

Elementos da Natureza e Propriedades do Solo Vol. 2

Atena Editora



Atena Editora

**ELEMENTOS DA NATUREZA E PROPRIEDADES DO
SOLO - Vol. 2**

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Profª Drª Adriana Regina Redivo – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Pesquisador da 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. Carlos Javier Mosquera Suárez – Universidad Distrital de Bogotá-Colombia
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. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
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)

Atena Editora.
A864e Elementos da natureza e propriedades do solo – Vol. 2 [recurso eletrônico] / Atena Editora. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.
6.009 kbytes – (Ciências Agrárias; v.2)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-85-93243-66-0
DOI 10.22533/at.ed.660182302

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.
I. Título. II. Série.

CDD 631.44

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 respectivos 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

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Sumário

CAPÍTULO I

ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Maria do Carmo Silva Barreto, André Luís de França Dias, Márcia do Vale Barreto Figueiredo, Carlos Henrique Azevedo Farias, Marta Ribeiro Barbosa, Alexandra de Andrade Santos e Arnóbio Gonçalves de Andrade..... 8

CAPÍTULO II

ADUBAÇÃO COM BIOFERTILIZANTE E COMPOSTO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA BATATA-DOCE

Marivaldo Vieira Gonçalves, João Paulo Ferreira de Oliveira, Jéssyca Dellinhares Lopes Martins, Marcos de Oliveira e Mácio Farias de Moura 17

CAPÍTULO III

ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO COENTRO NO OESTE DA BAHIA

Luciano Nascimento de Almeida, Weslei dos Santos Cunha, Charles Cardoso Santana, Letícia da Silva Menezes, Erlane Souza de Jesus e Adilson Alves Costa.. 27

CAPÍTULO IV

AGRICULTURA CONSERVACIONISTA NA PRODUÇÃO FAMILIAR DO JURUÁ, ACRE

Falberni de Souza Costa, Marcelo André Klein, Manoel Delson Campos Filho, Francisco de Assis Correa Silva, Nilson Gomes Bardales e Antônio Clebson Cameli Santiago 36

CAPÍTULO V

ANALISE DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM UM SISTEMA DE CULTIVO EM ALÉIAS PARA A CULTURA DO MILHO NO TRÓPICO ÚMIDO

Djanira Rubim dos Santos, Georgiana Eurides de Carvalho Marques, Jhuliana Monteiro de Matos, Andrey Luan Marques Melo e Emanuel Gomes de Moura 48

CAPÍTULO VI

ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADO COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

Aline Azevedo Nazário, Edson Eiji Matsura, Ivo Zution Gonçalves, Eduardo Augusto Agnellos Barbosa e Leonardo Nazário Silva dos Santos 57

CAPÍTULO VII

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO DEGRADADO EM FUNÇÃO DA ADOÇÃO DE BIOCHAR, CULTURAS DE COBERTURA E RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

Eduardo Pradi Vendruscolo, Aguinaldo José Freitas Leal, Marlene Cristina Alves, Epitácio José de Souza e Sebastião Nilce Souto Filho 68

CAPÍTULO VIII

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE PLANTAS DE COBERTURA E DESCOMPACTAÇÃO MECÂNICA

Vagner do Nascimento, Marlene Cristina Alves, Orivaldo Arf, Epitácio José de Souza, Paulo Ricardo Teodoro da Silva, Michelle Traete Sabundjian, João Paulo Ferreira e Flávio Hiroshi Kaneko..... 83

CAPÍTULO IX

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA DE UM SOLO AGRICULTÁVEL DE CANA DE AÇÚCAR NO NORDESTE DO AMAZONAS

Fabíola Esquerdo de Souza e Gilvan Coimbra Martins..... 98

CAPÍTULO X

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SOLOS COM BARRAGEM SUBTERRÂNEA EM AGROECOSSISTEMAS DO SEMIÁRIDO

Wanderson Benerval de Lucena, Gizelia Barbosa Ferreira, Maria Sonia Lopes da Silva, Márcia Moura Moreira, Maria José Sipriano da Silva e Mauricio da Silva Souza 109

CAPÍTULO XI

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE CHERNOSSOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COLÔNIA – BA

Monna Lysa Teixeira Santana, Marina Oliveira Paraíso Martins e Ana Maria Souza dos Santos Moreau 117

CAPÍTULO XII

BIOMASSA DE LEGUMINOSAS EM SOLO SALINO-SÓDICO SUBMETIDO A DIFERENTES CORRETIVOS

Rennan Salviano Terto, Josias Divino Silva de Lucena, Sebastiana Renata Vilela Azevedo, Geovana Gomes de Sousa, José Aminthas de Farias Júnior e Rivaldo Vital dos Santos 125

CAPÍTULO XIII

BIOPOLÍMEROS SINTETIZADOS POR DUAS ESTIRPES DE *Rhizobium tropici* SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

Alexandra de Andrade Santos, Maria Vanilda dos Santos Santana, Josemir Ferreira da Silva Junior, Adália Cavalcanti do Espírito Santo Mergulhão, José de Paula Oliveira e Márcia do Vale Barreto Figueiredo 132

CAPÍTULO XIV

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E RESISTÊNCIA À METAIS PESADOS DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS ISOLADAS DE PLANTAS DE BRACHIARIA DECUMBENS CRESCIDAS EM SOLO CONTAMINADO

Camila Feder do Valle, Sael Sánchez Elias, Vera Lúcia Divan Baldani e Ricardo Luiz Louro Berbara 140

CAPÍTULO XV

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO NO MUNICÍPIO DE AREIA, PARAÍBA

Ian Victor de Almeida, Roseilton Fernandes dos Santos, Diego Alves Monteiro da Silva, Galileu Medeiros da Silva e Denizard Oresca 152

CAPÍTULO XVI

COMPARAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO APÓS QUINTO E SEXTO CORTES EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

Danyllo Denner de Almeida Costa, José Luiz Rodrigues Torres, Venâncio Rodrigues e Silva, Adriano Silva Araújo, Matheus Duarte da Silva Cravo e Gabriel Valeriano Alves Borges 159

CAPÍTULO XVII

COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO NO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

Karla Nascimento Sena, Kátia Luciene Maltoni, Glaucia Amorim Faria, Adriana Avelino dos Santos, Thaís Soto Boni e Maria Júlia Betíolo Troleis..... 168

CAPÍTULO XVIII

DESENVOLVIMENTO DO CAPIM-MARANDU COM O USO DE NP

Marianne Nascimento, Rafael Renan dos Santos, Osvaldo Henrique Gunther Campos e Suzana Pereira de Melo 178

CAPÍTULO XIX

DIVERSIDADE METABÓLICA DA COMUNIDADE BACTERIANA DA RIZOSFERA DE PLANTAS DE MILHO INOCULADAS COM *AZOSPIRILLUM* SP

Denise Pacheco dos Reis, Lívia Maria Ferraz da Fonseca, Talita Coeli D'Angelis de Aparecida Ramos, Christiane Abreu de Oliveira Paiva, Lauro José Moreira Guimarães e Ivanildo Evódio Marriel 191

CAPÍTULO XX

EFEITO DA COMPACTAÇÃO NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO APÓS O DESENVOLVIMENTO DE CULTURAS DE COBERTURA NO SUL DO AMAZONAS

Romário Pimenta Gomes, Anderson Cristian Bergamin, Milton César Costa Campos, Laércio Santos Silva, Vinicius Augusto Filla e Anderson Prates Coelho 201

CAPÍTULO XXI

EFEITO DO MANEJO CONSERVACIONISTA DO SOLO SOBRE A RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE COLEÓPTEROS SCARABAEIDAE NA CULTURA DO EUCALIPTO

Milany Cristina Barbosa Alencar, Isabel Carolina de Lima Santos, Vanesca Korasaki e Alexandre dos Santos 220

CAPÍTULO XXII

ESTABILIDADE DE AGREGADOS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA EM UM LATOSSOLO VERMELHO SOB *UROCHLOA BRIZANTHA* APÓS A APLICAÇÃO DE CAMA DE PERU

Maria Julia Betiolo Troleis, Cassiano Garcia Roque, Monica Cristina Rezende Zuffo Borges, Kenio Batista Nogueira, Andrisley Joaquim da Silva e Karla Nascimento Sena..... 235

CAPÍTULO XXIII

FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO EM ÁREA DE RESERVA LEGAL LOCALIZADO NO BREJO PARAIBANO

Kalline de Almeida Alves Carneiro, Auriléia Pereira da Silva, Lucina Rocha Sousa, Roseilton Fernandes dos Santos, Vânia da Silva Fraga e Vegner Hizau dos Santos Utuni 244

CAPÍTULO XXIV

INFLUÊNCIA DE RENQUES DE MOGNO AFRICANO NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Arystides Resende Silva, Agust Sales, Carlos Alberto Costa Veloso, Eduardo Jorge Maklouf Carvalho, Austrelino Silveira Filho e Bárbara Maia Miranda 255

CAPÍTULO XXV

PRODUÇÃO DE VERMICOMPOSTO ASSOCIADO A *Trichoderma* spp

Marília Boff de Oliveira, Cleudson José Michelin, Emanuele Junges, Lethícia Rosa Neto, Pâmela Oruoski e Caroline Castilhos Vieira..... 2656

CAPÍTULO XXVI

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA: RELAÇÃO OFERTA/DEMANDA, QUALIDADE E CAMPANHA DE CONSCIENTIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CARANGOLA, MINAS GERAIS

Michel Barros Faria e Marianna Catta Preta Tona Gomes Cardoso.....282

CAPÍTULO XXVII

TEORES DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E VEGETAÇÃO NATIVA NO CERRADO PIAUIENSE

Wesley dos Santos Souza, Jenilton Gomes da Cunha, Manoel Ribeiro Holanda Neto, Taiwan Carlos Alves Menezes, Patricia Carvalho da Silva, Ericka Paloma Viana Maia,

Mireia Ferreira Alves e Jessica da Rocha Alencar Bezerra de Holanda 2954

CAPÍTULO XXVIII

UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE SOLOS BRASILEIROS PARA
VALIDAÇÃO DOS ATRIBUTOS DA ORDEM DOS LATOSSOLOS

Eliane de Paula Clemente, Humberto Gonçalves dos Santos e Jeronimo Guedes
Pares..... 303

Sobre os autores.....311

CAPÍTULO I

ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA- DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Maria do Carmo Silva Barreto
André Luís de França Dias
Márcia do Vale Barreto Figueiredo
Carlos Henrique Azevedo Farias
Marta Ribeiro Barbosa
Alexandra de Andrade Santos
Arnóbio Gonçalves de Andrade

ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Maria do Carmo Silva Barreto
André Luís de França Dias
Márcia do Vale Barreto Figueiredo
Carlos Henrique Azevedo Farias
Marta Ribeiro Barbosa
Alexandra de Andrade Santos
Arnóbio Gonçalves de Andrade

RESUMO: Uma das alternativas recentemente lançadas para reduzir o volume de mudas necessário para a multiplicação de novas tecnologias e variedades de cana-de-açúcar é a utilização do sistema de Mudas Pré-Brotadas (MPB). O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho na fase inicial de multiplicação de MPB de cana-de-açúcar da variedade RB92579 utilizando substratos regionais. Os mini-rebolos de cana-de-açúcar foram tratadas termicamente a 52°C por 30 min e após germinação em bandejas contendo areia e vermiculita foram transplantados para tubetes (180mL) contendo os seguintes substratos: areia lavada e vermiculita (2:1), substrato comercial tropstrato, mistura de torta de filtro de cana-de-açúcar com bagaço de cana hidrolisado (1:1), mistura torta de filtro de cana-de-açúcar e pó de coco moído (1:1), mistura torta de filtro de cana-de-açúcar e terra turfosa (1:1), mistura terra turfosa e bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado (1:1), mistura terra turfosa e pó de coco (1:1), mistura terra turfosa + bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado + pó de coco (1:1:1) (1:1:1) e mistura terra turfosa com torta de filtro de cana-de-açúcar e pó de coco (1:1:1). Foram avaliados: número de folhas, altura das plantas, matéria seca da parte aérea das plantas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 7 repetições, submetidos à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey. Os melhores resultados para todas as variáveis estudadas foram observados nas mudas dos seguintes substratos: (T5) mistura torta de filtro de cana + terra turfosa (1:1) e (T9) mistura terra turfosa + torta de filtro de cana + pó de coco (1:1:1). Os resultados sugerem que estes substratos alternativos poderão incorporar ganhos produtivos no setor sucroalcooleiro.

PALAVRAS-CHAVE: Mini-rebolos, nutrição de plantas, substratos regionais.

1-INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é cultivada em quase todas as regiões agrícolas brasileiras (BALDANI et al., 2002), sendo o Brasil o maior produtor mundial com uma área plantada de aproximadamente nove milhões de hectares e uma produtividade estimada para a temporada 2017/2018 é de 73,728 Kg/ha (CONAB, 2017).

O cultivo de cana-de-açúcar a partir de mudas (LANDELL et al., 2012) tem proporcionado uma alta taxa de multiplicação. Nos últimos anos se têm buscado

métodos para reduzir o volume de colmos/mudas necessários para o plantio, com o objetivo de incorporação de ganhos produtivos através da mecanização do plantio e diminuição do uso de colmos que poderão ser moídos. Uma das alternativas recentemente lançadas é a utilização do sistema de Mudanças Pré-Brotadas (MPB) o qual é desenvolvido no âmbito público pelo Programa Cana do IAC. Esse sistema aborda a estrutura de brotação de maneira favorável para que a mesma ocorra, estabelecendo condições controladas (XAVIER et al., 2014), sendo um processo de baixa complexidade e de curto período de execução (AFERRI et al., 2016).

Existem vários tipos de materiais que podem ser utilizados para a formulação de substratos para o cultivo de plantas, além dos resíduos da agroindústria, podemos destacar: terra turfosas, vermiculita, areia lavada e substrato comercial. Grattapaglia & Machado (1998) destacam ainda perlita, casca curtida de eucalipto ou *Pinus*, palha de arroz carbonizada e pó de carvão. Outros autores recomendam casca de arroz carbonizada, pó de casca de coco seco e verde (SANTOS et al., 2006); mistura de areia/xaxim/húmus (SOUZA JUNIOR et al., 2001); solo, esterco bovino, Plantmax e composto orgânico, em diferentes proporções (MOREIRA et al., 2006), dentre outros.

A utilização de resíduos da agroindústria disponíveis regionalmente como componente para substratos pode propiciar a redução de custos, assim como auxiliar na minimização da poluição decorrente do acúmulo desses materiais no meio ambiente (FERMINO, 1996). Alguns destes resíduos são: pó de coco, bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado e torta de filtro de cana-de-açúcar.

O substrato influencia bastante no desenvolvimento e na aclimatização das mudas através de suas características físicas, químicas e biológicas, podendo ser considerado um bom substrato, aquele que proporciona boas condições de umidade, teor de nutrientes, disponibilidade de nutrientes e de água, macro e microporosidade, capacidade de troca de cátions, boa regeneração às raízes e uniformidade (COSTA et al., 2013). Por sua vez, o substrato pode ser obtido pela manipulação de diversos materiais variando apenas com o objetivo.

Desta forma, a busca por métodos que aprimorem o uso desta tecnologia a exemplo da utilização de substratos alternativos, visando o emprego de resíduos agrícolas disponíveis regionalmente, como componentes para substratos, pode propiciar a redução de custos, assim como auxiliar na minimização da poluição decorrente do acúmulo desses materiais no meio ambiente. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar nove diferentes substratos regionais no cultivo “*ex vitro*” de MPB de cana-de-açúcar da variedade RB92579 visando à utilização de resíduos agroindustriais viáveis e sustentáveis.

2-MATERIAL E MÉTODOS

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB92579, oriunda da Usina Miriri (PB) com idade de oito meses.

2.1 Condições experimentais

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE) localizado em Recife-PE. Os minirebolos com 5 cm de comprimento foram tratados termicamente a 52°C por 30 min e em seguida, com fungicida. Para a germinação, foram acondicionados em bandejas contendo 2 litros de areia lavada e vermiculita (2:1; v/v). Após 30 dias, as brotações com tamanho entre 15 e 20 cm foram transplantadas individualmente para tubetes de 180 cm³ onde permaneceram por 45 dias em estufa com temperatura de 35°C, irrigação controlada de 8 mm/dia e adubação foliar semanal por pulverização contendo K₂HPO₄ (5 g.L⁻¹), MgSO₄, (2,5 g.L⁻¹) Ca(NO₃)₂ (10 g.L⁻¹) e Coda-Mix® (1 ml.L⁻¹).

Para o cultivo foram utilizadas combinações de substratos que caracterizaram os seguintes tratamentos: T1 - areia lavada + vermiculita (2:1); T2 - substrato comercial Tropstrato®; T3 - torta de filtro de cana-de-açúcar + bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado (1:1); T4 - torta de filtro de cana-de-açúcar + pó de coco (1:1); T5 - torta de filtro de cana-de-açúcar + terra turfosa (1:1); T6 - terra turfosa + bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado (1:1); T7 - terra turfosa + pó de coco (1:1); T8 - terra turfosa + bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado + pó de coco (1:1:1) e T9 - terra turfosa + torta de filtro de cana-de-açúcar+pó de coco (1:1:1). As variáveis analisadas foram comprimento das plantas, utilizando uma régua de 1m, número de folhas, acúmulo de biomassa seca da parte aérea das plantas e das raízes aos 45 dias após plantio.

2.2 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 7 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

3- Resultados E DISCUSSÃO

Na avaliação do comprimento da parte aérea das mudas aos 45 dias após o plantio (Figura 1) foi observada diferença significativa com maiores comprimentos das plantas obtidos nos tratamentos T1 (73,6 cm), T4 (74,1 cm), T5 (75,9 cm), T7 (74,9 cm) e T9 (73,9 cm). Os tratamentos compostos por bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado obtiveram menores comprimentos indicando que este substrato não favorece o crescimento das mudas de cana-de-açúcar sob as condições descritas neste experimento (Figura 1).

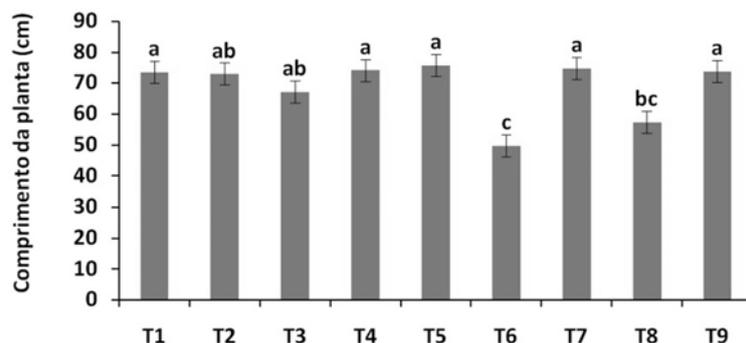


Figura 1 - Comprimento da parte aérea de mudas de cana-de-açúcar da variedade RB92579 cultivadas em diferentes misturas de substratos. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Silva et al. (2014) obtiveram resultados semelhantes quando utilizaram o bagaço de cana-de-açúcar no desenvolvimento do girassol, onde o número de folhas e o diâmetro de caule os valores foram os menores entre os substratos analisados.

Ao analisar o número de folhas (Figura 2) os maiores valores foram obtidos no tratamento T5 (10) acompanhado pelos T2 (9), T3 (9) e T9 (9) indicando que os substratos compostos por torta de filtro de cana-de-açúcar promoveram o desenvolvimento de folhas das mudas.

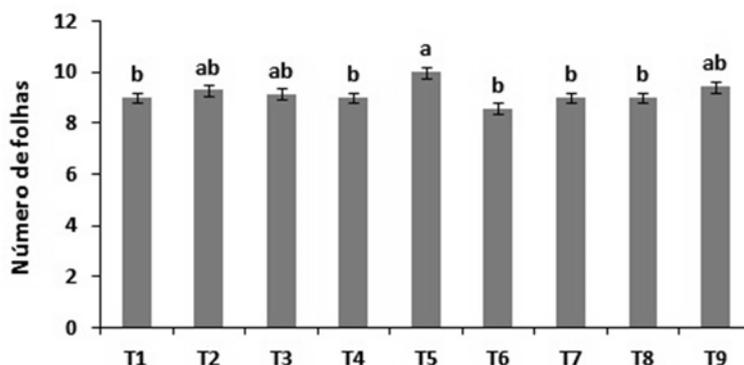


Figura 2 - Número de folhas de cana-de-açúcar da variedade RB92579 cultivadas em diferentes misturas de substratos. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Este resultado sugere que a torta de filtro apresenta elevado teor de matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e nitrogênio. Schroo (1956) e Kovar & Barbeer (1989) observaram que é importante aumentar o teor da torta de filtro de cana ao redor do sistema radicular das plantas, e Nunes Júnior (2005) afirma que a matéria orgânica da torta de filtro, mesmo quando aplicada na entrelinha, reduz a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, disponibilizando esse elemento às raízes. Além disso, a matéria orgânica da torta, por permitir maior estabilidade de agregados, potencializa a absorção de nutrientes.

No acúmulo de biomassa seca da parte aérea (Figura 3), foi observada diferença significativa entre os tratamentos, nos substratos comercial Tropstrato®

(T2), torta de filtro de cana-de-açúcar + terra turfosa na proporção de 1:1 (T5), terra turfosa + pó-de-coco na mesma proporção (T7) e torta de filtro de cana-de-açúcar + terra turfosa + pó-de-coco 1:1:1 (T9), onde obtiveram maiores acúmulos de biomassa seca da parte aérea das plantas cultivadas.

Resultado semelhante ocorreu com a avaliação do acúmulo da biomassa seca da raiz (Figura 4), onde houve um maior acúmulo de biomassa seca da raiz quando as mudas foram cultivadas em torta de filtro de cana-de-açúcar + terra turfosa na proporção 1:1 (T5).

