiana e, uma vez que as adições de carbono nesses sistemas são menores, os microrganismos terminam por consumir o carbono orgânico do solo, causando sua redução. (D'ANDRÉA et al., 2002).

### 3.3 Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>)

O Quociente Metabólico (qCO<sub>2</sub>) que, a exemplo dos demais, provou haver diferenças significativas entre os tratamentos. Com a aplicação do teste *post-hoc* (HSD) sobre os dados de média do Quociente Metabólico, o menor valor de qCO<sub>2</sub> foi verificada nos solos de pastagem (0,0028), que não diferiu estatisticamente dos solos com uso agrícola (0,0050), mas foi estatisticamente diverso das áreas com plantio de eucaliptos (0,0062) e banana orgânica (0,0065). Estes três últimos tratamentos não atingiram valores médios diferentes entre si. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tratamento	Média da QM/tratamento	Grupos
Eucalipto	0,0062	A
Banana orgânica	0,0065	A
Agricultura	0,0050	AB
Pastagem	0,0028	B

Tabela 3 – Resultados da aplicação do teste *post-hoc* (HSD) sobre os dados de média do Quociente Metabólico a fim de verificar o efeito dos tratamentos (áreas plantadas com eucalipto, banana orgânica, agricultura e pastagem).

Alguns autores (SILVA et al., 2010; GOMIDE et al., 2011; MELLONI et al., 2013), relatam que a ocorrência de altos valores de  $qCO_2$  é um indicativo que os microrganismos estão em condições de estresse, fazendo com que os mesmos consumam uma grande quantidade de substrato, ocasionando maiores gastos de energia para a manutenção da comunidade de microrganismos.

Sousa (2014), relata que quanto maior a frequência e diversificação do material disponível para a decomposição pelos microrganismos, menores  $qCO_2$  serão apresentados nestes ambientes e mais estáveis serão suas comunidades, pois não serão submetidas a períodos de estresse.

A área de pastagem apresentou os menores valores de  $qCO_2$ , demonstrando que a comunidade microbiológica presente nesse solo possui alta eficiência, deixando de perder carbono para a atmosfera pela emissão dióxido de carbono na Respiração Basal do solo, possibilitando que uma quantidade maior de carbono seja incorporado a biomassa, como fica evidenciado na tabela 2, mostrando altos valores de BMS para essa área.

A área de agricultura convencional também apresentou valores baixos para o  $qCO_2$  o que indica que a comunidade microbiológica desse solo é considerada eficiente na conversão de C-  $CO_2$  evoluído por unidade de C microbiano. Porém vale ressaltar, que a área de Agricultura apresentou os menores valores tanto para Respiração quanto para Biomassa Microbiana quando comparadas as demais áreas (Figura 1 e 2 respectivamente). Isso indica que apesar do solo não estar em uma condição de estresse, também não possui grande quantidade de matéria orgânica no solo para elevar a sua atividade microbiana.

As áreas de eucalipto e cultivo de banana orgânica apresentaram os maiores valores de  $qCO_2$  (0,0062 e 0,0065 respectivamente), não diferindo estatisticamente. Os valores mais altos do  $qCO_2$  na área de Banana, apesar da mesma apresentar os maiores valores tanto para Respiração como para Biomassa Microbiana (Tabela 1 e 2 respectivamente), pode ser explicada pelo grande aporte de matéria orgânica na área aumentando a atividade e gasto de energia dos microrganismos para decomposição, liberando mais  $CO_2$  na atmosfera, representado pela alta RMS. Porém em contrapartida também é o solo que possui a maior massa de microrganismos vivos no solo, representada pela BMS.

Apesar dos diferentes sistemas de cultivo e uso apresentarem diferença

estatística entre os tratamentos (Agricultura convencional, eucalipto, banana orgânica e pastagem) os valores encontrados para o  $qCO_2$  ainda são considerados muito baixos para se considerar que os resultados encontrados no presente trabalho estão causando um estresse na microbiota do solo. Pois segundo Anderson (2003), de maneira geral, podem ser considerados valores críticos de  $qCO_2$  quando o mesmo se apresentar em torno de 2,0 que indica estresse da comunidade microbiana.

## 4 | CONCLUSÕES

Os usos do solo demonstraram alterar os atributos biológicos testados, demonstrando diferença estatística significativa entre as áreas avaliadas. A adoção do sistema orgânico aumentou a atividade microbiana e o conteúdo de carbono orgânico do solo, mostrando benefícios para esse sistema agrícola.

De modo geral solos manejados com sistemas que conferem maior aporte de material orgânico apresentam maiores taxas de respiração microbiana e biomassa microbiana no solo, quando comparados com outros sistemas produtivos de menor fornecimento de matéria orgânico.