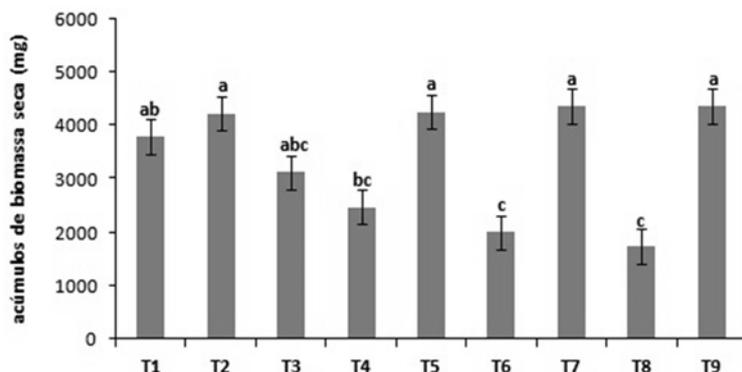


Figura 3 - Acúmulo de biomassa seca da parte aérea de cana-de-açúcar da variedade RB92579 cultivada em diferentes misturas de substratos. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

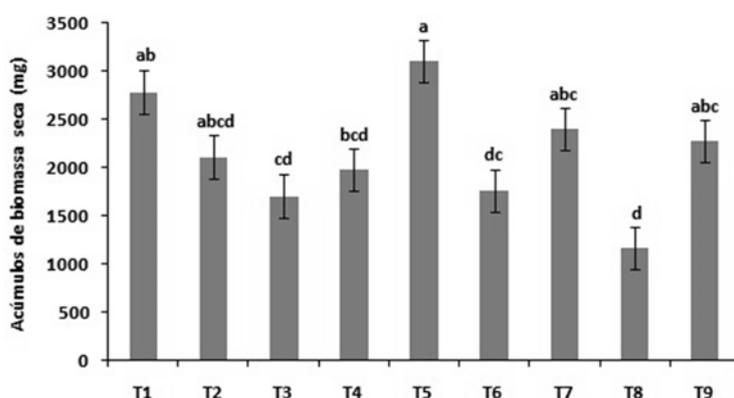


Figura 4 - Acúmulo de biomassa seca da raiz de mudas de cana-de-açúcar da variedade RB92579 cultivadas em diferentes misturas de substratos. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Além da torta de filtro, a terra turfosa é uma matéria-prima orgânica rica em nutrientes – principalmente carbono – em solos com alta umidade. O pó de coco é um bom material orgânico para formulações de substratos devido as suas propriedades de retenção de água, aeração do meio de cultivo e estimulador do enraizamento (NUNES, 2000). Segundo Rosa et al.,(2002), a fibra de coco vem sendo indicado como substrato agrícola, por apresentar uma estrutura física vantajosa. Por outro lado, considerando que não houve ganho em relação à utilização de areia lavada misturada com vermiculita, deve-se considerar que a

estrutura física e o controle, da irrigação e fertilização do substrato são de grande importância para a produção de MPB.

Com relação à terra turfosa, devido à dificuldade para encontrá-la, certamente não deverá compor o elenco de materiais a serem considerados posteriormente. A torta de filtro, em especial após a compostagem poderá ser a base do substrato juntamente com o pó de coco.

4-CONCLUSÕES

Os melhores resultados foram observados nas mudas produzidas utilizando os seguintes substratos: mistura torta de filtro de cana de açúcar + terra turfosa (1:1) (T5) e mistura terra turfosa + torta de filtro de cana de açúcar + pó de coco (1:1:1) (T9), que obtiveram maior acúmulo de biomassa seca sugerindo que estes substratos alternativos poderão incorporar ganhos produtivos no setor sucroalcooleiro.

REFERÊNCIAS

AFERRI, G.; XAVIER, M.A.; PEREIRA, M.A.A. **Custo de produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar – MPB**. Pesquisa & Tecnologia, v. 13, n. 2, 2016.

BRITO, K.S.A.; SILVA, V. F.; CARDOSO, J.A.F.; SILVA, E.L.; BARACUHY, J. G.V. **Fitomassa de girassóis cultivados em diversos substratos provenientes de resíduos agroindustriais**. 7º Congresso de Educação Agrícola Superior e 52ª REUNIÃO ANUAL DA ABEAS. Juazeiro- BA, 2012.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira de cana, v. 4 - Safra 2017/18**, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, 2017,73p.

COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M.; PEREIRA, D. C.; BERNARDI, F. H.; SÍLVIA M. **Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino**. *Revista Ceres*, v. 60, p. 675-682, 2013.

FERNANDES, C. & CORÁ, J.F. **Caracterização físico-hídrica de substratos utilizados na produção de mudas de espécies olerícolas e florestais**. *Horticultura Brasileira*, v.18, p. 469-471, 2000.

FERMINO, M.H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas**. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 1996.

GRATAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. **Micropropagação**. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Eds.). Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças-SPI/ Embrapa-CNPH, v.1, p.183-260, 1998.

LANDELL, M.G; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P. XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A.; DINARDO-MIRANDA, L.L.; SCARPARI, M.S.; GARCIA, J.C.; BIDÓIA, M.A.P.; SILVA, D.N.; MENDONÇA, J.R.; KANTHACK, R.A.D.; CAMPOS, M.F.; BRANCALIÃO, S.R.; PETRI, R.H.; MIGUEL P.E.M. **Sistema de multiplicação de de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônômico de Campinas, 2012. 17 p. (Documentos IAC, 109).

MOREIRA, M.A.; CARVALHO, J.G. de; PASQUAL, M.; FRÁGUAS, C.B.; SILVA, A.B. Efeito de substratos na aclimação de mudas micropropagadas do abacaxizeiro cv. Pérola. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p.875-879, 2006.

NOMURA, E.S.; LIMA, J.D.; RODRIGUES, D.S.; GARCIA, V.A.; FUZITANI, E.J. Influência do substrato e do tipo de fertilizante na aclimação de mudas de bananeira 'Prata-Anã'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n.3, p.773-779, 2009.

ROSA, M. F.; BEZERRA, F. C. Utilização do pó da casca de coco verde como substrato para produção de mudas de alface. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2002. 4 p. (**Comunicado Técnico**, 71).

SANTOS, M. R. A.; TIMBÓ, A. L. A.; CARVALHO, A. C. P. P.; MORAIS, J. P. S. Estudo de adubos e substratos orgânicos no desenvolvimento de mudas micropropagadas de helicônia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p.273-278, 2006.

SOUZA JUNIOR, E. E. de; BARBOZA, S. B. S. C.; SOUZA, L. A. C. Efeitos de substrato e recipientes na aclimação de plântulas de abacaxizeiro [*Ananas comosus* (L.) Merrill] cv. Pérola. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, p.147-151, 2001.

SILVA, R.P.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n. 2, p. 377-381, 2001.

SILVA, V.F.; BRITO, K.S.A.; NASCIMENTO, E.C.S.; LIMA, V.L.A.; BARACUHY, J.G.V. Cultivo de girassol variedades de substratos. **REMOA**. V.13, n.4, p. 3453-3459, 2014.

XAVIER, M.A.; LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P.; MENDONÇA, J.R.; DINARDO-MIRANDA, L.L.; SCARPARI, M.S.; GARCIA, J.C.; ANJOS, I.A.; AZANIA, C.A.M.; BRANCALIÃO, S.R.; KANTHACK, R.A.D.; AFERRI, G.; SILVA, D.N.; BIDÓIA, M.A.P.;

CAMPOS, M.F.; PERRUCCO, D.; MATSUO, R.S.; NEVES, J.C.T.; CASSANELI JUNIOR, J.R.; PERRUCCO, L.; PETRI, R.H.; SILVA, T.N.; SILVA, V.H.P.; THOMAZINHO JUNIOR, J.R.; MIGUEL, P.E.M.; LORENZATO, C.M. **Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotação IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar – mudas pré-brotadas (MPB)**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 22 p; (Documentos IAC, n.º 113).

YAMANISHI, O.K.; FAGUNDES, G.R.; MACHADO FILHO, J.A.; VALONE, G.V. Efeito de diferentes substratos e duas formas de adubação na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 276-279, 2004.

ABSTRACT: One of the alternatives recently launched to reduce the volume of seedlings needed for the multiplication of new sugarcane technologies and varieties is the use of the pre-sprouted seedlings (MPB) system. The objective of this work was to evaluate the performance in the initial phase of MPB multiplication of sugarcane variety RB92579 using regional substrates. The sugarcane mini-grains were heat treated at 52°C for 30 min and after germination in trays containing sand and vermiculite were transplanted into tubes (180mL) containing the following substrates: washed sand and vermiculite (2: 1), Tropstrato® substrate, sugarcane filter cake mix with hydrolyzed sugarcane bagasse (1: 1), cake mix and ground coconut powder (1: 1), sugarcane filter cake mix and peaty soil (1: 1), peaty soil mix and hydrolyzed sugarcane bagasse (1: 1), peaty soil mix and coconut powder (1: 1), peaty soil mix with hydrolyzed sugarcane bagasse and coconut powder (1: 1: 1) and peaty soil mix with sugarcane filter cake and coconut powder (1: 1: 1). The following were evaluated: leaf number, plant height, shoot dry matter. The experimental design was completely randomized blocks with seven replicates. Each variable studied was subjected to analysis of variance (ANOVA) using the statistical program at 5% significance levels by F test, and means were compared using Tukey's test ($p < 0.05$). The best results for all the studied variables were observed in the following substrates: (T5) sugarcane filter mix cake and peaty soil (1: 1) and (T9) peaty soil mix with sugarcane filter cake and coconut powder (1: 1: 1). The results suggest that the alternative substrates could incorporate productive gains in the sugarcane industry.

KEY WORDS: Mini-grinding wheels, plant nutrition, regional substrates.

CAPÍTULO II

ADUBAÇÃO COM BIOFERTILIZANTE E COMPOSTO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA BATATA-DOCE

**Marivaldo Vieira Gonçalves
João Paulo Ferreira de Oliveira
Jéssyca Dellinhares Lopes Martins
Marcos de Oliveira
Mácio Farias de Moura**

ADUBAÇÃO COM BIOFERTILIZANTE E COMPOSTO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA BATATA-DOCE

Marivaldo Vieira Gonçalves

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns
Garanhuns – PE

João Paulo Ferreira de Oliveira

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns
Garanhuns – PE

Jeferson da Silva Zumba

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns
Garanhuns – PE

Jéssyca Dellinhães Lopes Martins

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns
Garanhuns – PE

Marcos de Oliveira

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns
Garanhuns – PE

Mácio Farias de Moura

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns
Garanhuns – PE

RESUMO: A adubação orgânica no cultivo da batata-doce pode melhorar a nutrição e elevar a produtividade da cultura, além de trazer benefícios ao ambiente agrícola. O biofertilizante líquido e o composto orgânico atendem as exigências nutricionais de diversas culturas, no entanto, não se sabe os efeitos da combinação de ambos no cultivo da batata-doce e seus benefícios em relação a adubação convencional com fertilizantes minerais. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a produção e produtividade da cultura da batata-doce com aplicação de biofertilizante na presença e ausência de composto orgânico, comparados à adubação mineral. O experimento foi desenvolvido em campo no Município de Lagoa do Ouro, PE. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados em esquema fatorial (4x2) + 1 e três repetições. Foram utilizadas quatro concentrações de biofertilizante (0; 6,66; 13,33 e 19,99 mL L⁻¹) na ausência e presença de composto orgânico (40 Mg ha⁻¹), e, uma testemunha adicional correspondente ao fertilizante mineral formulado NPK 20-40-30. Após a colheita das túberas de batata-doce foram avaliadas a produção de túberas comerciais e não comerciais e a produtividade de túberas comerciais, não comerciais e produtividade total de túberas. O biofertilizante pode ser aplicado associado ou não ao composto orgânico, pois não interfere na produção e produtividade de túberas da batata-doce. Tanto a adubação orgânica, quanto adubação química mineral, podem ser utilizados no cultivo de batata-doce.

PALAVRAS-CHAVE: *Ipomoea batatas*; adubação orgânica; adubação mineral.

1. INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) tem grande importância na Região Nordeste por ser uma fonte de alimento energético, auxiliar na geração de emprego e renda, e, contribuir para a fixação do homem no campo.

A cultura tem apresentado baixa produtividade na região a qual pode estar relacionada ao fornecimento inadequado de fertilizantes. A batata-doce demanda uma nutrição equilibrada durante seu desenvolvimento, devido ao ciclo rápido e elevada produção por área, podendo apresentar baixa produtividade e exaurir as reservas de nutrientes do solo, caso a adubação não seja adequada (EMBRAPA, 2008)

O sistema de produção agrícola convencional no cultivo da batata-doce utiliza continuamente agrotóxicos e adubos químicos minerais, e quando não atende a recomendações técnicas para cultura, contribui para contaminação do ambiente agrícola e eleva os custos de produção na lavoura.

Em contrapartida, o aproveitamento de resíduos orgânicos obtidos na propriedade rural, a exemplo do composto orgânico, é uma alternativa a complementação ou substituição da adubação mineral (MARTINS et al., 2015; SILVA et al., 2012). Da mesma forma, o biofertilizante líquido oriundo da fermentação aeróbica de resíduos de origem animal adicionados ou não de restos vegetais e resíduos minerais, além dos benefícios nutricionais, é fonte de proteínas, enzimas, vitaminas, antibióticos naturais, alcaloides, macro e micronutrientes (PENTEADO, 2000). Estes adubos orgânicos melhoram as características químicas, físicas e biológicas do solo, proporcionando melhores condições de desenvolvimento à cultura, o que resulta em aumento da produtividade.

No entanto, sabe-se pouco sobre o uso o do biofertilizante e sua interação com o composto orgânico. Dessa forma, esta pesquisa teve como objetivo estudar os efeitos do uso do biofertilizante na presença e ausência do composto orgânico no cultivo da batata-doce, comparados à adubação mineral.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em junho de 2012 em área de produtor rural, no sítio Riacho do Barro no Município de Lagoa do Ouro - PE, localizado a Latitude 09°07'48.8" S e Longitude 36°26'17.3" W. A precipitação acumulada durante a condução do experimento foi de 309 mm, com temperatura média do ar 26 °C (IPA, 2012).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial (4x2) + 1 correspondendo a quatro concentrações de biofertilizante (0; 6,66; 13,33 e 19,99 mL L⁻¹) na presença (40 Mg ha⁻¹) e ausência

de composto orgânico e uma testemunha adicional correspondente ao fertilizante mineral formulado NPK 20-40-30 na dose recomendada para cultura (Tabela 1). As ramas de batata-doce foram plantadas em leirões no espaçamento de 0,8 x 0,25 m dos quais utilizou-se apenas as plantas centrais da parcela para análise, desprezando-se as bordaduras.

Tratamentos
T1 - Adubação mineral: NPK: 20-40-30
T2 - 0 mL L ⁻¹ de biofertilizante sem composto orgânico
T3 - 0 mL L ⁻¹ de biofertilizante com composto orgânico
T4 - 6,66 mL L ⁻¹ de biofertilizante sem composto orgânico
T5 - 6,66 mL L ⁻¹ de biofertilizante com composto orgânico
T6 - 13,33 mL L ⁻¹ de biofertilizante sem composto orgânico
T7 - 13,33 mL L ⁻¹ de biofertilizante com composto orgânico
T8 - 19,99 mL L ⁻¹ de biofertilizante sem composto orgânico
T9 - 19,99 mL L ⁻¹ de biofertilizante com composto orgânico

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Regolítico (EMBRAPA, 2006) com textura arenosa. Antes do plantio, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para determinação das características químicas: pH 6,8, teor de P maior que 40 mg dm⁻³, teores de K, Al, Ca e Mg de 0,25, 0,00, 2,15 e 0,95 cmol_c dm⁻³ respectivamente. No tratamento adubação mineral (testemunha adicional) o solo recebeu o formulado NPK 20-40-30 na dose recomendada para cultura (IPA, 2008).

Para o plantio foram coletadas ramas-semente aos 90 dias após o plantio (DAP) de plantas de batata-doce de um cultivo comercial da cultivar Campina 3. As ramas-semente apresentavam em média 40 cm de comprimento e 5 à 8 nós. Foram enterrados três nós por rama no momento do plantio.

O composto orgânico foi preparado em camadas com material seco e ervas espontâneas, ambos com altura de 20 cm acrescidos por uma camada de esterco bovino, com altura de 5 cm. As camadas de esterco bovino e ervas espontânea foram empilhados até atingir altura de 1,50 m (SOUZA, 2006). A pilha de compostagem foi revolvida a cada 15 dias e irrigada conforme a temperatura aferida por meio de uma haste de ferro colocada no interior da pilha. O processo de compostagem finalizou aos 90 dias. O composto orgânico foi adicionado e incorporado ao solo com enxada no dia do plantio na dose de 40 Mg ha⁻¹ nos tratamentos que receberam este adubo orgânico.

O biofertilizante líquido foi preparado com 40 L de digesta bovina obtida no matadouro público do município de São João - PE, e, 160 L de água inseridos em uma bombona plástica com capacidade de 240 L (SOUZA, 2006). Após 30 dias de fermentação aeróbica o biofertilizante estava pronto para ser utilizado. Ele foi pulverizado de forma que cobrisse totalmente todas as folhas e ramas da planta, a cada 15 dias durante o ciclo da batata-doce, finalizando as aplicações 15 dias antes da colheita.

Os tratos culturais seguiram o manejo do produtor em toda lavoura, inclusive na área experimental, com capina manual e irrigações com aspersor móvel.

As plantas de batata-doce foram colhidas 168 DAP e levadas ao laboratório. As túberas foram separadas da parte aérea, lavadas para retirada da terra, pesadas em balança de precisão e classificadas em túberas comerciais (>80 g) e não comerciais (< 80 g) para obtenção da produção de túberas por planta. A produtividade foi estimada em Mg ha⁻¹ de túberas comerciais, não comerciais, e a soma destas correspondeu a produtividade total de túberas de batata-doce.

Os dados foram submetidos à análise estatística com o programa SAEG Versão 5.0 e as médias dos tratamentos com biofertilizante e composto orgânico (adubação orgânica) foram comparadas a 5% pelo teste de Tukey. A adubação orgânica e mineral foram comparados pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação do biofertilizante com ou sem aplicação do composto orgânico na produção e produtividade de túberas de batata-doce (Tabela 2). Tanto o biofertilizante líquido, quando o composto orgânico podem ser adicionados ao solo no cultivo da batata-doce. O fornecimento desses adubos orgânicos combinados ou não, não interagem de forma negativa, ou seja, não causam desbalanço nutricional por ausência ou excesso de nutrientes, fato este evidenciado pela produção e produtividade de túberas, que não diferiram entre os tratamentos.

No entanto, observou-se aumentos percentuais nas variáveis de produção e produtividade, os quais indicam que o fornecimento da adubação orgânica pode ser benéfica em plantios subsequentes nesta área. Independentemente da presença ou ausência de composto orgânico, a aplicação do biofertilizante elevou a produção de túberas comerciais especialmente na dose de 6,66 mL L⁻¹ com incremento de 18%. Na ausência da adubação com biofertilizante, a produção de túberas comerciais foi elevada em 37% com aplicação de composto orgânico, aumentando também, conseqüentemente, a produção de túberas não comerciais.

Tabela 2 – Produção de túberas comerciais e não comerciais, produtividade de túberas comerciais e não comerciais, e produtividade total da cultura da batata-doce em reposta a doses de biofertilizante na ausência e presença de composto orgânico.

Composto orgânico	Doses de biofertilizante (ml L ⁻¹)				CV (%)
	0	6,66	13,33	19,99	
Produção de túberas comerciais (g planta ⁻¹)					
Ausência	398,3 a	612,8 a	602,5 a	574,3 a	21,2
Presença	544,2 a	495,7 a	506,8 a	474,6 a	21,2
Produção de túberas não comerciais (g planta ⁻¹)					

Ausência	37,8 a	50,8 a	62,6 a	42,2 a	34,9
Presença	56,7 a	32,4 a	45,2 a	29,5 a	34,9
Produtividade de túberas comerciais (Mg ha ⁻¹)					
Ausência	19,9 a	30,6 a	30,1 a	28,7 a	21,2
Presença	27,2 a	24,8 a	25,3 a	23,7 a	21,2
Produtividade de túberas não comerciais (Mg ha ⁻¹)					
Ausência	1,9 a	2,5 a	3,1 a	2,1 a	34,9
Presença	2,8 a	1,6 a	2,3 a	1,5 a	34,9
Produtividade total de túberas (Mg ha ⁻¹)					
Ausência	21,8 a	33,2 a	33,3 a	30,8 a	20,4
Presença	30,0 a	26,4 a	27,6 a	25,2 a	20,4

CV - Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade de túberas comerciais e a produtividade total de túberas foram elevadas com fornecimento dos adubos orgânicos, tanto do biofertilizante, quanto do composto orgânico, em relação a ausência dos adubos (0 mL L⁻¹ de biofertilizante sem composto orgânico). Esse aumento foi de 52 % nas doses de 6,66 e 13,33 mL L⁻¹ do biofertilizante, sem adição de composto orgânico. A produtividade total de túberas de batata-doce foi incrementada 42% pelo composto orgânico na ausência do fornecimento de biofertilizante. No experimento de Oliveira et al. (2007) houve aumento da produtividade comercial da batata-doce com uso de 21,3 Mg ha⁻¹ de esterco bovino combinado com o biofertilizante, semelhantemente ao observado no presente estudo.

Observa-se também que a produtividade média obtida com fornecimento dos adubos orgânicos estão acima das médias para o Brasil e Nordeste que são de 10,1 e 7,8 Mg ha⁻¹, respectivamente, no ano agrícola de 2013. Em Pernambuco, a produtividade média em 2013 foi de 6,9 Mg ha⁻¹. Já em Lagoa do Ouro a média anual foi de 8 Mg ha⁻¹ em 2013 (IBGE, 2014).

Não houve efeito do uso do adubo orgânico (biofertilizante e composto orgânico) em relação ao adubo químico mineral (testemunha adicional) (Tabela 3). Assim como no presente estudo, Martins et al. (2015) não observaram diferenças entre o uso de biofertilizantes e composto orgânico em relação a adubação mineral na cultura do feijão, e, Silva et al. (2012) obtiveram maior produção de túberas comerciais de inhame com adubação convencional em relação à orgânica. No entanto, ambos autores concordam que a adubação orgânica atende as exigências nutricionais das culturas.

Tratamentos	PTC ^{ns}	PTNC ^{ns}	PRTC ^{ns}	PRTNC ^{ns}	PRT ^{ns}
	-----g planta ⁻¹ -----		-----Mg ha ⁻¹ -----		
T2 - T1	-174,74	-14,80	-9,48	-8,74	-0,74
T3 - T1	-28,86	4,07	-1,24	-1,44	0,20
T4 - T1	39,70	-1,80	1,90	1,99	-0,09
T5 - T1	-77,35	-20,20	-4,88	-3,87	-1,01
T6 - T1	29,43	9,96	1,97	1,47	0,50
T7 - T1	-66,31	-7,40	-3,69	-3,32	-0,37

T8 - T1	1,25	-10,37	-0,46	0,06	-0,52
T9 - T1	-98,44	-23,13	-6,08	-4,92	-1,16
CV (%)	21,21	34,91	20,38	21,21	34,91

T1 - Adubação mineral (testemunha adicional); T2 - 0 mL L⁻¹ de biofertilizante sem composto orgânico; T3 - 0 mL L⁻¹ de biofertilizante com composto orgânico; T4 - 6,66 mL L⁻¹ de biofertilizante sem composto orgânico; T5 - 6,66 mL L⁻¹ de biofertilizante com composto orgânico; T6 - 13,33 mL L⁻¹ de biofertilizante sem composto orgânico; T7 - 13,33 mL L⁻¹ de biofertilizante com composto orgânico; T8 - 19,99 mL L⁻¹ de biofertilizante sem composto orgânico; T9 - 19,99 mL L⁻¹ de biofertilizante com composto orgânico. ns - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Tabela 3 – Adubação orgânica comparada à adubação mineral na produção de túberas comerciais (PTC) e não comerciais (PTNC), produtividade de túberas comerciais (PRTC), não comerciais (PRTNC) e produtividade total (PRT) em resposta a doses de biofertilizante na ausência e presença de composto orgânico.

Embora não se tenha observado diferenças significativas entre a adubação orgânica e mineral no presente estudo, o uso de composto orgânico traz melhorias as características do solo e nutrição mineral das plantas. Os benefícios na estrutura física do solo são evidenciados pelo aumento na matéria orgânica (RAMOS et al., 2008) e carbono orgânico total do solo (RODRIGUES et al., 2011). Além disso, ao elevar o fornecimento de nutrientes minerais para o solo, o desenvolvimento das plantas é favorecido (NASCIMENTO, 2012; RODRIGUES et al., 2011; SARHAN et al., 2011), resultando em aumentos na produtividade de diversas culturas como: batata-doce (OLIVEIRA et al., 2007; SANTOS et al., 2006), inhame (SILVA et al., 2012), feijão (RAMOS et al., 2008), milho (RODRIGUES et al., 2011). Isso deve-se a sua atuação na melhoria da capacidade de troca de cátion (CTC), resultando em disponibilidade de nutrientes por um maior período de tempo (SILVA et al., 2012).

O uso de biofertilizante bovino na agricultura, além de ser uma prática de baixo-custo, se constitui como uma alternativa a fertilização não-convencional, contribuindo para suplementação de nutrientes na produção orgânica. Silva et al. (2012) observaram que o uso de esterco bovino e biofertilizante elevou a produção de túberas de inhame. A presença de microorganismos que atuam na decomposição da matéria orgânica, produção de gás e liberação de metabólitos, tais como hormônios (BETTIOL et al., 1998) fazem do biofertilizante um excelente adubo orgânico para as plantas (ARAÚJO et al., 2007; SOUZA e REZENDE, 2003).

Além dos benefícios citados, a adubação orgânica deixa um efeito residual benéfico para plantios subsequentes (RODRIGUES et al., 2008; GHOSH et al., 2004). Portanto, é possível um novo plantio de batata-doce nessa mesma área, apresente resultados mais promissores que os observados no presente estudo, promovido pelo aumento do aporte de fertilizantes orgânicos ao solo.

4. CONCLUSÕES

O biofertilizante pode ser aplicado associado ou não ao composto orgânico, pois não interfere na produção e produtividade de túberas da cultura da batata-doce.

Tanto a adubação orgânica, quanto adubação química mineral, podem ser utilizados na produção de batata-doce.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M.; NEVES, C. M. L.; SILVA, É. É. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 466-470, 2007.

BETTIOL, W.; TRATCH, R.; GALVÃO, J.A.H. **Controle de doenças de plantas com biofertilizantes**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA - CNPMA, 22p.1998 (Circular técnico, 02).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Sistemas de produção** 2008. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata doce/Batata doce_lpomoea_batatas/apresentacao.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata_doce/Batata_doce_lpomoea_batatas/apresentacao.html)> Acesso em: 10 mar. 2013.

GHOSH, P.K., AJAY, K.K., BANDYOPADHYAY, M.C., MANNA, K.G., MANDAL, A.K., HATI, K.M. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phospho-compost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. **Bioresource Technology**, v.95, p.85-93, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal de 2013**. Rio de Janeiro: 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2005/default.shtm>> acessado em: 12 de Jun. 2015.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO – IPA. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife, 2008. 212p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO – IPA. **Sessão de índices pluviométricos.** Recife, 2012. Disponível em: <http://www.ipa.br/indice_pluv.php#calendario_indices> Acesso em: 28 Abr. 2013.

MARTINS, J. D. L.; MOURA, M. F.; OLIVEIRA, J. P. F.; OLIVEIRA, M.; GALINDO, C. A. F. Esterco bovino, biofertilizante, inoculante e combinações no desempenho produtivo do feijão comum. **Revista Agro@mbiente**, v.9, n.4, p.369-376, 2015.

NASCIMENTO, N. V. **Efeito residual de compostos orgânicos no girassol irrigado com diferentes tipos de água.** Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande. 2012. p. 54. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA, A. P.; BARBOSA, A. H.; PEREIRA, W. E; OLIVEIRA, A. N. P. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino e biofertilizante. **Ciência Agrotécnica**, v.31, p.1722-1728, 2007.

PENTEADO, S.R. **Fruticultura orgânica: formação e condução.** Viçosa: Aprenda fácil, 2004. 308p.

RAMOS, S. J.; ALVES, D. S.; FERNANDES, L. A.; COSTA, C. A. Rendimento de feijão e alterações no pH e na matéria orgânica do solo em função de doses de composto de resíduo de algodão. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1572-1576. 2009.

RODRIGUES, G.S.O.; TORRES, S.B.; LINHARES, P.C.F.; FREITAS, R.S.; MARACAJÁ, P.B. Quantidade de esterco bovino no desempenho agrônômico da rúcula (*Eruca sativa* L.), cultivar cultivada. **Caatinga**, v.21, n.1, p. 162-168, 2008.

RODRIGUES, P. N. F.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; COSTA, R. N. T.; PEDROSA, E. M. R.; OLIVEIRA, V. S. Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.788-793, 2011.

SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; BRITO, C. H.; NÓBREGA, J. P. R. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.1, p.103-106, 2006.

SARHAN, T.Z., MOHAMMED, G.H., TELI, J.A. Effect of bio and organic fertilizers on growth, yield and fruit quality of summer squash. **Sarhad Journal of Agriculture**, v.27, n.3, p.377-383, 2011.

SILVA, J.A.; Oliveira, A.P.; Alves, G.S.; Cavalcante, L.F.; Oliveira, A.N.P.; Araújo, M.A.M. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na

folha. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.16, n.3, p.253–257, 2012.

SOUZA, J. L. *Manual de horticultura orgânica*. atualizado e ampliado. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 843p.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. *Manual de horticultura orgânica*. Viçosa: Aprenda fácil, 2003. 564 p.

ABSTRACT: Organic fertilization in sweet potato cultivation can improve nutrition and increase crop productivity, as well as bringing benefits to the agricultural environment. The liquid biofertilizer and the organic compound meet the nutritional requirements of different crops, however, the effects of the combination of both are not known in the cultivation of sweet potatoes and their benefits in relation to conventional fertilization with mineral fertilizers. Therefore, the objective of this research was to evaluate the production and productivity of sweet potato crop with application of biofertilizer in the presence and absence of organic compound, compared to mineral fertilization. The experiment was carried out in the field of Lagoa do Ouro, PE. The treatments were distributed in randomized blocks in a factorial scheme (4x2) + 1 and three replications. Four concentrations of biofertilizer (0, 6.66, 13.33 and 19.99 mL L⁻¹) were used in the absence and presence of organic compound (40 Mg ha⁻¹), and an additional control corresponding to formulated mineral fertilizer NPK 20-40-30. After the harvesting of sweet potato tubers, the production of commercial and non commercial tubers and the yield of commercial, non commercial tubers and total yield of tubers were evaluated. The biofertilizer can be applied with or without the organic compound, as it does not interfere with the production and yield of sweet potato tubers. Both organic fertilization and mineral fertilization can be used to grow sweet potatoes.

KEYWORDS: *Ipomoea batatas*; organic fertilization; mineral fertilization.

CAPÍTULO III

ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO COENTRO NO OESTE DA BAHIA

**Luciano Nascimento de Almeida
Weslei dos Santos Cunha
Charles Cardoso Santana
Letícia da Silva Menezes
Erlane Souza de Jesus
Adilson Alves Costa**

ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO COENTRO NO OESTE DA BAHIA

Luciano Nascimento de Almeida

Universidade do Estado da Bahia- UNEB, Departamento de Ciências Humanas, Barreiras, Bahia.

Weslei dos Santos Cunha

Universidade do Estado da Bahia- UNEB, Departamento de Ciências Humanas, Barreiras, Bahia.

Charles Cardoso Santana

Universidade do Estado da Bahia- UNEB, Departamento de Ciências Humanas, Barreiras, Bahia.

Letícia da Silva Menezes

Universidade do Estado da Bahia- UNEB, Departamento de Ciências Humanas, Barreiras, Bahia.

Erlane Souza de Jesus

Universidade do Estado da Bahia- UNEB, Departamento de Ciências Humanas, Barreiras, Bahia.

Adilson Alves Costa

Universidade do Estado da Bahia- UNEB, Departamento de Ciências Humanas, Barreiras, Bahia.

RESUMO: O coentro (*Coriandrum sativum*) assim como as demais hortaliças, necessita de doses adequadas de fertilizantes a exemplo do nitrogênio, no presente ensaio objetivou-se avaliar o comportamento produtivo do coentro submetido a diferentes doses de nitrogênio, utilizando-se a cultivar Verdão. Os tratamentos foram submetidos a dosagens de (0.0, 50, 100, 150 e 200 kg/ ha de N). O plantio foi concedido em Latossolo Amarelo Franco- Arenoso, onde ao final do ciclo foram avaliadas as seguintes variáveis: Altura de Plantas, comprimento de raiz, massa seca e fresca da parte aérea e massa seca e fresca do sistema radicular, onde a variável altura de plantas apresentou resultados satisfatórios com aumento de 29,6% em relação a testemunha, comprimento de raiz contribuindo com aumento de 10,6%, massa fresca parte aérea com 108,93%, massa seca da parte aérea com 69,77% , massa fresca do sistema radicular com 46,68% e massa seca do sistema radicular com 31%. Todas as variáveis analisadas responderam de forma significativa às doses de nitrogênio, com exceção do comprimento de raiz.

PALAVRAS-CHAVE: Nitrogênio, *Coriandrum sativum*

1. INTRODUÇÃO

O coentro é uma hortaliça de grande importância econômica para a região norte e nordeste sendo cultivada, geralmente, por pequenos produtores sem

nenhuma orientação técnica em relação à adubação, principalmente quando relaciona-se a doses ideais, ocasionando, assim, queda no seu rendimento.

Assim como todas as hortaliças, o coentro apresenta alta resposta às doses de fertilizantes, a exemplo do nitrogênio, sendo exigentes principalmente quando se aproxima no final de seu ciclo, isso porque as folhosas apresentam um rápido acúmulo de matéria seca e, conseqüentemente nutriente (OLIVEIRA et al., 2003).

A fonte mais usada de nitrogênio é a ureia, em função do maior teor de N, menor custo e menor poder de acidificação do solo que outros adubos nitrogenados (FERREIRA et al., 2011). A deficiência de nitrogênio na cultura pode ocorrer principalmente devido as altas perdas desse elemento ocasionado pela erosão, lixiviação, desnitrificação e volatilização, principalmente em solos de textura mais arenosa. O suprimento inadequado do nitrogênio limita o desenvolvimento vegetativo, fazendo necessário obter doses que possam gerar melhores respostas rendimentos. Baseado neste contexto, Keeney (1982) e Amado et al., (2003) relatam que o manejo ideal do nitrogênio é aquele que satisfaz a necessidade da cultura com mínimo de risco ambiental. No entanto pouco se conhece a respeito dos níveis ideais deste elemento a serem aplicados no solo, com o objetivo de obter produtividades satisfatórias. As recomendações encontradas em trabalhos indicam variações me relação às doses ideais de N para a cultura do coentro. Singh e Rao, (1994) obtiveram aumento significativo com 93 kg ha⁻¹ de nitrogênio enquanto que Oliveira et al., (2003) indica dose de 80 kg ha⁻¹, que deve ser parcelada em duas partes iguais aos 20 e 40 dias após a semeadura.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de nitrogênio sobre a cultura do coentro 50 dias após a semeadura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado no campo experimental da Universidade do Estado da Bahia- UNEB, campus IX, município de Barreiras- BA, localizado nas seguintes coordenadas geográficas 12°53'51,2" S e 45°30'10,9" O, a uma altitude de 770 metros em relação ao nível do mar. O solo local é classificado como LATOSSOLO AMARELO Franco-arenoso (EMBRAPA,1999). Foi feita a análise da composição química em laboratório (tabela 1).

pH	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg	CTC	SB	V	M.O	
	---mg.dm ⁻³ ---			-----cmol _c .dm ⁻³ -----							---%---	
6,21	11,90	156,40	-	1,50	0,0	2,40	0,70	5,0		70,01	1,30	

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental antes da instalação do experimento.

No preparo do solo foram levantados 5 blocos paralelos distanciados de 30 cm com altura de 30 cm, e em cada bloco apresentou cinco parcelas, onde empregou-se a cultivar verdão. Cada parcela foi demarcada com dimensões de 2

m², com espaçamento entre linhas de 0,2 m. Os tratamentos apresentaram cinco doses crescentes de adubação nitrogenada (0,0, 50, 100, 150 e 200 kg/ha) distribuídos em cinco repetições, com delineamento em blocos casualizados.

Após dez dias de plantio, houve o desbastamento, deixando 2 cm de espaçamento entre plantas. Dispensou-se o uso de defensivos agrícolas na área devido à ausência de patologias. Durante a maior parte do experimento houve a necessidade de irrigação que ocorreu através de mangueiras santeño.

Cinquenta dias após o plantio foram analisadas as seguintes variáveis: altura de plantas; comprimento de raiz; massa fresca e seca da parte aérea; e massa fresca e seca do sistema radicular. Altura de plantas: avaliou-se dez plantas aleatórias e representativas na área útil de cada parcela medindo com auxílio de uma régua graduada, tendo como limite o colo e a gema apical da haste principal da planta. Comprimento de raiz: Foi obtido através da medição do sistema radicular de 10 plantas aleatórias e representativas na área útil de cada parcela, medindo a partir do colo até a coifa da raiz mais longa, utilizando-se uma régua graduada. Massa fresca e seca da parte aérea: Coletou-se 10 plantas na área útil de cada parcela. As plantas retiradas nessa área foram acondicionadas em sacos plásticos para evitar perda de umidade e em seguida foram encaminhadas para o laboratório e pesadas em balança eletrônica para obtenção da massa úmida. A massa seca foi obtida através de pesagem em balança eletrônica, após secagem deste material em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas a 65 °C. Massa fresca e seca do sistema radicular: Coletou-se através da retirada manual do sistema radicular de 10 plantas aleatórias e representativas na área útil de cada parcela. Estes foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório de Física do solo – UNEB Campus IX, Barreiras-BA. Após a lavagem, procedeu-se a pesagem para determinação da massa úmida, e posteriormente a secagem deste material em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas a 65 °C para obtenção da massa seca através de uma nova pesagem.

Todos os dados foram tabulados no Excel sendo submetidos à análise de variância pelo teste F à 5% de probabilidade e análise de regressão, mediante o software estatístico SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variável altura de plantas apresentou uma diferença significativa entre as doses de Nitrogênio. Observou-se que a dose de 155 Kg/ha expressou a maior altura (52,6 cm) equivalendo a um valor de 29,6% em relação à testemunha (40,31 cm) (figura 1). Doses acima de 155 kg/ha ocasionaram um declínio na altura da planta, sugerindo que a cultura apresenta um limite de tolerância ao nutriente para o seu crescimento.

Altas doses de Nitrogênio podem causar fitotoxicidade pela liberação de amônio, durante o processo de hidrólise da ureia, elevando os níveis de amônio do meio. O amônio sendo absorvido pela planta em excesso é tóxico, porque dissipa

gradiente de pH através da membrana citoplasmática. (FERREIRA, et al., 2001). Sendo assim, houve uma redução drástica na produção e no desenvolvimento da parte foliar, gerando conseqüentemente uma diminuição na altura de plantas, já que algumas folhas teriam que ser descartadas.

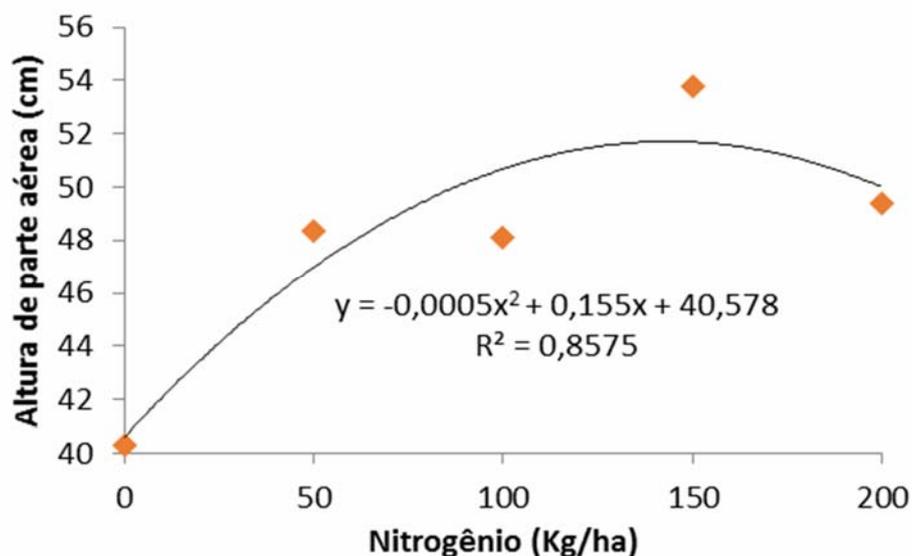


Figura 1 - Análise de regressão da altura de plantas de Coentro cultivar verdão, aos 50 dias em função de doses crescentes de doses crescentes de N, Barreiras-BA, 2015.

Em relação ao comprimento de raiz, não houve uma diferença estatística para os tratamentos na análise realizada. Porém, apesar de não terem sido significativos, os dados se ajustaram em uma regressão quadrática. A não significância desses dados pode ser explicada pelo próprio comportamento da variável que oscilou grandemente dentro dos mesmos tratamentos.

Percebe-se que a dose de 156,00 kg/ha expressou o maior comprimento (12,8088 cm), contribuindo com 10,5% em relação à testemunha (11,592 cm) (figura 2). A redução do comprimento a partir dessa dose pode estar associada à simultânea redução da parte foliar que uma vez afetada compromete o crescimento de todo o vegetal.

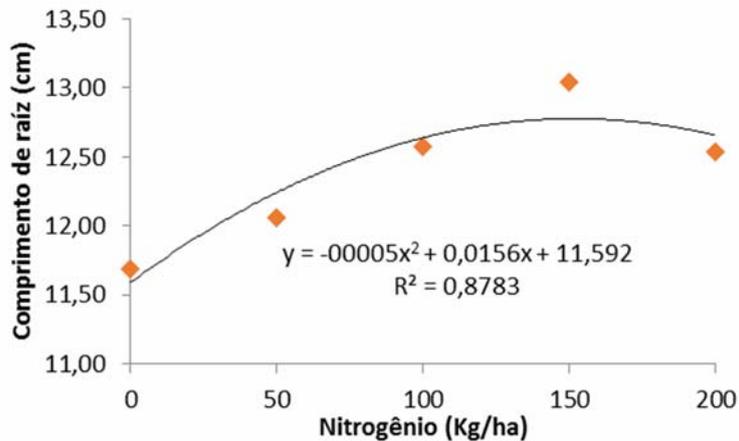


Figura 2 – Análise de regressão de comprimento de raiz de Coentro cultivar verdão, aos 50 dias em função de doses crescentes de N, Barreiras- BA, 2015.

Quanto à massa fresca da parte aérea, houve uma diferença estatística em função das doses crescentes de Nitrogênio aplicado, percebe-se que a dose de 194,00 kg/ha expressou a maior produção (25015,66 kg/ha) contribuindo com 108,93% em relação a testemunha (11973,00 kg/ha) (figura 3).

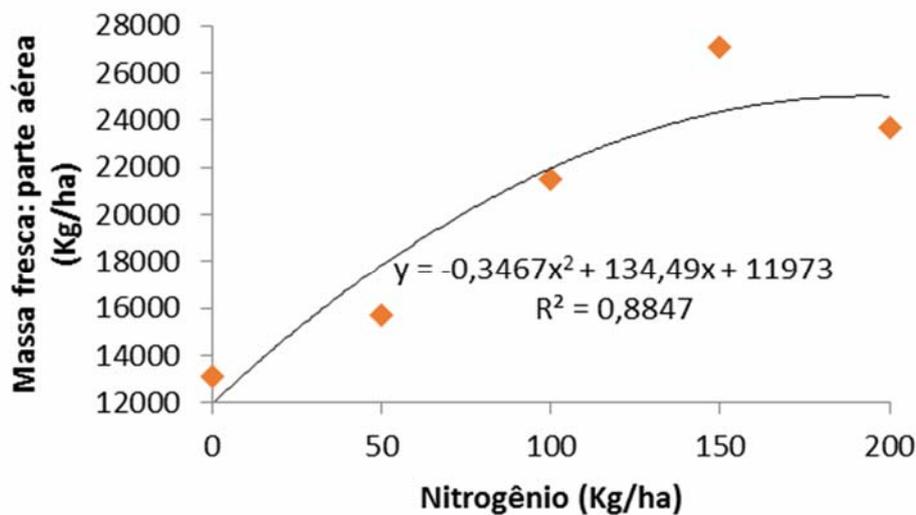


Figura 3 – Análise de regressão da massa fresca da parte aérea de Coentro cultivar verdão, aos 50 dias em função de doses crescentes de N, Barreiras- BA, 2015.