A entrada de grande quantidade de resíduos lignificados e de baixa diversidade no sistema tende a gerar algum tipo de estresse à comunidade microbiana.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M.; SIQUEIRA, J.; DAVIDE, A. **Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de Cerrado com diferentes usos**. Ciênc. agrotec., Lavras, v.23, n.3, p.617-625, 1999.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. **A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils**. Soil Biology & Biochemistry, v.10, p. 215-221, 1978.
- ANDERSON, T.H. **Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality**. Agriculture, Ecosystems and Environment. Cambridge, v.98, p.285–293, 2003.
- ANTONIOLLI, Z. I., et al. **Indicadores Microbiológicos de Solo em Pastagem com Aplicação Sucessiva de Dejetos De Suínos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, vol.39 n.6, 2015.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1099-1108, 2007.
- ASSIS, P. C. R. et al. **Fungos micorrízicos arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas no cerrado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.38 n.6 Viçosa, 2014.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; MATOS, M. A. **Soil microbial biomass under different tillage and levels of applied pig slurry**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 5, p. 487-495, 2012.
- BIVAND, R., HAUKE, J., KOSSOWSKI, T. **Computing the Jacobian in Gaussian Spatial**

- Autoregressive Models: An Illustrated Comparison of Available Methods.** Geogr. Anal. V.45, p.150–179, 2013.
- BIVAND, R.; PIRAS, G. **Comparing Implementations of Estimation Methods for Spatial Econometrics.** J. Stat. Softw.v.63, p.1–36, 2015.
- D'ANDRÉA, A. F. et al. **Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, p.913-923, 2002.
- DIAS, A. T. C.; VAN R. J.; BERENDSE, F. **Plant species richness regulates soil respiration through changes in productivity.** Oecologia, v. 163, n. 3, p. 805-813, 2010.
- DINIZ-FILHO, J.A.F., BINI, L.M., HAWKINS, B.A. **Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology.** Glob. Ecol. Biogeogr, v.12, p.53–64, 2003.
- DIONÍSIO, J.A. et al. **Guia Prático de Biologia do solo.** Curitiba: SBCS/NEPAR, 2016. 152 p.
- DRAY, S., LEGENDRE, P., PERES-NETO, P.R. **Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM).** Ecol. Modell. v.196, p. 483–493, 2006.
- EISENLOHR, P. V. **Persisting challenges in multiple models: a note on commonly unnoticed issues regarding collinearity and spatial structure of ecological data.** Brazilian J. Bot. V.37, p. 365–371, 2014.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; VIANA, A.P.; SANTOS, G.A. **Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1489-1499, 2008.
- GOMIDE, P.H.O.; SILVA, M.L.N.; SOARES, C.R.F.S. **Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, p. 567-577, 2011.
- MATSUOKA, M.; MENDES, L.C. & LOUREIRO, M.F. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.7, p.425-433, 2003.
- MELLONI, R. et al. **Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.37, n.1, p.66-75, 2013.
- MOREIRA, F.M.S. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Ufla, 2006.
- OKSANEN, J., et al. **Vegan: Community Ecology Package.** R package version 2.2-1. 2015.
- PAULUCIO, V. O. et al. **Reforestation of a degraded area with eucalyptus and sesbania: microbial activity and chemical soil properties.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 41, 2017.
- REGANOLD, J. P.; GLOVER, J.D.; ANDREWS, P.K. **Systematic method for rating soil quality of conventional, organic and integrated apple orchards in Washington State.** Agricultural Ecosystem e Environmental, v. 80, p. 29-45, 2000.
- PEREZ, K.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C. **Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados.** Pesq. Agropec. Bras., v. 39, p. 567-573, 2004.

Peres-Neto, P.R., Legendre, P. **Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities**. Glob. Ecol. Biogeogr. V.19, p. 174–184, 2010.

Peres-Neto, P.R., Legendre, P., Dray, S., Borcard, D. **Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparisons of fractions**. Ecology. v.87, p.2614, 2006.

Quinn, G.P., Keough, M.J. **Experimental Design and Data Analysis for Biologists**. Press, Cambridge University, Cambridge.2002.

R TEAM, DEVELOPMENT CORE. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. 2012.

SAMPAIO, D. B. et al. **Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas**. Ciênc. agrotec. vol.32, n.2, Lavras, 2008.

SILVA, L.G.; MENDES, I.C.; REIS JÚNIOR, F.; FERNANDES, M.F.; MELO, J.T.; KATO, E. **Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de Cerrado em plantio de espécies florestais**. Pesq. Agropec. Bras., v.44, p. 613-620, 2009.

SILVA, R. R. et al. **Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p. 1585-1592, 2010

SOUSA, H. M. **Atributos microbiológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária no ecótono Cerrado-Amazônia**. Dissertação (Pós-Graduação em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 2014.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F. & MARTINS, A.P. **Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, p.79-88, 2010.

TU, C.; RISTAINO, J. B.; HU, S. **Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: effects of organic inputs and straw mulching**. Soil Biology & Biochemistry, Elmsford, v. 38, p. 247-255, 2006.

XAVIER, F. A. S., et al. **Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba – CE**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.30, p.247-258, 2006.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**ALAN MARIO ZUFFO** Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan\_zuffo@hotmail.com

**JORGE GONZÁLEZ AGUILERA** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estreses abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-008-7



9 788572 470087