Em relação à massa seca da parte aérea houve diferença estatística em função das doses crescentes de Nitrogênio aplicado. Percebe-se que a dose de 204,00 kg/ha expressou a maior produção (4463,587 kg/ha) contribuindo com 69,77% em relação a testemunha (2629,7 kg/ha) (figura 4).

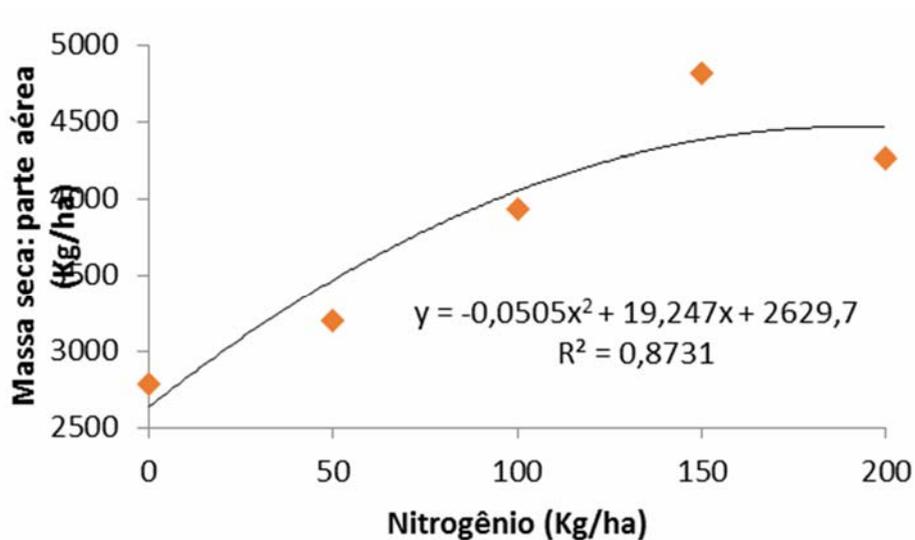


Figura 4- Análise de regressão da massa seca da parte aérea de Coentro cultivar verdão, aos 50 dias em função de doses crescentes de N, Barreiras- BA, 2015.

Na análise da massa fresca do sistema radicular, os dados obtidos em função das doses crescentes de nitrogênio foram estatisticamente diferentes. Avaliando a mesma variável (figura 5), percebe-se que a maior produção (2380,174 kg/ha) foi obtida com a dose de 204,00 kg/ha, proporcionando aumento de 46,68% em relação a testemunha (1621,60 kg/ha).

É importante evidenciar que um sistema radicular bem desenvolvido, além de conferir ao vegetal uma alta absorção de nutrientes pode ainda beneficiar o solo no qual está inserido, proporcionando maior aeração do mesmo com a retirada da planta.

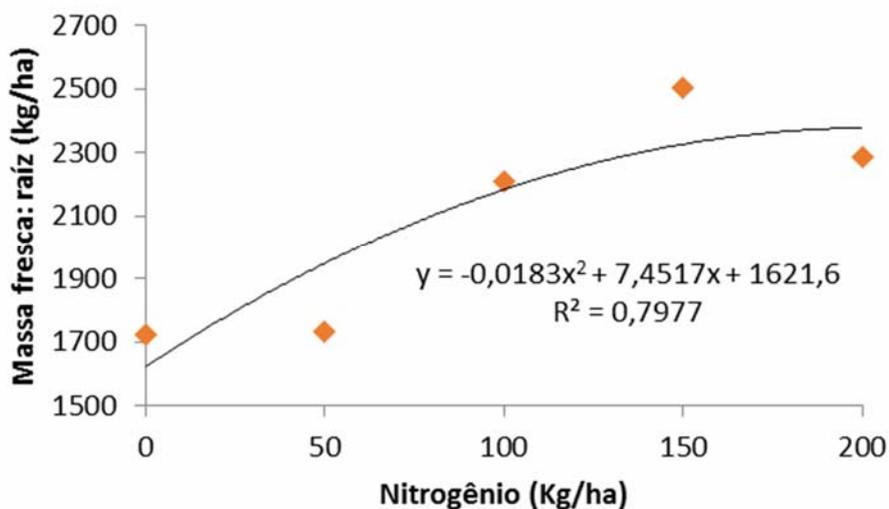


Figura 5 – Análise de regressão da massa fresca do sistema radicular de Coentro cultivar verdão em função de doses crescentes de N. Barreiras BA, 2015.

Analisando a massa seca do sistema radicular (Figura 6), observa-se que a medida que se aumentou a dose de nitrogênio ocorreu um aumento crescente na produção.

Diante disso, a dose máxima de 200,00 kg/ha expressou a maior produção (928 kg/ha) contribuindo com 31% em relação a testemunha (708,22 kg/ha) (Figura 6).

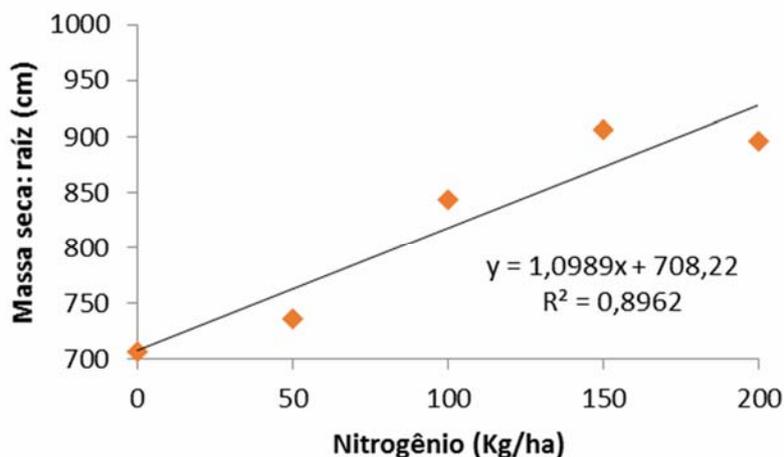


Figura 6- Análise de regressão da massa seca do sistema radicular de Coentro cultivar verdão, em função de doses crescentes de N. Barreiras-BA, 2015.

4. CONCLUSÕES

Com exceção do comprimento do sistema radicular, todas as variáveis em análise apresentam resposta significativa as doses de nitrogênio aplicadas. A melhor dose a ser empregada na cultura é de 204,00 kg/ha.

REFERÊNCIAS

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.1, p.241-248, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

FERREIRA, V.P.; ROCIO, A.C.; LAUER, C.; ROSSONI, E.; NICOULAUD, B. A. L. Resposta de alface à fertilização nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, 2001. CD- ROM.

FERREIRA R. B.; FORMENTINI T. C.; GROHSI M.; MARCHESAN E.; SANTOS D. S.; SARTORI G. M. S. e SILVA L. S. Fontes alternativas à ureia no fornecimento de nitrogênio para o arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 41, n. 12, p. 2053-2059, 2011.

KEENEY, D.R. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. In: STEVENSON, F.J. Nitrogen in agricultural soils. **Madison: SSSA**, n. 22, p.605-649, 1982

OLIVEIRA, A.P.; SOBRINHO, S.; BARBOSA, J. K. A; RAMALHO, C.L; OLIVEIRA, A.L.P. Rendimento de coentro cultivado com doses crescentes de N. **Horticultura Brasileira**, Brasilia, v. 21. n.1, p.81-83, 2003.

SINGH, S.D.; RAO, J.S. Yield-water-nitrogen response analysis in coriander. **Annals of Arid Zone**, India, v.33, n.3, p.239-243, 1994.

ABSTRACT: Coriander (*Coriandrum sativum*) just like the others greens needs appropriate doses of fertilizers as the nitrogen. In this experiment aimed to evaluate productive behavior of coriander undergone to different doses of nitrogen using the cultivate verdão. The treatments were subjected to doses of (0.0, 50, 100, 150 and 200 kg/ha of N). The planting was granted in Yellow Latosol Franco-sandy, where at the end of the cycle the following variables were assessed: plant Height, root length, dry pasta and fresh aerial part and dry pasta and milling cutter of the root system, where the variable height of plants presented satisfactory results with increased 29.6% compared to witness, root length contributing 10.6% increase, fresh aerial part with 108.93%, dry pasta from the shoot with 69.77%, fresh mass of the root system with 46.68% and dry mass of the system with 31% root. All variables analyzed responded significantly to doses of nitrogen, with the exception of the root length.

KEY-WORDS: Nitrogen, *Coriandrum sativum*

CAPÍTULO IV

AGRICULTURA CONSERVACIONISTA NA PRODUÇÃO FAMILIAR DO JURUÁ, ACRE

**Falberni de Souza Costa
Marcelo André Klein
Manoel Delson Campos Filho
Francisco de Assis Correa Silva
Nilson Gomes Bardales
Antônio Clebson Cameli Santiago**

AGRICULTURA CONSERVACIONISTA NA PRODUÇÃO FAMILIAR DO JURUÁ, ACRE

Falberni de Souza Costa

Embrapa Acre

Rio Branco, Acre

Marcelo André Klein

Embrapa Trigo

Passo Fundo, Rio Grande do Sul

Manoel Delson Campos Filho

Embrapa Acre

Cruzeiro do Sul, Acre

Francisco de Assis Correa Silva

Embrapa Rondônia

Porto Velho, Rondônia

Nilson Gomes Bardales

Desenvolvimento Científico Regional (DCR) CNPq/Fapac

Rio Branco, Acre

Antônio Clebson Cameli Santiago

Secretaria de Estado de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar do Acre

Cruzeiro do Sul, Acre

RESUMO: Conservação e preservação são conceitos interdependentes e exigem tarefas complexas para implementação nos sistemas agrícolas praticados por produtores familiares na Amazônia. Entretanto, alternativas tecnológicas existem e podem ajudar no desenvolvimento sustentável da Amazônia Brasileira. Apresentar alternativas tecnológicas ao sistema de derruba e queima no Estado do Acre é o principal objetivo deste trabalho. Safras de mandioca e milho foram cultivadas em um Argissolo Amarelo distrófico de Mâncio Lima, região do Juruá, com princípios da agricultura conservacionista no gradiente do sistema convencional da região sem adoção de tecnologia (T) até o sistema conservacionista com plantio direto, cultivo de leguminosa, adubação fosfatada e calcário (PD-MPC). A produtividade da mandioca tendeu a ser superior no MPC nas duas safras (preparo convencional - PC e PD). A produtividade do milho foi crescente ao longo das quatro safras no PD-MPC, com incremento relacionado ao tempo entre o início do experimento (2006) até a segunda safra de 2014, à reaplicação de fósforo e calcário no solo do experimento e aos materiais genéticos de milho utilizados nos cultivos. Os resultados deste estudo indicam que conservar e reintegrar áreas já desmatadas da Amazônia ao processo produtivo precisa de tecnologia, especialmente na escala da agricultura familiar. Um efeito da conservação com tecnologia é a potencial redução da pressão de desmatamento na Amazônia Brasileira, com ganhos ambientais positivos, que, por sua vez, podem ajudar na estabilização dos sistemas de agricultura conservacionista.

PALAVRAS-CHAVE: Plantio direto; leguminosas; sudoeste da Amazônia.

1. INTRODUÇÃO

O uso atual do solo no Juruá, uma regional de desenvolvimento do Estado do Acre (ACRE, 2010), não difere do resto da Amazônia Brasileira. Envolve o sistema de derruba e queima da floresta (nativa ou secundária), solo em monocultivo e/ou em sucessão por períodos de até cinco anos com culturas exigentes em fertilidade do solo e depois com mandioca, menos exigente e tolerante à acidez. Corretivos e adubos não são utilizados para aumento e/ou reposição de nutrientes exportados na decomposição da matéria orgânica do solo e/ou nas colheitas. A mecanização a cada safra para preparo do solo é recente. A eliminação de plantas invasoras é com capina manual. Após os cinco anos de uso, o solo é deixado para descanso por períodos no mínimo semelhantes, quando então é iniciado novo ciclo de derruba e queima. Após este sistema, os agricultores familiares da Amazônia não têm como manejar os resíduos florestais remanescentes. O fogo também disponibiliza nutrientes para as culturas posteriores, mesmo havendo perdas contínuas de nutrientes do solo (MACKENSEN et al., 1996; KELLER et al., 2009).

Sem reposição, os nutrientes exportados tornam-se gradativamente críticos para novos cultivos. O uso sucessivo do fogo nas áreas a serem cultivadas acelera as perdas (DAVIDSON; MARTINELLI, 2009). Segundo os agricultores, no terceiro ano de cultivo contínuo de mandioca em uma mesma área, esta cultura pode ter sua produtividade reduzida em mais de 50% em relação ao primeiro ano de seu cultivo.

Os cultivos no Acre seguem o calendário de chuvas da Amazônia, estação de chuvas de outubro a abril (de dezembro a março é o período mais chuvoso), transição chuva-seca em maio; estação de seca de junho a agosto; e transição seca-chuva em setembro (DUARTE, 2006). Podem ocorrer implicações negativas para a colheita de grãos, que ocorre de janeiro a março de cada safra.

O Juruá compreende os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Marechal Thaumaturgo, Porto Walter e Rodrigues Alves, onde predominam solos sedimentares de textura arenosa e média, propiciando o desenvolvimento de Argissolos e pequenas áreas com Latossolos e Luvisolos, associados ou não a Neossolos Quartzarênicos ou Espodosolos (ACRE, 2010; ANJOS et al., 2013).

A natureza intrínseca dos solos do Juruá e o seu manejo atual aceleram ainda mais a redução contínua de sua qualidade, demandando uma solução para reverter a situação. Uma alternativa é o manejo tecnológico das áreas já desmatadas, queimadas e cultivadas que pode permitir a recuperação e manutenção da qualidade do solo, com ganhos agroambientais positivos. A agricultura conservacionista (plantio direto ou mínimo revolvimento e cobertura permanente do solo, em rotação e/ou consórcio cultural) pode se associar ao manejo tecnológico (ABROL et al., 2005; HOBBS et al., 2008; FAO, 2014).

São apresentadas alternativas tecnológicas ao sistema de derruba e queima no Estado do Acre para o cultivo familiar de mandioca e milho com adoção de princípios da agricultura conservacionista.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi iniciada em 2006 na área rural do município de Mâncio Lima, regional de desenvolvimento do Juruá do Estado do Acre (ACRE, 2010), visando a produção contínua de alimentos em mesma área, sem utilização do fogo e com plantio direto, uso de calcário e adubos e cultivo de plantas de cobertura do solo, princípios da agricultura conservacionista (FAO, 2014).

O experimento (07°28'S, 72°56'W e altitude de 189 m acima do nível do mar) está situado na propriedade de um agricultor familiar parceiro da Embrapa Acre. O solo é um Argissolo Amarelo distrófico típico (EMBRAPA, 2013) de textura média (134, 77 e 789 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0-30 cm). O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Am - tropical de monção, chuvoso e com período seco de curta duração. O delineamento experimental é o de parcelas subdivididas distribuídas em blocos (40 m x 50 m) ao acaso com três repetições.

Nas parcelas principais (20 m x 50 m) estão o preparo convencional da região (PC) e o plantio direto (PD). Nas subparcelas (10 m x 20 m) estão: a testemunha ou sistema de uso comum ou convencional da região (T), sem correção e adubação do solo, sem cultivo de planta de cobertura e com limpeza da área com corte e queima da vegetação; solo com planta de cobertura e sem correção, sem adubação, e sem corte e queima da vegetação (M); solo com planta de cobertura e com adubação com fósforo, sem correção, e sem corte e queima da vegetação (MP); solo com planta de cobertura e com correção com calcário dolomítico, sem adubação e sem corte e queima da vegetação (MC); e solo com planta de cobertura, com correção com calcário dolomítico, com adubação de fósforo, e sem corte e queima da vegetação (MPC). Com exceção da testemunha, todos os demais tratamentos recebem adubação com potássio conforme a recomendação baseada em análise de solo.

A planta de cobertura utilizada no primeiro ano do experimento foi a mucuna (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy; 60 kg ha⁻¹). A ressemeadura natural foi utilizada nos anos posteriores sem cultivo.

O preparo convencional da região, em destaque na agricultura familiar, consiste no uso de grade aradora ou niveladora, geralmente após corte e queima de vegetação secundária. Contudo, o uso da grade não ocorre em todas as safras/ano de cultivo. Na agricultura familiar do Juruá também não são utilizadas a aração do solo e nem a correção da acidez e adubação de base ou cobertura. O uso de herbicidas também não é comum na região. Desde 2009 o fogo não tem sido mais utilizado na testemunha (T).

Até 2014 foram cultivadas duas safras de mandioca (2007-2008 e 2009-2010) e quatro safras de milho (2011-2012, 2012-2013 e 2013-2014 em época convencional de cultivo - setembro a março - e 2014 em segunda safra - março a julho), visando estudar o comportamento do milho fora da época convencional da região.

A variedade local de mandioca cultivada foi a “mansibraba” (espaçamento

de 100 cm x 100 cm). O primeiro cultivo foi entre setembro-2007 e agosto-2008. O segundo cultivo foi entre outubro-2009 e setembro-2010.

As cultivares utilizadas nas safras de milho foram o híbrido simples BRS 1040 (2011–2012), a variedade AL Bandeirantes (2012–2013 – 118 dias de cultivo) e a variedade BRS 4157 Sol da Manhã (2013–2014 – 117 dias de cultivo) em época convencional, e o híbrido duplo Coodetec – CD 308 em segunda safra (2014 – 90 dias de cultivo), sempre na densidade de cinco a oito sementes por metro linear e espaçamento de 80 cm entrelinhas. Antes da safra 2013–2014, o solo do experimento foi novamente calcariado e adubado conforme a recomendação baseada em análise de solo. A produtividade de milho (Mg ha^{-1}) foi avaliada em todas as safras. Na safra 2011–2012 não houve produção de milho.

Os resultados obtidos neste trabalho foram comparados em base percentual com as informações disponíveis no banco de dados do IBGE (2014) referentes ao período entre 2006 e 2012 e aos municípios do Juruá com acesso terrestre, ou seja, Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves, denominada média regional. Esta também representa os resultados obtidos pelos agricultores nas classes de solo cultivado nestes três municípios. Os resultados da produtividade de mandioca e milho deste trabalho são apresentados como média das repetições de campo e seu respectivo erro padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Mandioca - safras 2007-2008 e 2009-2010

A produtividade média dos sistemas conservacionistas (M, MP, MC e MPC) com e sem grade foi, respectivamente, 50 % e 92 % maior do que no sistema T na safra 2007-2008 (Figura 1). Considerando que a produtividade média regional no sistema convencional é de 16 Mg ha^{-1} (IBGE, 2014), estes resultados representam aumentos de 46 % (com grade) e 57 % (sem grade) na produtividade de mandioca.

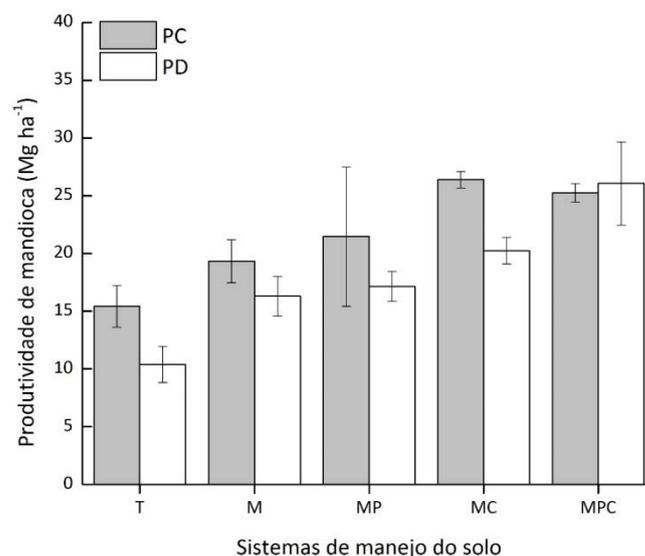


Figura 1 - Produtividade de mandioca em Mâncio Lima, Acre, safra 2007–2008. Médias de três repetições; barras verticais representam o erro padrão da média; T = testemunha, M = somente mucuna, MP = mucuna e fósforo, MC = mucuna e calcário, MPC = mucuna, fósforo e calcário, PC = preparo convencional da região com grade aradora, PD = sem preparo do solo ou plantio direto.

Todos os tratamentos aumentaram a produtividade em comparação ao sistema T, mas os incrementos maiores foram naqueles que, sem fogo e com leguminosa, adicionaram fósforo e calcário no solo (Figura 1). Essa tendência não tem sido observada em outros locais da região e para variedades locais do Juruá, possivelmente devido à textura do solo. Solos mais argilosos (argila de 370 g kg⁻¹ - camada de 0–30 cm em outros locais do Juruá), resistem mais a mudanças devidas ao manejo em comparação a solos arenosos (BAVOSO et al., 2012; COSTA et al., 2003; SEYBOLD et al., 1999; VIÉGAS et al., 2010), como o de Mâncio Lima (argila de 134 g kg⁻¹ - camada de 0–30 cm), que responde mais rápido à correção e adubação, se estas acontecerem sincronizadas com as necessidades das culturas (SANTOS et al., 2008).

A produtividade média dos sistemas conservacionistas (M, MP, MC e MPC) foi 61 % e 69 %, respectivamente, maiores do que no sistema T na safra 2009–2010. Considerando a produtividade média regional (IBGE, 2014), estes resultados representam aumentos respectivos de 26 % e 22 %, contudo abaixo dos valores obtidos na safra 2007–2008. Embora com um ano de descanso para a safra 2009–2010, devem ser consideradas a exportação de nutrientes que ocorreu na safra 2007–2008 e a não reposição de nutrientes via adubação antes da safra 2009–2010. Se por um lado solos arenosos respondem de forma mais rápida à correção e adubação, também é mais rápida a perda dos efeitos destas práticas nesses solos (SANTOS et al., 2008).

3.2. Milho safras 2012–2013, 2013–2014 e 2014

Os sistemas de manejo conservacionista do solo que tiveram produção de milho foram MC e MPC, ambos com e sem grade na safra 2012-2013. Nos demais sistemas de manejo não houve produção (Figura 2). A ausência de calcário nesta safra foi determinante para a produção do milho, embora o AL Bandeirantes seja recomendado para condições de solo com baixa fertilidade. A produtividade no MC em ambos os sistemas de preparo do solo foi abaixo da média (1,2 Mg ha⁻¹) das safras de 2006 a 2012 e dos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves (IBGE, 2014), sendo 21 % menor no solo gradeado e 10 % no solo sem grade. A produtividade no MPC em ambos os sistemas de preparo do solo foi acima da média regional (IBGE, 2014), sendo 44 % maior no solo gradeado e 9 % no solo sem grade.

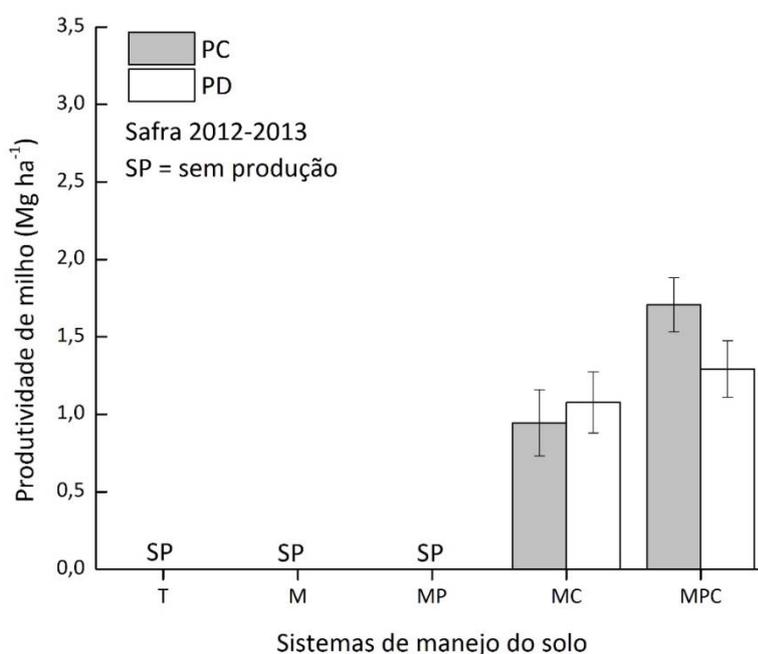


Figura 2. Produtividade de milho em Mâncio Lima, Acre, safra 2012–2013. Médias de três repetições; barras verticais representam o erro padrão da média; T = testemunha, M = somente mucuna, MP = mucuna e fósforo, MC = mucuna e calcário, MPC = mucuna, fósforo e calcário, PC = preparo convencional da região com grade aradora, PD = sem preparo do solo ou plantio direto.

Os sistemas de manejo conservacionista do solo que tiveram produção de milho foram MP, MC e MPC na safra 2013-2014. O solo do sistema T não produziu milho e a produtividade no PD-M foi abaixo de 0,5 Mg ha⁻¹ (Figura 3).

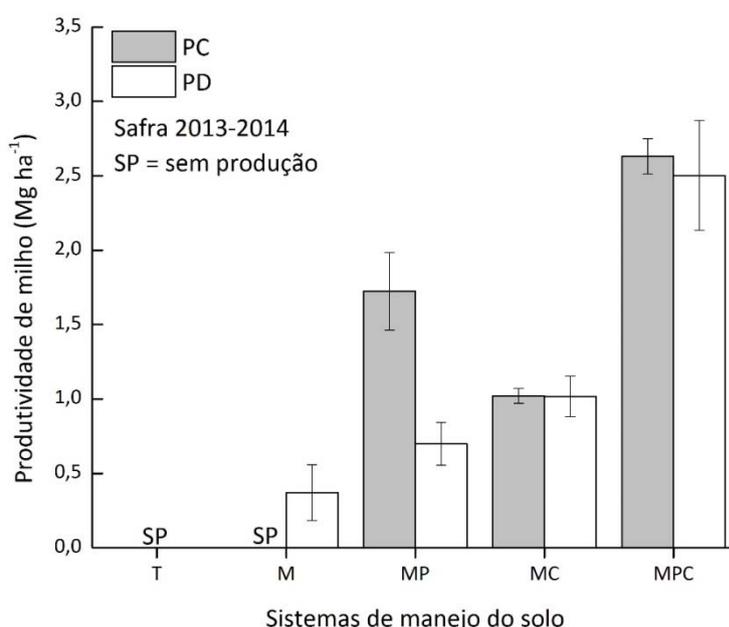


Figura 3. Produtividade de milho em Mâncio Lima, Acre, safra 2013–2014. Médias de três repetições; barras verticais representam o erro padrão da média; T = testemunha, M = somente mucuna, MP = mucuna e fósforo, MC = mucuna e calcário, MPC = mucuna, fósforo e calcário, PC = preparo convencional da região com grade aradora, PD = sem preparo do solo ou plantio direto.

A produtividade média dos sistemas MP, MC e MPC em ambos os sistemas de preparo do solo foi acima da média regional (IBGE, 2014), sendo 51 % maior no solo gradeado e 19 % no solo sem grade. Estes resultados são maiores do que os da safra 2012–2013. É importante destacar que, quando a comparação é somente com o MPC em ambos os sistemas de preparo do solo, os percentuais são maiores ainda, de 122 % superior no solo gradeado e 111 % superior no solo sem grade, enfatizando a necessidade de incluir em alternativas de recuperação e manutenção da qualidade de um solo não somente plantas de cobertura, mas insumos como corretivos e adubos, além de, evidentemente, eliminar o uso do fogo e reduzir tanto quanto possível o revolvimento do solo.

Os sistemas de manejo conservacionista do solo que tiveram produção de milho na segunda safra de 2014 foram M e MP sem preparo do solo, MC e MPC com e sem preparo do solo. O solo do sistema T com e sem preparo do solo e M e MP com preparo do solo não produziu milho (Figura 4). A produtividade média dos sistemas MC e MPC sem preparo do solo foi acima da média regional (IBGE, 2014), sendo 135% e 100% maior, respectivamente. Todos os outros sistemas tiveram produtividade abaixo dessa média, sendo 30 % (MC) e 71 % (MPC) menores com preparo do solo, e 56 % (M) e 21 % (MP) menores sem preparo do solo.

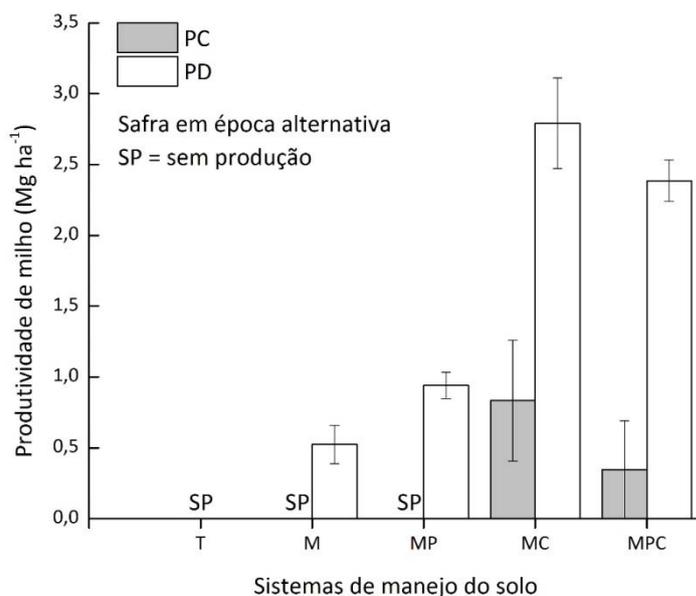


Figura 4. Produtividade de milho em Mâncio Lima, Acre, segunda safra de 2014. Médias de três repetições; barras verticais representam o erro padrão da média; T = testemunha, M = somente mucuna, MP = mucuna e fósforo, MC = mucuna e calcário, MPC = mucuna, fósforo e calcário, PC = preparo convencional da região com grade aradora, PD = sem preparo do solo ou plantio direto.

4. CONCLUSÕES

Sem derruba e queima e nas condições intrínsecas de solo e clima do Juruá e com a adoção de práticas conservacionistas alternativas ao manejo convencional da região é possível elevar a produtividade da agricultura familiar. Ganhos econômicos e ambientais, embora os resultados indiquem ser positivos potencialmente, não foram objetos de avaliação neste trabalho, bem como se os ganhos de produtividade são mantidos ao longo do tempo. Entretanto, os resultados apresentados neste trabalho indicam que a adoção da agricultura conservacionista pode tornar produtiva uma mesma área para cultivo contínuo. São necessários testes de campo mais longos para confirmar esta asserção, considerando em especial a textura do solo e o total anual de precipitação pluviométrica da região. Em destaque para considerar a viabilidade econômica, contemplando as oscilações de preço de mercado interno e externo ao Acre para mandioca e milho, bem como a ocorrência de eventos extremos fora das normais climatológicas da região, cada vez mais frequente nas duas últimas décadas. Até as safras avaliadas neste trabalho, a produção de milho, monitorada em maior número de safra do que a mandioca, e em época alternativa de cultivo, foi permanente e a produtividade crescente nos sistemas com plantio direto, cultivo de leguminosa e uso de adubação fosfatada e calcário. É importante destacar que o milho é uma cultura exigente em qualidade do solo. O mesmo comportamento não foi verificado nos sistemas com preparo convencional da região, mesmo com

condições experimentais semelhantes às do plantio direto.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao senhor Sebastião Oliveira do Nascimento por permitir a realização deste trabalho em sua propriedade. Ao CNPq (CT-Amazônia processo 575790/2008-5), a Embrapa (SEG 03.09.06.022.00.00), ao FDCT (TO 001/2009 e TO 003/2012) e ao CNPq/FAPAC (processos 115122/2015-0, 113123/2016-7 e 113127/2016-0) pelo financiamento de pesquisas e bolsas de iniciação científica aplicadas no experimento de Mâncio Lima, Acre.

REFERÊNCIAS

ABROL, I.P.; GUPTA, R.K.; MALIK, R.K. (Ed.). **Conservation agriculture: status and prospects**. New Delhi: Centre for Advancement of Sustainable Agriculture, 2005. 242p.

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico do Estado do Acre**, fase II (Escala 1: 250.000): Documento síntese. 2. ed. Rio Branco: SEMA, 2010. 356p.

ANJOS, L.H.C.; SILVA, L.M.; WADT, P.G.S.; LUMBRERAS, J.F.; PEREIRA, M.G. (Ed.). **Guia de Campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 204p.

BAVOSO, M.A.; SILVA, A.P.; FIGUEIREDO, G.C.; TORMENA, C.A.; GIAROLA, N.F.B. Resiliência física de dois Latossolos Vermelhos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:1892-1904, 2012.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:527-535, 2003.

DAVIDSON, E. A.; MARTINELLI, L. A. Nutrient limitations to secondary forest regrowth. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Ed.). **Amazonia and global change**. Columbia: American Geophysical Union, 2009. p. 229-309.

DUARTE, A. F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971-2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 21:308-317, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, 2013. 353p.

FAO. **What is conservation agriculture?** Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>>. Acesso em: 05 fev. 2014.

HOBBS, P. R.; SAYRE, K.; GUPTA, R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society: B Biological Sciences**, 363:543-555, 2008.

IBGE. **Sidra - banco de dados agregados.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=839&z=p&o=18>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P.S. (Ed.). **Amazonia and global change.** Columbia: American Geophysical Union, 2009. 565p.

MACKENSEN, J.; HÖLSCHER, D.; KLINGE, R.; FÖLSTER, H. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 86:121-128, 1996.

SANTOS, F.C.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; FOLONI, J.M.; FILHO, M.R.A.; KER, J.C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2015-2025, 2008.

SEYBOLD, C.A.; HERRICK, J.E.; BREJDA, J.J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality, **Soil Science**, 164:224-234, 1999.

VIÉGAS, R.A.; NOVAIS, R.F.; SCHULTHAIS, F. Availability of a soluble phosphorus source applied to soil samples with different acidity levels. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1125-1136, 2010.

ABSTRACT: Conservation and preservation are interdependent concepts and require complex tasks for implementation in agricultural systems practiced by family farmers in the Amazon. However, alternatives exist and can help in the sustainable development of the Brazilian Amazon. Proposing technological alternatives to slash-and-burn system in the State of Acre is the main objective of this study. Cassava and maize crops were cultivated in a Ultisol of Mâncio Lima, Juruá region, Acre with principles of conservation agriculture in a gradient from the conventional system of the region without adoption of technology (T) up to the conservation system with no-tillage, legume cultivation, phosphorus and lime (NT-LPL). Cassava yield tended to be higher in LPL in two harvests (conventional tillage - CT and NT). Maize yield increased along the four crops in the NT-LPL, with increase related to the time between the beginning of the experiment (2006) and the second harvest of 2014, the reapplication of lime and phosphorus in the soil of the experiment and to the maize genetic material used in the crops. The results of this study indicate that to

conserve and to reintegrate the areas already deforested in the Amazon to the productive process requires technology, especially in the scale of family agriculture. One effect of conservation with technology is the potential reduction of deforestation pressure in the Brazilian Amazon, with positive environmental gains, which, in turn, can help stabilize conservation farming systems.

KEYWORDS: No-tillage; legumes; southwestern Amazon.

CAPÍTULO V

ANALISE DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM UM SISTEMA DE CULTIVO EM ALÉIAS PARA A CULTURA DO MILHO NO TRÓPICO ÚMIDO

**Djanira Rubim dos Santos
Georgiana Eurides de Carvalho Marques
Jhuliana Monteiro de Matos
Andrey Luan Marques Melo
Emanoel Gomes de Moura**

ANALISE DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM UM SISTEMA DE CULTIVO EM ALÉIAS PARA A CULTURA DO MILHO NO TRÓPICO ÚMIDO

Djanira Rubim dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão - IFMA, São Luís - MA.

Georgiana Eurides de Carvalho Marques

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão - IFMA, São Luís - MA, Departamento Acadêmico de Química - DAQ.

Jhuliana Monteiro de Matos

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão - IFMA, São Luís - MA.

Andrey Luan Marques Melo

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão - IFMA, São Luís - MA.

Emanoel Gomes de Moura

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, São Luís - MA.

RESUMO: Em diversas regiões de o trópico úmido observar-se uma baixa fertilidade natural dos solos que proporciona dificuldades para a produção agrícola prejudicando a soberania alimentar. Portanto esta pesquisa propõe-se a analisar alguns atributos químicos do solo em um sistema de cultivo em aléias, que utiliza uma combinação de leguminosas de baixa e alta qualidade de resíduos para o cultivo de duas cultivares de milho. Para tanto, foram utilizadas quatro espécies de leguminosas, *Leucaena leucocephala* (leucena), *Gliricidia sepium* (gliricídia), *Clitoria fairchildiana* (sombreiro) e *Acacia mangium* (acácia). As espécies foram distribuídas em uma parcela de 80 x 4m organizadas em quatro blocos inteiramente causalizados, formados com quatro repetições dos cinco tratamentos. Para o estudo dos atributos químicos do solo foram realizadas amostragens do solo após a colheita do milho, nas profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm) a fim de analisar a Matéria Orgânica, pH, P, K trocável, Ca e Mg, Capacidade de troca catiônica, soma de bases e saturação de bases. Observou-se que nas primeiras camadas do solo há um aumento significativo da quantidade de matéria orgânica e diminuição do pH, enquanto que os demais atributos não demonstraram diferenças significativas. Assim, sugere-se que esta técnica ecológica de produção agrícola pode possibilitar benefícios para a melhoria da qualidade da produção agrícola e do solo no trópico úmido.

PALAVRAS-CHAVE: fertilidade; alley cropping; agricultura; ecológica;

1-INTRODUÇÃO

No trópico úmido brasileiro, às margens da região amazônica, existem muitos desafios tecnológicos a serem superados para estabelecer e a manter sistemas agrícolas produtivos e sustentáveis, pois apresentam condições de solos

de baixa fertilidade natural e poucas expectativas para os agricultores familiares. Apesar disso, há um grande potencial de produtividade biológica resultante da interação entre o clima e a vegetação natural, propiciando a presença de uma grande biodiversidade (Gehring, 2005).

Isto pode ser visto no Maranhão, onde a agricultura itinerante ou agricultura de derrubada e queima é o sistema mais utilizado pelos agricultores familiares, sendo caracterizado na alternância de períodos de pousio com curtos períodos de cultivo intensivo (Ferraz Jr., 2004). Contudo observou-se que as práticas “modernas” concebidas para outras realidades de solo e clima resultaram apenas no agravamento das condições de degradação ambiental, percebidas nas áreas abandonadas em que a recuperação da vegetação natural foi prejudicada pela erosão da biodiversidade e pela compactação do solo (Moura et al, 2009a).

Para isso, atualmente diversas pesquisas têm promovido a substituição deste sistema de produção através do uso de técnicas que visem à intensificação da agricultura com perspectivas ecológicas, objetivando o aumento da produção agrícola, a partir do uso eficiente dos recursos naturais e diminuindo os impactos no local e fora do local que contribuem para o aquecimento global, além disso, aumentam a resistência do agroecossistema, preservam a biodiversidade e resultam na utilização de serviços ecossistêmicos positivos (Hochman et al, 2011).

Assim, de acordo com Aguiar et al,(2009); Moura et al,(2008); Moura et al,(2009b) e Teodoro et al (2008) o aproveitamento de serviços ambientais e o rápido crescimento das árvores leguminosas podem ser utilizadas como técnicas sustentáveis de manejo do solo no trópico.

A intensificação da agricultura com olhar ecológico visa conciliar a conservação da biodiversidade e segurança alimentar através de técnicas como: gestão dos riscos climáticos, agricultura de precisão, integração lavoura-pecuária, controle de déficit de irrigação, otimização do processo energético no sistema, entre outras (Brussaard et al, 2010).

Assim, o plantio direto em palhas de leguminosas em aléias se mostra como sistema adequado para o manejo sustentável dos agroecossistemas da região tropical úmida quando se considera as técnicas da intensificação da agricultura, pois promove a capacidade de proteção do solo, de reciclagem de nutrientes e aumento de produtividade das culturas (Leite et al 2008; Moura et al, 2008). Além disso, é responsável pela geração e ação de diversos serviços ecossistêmicos, tendo uma contribuição ecológica, econômica e social para o ambiente e para os agricultores familiares.

Portanto, esta pesquisa propõe a analisar alguns atributos químicos do solo em um sistema de cultivo em aléias, que utiliza uma combinação de leguminosas de baixa e alta qualidade de resíduos para o cultivo de duas cultivares de milho, a fim de mostrar os benefícios dessa técnica para o cultivo de culturas alimentares no trópico úmido.

2-METODOLOGIA

O experimento foi instalado no Campo experimental do Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural do Curso de Agronomia pertencente à Universidade Estadual do Maranhão, situado no interior na Ilha de São Luís, MA, Brasil (2° 30'S e 44° 18'W). O solo da área se caracteriza como um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico textura franco-arenosa (Embrapa, 2006).

Inicialmente no mês de janeiro foi realizada uma correção do solo em relação à acidez através da aplicação de 250Kg de calcário. O sistema de cultivo em aléias, com quatro espécies de leguminosas, duas de alta qualidade de resíduos - *Leucaena leucocephala* (Lam.) (leucena) e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (gliricídia) e duas espécies de baixa qualidade de resíduos - *Clitoria fairchildiana* Howard (sombreiro) e *Acacia mangium* Willd (acácia) que já se encontravam implantados. As espécies foram distribuídas em uma parcela de 80 x 4m organizadas em quatro blocos inteiramente causalizados, formados com quatro repetições dos seis tratamentos: (sombreiro + leucena); (acácia + leucena); (acácia + gliricídia); (sombreiro + gliricídia); (leucena + gliricídia) e tratamento controle sem leguminosas. As leguminosas foram podadas aos 50 cm de altura, sendo depositada a biomassa resultante uniformemente entre as fileiras das diferentes parcelas do mesmo tratamento.

Além disso, cada parcela foi subdividida para o plantio de duas cultivares de milho, sendo utilizada a cultivar AG 1051 e uma variedade biofortificada BR 703.

As adubações de plantio e cobertura consistiram na deposição de 60 Kg de K através do cloreto de potássio e 50Kg de N através da ureia. Foram realizadas duas adubações de cobertura para inserção de potássio e nitrogênio seguindo as mesmas proporções da adubação de plantio.

Para o estudo dos atributos químicos do solo foram realizadas amostragens do solo após a colheita do milho, utilizando-se um trado para retirada de uma amostra composta derivada de 5 sub-amostras por parcelas tomadas em três incremento de profundidade (0-10, 10-20 e 20-30 cm) para analisar a Matéria Orgânica, K trocável, Ca e Mg utilizando extração com resinas. Para determinação de P foi utilizada o espectrofotômetro de chama. Para medição de Ca e Mg foi utilizado espectrofotômetro óptico de emissão de plasma (ICP-OES) e H + Al (método SMP), de acordo com os métodos utilizados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, 2001). Também foi determinada a capacidade de troca catiônica (CTC), soma de bases (SB) e saturação de bases.

Os dados foram analisados estatisticamente usando o programa Graphpad 6 Prism e submetidos à análise de variância realizada através da ANOVA, com $p \leq 0,05$.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores químicos do solo foram agrupados de acordo os tratamentos e as profundidades analisadas, sendo demonstrados nas Figuras abaixo.

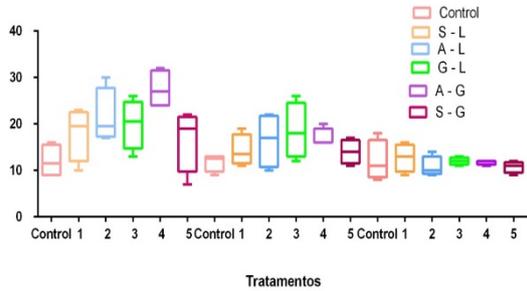


Figura 1: Matéria Orgânica

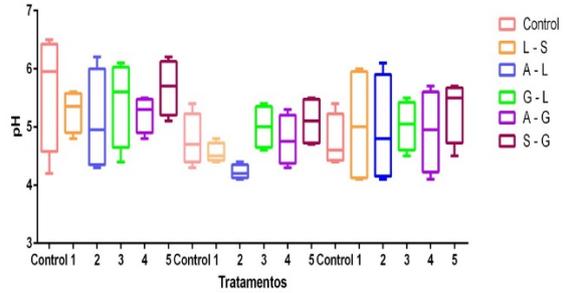


Figura 2: pH

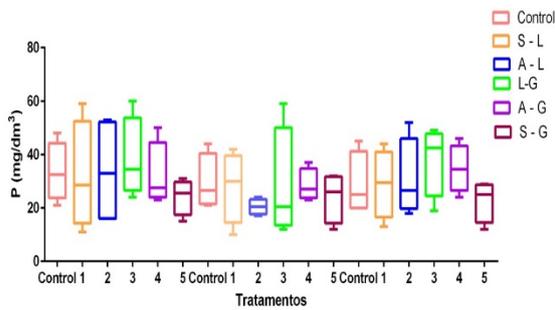


Figura 3: Fósforo

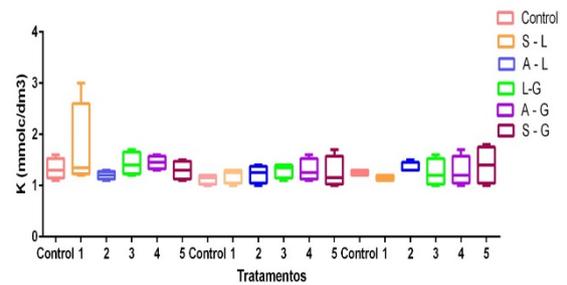


Figura 4: Potássio

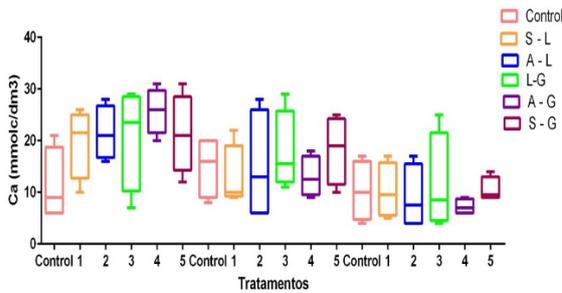


Figura 5: Cálcio

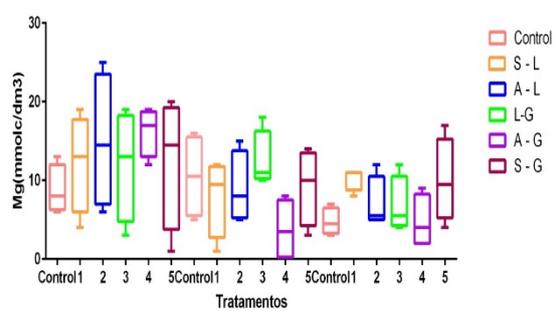


Figura 6: Magnésio

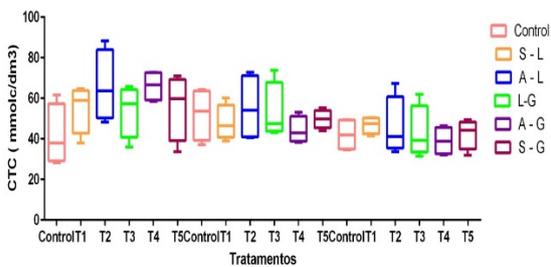


Figura 7: CTC

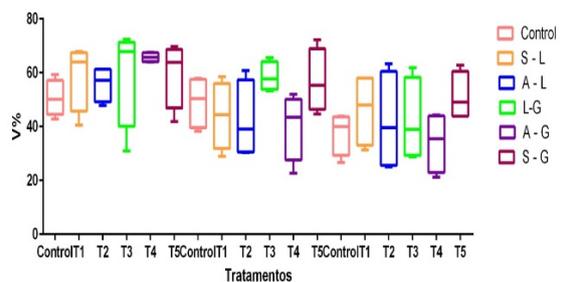


Figura 8: Variância para Saturação

Figura 1-8: Análise de Variância dos parâmetros químicos do solo nas profundidades de 0-10cm, 10-20cm e 20-30cm para todos os tratamentos analisados.

Para os diferentes atributos químicos do solo analisados em um sistema de aléias composto por leguminosas de alta e baixa qualidade de resíduos foi observado que houve diferença significativa para a quantidade de matéria orgânica depositada na profundidade de 0-10 cm e para o pH na profundidade de 10-20cm. Em relação aos demais tratamentos não houve diferenças significativas.

Ao analisar a matéria orgânica (M.O) o tratamento contendo acácia e gliricídia produz uma quantidade superior aos demais tratamentos (Figura 01). De acordo com Schroth e Lehman (1994) a biomassa produzida pela gliricídia é depositada no solo em um processo de decomposição mais acelerado em relação a outras leguminosas, promovendo maior disponibilidade de nutrientes para as culturas consorciadas. Assim, há uma maior absorção das plantas nas primeiras camadas do solo.

Também em combinações de outras leguminosas com acácia demonstraram que essa espécie tem um papel importante no volume de resíduos depositados sobre o solo, gerando benefícios para a leguminosa associada, assim como para a cultura, melhorando a qualidade dos resíduos devido a constantes adições ao sistema, fazendo uma compensação entre o carbono utilizado no sistema e seu armazenamento (Moura et al, 2009).

Contudo, apesar de em outras associações de leguminosas com gliricídia serem observados ganhos produtivos para as culturas, principalmente para o milho, há um aumento no custo de produção para a realização do manejo da leguminosa que deve ser analisado antes do seu estabelecimento na propriedade rural (Mathuva; Rao, 2000; Heineman et al, 1997).

Logo a combinação entre uma leguminosa de baixa qualidade de resíduos com uma de alta qualidade mostra melhor eficiência do sistema para garantir a ciclagem de nutrientes, já que a matéria orgânica é responsável pela agregação das partículas do solo.

Em relação ao pH, todos os tratamentos estão na faixa ideal para as culturas agrícolas. Entretanto na profundidade de 10-20 cm houve uma diferença significativa, possuindo valores mais baixos que os demais tratamentos. Aguiar et al (2013) menciona que o sistema em aléias apresenta valores de pH mais baixos em relação a outros tipos de sistemas de cultivos.

Nessas condições, sem restrição provocada pela acidez, há maior ação dos decompositores de materiais orgânicos no solo promovendo a qualidade da matéria orgânica disponível. Contudo acontecerá uma ação mais acelerada dos decompositores, diminuindo o armazenamento de matéria orgânica no solo.

Assim, os atributos químicos do solo são importantes indicadores para avaliação das condições e características de um sistema em aléias composto por leguminosas de alta e baixa qualidade de resíduos, podendo ser utilizado para identificar a melhor relação entre custo - benefício do uso de adubadoras naturais em sistemas de cultivo agrícola em solos no trópico úmido.

4-CONCLUSÃO

O sistema de cultivo em aleias, caracterizado pela combinação de leguminosas de alta e baixa qualidade de resíduos, utilizado no cultivo de duas cultivares de milho em solos no trópico úmido mostram resultados significativos quanto a deposição de matéria orgânica e diminuição do pH nas primeiras camadas do solo.

Assim, sugere-se que esta técnica ecológica de produção agrícola pode demonstrar benefícios para a melhoria da qualidade da produção agrícola e do solo no trópico úmido.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação da Rede Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal (BIONORTE). Ao Núcleo de Estudos em Agroecologia do IFMA, Campus Monte Castelo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A.C.F., BICUDO, S. J., COSTA SOBRINHO, J. R. S., MARTINS, A. L. S., COELHO, K. P., MOURA, E. G. 2009. **Nutrient recycling and physical indicators of an alley cropping system in a sandy loam soil in the Pre-Amazon region of Brazil.** Nutrient Cycling in Agroecosystems, in press.86, 189-198.

AGUIAR, A.C.F., CÂNDIDO, C. S., CARVALHO, C. S., MONROE, P. H. M., MOURA, E. G.2013. **Organic matter fraction and pools of phodphorus as indicatorsd of the impact of land use in the Amazonian periphery.** Ecological Indicators. 30, 158-164.

BRUSSARD, L., CARON, P., CAMPBELL, B., LIPPER, L., MAINKA, S., RABBING, R., BABIN, D., PULLEMN, M. 2010. **Reconciling biodiverty conservation and food security: scientific challenges for a new agricultura.** ScienceDirect, 2. 34-42.

Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA).2006. **Sistema Brasileiro de Classificação do solo.** Rio de Janeiro.

FERRAZ, JUNIOR. A. S. De L. 2004. **O cultivo em aléias como alternativa para a produção de alimentos na agricultura familiar do trópico úmido.** In: Noura, E.G.; (Ed.). Agroambientes de transição: entre o trópico úmido e semi-árido do Brasil. São Luís ,pp 71-100.

GEHRING, C. 2005. **O Ambiente do trópico úmido e o manejo sustentável dos agrossistemas.** In: Moura, E.G.; Aguiar, A.C.F. (Orgs.). O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: princípios e tecnologias.

HEINEMAN ay, A.M, OTIENO, H.J.O, MENGICH, E.K, AMADALO, B.1997. **A. Growth and yield of eight agroforestry tree species in line plantings in Western Kenya and their effect on maize yields and soil properties.** Forest Ecology and Management. 103-135.

HOCHMAN,Z., CARBERRY, P.S., ROBERTSON, M. J., GAYDON, D.S. BELL, L. W., MCINTOSH, P. C. 2011.**Prospects for ecological intensification of Australian agriculture.** European Journal of agronomy, 1-15.

Instituto Acadêmico de Campinas- IAC. 2001. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** In: van Raij, B., Aandrade, J.C., Cantarella, H. & Quaggio, J.A., eds. Campinas.

LEITE, A.A.L. 2008. **Comportamento de dois genótipos de milho cultivados em sistemas de aléias pré-estabelecidos com diferentes leguminosas arbóreas.** Bragantia, 67, 4, pp.817-825.

MATHUVA, M.N., Rao,M.R., SMITHSON, P.C., Coe, R. 1998. **Improving maize (Zea mays)yields in semiarid highlands of Kenya: agroforestry or inorganic fertilizers?** Field Crops Research. 55, 57-72..

MOURA, E.G., ALBUQUERQUE, J.M, AGUIAR, A.C.F. 2008. **Growth and productivity of corn as affected by mulching and tillage in alley cropping systems.** Sci. Agric., 65:204-208.

MOURA, E. G., ARAÚJO, J. R. G., MONROE, P. H. M., NASCIMENTO, I. O., AGUIAR, A. C. F. 2009a. **Patents on Periphery of the Amazon Rainforest.** 1, , 142-148.

MOURA, E. G., MOURA, N. G., Marques, E. S., Pinheiro, K. M., Costa Sobrinho, J. R. S., Aguiar, A. C.F. 2009b. **Evaluating chemical and physical quality indicators for a structurally fragile tropical soil.** Soil and Use Management, doi: 10.1111/j.1475-2743.2009.00238.x.

SCHROTH,G., Lehmann, J. 1995. **Contrasting effects of roots and mulch from three agroforestry tree species on yields of alley cropped maize.** Agricultura, Ecosystems and Environment. 54, 89-101

ABSTRACT: In various regions of the humid tropics observe itself a low natural fertility that to provide difficulty for agricultural production thus damaging

sovereignty food. Therefore this research proposes to analyse some soil chemical properties in a system of alleys cropping, which uses a combination of leguminous of the low and high quality waste for cultivation of two maize cultivars. To this end, four leguminous species were used *Leucaena leucocephala* (leucena), *Gliricidia sepium* (gliricidia), *Clitoria fairchildiana* (sombreiro) e *Acacia mangium* (acácia). The species were distributed in a portion of 80 x 4m fully organized into four blocks entirely randomized, formed with four replications of five treatments. For the study of chemical soil were realized sampling the soil after the corn harvest at depths (0-10, 10-20 e 20-30 cm) in order to analyze the Organic Matter pH, P, K exchangeable, Ca e Mg, capacity exchange cationic, the sum of bases and the of saturation bases. It was observed that the first layers of the soil there is a significant increase in the amount of organic matter and decreasing pH, while the other attributes no showed significant differences. Thus, it is suggested that this technique of ecological the agricultural production may allow benefits to improving the quality of agricultural production and soil in the humid tropic.

KEY WORDS: fertility; alley cropping; agriculture; ecological

CAPÍTULO VI

ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADO COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

**Aline Azevedo Nazário
Edson Eiji Matsura
Ivo Zution Gonçalves
Eduardo Augusto Agnellos Barbosa
Leonardo Nazário Silva dos Santos**

ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADO COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

Aline Azevedo Nazário

Profª Centro Universitário Adventista de São Paulo – Campus Engenheiro Coelho – SP

Pós-Doc. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola – Campinas - SP

Edson Eiji Matsura

Prof. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola – Campinas - SP

Ivo Zution Gonçalves

Pós-Doc Universidade de Nebraska - EUA

Eduardo Augusto Agnellos Barbosa

Prof. Universidade Estadual de Ponta Grossa – Ponta Grossa - PR

Leonardo Nazário Silva dos Santos

Prof. Instituto Federal Goiano – Rio Verde - GO

RESUMO: A água é um elemento de fundamental importância para o desenvolvimento das culturas agrícolas e com atual escassez dos recursos hídricos, fontes alternativas para a irrigação são necessárias, e o uso destas podem promover alterações nas características do solo. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso da irrigação subsuperficial em diferentes profundidades de instalação da fita gotejadora com esgoto doméstico tratado (EDT) e água de reservatório superficial (ARS) e cultivo não irrigado sobre a microbiologia do solo em diferentes profundidades do solo cultivado com cana-de-açúcar no final da primeira e da segunda soca de cultivo. O estudo foi realizado na área experimental Feagri/UNICAMP. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento subsuperficial, o manejo da irrigação em função da água disponível no solo através da técnica reflectometria no domínio do tempo (TDR). Os tratamentos utilizados foram irrigação com EDT e ARS a 0,20 e 0,40 m de profundidade de instalação das fitas gotejadoras para ambas as qualidades de água, com fertirrigação complementar quando necessário, e o cultivo sem irrigação. Foi avaliado o carbono da biomassa, a respiração do solo e quociente metabólico do solo. O uso da irrigação favoreceu o acúmulo da biomassa microbiana em relação ao manejo sem irrigação, levando também a tendência de equilíbrio ao solo irrigado com EDT, logo, ambientes sobre manejo com EDT apresentaram menor índice de estresse da comunidade microbiana do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Gotejamento subsuperficial; Fertirrigação; Indicadores microbianos.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é destaque no cenário agrícola do Brasil, sendo

cultivada em vários tipos de ambiente e manejo, sem que tenha sido avaliado o impacto decorrente do manejo na microbiota do solo. O estudo das respostas dos diferentes cultivares com tratamentos culturais diferenciados auxilia a exploração econômica da cultura, indicando práticas mais adequadas, de acordo com as propriedades biológicas do solo (BEZERRA et al., 2008).

As alterações microbiológicas do solo com a aplicação de efluentes de esgoto, até cerca de dez anos não se dava maiores enfoques a essas características, subestimando-se o papel da biota do solo em várias funções do solo. No entanto, muitos, se não a maioria, dos atributos físicos e químicos do solo exigidos para o máximo desenvolvimento vegetal é afetado diretamente pelos processos bióticos (LEE, 1994), destacando-se a importância dos microrganismos e seus processos no funcionamento e sustentabilidade de ecossistemas.

Muitos atributos biológicos do solo como a biomassa microbiana e a atividade heterotrófica de microrganismos do solo têm sido utilizados eficientemente como indicadores bioquímicos da qualidade do solo em áreas degradadas, solos sob impacto de metais pesados (MELLONI et al., 2000) ou aqueles submetidos a diferentes sistemas de uso (NOGUEIRA et al., 2006).

Já a respiração microbiana é um dos mais antigos parâmetros para quantificar a atividade microbiana (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Parkinson & Coleman (1991) consideram que a biomassa microbiana basal é capaz de fornecer resultados válidos sobre a atividade microbiana do solo, a qual, em alguns casos, é utilizada como um índice de sua fertilidade.

Portanto, a aplicação de efluente de esgoto tratado via gotejamento subsuperficial na cultura da cana-de-açúcar, necessita de estudos mais elaborados sobre seus efeitos nos atributos biológicos dos solos tropicais, de forma a expandir o conhecimento científico na área de reúso de água na agricultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP), Campinas, SP, com Latitude de 22°53'S e Longitude de 47°05'W e altitude média de 664 m. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico. O clima, segundo a classificação de Köppen, é uma transição entre Cwa e Cfa, com precipitação média anual de 1425 mm, temperatura média anual de 22,4°C e umidade relativa do ar de 62%. Os períodos de avaliação ocorreram no final da primeira soca (setembro/2013), e no final da segunda soca (setembro/ 2014), utilizando a variedade RB867515.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados no esquema fatorial 5x3x2, sendo 5 tratamentos com a qualidade de água, 3 profundidades de coleta do solo e 2 períodos de avaliação, com três repetições. As qualidades de água foram distribuídas da seguinte maneira: E-20 - Irrigação localizada subsuperficial com EDT com a fita gotejadora na profundidade de 0,2 m;

E-40 - Irrigação localizada subsuperficial com EDT com a fita gotejadora na profundidade de 0,4 m; A-20 - Irrigação localizada subsuperficial com ARS, fita gotejadora na profundidade de 0,2 m; A-40 - Irrigação localizada subsuperficial com ARS, fita gotejadora na profundidade de, 0,4 m, e o plantio sem irrigação (S.I.).

O EDT utilizado foi proveniente das instalações da FEAGRI. Antes da aplicação, o efluente foi tratado em reatores anaeróbicos, e em seguida, por três leitos cultivados com macrófitas. As irrigações foram realizadas duas vezes por semana, quando necessário, e a fertirrigação uma vez por semana, por meio de sistema de irrigação com cabeçal de controle individualizado de acordo com a qualidade de água de irrigação (FIGURA 1).



Figura 1. Cabeça de controle para dois conjuntos de sistemas irrigação pressurizados - ARS: Água de reservatório superficial e EDT: Esgoto doméstico tratado.

A lâmina de irrigação foi baseada nas condições de umidade do solo, que foi determinada pela técnica da TDR (FIGURA 2) calibrada para as condições de solo da área (SOUZA, 2006).

A adubação foi realizada conforme Rosseto et al. (2008), na testemunha não irrigada, manualmente em única aplicação na linha de plantio, e nos tratamentos com fertirrigação mineral, os fertilizantes NPK foram aplicados conforme marcha de absorção de nutrientes da cana-de-açúcar (HAAG et al., 1987). Os nutrientes foram aplicados de maneira complementar a qualidade de cada água, para isto era coletado amostras das águas utilizadas, após a passagem pelo cabeçal de controle, e enviadas para análise dos parâmetros químicos (APHA, 1999).

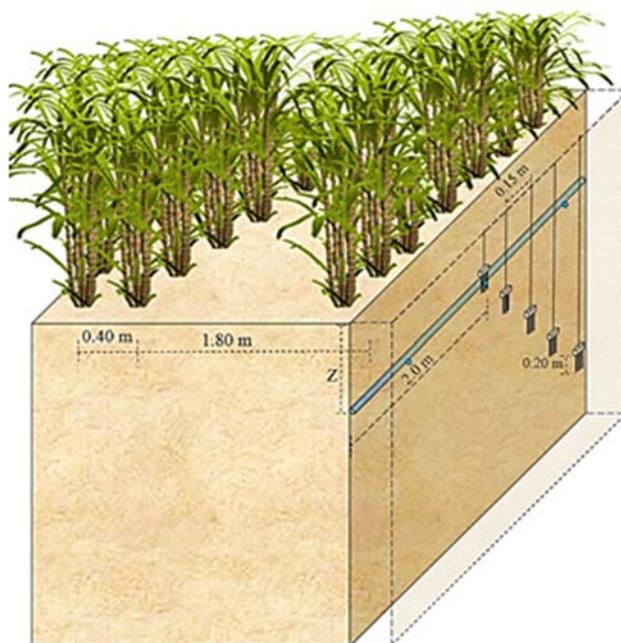


Figura 2. Sistema de monitoramento da umidade do solo por meio da TDR, sendo Z: altura de instalação da mangueira de irrigação (0,20 ou 0,40 m).

A coleta de solo foi realizada no final dos ciclos (1ª soca – setembro/2013 e 2ª soca - setembro/2014), sendo determinado carbono da biomassa, respirometria e quociente metabólico do solo. Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de carbono da biomassa mostraram que os tratamentos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, a profundidade de coleta do solo, os períodos de avaliação e as interações dos fatores não se mostraram significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento (FIGURA 3) sem irrigação (SI) proporcionou menores valores de carbono da biomassa no solo em comparação com a irrigação com ARS a 0,4 m (A-40). Em trabalho de Cattelan et al. (1997) também concluíram que o desenvolvimento microbiano foi estimulado pelo aumento no teor de carbono orgânico e disponibilidade de água no solo, já em trabalho de Sauerbeck et al. (1982), os autores relataram que o aumento da biomassa microbiana na cana-de-açúcar pode ser devido a características intrínsecas à cultura, tais como produtos orgânicos novos gerados pelas plantas cultivadas, principalmente pelas raízes. Desta forma, a irrigação pode ter ocasionado o melhor desenvolvimento de raízes em profundidade, conseqüentemente maior aporte de carbono da biomassa.

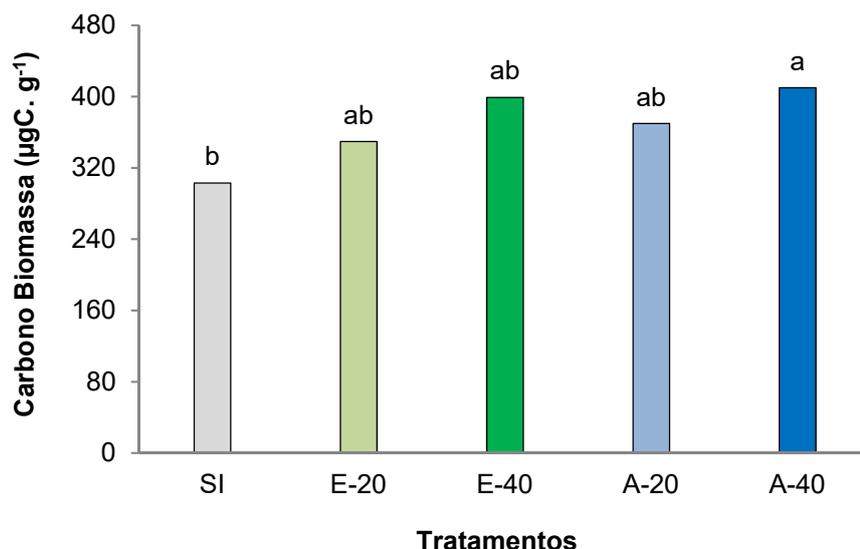


Figura 3. Carbono da biomassa microbiana de um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico em diferentes tratamentos sob cultivo de cana-de-açúcar. As medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Cerri et al. (1985) encontraram valores de biomassa microbiana 100% maiores em área sem ação antrópica em relação a áreas cultivadas, devido, principalmente, à maior deposição de resíduos orgânicos no solo e à grande quantidade de raízes, o que estimula a microbiota do solo, principalmente nas camadas superficiais do solo.

Na respiração microbiana (TABELA 1) para cada período avaliado há variações ao logo das profundidades em estudo, onde com passar dos meses o manejo adotado proporcionou maiores diferenças entre cada profundidade de coleta. Assim como incrementos na respiração do solo em cada profundidade entre os períodos avaliados. Estes resultados demonstram maior equilíbrio da comunidade microbiana devido à adição de adubos químicos ou mesmo pelos nutrientes presentes na água de irrigação.

Período	Profundidade (m)		
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6
Setembro/2013	13,106 bA	10,100 bB	7,665 aB
Setembro/2014	20,466 aA	16,072 aB	8,806 aC

*Médias seguidas de mesma letra minúscula para cada profundidade de coleta do solo dentro de cada período de avaliação e maiúscula para cada período avaliado dentro das profundidades estudadas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 1. Respirometria do solo em cada período avaliado e nas diferentes profundidades de coleta do solo em experimento de cana-de-açúcar

As diferenças na respiração do solo (FIGURA 4) podem estar relacionadas aos fatores como a produção de CO₂ no solo resultante da atividade respiratória de microrganismos, protozoários, nematoides, insetos, anelídeos e raízes do solo, onde a respiração é um indicador sensível e que revela rapidamente alterações nas condições ambientais que porventura afetem a atividade microbiana, tais

resultados corroboram com Moreira & Siqueira, 2002; Nogueira et al., 2006; Meli, 2002. Já para o tratamento A-40 não ocorreu adequado equilíbrio entre os fatores abióticos e bióticos. Logo, mesmo com maiores valores de carbono da biomassa (FIGURA 1) podemos inferir que os microrganismos ainda estão se adaptando as condições do ambiente e aos diversos compostos orgânicos adicionados, o que pode ter elevado as taxas de CO₂.

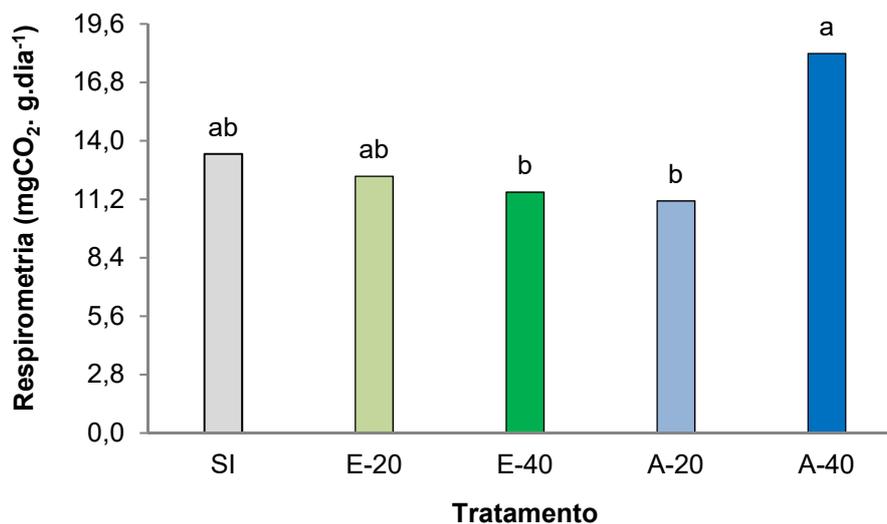


Figura 4. Respirometria de um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico em diferentes tratamentos sob cultivo de cana-de-açúcar. As medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

O quociente metabólico nos períodos de avaliação e nos tratamentos foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, a profundidade de coleta do solo foi significativo ao nível de 5% de probabilidade e as interações dos fatores não se mostraram significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento SI (FIGURA 5) diferiu dos demais, o que pode ser em função da manutenção da umidade do solo, associada à fertirrigação complementar, ou seja, a fonte hídrica juntamente com a disponibilidade de nutrientes possibilitou adequado desenvolvimento da biomassa microbiana, o que culminou em um solo com menores taxas de CO₂ por dia. Neste sentido, o solo irrigado com efluente demonstrou menor quociente de respiração, esta relação também foi encontrado por Meli (2002) ao avaliar influência de águas residuais urbanas e água “limpa” em diferentes solos, onde as águas residuais urbanas mostraram pequenos incrementos na respiração de solo.

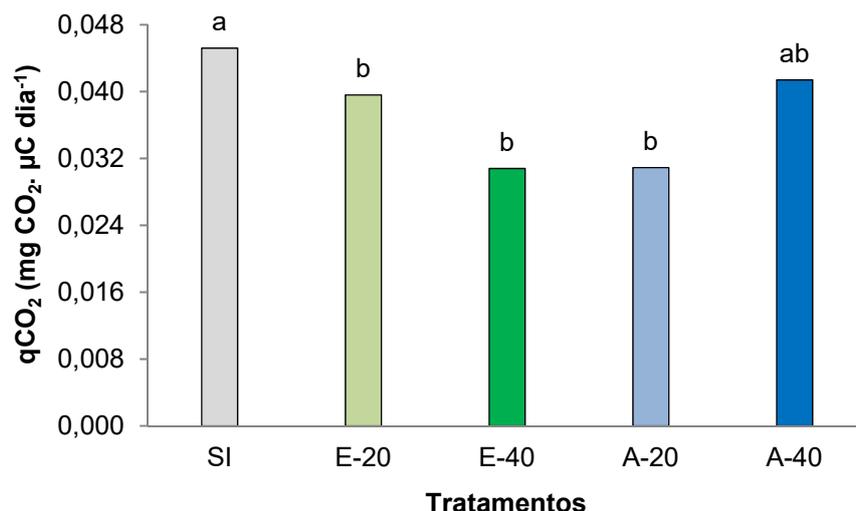


Figura 5. Quociente metabólico de um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico em diferentes tratamentos sob cultivo de cana-de-açúcar. As medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

O qCO₂ ao longo das profundidades avaliadas (FIGURA 6) apresentaram diferenças, onde a proximidade com a superfície do solo (0 – 0,4 m) apresentou maiores valores, do que a profundidade de 0,4 – 0,6 m, no mesmo sentido ocorreu ao longo dos períodos de avaliação (TABELA 2).

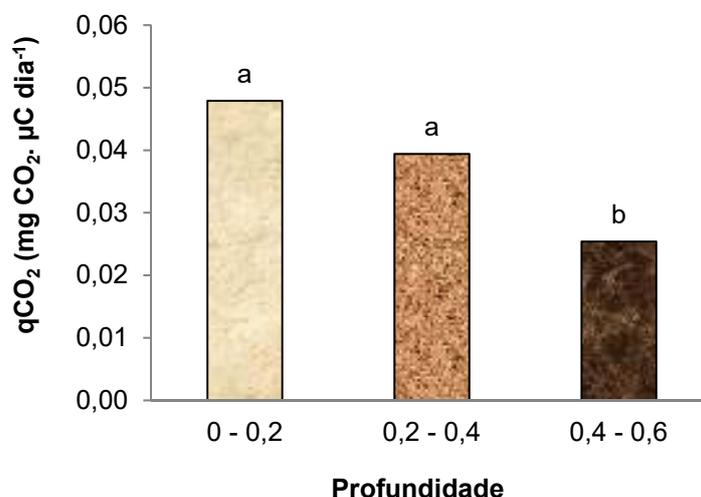


Figura 6. Quociente metabólico nas diferentes profundidades de coleta de um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. As medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Estes resultados apresentaram uma tendência como a apresentada por Sparling (1992) que as mudanças no qCO₂ refletem o padrão de entrada da matéria orgânica no solo, a eficiência da conversão do carbono microbiano, as perdas do carbono do solo e a estabilização do carbono orgânico pela fração mineral do solo. O qCO₂ correlaciona-se significativamente com diversos indicadores biológicos, como por exemplo a matéria orgânica, como também

relatado por Araújo et al. (2003). Logo, seu valor pode indicar se está ocorrendo acúmulo ou perda de carbono no solo (INSAM, 1990).

Período	Quociente metabólico* (mg CO ₂ . µCdia ⁻¹)
Setembro/2013	0,029 b
Setembro/2014	0,046 a

*Medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.
Tabela 2. Quociente metabólico do solo nos períodos avaliados em experimento de cana-de-açúcar

4. CONCLUSÕES

A atividade microbiana do solo sofreu alterações positivas, como aumento da biomassa microbiana e menor quociente metabólico quando irrigados com diferentes qualidades de águas de irrigação, frente ao tratamento sem irrigação, onde o esgoto doméstico tratado se mostrou uma fonte alternativa de recurso hídrico e de nutrientes para o cultivo da cana-de-açúcar.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e Fapesp pelo apoio no desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

APHA, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** (1975), APHA/WWA-WPCF, 14 ed. 1999.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. **Chemosphere**, Oxford, v. 64, p. 1043-1046, 2006.

BEZERRA, R. G. D., DOS SANTOS, T. M. C., DE ALBUQUERQUE, L. S., CAMPOS, V. B., DA SILVA PRAZERES, S. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar submetido a doses de fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.3, n.4, 2008.

CATTELAN, A.J. et al. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os microrganismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 293-301, 1997

CERRI, C.C. et al. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.

9, p. 1-4, 1985.

HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.A.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. coord. **Cana-de-açúcar cultivado e utilização**. Campinas, FUNDAÇÃO CARGILL, 1987. v.1, p:88-162.

INSAM, H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, p.525-532, 1990.

LEE, K. E. The functional significance of biodiversity in soils. In: World Congress of Soil Science, 15. **Anais...** Acapulco: International Society of Soil Science, 1994.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S. A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **Science of the Total Environment**, 285(1/3): 69-77, 2002.

MELLONI, R.; ABRAHÃO, R. S.; MOREIRA, F. M. M.; FURTINI NETO, A. E. Impacto de resíduo siderúrgico na microbiota do solo e no crescimento de eucalipto. **Revista Árvore**, v.24, n.3, p.309-315, 2000.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.

NOGUEIRA, M. A.; ALBINO, U. B.; BRANDÃO JÚNIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M. F.; DIAS, B. A.; Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration between natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.115, p.237-247, 2006.

PARKINSON, D.; COLEMAN, D. C. Methods for assessing soil microbial populations, activity and biomass – Microbial communities, activity and biomass. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.34, n.1, p.3-33, 1991.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Fertilidade do solo, nutrição e adubação. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008, 882p.

SOUZA, C. F.; FOLEGATTI, M. V.; MATSURA, E. E.; OR, D. Calibração da reflectometria no domínio do tempo (TDR) para a estimativa da concentração da solução no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 26, 2006.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal Soil Research**, Melbourne, v.30, n. 95-207, 1992.

SAUERBECK, D.R.; HELAL, H.M.; NONNEN, S.; ALLARD, J.L. Photosynthate consumption and carbon turnover in the rhizosphere depending on plant species and growth conditions. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: CENA/PROMOCET, 1982. p.171-174.

ABSTRACT: Water is an element of fundamental importance for the agriculture development and with current scarcity of water resources, thus alternative sources for irrigation are necessary, and the use of these can promote changes in soil characteristics. Therefore, the objective of this work was to evaluate the use of subsurface irrigation in different depths of the drip tape installation using treated domestic wastewater (TDW), and superficial reservoir water (SWR), and non-irrigated cultivation on soil microbiology at different soil depths cultivated with sugarcane at the end of the first and second ratoon cane cultivation. The study was conducted in the Feagri / UNICAMP experimental area. The irrigation system used was subsurface dripping, irrigation management in function and available water in the soil through the time domain reflectometry (TDR) technique. The treatments used were irrigation with TDW and SWR at 0,20 and 0,40 m of the drip tapes installation depth for both water qualities, plus complementary fertirrigation in case of necessity, and cultivation without irrigation. Biomass carbon, soil respiration, and soil metabolic quotient were evaluated. The use of irrigation favored the accumulation of the microbial biomass in relation to the management without irrigation, also leading to the tendency to balance the soil irrigated with TDW, therefore, environments on management with TDW presented a lower stress index of the soil microbiological community.

KEYWORDS: Subsurface drip; Fertigation; Microbial indicators.

CAPÍTULO VII

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO DEGRADADO EM FUNÇÃO DA ADOÇÃO DE BIOCHAR, CULTURAS DE COBERTURA E RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

**Eduardo Pradi Vendruscolo
Aguinaldo José Freitas Leal
Marlene Cristina Alves
Epitácio José de Souza
Sebastião Nilce Souto Filho**

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO DEGRADADO EM FUNÇÃO DA ADOÇÃO DE BIOCHAR, CULTURAS DE COBERTURA E RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO¹

Eduardo Pradi Vendruscolo

Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia

Goiânia – Goiás

Aguinaldo José Freitas Leal

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Campus Universitário de Iturama

Iturama – Minas Gerais

Marlene Cristina Alves

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia

Ilha Solteira – São Paulo

Epitácio José de Souza

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia

Ilha Solteira – São Paulo

Sebastião Nilce Souto Filho

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana

Aquidauana – Mato Grosso do Sul

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, promovidos pela adição do biochar em solo degradado pela remoção da camada superficial, em processo de recuperação com culturas de cobertura, espécie arbórea nativa e residual da aplicação de lodo de esgoto. O delineamento adotado foi definido em blocos casualizados, em esquema fatorial 6x2, seis tratamentos (T1 – Solo exposto; T2 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + biochar; T3 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + crotalária (*Crotalaria juncea*) + biochar; T4 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); T5 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + lodo de esgoto (60 t ha⁻¹) + *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens*; T6 – Mata nativa de Cerrado) e duas épocas de coleta de solo. O solo foi amostrado em três camadas (0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m), nas quais foram determinados os teores de P, K, Ca, Mg e Al e os valores de pH, H+Al, SB, CTC, V% e m%. Houve acréscimo nos teores de K na camada de 0,05-0,10 m em função da aplicação do biochar, o qual não apresentou influência sobre as demais variáveis estudadas. A aplicação de lodo de esgoto em solo degradado e o manejo dessa área com braquiária propiciam aumento no teor de fósforo no solo.

PALAVRAS-CHAVE: biofertilizante, área de empréstimo, resíduos agroindustriais.

¹ Artigo científico publicado por Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 59, n. 3, p. 235-242, jan. 2017. ISSN 2177-8760.
Disponível em: <<http://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2161>>.

1-INTRODUÇÃO

A destinação correta de resíduos da agroindústria é um assunto amplamente discutido em razão da grande quantidade de rejeitos produzidos no território brasileiro, resultado da expansão do setor e de sua capacidade de influenciar negativamente a qualidade do solo e recursos hídricos, quando mal manejados.

Há grande interesse na utilização de resíduos da agroindústria para o aumento da produtividade agrícola, utilizando-os como biofertilizantes ou condicionadores dos atributos físicos e químicos dos solos (DIM et al., 2010; FRAVET et al., 2010; MORAES et al., 2012). Essa mesma aplicabilidade pode ser direcionada para a recuperação de áreas perturbadas, onde se constataram atividades antrópicas degenerativas ao solo (MODESTO et al., 2009).

Dentre os resíduos gerados pela atividade agroindustrial, a cama de aviário é tida como importante fonte de adubação orgânica e é comumente usada como fertilizante em regiões onde há concentração da produção aviária, por apresentar elevados teores de carbono (ADELI et al., 2007), e nutrientes (BOATENG et al., 2006; ADELI et al., 2007; COSTA et al., 2009), combinados ao valor relativamente baixo, em relação ao adubo mineral (VALADÃO et al., 2011).

Apesar dos benefícios que a utilização da cama de aviário propicia ao solo, buscam-se métodos para a otimização da aplicação desses produtos, reduzindo o volume a ser aplicado, aumentando a disponibilidade de nutrientes e manutenção da matéria orgânica por longos períodos no solo, o que não ocorre em grande parte dos ambientes do território brasileiro devido às condições edafoclimáticas.

Desta maneira, o emprego do tratamento por pirólise rápida da cama de aviário tem como um de seus produtos o biochar. Este possui alto teor de carbono, além de conter quantidades consideráveis de N, P, K, S e uma grande área superficial, expandida por consequência da queima, a qual aumenta a microporosidade do produto final (MADARI et al., 2009).

O biochar possui uma gama bastante grande de aplicações, incluindo sua incorporação no solo, como um biofertilizante (biochar), para a melhoria das propriedades biológicas, físicas e químicas do mesmo. Além de possuir elevada estabilidade, a qual lhe confere a característica de abrigo para os micro-organismos do solo e de sequestrador de carbono, impedindo as emissões de carbono para a atmosfera (NÓBREGA, 2011).

No Brasil, estudos relacionados à utilização e à produção do biochar são escassos. A consequência ao incentivo do emprego desta técnica de tratamento de resíduos pode vir a colaborar com a diminuição do volume de rejeito que é, muitas vezes, armazenado de forma incorreta, acarretando em degradação ambiental. Adicionalmente é gerado um produto com manejo facilitado e que pode voltar ao campo na forma de fertilizante.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, promovidas pela adição do biochar, adoção de culturas de cobertura e residual da aplicação de lodo de esgoto em área com solo em

processo de recuperação após remoção da camada superficial, para a construção de usina hidrelétrica.

2-MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma área inserida no Planalto da Bacia Sedimentar do rio Paraná, situada à margem direita do rio Paraná, no município de Selvíria - MS (20°22'40''S, 51°24' 41,90''W e altitude média de 338 m). O tipo climático, segundo Köppen, é Aw, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O relevo local é plano a suavemente ondulado, apresentando declives muito suaves (DEMATTE, 1980).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito profundo e com textura média (200-350 g kg⁻¹ de argila). A sua fração argila é de baixa atividade, dominada essencialmente por gibbsita e caulinita (DEMATTE 1980; SANTOS et al., 2013).

A degradação da área onde o experimento foi instalado se deu com a retirada das camadas superficiais (cerca de 8,60 m) para terraplanagem e fundação da barragem da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira. Por ter ficado com o subsolo do local exposto, essa área recebe a denominação de "área de empréstimo". No início das atividades de pesquisa, constatou-se que o referido subsolo estava exposto desde 1969, demonstrando, dessa forma, compactação superficial e baixa presença de vegetação espontânea (ALVES & SOUZA, 2011). O início das atividades para a recuperação do solo se deu em 2004, quando foi realizada a sua caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas do solo original (Cerrado) e degradado antes da implantação da pesquisa, Selvíria – MS, 2004

Table 1. Chemical characteristics of the original soil (Cerrado) and degraded before the implementation of research, Selvíria – MS, 2004

Profundidade (m)	P resina mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
Solo original (cerrado)											
0,00-0,05	4,0	28,0	4,2	1,2	2,0	3,0	31,0	8,0	6,1	36,9	16
0,05-0,10	4,0	14,0	4,1	1,2	5,0	4,0	31,0	8,0	11,1	41,7	21
0,10-0,20	2,0	10,0	4,1	0,8	0,0	2,0	26,0	8,0	2,8	29,0	10
Solo degradado											
0,00-0,05	1,0	7,0	4,4	0,8	4,0	2,0	17,0	2,0	6,5	23,3	28
0,05-0,10	1,0	3,0	4,4	0,4	3,0	2,0	17,0	2,0	4,6	21,4	22
0,10-0,20	1,0	2,0	4,3	0,3	2,0	2,0	16,0	3,0	3,7	19,6	18

Em 2004 foi efetivado o preparo da área, realizando-se a limpeza superficial, subsolagem e gradagens (aradora e niveladora). Também naquele ano foi realizada uma única calagem na dose de 2,0 t ha⁻¹ e em seguida uma gradagem

para incorporação, exceto no tratamento com solo exposto, que não passou por nenhum tipo de manejo. Em seguida o lodo de esgoto foi adicionado ao respectivo tratamento, numa dose de 60 t ha⁻¹.

O lodo de esgoto teve como principal objetivo a adição de material orgânico no solo. Tendo sido proveniente de efluentes residenciais, o lodo de esgoto não apresentou problemas relativos a metais pesados, podendo ser aplicado sem consequências negativas ao ambiente (Tabela 2) (Suzuki & Alves, 2005). Assim sendo, o lodo de esgoto foi aplicado manualmente sobre o solo, sendo, logo depois, incorporado por meio de uma gradagem.

MO	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Umidade	C/N
%			-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			kg kg ⁻¹	
20	71	19	15	11	3	8	16	160	961	116	583	0,85	7/1

Tabela 2. Caracterização química do lodo de esgoto utilizado. Selvíria – MS, 2004.

Table 2. Chemical characterization of sewage sludge. Selvíria – MS, 2004.

Todos os tratamentos para recuperação do solo são compostos por uma espécie arbórea nativa de cerrado, a Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott). A espécie arbórea nativa foi implantada com espaçamento de 3 m x 2 m, totalizando 25 plantas por parcela experimental. Cada uma de tais parcelas era constituída de uma área de 92m² (8x12m), em 2004.

Também no ano de 2004 foram semeadas plantas de cobertura para a composição dos tratamentos. Foram semeadas as culturas de braquiária (*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens*), utilizando-se 20 kg ha⁻¹ de sementes, de crotalária (*Crotalaria juncea*), cultivada em densidade de sementes, a 35 sementes por metro, espaçadas em 0,50 m e o feijão-de-porco, (*Canavalia ensiformis*) em espaçamento de 0,50 m entrelinhas com 10 sementes por metro. Anualmente foi realizada a semeadura da crotalária e do feijão-de-porco, os quais foram roçados em pleno florescimento, enquanto a braquiária foi manejada por roçagem uma vez ao ano, sem que fosse feita incorporação dos restos vegetais ao solo.

Em novembro de 2013 foi adicionado o biochar aos tratamentos estabelecidos no ano de 2004. Este foi aplicado na forma de coroamento em torno de nove plantas de *Astronium fraxinifolium* Schott escolhidas aleatoriamente em cada parcela, a 30 cm de distância da base do caule e incorporado à profundidade de 20 cm no solo. A Tabela 3 resume as proporções relativas no biochar utilizado no presente estudo, obtido pela pirólise (queima em altas temperaturas e baixos níveis de oxigênio) da cama de aviário.

Parâmetro	Unidade	Resultado
pH (em água 1:10)	-----	8,7
Umidade, a 60-65°C	% (m/m)	2,4
C orgânico	g de C kg ⁻¹	725
Nitrogênio Kjeldahl	g de C kg ⁻¹	2,5
Relação C/N	-----	290

Arsênio	mg de As kg ⁻¹	<1,0
Boro	mg de B kg ⁻¹	20
Cádmio	mg de Cd kg ⁻¹	3,8
Cálcio	g de Ca kg ⁻¹	7,1
Chumbo	mg de Pb kg ⁻¹	5,9
Cobre	mg de Cu kg ⁻¹	170
Cromo total	mg de Cr kg ⁻¹	120
Enxofre	g de S kg ⁻¹	32,7
Ferro	mg de Fe kg ⁻¹	47254
Fósforo	g de P kg ⁻¹	0,54
Magnésio	g de Mg kg ⁻¹	1
Manganês	mg de Mn kg ⁻¹	628
Mercúrio	mg de Hg kg ⁻¹	<1,0
Níquel	mg de Ni kg ⁻¹	167
Selênio	mg de Se kg ⁻¹	<1,0
Zinco	mg de Zn kg ⁻¹	44
Potássio	mg de K kg ⁻¹	5888

Tabela 3. Composição química de biochar.
Table 3. Chemical composition of biochar.

O novo delineamento foi estabelecido em blocos casualizados, num esquema fatorial 6x2, compostos por seis tratamentos e a duas épocas de coleta de solo, a primeira anteriormente a aplicação do biochar e a segunda seis meses após a adição de 15 t ha⁻¹ do biochar (Época 1 e Época 2) aos tratamentos implantados em 2004, com exceção da vegetação natural de Cerrado e solo exposto, em quatro repetições.

A composição dos tratamentos foram: T1 – Solo exposto; T2 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) (GA) + biochar; T3 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + crotalária (*Crotalária juncea*) (CR) + biochar; T4 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (FP); T5 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + lodo de esgoto (60 t ha⁻¹) (LE) + *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens* (BR); T6 – Mata nativa de Cerrado.

Para as análises químicas do solo foram coletadas amostras das camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, em três pontos por parcela, antes e após a aplicação de biochar, ambas formando amostras compostas. Utilizando-se o método de extração com resina trocadora de íons (RAIJ et al., 2001), foram determinados os teores de fósforo, potássio, magnésio, cálcio e alumínio dessas amostras. Em seguida foram calculadas as somas de bases (SB = Ca + Mg + K), capacidade de troca catiônica (CTC = SB + (H + Al)) e saturação por bases (V% = (100 x SB) / CTC). O teor de matéria orgânica do solo (MOS) foi determinado conforme a metodologia da Embrapa (1997).

Os dados resultantes das coletas foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Tukey para as comparações entre médias. O nível de significância utilizado foi de 5%.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os tratamentos e épocas de coleta de solo (antes e após a aplicação de biochar) para os teores de K na camada de 0,05-0,10 m. Para as demais camadas de profundidade foram verificadas diferenças entre os tratamentos ou entre as épocas de coleta (Tabela 4).

Tratamentos	K (mmol _c dm ⁻³)	
	Época 1	Época 2
Solo degradado	0,43bcA	0,48bA
GA	0,28cB	0,63abA
GA+FP	0,55bB	0,75aA
GA+CR	0,48bcB	0,75aA
GA+BR+LE	0,40bcB	0,75aA
Cerrado	1,00aA	0,83aB
CV (%)	18,24	
Média Geral	0,60	

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. GA+FP= Gonçalo-alves+Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); GA+C= Gonçalo-alves+Crotalária (*Crotalária juncea*); GA+BR +LE = Gonçalo-alves+Braquiária+ lodo de esgoto.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre tratamentos e épocas de coleta para as médias dos teores de K, na camada 0,05-0,10 m. Selvíria – MS, 2014.

Table 4. Breakdown of interaction between treatment and collection times for the average of the K, in the 0.05-0.10 m layer. Selvíria – MS, 2014.

O efeito obtido se deve à aplicação do biochar, incorporado na camada até 0,20 m. Pois o mesmo possui, em sua composição química, consideráveis teores de K. Entretanto, apesar do aumento, os teores desse elemento no solo continuam baixos (SOUZA & LOBATO et al. 2004), não favorecendo o desenvolvimento vegetal. O residual da aplicação de lodo de esgoto na recuperação do solo em área degradada e o manejo desse solo com a braquiária, influenciaram os atributos químicos do solo avaliado nove anos depois. Além de incrementar os teores de fósforo no tratamento GA+BR+LE, a aplicação de lodo de esgoto destacou-se dos demais tratamentos para todas as camadas de solo estudadas (Tabela 5). Esse resultado se deve à alta concentração de P presente no lodo de esgoto, o qual foi aplicado na implantação do experimento (2004).

Trat	pH (CaCl ₂)			P (mg dm ⁻³)			K (mmolc dm ⁻³)		
	Profundidade (m)								
	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20
Solo degradado	4,60b	4,60b	4,68b	1,50c	1,38c	1,25c	0,46c	0,45c	0,40b
GA	5,58a	5,58a	5,49a	1,63c	1,63c	1,75c	0,71bc	0,45c	0,34b
GA+FP	5,38a	5,38a	5,45a	1,88c	1,63c	1,75c	0,90b	0,65b	0,44b
GA+CR	5,48a	5,48a	5,68a	1,63c	1,63c	1,38c	0,85b	0,61bc	0,36b
GA+BR+LE	4,69b	4,69b	4,75b	31,25a	23,38a	14,38a	0,85b	0,58bc	0,36b
Cerrado	4,45b	4,45b	4,33b	6,58b	4,67b	3,67b	1,32a	0,92a	0,78a
Época 1	4,99a	4,99a	5,05a	7,33a	5,58a	3,65b	0,82a	0,52b	0,35b
Época 2	5,05a	5,05a	5,07a	7,49a	5,85a	4,40a	0,90a	0,70a	0,54a
Teste F									
Trat	22,06*	18,84*	25,53*	1191,04*	364,19*	264,34*	9,67*	19,17*	29,03*
Ép	0,42 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,50 ^{ns}	8,43*	0,70 ^{ns}	30,31*	54,64 ^{ns}
Trat*Ép	0,35 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,19 ^{ns}	2,33 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,18 ^{ns}	6,64*	1,91 ^{ns}
CV (%)	5,93	7,52	6,03	13,10	22,67	22,22	29,90	18,24	19,78
MG	5,02	5,12	5,06	7,41	5,72	4,03	0,85	0,61	0,45

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. GA+FP= Gonçalo-alves+Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); GA+C= Gonçalo-alves+Crotalária (*Crotalaria juncea*); GA+BR +LE = Gonçalo-alves+Braquiária+ lodo de esgoto. Tabela 5. Valores de F, valores médios de pH e teores médios de P e K nas camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m dos tratamentos e das épocas de coleta de solo. Selvíria – MS, 2014. Table 5. Values of F, average values of pH and concentration of P and K in the layers of 0.0-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m of treatment and the seasons solo collection. Selvíria-MS, 2014.

No entanto, o fósforo aplicado na forma orgânica, presente na composição do lodo de esgoto, pode apresentar alta resiliência devido a decomposição da MO do resíduo e a consequente adsorção do nutriente nas à fase mineral do solo. Essa transição resulta na indisponibilidade parcial ou total do fósforo para as plantas. Há culturas que conseguem converter o fósforo não-lábil através da dissolução dos coloides do solo pela exsudação de ácidos orgânicos e consequente solubilização do fósforo para a solução do solo, como ocorre com a braquiária (CORRÊA et al., 2004), o que resulta nos maiores teores verificados.

Para os teores de Ca, de uma maneira geral, os tratamentos GA, GA+FP e GA+CR destacam-se com relação às duas testemunhas e ao tratamento GA+BR+LE (Tabela 6). Esse resultado era esperado devido à aplicação e incorporação do calcário (2,0 t ha⁻¹) nesses tratamentos no início do experimento de recuperação.

Trat	Ca (mmolc dm ⁻³)			Mg (mmolc dm ⁻³)			H+Al (mmolc dm ⁻³)		
	Profundidade (m)								
	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20

Solo degradado	3,13b	4,38c	2,88b	1,63c	1,63c	1,25b	15,50c	14,75bc	14,13bc
GA	6,50a	6,63a	6,13a	3,88bc	3,88ab	2,75a	12,75c	11,88c	12,63c
GA+FP	7,13a	7,00a	5,50a	5,38ab	3,75ab	3,00a	14,13c	13,63c	12,88c
GA+CR	6,50a	6,13ab	5,75a	4,50abc	3,88ab	3,25a	13,63c	13,50c	12,88c
GA+BR+LE	6,13a	5,25bc	4,38ab	7,38a	4,38a	2,75a	27,38b	21,50b	17,00b
Cerrado	6,42a	1,63d	2,88a	5,71ab	2,67bc	2,50a	53,38a	37,33a	39,00a
Época 1	6,10a	5,08a	4,28a	5,21a	3,42a	2,54a	23,46a	19,10a	18,97a
Época 2	5,83a	5,25a	4,88a	4,28a	3,31a	2,63a	22,13a	18,43a	17,19b
Teste F									
Trat	4,19*	60,97*	11,02*	6,96*	7,46*	5,15*	370,24*	28,97*	126,15*
Ép	0,21 ^{ns}	0,65 ^{ns}	2,78 ^{ns}	2,40 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,11 ^{ns}	3,88 ^{ns}	0,21 ^{ns}	5,55*
Trat*Ép	0,77 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,87 ^{ns}
CV (%)	33,1	13,87	27,11	43,83	31,43	33,83	10,28	27,15	14,45
MG	5,97	5,17	4,58	4,74	3,36	2,58	22,79	18,76	18,08

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. GA+FP= Gonçalo-alves+Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); GA+C= Gonçalo-alves+Crotalária (*Crotalária juncea*); GA+BR +LE = Gonçalo-alves+Braquiária+ lodo de esgoto.

Tabela 6. Valores de F e teores médios de Ca, Mg e H+Al nas camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m dos tratamentos e das épocas de coleta de solo. Selvíria – MS, 2014.

Table 6. Values of F and average contents of Ca, Mg and H + Al in the layers of 0.0-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m of treatments and seasons solo collection. Selvíria – MS, 2014.

O menor teor de Ca encontrado no tratamento GA+BR+LE pode ser consequência da retirada e acúmulo desse nutriente pela braquiária, estando o mesmo presente na área, mas formando compostos orgânicos, portanto, não disponível. Segundo Bianco et al. (2005) o Ca é o terceiro elemento mais requerido pela planta de braquiária, ficando atrás apenas do K e do N, compondo os principais órgãos de acúmulo, folhas, raízes, caules e colmos, respectivamente.

A aplicação do calcário também foi responsável pela diminuição da H+Al, dos teores de Al e dos valores de m (%), e pelo aumento do V (%) e do pH, que seguiram a mesma tendência dos teores de Ca (Tabelas 6, 7 e 8). A ocorrência desses eventos é de suma importância para o estabelecimento da vegetação na área, tendo em vista os efeitos maléficos do Al e da acidez sobre o desenvolvimento vegetal (CARVALHO et al., 2007).

Trat	Al (mmolc dm ⁻³)			SB (mmolc dm ⁻³)			CTC (mmolc dm ⁻³)		
	Profundidade (m)								
	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20
Solo degradado	4,25b	3,50b	5,25b	5,21b	5,50b	4,79b	20,71c	20,21c	18,91c
GA	0,00d	0,00c	0,13c	11,09a	10,96a	9,21a	23,84c	23,86c	21,84bc
GA+FP	0,13d	0,25c	0,13c	13,40a	10,30a	8,44a	27,53c	24,48c	21,31bc

GA+CR	0,13d	0,13c	0,00c	11,85a	10,58a	9,37a	25,48c	24,08c	22,24bc
GA+BR+LE	2,00c	2,50b	2,00c	14,35a	10,50a	7,49ab	38,23b	31,75b	24,49b
Cerrado	11,38a	11,42a	11,33a	12,45a	5,25b	5,55b	68,07a	51,32a	46,62a
Época 1	2,93a	2,83a	3,08a	12,12a	8,61a	7,17a	35,79a	29,32a	26,14a
Época 2	3,03a	3,10a	3,19a	10,66a	9,09a	7,78a	32,16a	29,25a	25,66a
Teste F									
Trat	106,28*	131,0*	212,78*	6,10*	29,86*	8,72*	105,25*	97,61*	113,70*
Ép	0,08 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,88 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,29 ^{ns}	6,62*	0,01 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Trat*Ép	0,09 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,05 ^{ns}
CV (%)	40,82	36,54	27,75	32,55	15,80	24,60	14,39	11,18	10,55
MG	2,98	2,97	3,14	11,39	8,85	7,47	33,97	29,28	25,90

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. GA+FP= Gonçalo-alves+Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); GA+C= Gonçalo-alves+Crotalária (*Crotalária juncea*); GA+BR +LE = Gonçalo-alves+Braquiária+ lodo de esgoto. Tabela 7. Valores de F, teores médios de Al e valores médios de SB e CTC nas camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m dos tratamentos e das épocas de coleta de solo. Selvíria – MS, 2014. Table 7. F values, average contents of Al and average values of SB and CTC in layers of 0.0-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m of treatment and the seasons solo collection. Selvíria – MS, 2014.

A calagem, segundo Natale et al. (2007), propicia o aumento do pH, fornecimento de Ca e Mg para o solo, neutralização do Al trocável, alterações na CTC efetiva e na disponibilização de micronutrientes, podendo elevar os teores foliares de Ca e Mg. Outros estudos têm demonstrado que há correlações positivas entre pH e valores de P, Ca, Mg, K, SB, CTC e V% do solo, e negativas com a saturação de Al, que corresponde ao cátion trocável predominante em grande parte dos solos estudados (ABREU JÚNIOR et al., 2003).

Para os teores de matéria orgânica foi observada a superioridade da mata nativa de cerrado sobre os demais tratamentos (Tabela 8). Isso muito se deve à grande produção de serrapilheira na mata nativa, a qual fornece grande quantidade de material orgânico ao solo aumentando, conseqüente, as atividades biológicas de decomposição e deslocamento desse material entre as camadas do perfil do solo.

Trat	MO (g dm ⁻³)			V (%)			m (%)		
	Profundidade (m)								
	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20
Solo degradado	8,38c	7,88c	8,38bc	24,85c	29,75b	15,38c	66,50a	54,88b	57,63a
GA	9,13c	8,38c	7,88c	46,25a _b	49,50a	41,75a	0,00d	0,00d	0,00c
GA+FP	10,75c	9,25c	8,25c	47,75a	44,25a	39,00a	1,00d	2,00d	0,00c
GA+CR	9,63c	9,13c	8,13c	46,25a _b	44,00a	41,88a	1,00d	1,00d	0,00c
GA+BR+LE	17,50b	12,25b	9,50b	36,38b	33,13b	30,63b	27,25c	17,13c	20,63b

Cerrado	28,83a	21,25a	17,29a	17,79c	12,00c	11,58c	52,63b	70,71a	63,67a
Época 1	15,56a	11,88a	10,22a	36,26a	36,26a	29,03a	24,71a	24,44a	24,64a
Época 2	12,51b	10,83b	9,58b	36,83a	36,83a	31,04a	24,75a	24,17a	22,67a
Teste F									
Trat	82,49*	104,37*	170,49*	24,13*	76,32*	57,99*	457,90*	471,88*	195,32*
Ép	18,04*	6,58*	7,78*	0,07 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,28 ^{ns}
Trat*Ép	1,71 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,59 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,63 ^{ns}
CV (%)	17,68	12,39	8,01	19,95	12,50	16,72	15,61	16,54	25,51
MG	14,04	11,35	9,90	36,55	35,44	30,03	24,73	24,31	23,65

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. GA+FP= Gonçalo-alves+Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); GA+C= Gonçalo-alves+Crotalária (*Crotalária juncea*); GA+BR +LE = Gonçalo-alves+Braquiária+ lodo de esgoto.

Tabela 8. Valores de F e teores médios de MO, V% e m% nas camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m dos tratamentos e das épocas de coleta de solo. Selvíria – MS, 2014.

Table 8. Values of F and average contents of MO, V% and m% in layers of 0.0-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m of treatments and collection times of soil. Selvíria – MS, 2014.

Dentre os tratamentos implantados para a recuperação do solo destacou-se o GA+BR+LE (Tabela 8). A alta produtividade de biomassa vegetal da braquiária, tanto da parte aérea quanto radicular, proporciona o aumento da atividade macro e microbiota edáfica. Silva et al. (2007), trabalhando com diferentes coberturas de solo, verificaram que há influência do tipo de cobertura sobre os atributos biológicos do solo, uma vez que são alterados fatores como umidade e temperatura do ambiente edáfico.

Na comparação entre as épocas de coleta para os tratamentos em todas as profundidades, observou-se, de modo geral, a diminuição dos teores de matéria orgânica (Tabela 8). Esse fato está, provavelmente, ligado às condições climáticas nas épocas das coletas, pois a quantidade e a qualidade do material que se deposita no solo sofrem efeito direto do tipo de vegetação e das condições ambientais, alterando a heterogeneidade da microbiota e a taxa de decomposição dos materiais (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Assim, infere-se que, devido à segunda época de coleta ter sido realizada no período da seca, a falta de água interferiu nas atividades da macro e da microbiota edáfica, causando diminuição da velocidade de produção, decomposição e movimentação da serrapilheira nas camadas do solo e, conseqüentemente, dos teores de matéria orgânica nessas camadas.

Outro fator relevante para a diminuição da matéria orgânica foi a sazonalidade de oferta de substrato para a biota do solo. Com a roçagem das coberturas realizada ao final da estação chuvosa, estima-se que houve altas taxas de atividade biológica, resultando na mineralização deste substrato (FERREIRA et al., 2007). Por fim observa-se diminuição nos estoques de matéria orgânica, que continua a ser mineralizada, uma vez que não foram feitos novos aportes pela adição de material vegetal.

Os demais tratamentos, constituídos pela espécie nativa e sua combinação à crotalária e ao feijão-de-porco, tiveram teores de matéria orgânica muito próximos ao solo exposto (Tabela 8). Esse resultado pode ser consequência da baixa quantidade de material fornecido pelos adubos verdes, os quais tiveram desenvolvimento de fitomassa muito abaixo do seu potencial, devido às condições edafoclimáticas.

Os atributos químicos do solo apresentaram pequena variação após 6 meses da aplicação de biochar, contrariando resultados obtidos em outros estudos, os quais apontam a eficiência do carvão vegetal em aumentar a produção de biomassa das plantas por meio da disponibilização e do aumento de nutrientes no solo (LEHMANN et al., 2003; 2003a).

4-CONCLUSÕES

As características químicas de um solo degradado podem ser influenciadas positivamente em longo prazo com a introdução de lodo de esgoto e em curto prazo com a incorporação do biochar, aumentando a disponibilidade de nutrientes como o fósforo e o potássio, respectivamente. Desta forma, destaca-se que essas práticas são passíveis de utilização visando a recuperação de áreas submetidas à severa degradação por atividades antrópicas.

REFERÊNCIAS

ABREU JÚNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F. **Relationship between acidity and chemical properties of Brazilian soils**. Scientia Agricola, v.60, p.337-343, 2003.

ADELI, A.; SISTANI, K.R.; ROWE, D.E.; TEWOLDE, H. **Effects of broiler litter applied to no-till and tillage cotton on selected soil properties**. Soil Science Society of America Journal, v.71, p. 974-983, 2007.

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. D. **Recuperação do subsolo em área de empréstimo usada para construção de hidrelétrica**. Revista Ciência Agronômica, v.42, n.2, p.301-309, 2011.

BIANCO, S.; TONHAO, M. A. R.; PITELLI, R. A. **Crescimento e nutrição mineral de capim-braquiária**. Planta Daninha, v. 23, n. 3, p. 423-428, 2005.

BOATENG, S.A.; ZICKERMANN, J.; KORNAHRENS, M. **Poultry manure effect on growth and yield of maize**. West African Journal of Applied Ecology, v.9, n.1, p.1-11, 2006.

CARVALHO, F. G.; BURITY, H. A.; DA SILVA, V. N.; DA SILVA, A. J. N. **Efeito sazonal e de sistemas de manejo com pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf sobre as características químicas num Argissolo Vermelho Amarelo.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 29, n.1, p.1-7, 2007.

CORRÊA, J. C., MAUAD, M., & ROSOLEM, C. A. **Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

COSTA, A.M.; BORGES, E.N.; SILVA, A.A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E.C. **Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango.** *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. spe, p. 1991-1998, 2009.

DEMATTÊ, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do "Campus Experimental de Ilha Solteira".** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1980. p.11-31.

DIM, V. P.; CASTRO, J. G. D.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A. C. D.; SILVA NETO, S. P. **Fertilidade do solo e produtividade de capim mombaça adubado com resíduos sólidos de frigorífico.** *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 11, n. 2, p. 303-316, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1997. 212 p.

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. **Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.6, p.1625-1325, 2007.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. **Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar.** *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 3, p. 618-624, 2010.

LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GERMAN, L. A.; MCCANN, J.; MARTINS, G. C.; MOREIRA, A. **Soil Fertility and Production Potential.** In Lehmann, J.; Kern, D.C.; Glaser, B.; Woods, W. I. (eds) *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2003b. p. 105-124.

LEHMANN, J.; SILVA, J. P. DA; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. **Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the**

Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and Soil, The Hague, v. 249, n. 2, p. 343-357, 2003a.

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M.B. P.; MARTIN NETO, L.; BENITES, V. M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. A. **Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (terra preta de índio). Suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo.** Em: As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus. p.172-188. 2009.

MODESTO, P. T.; SCABORA, M. H.; COLODRO, G.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. **Alterações em algumas propriedades de um Latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 5, p. 1489-1498, 2009.

MORAES, M. T.; SILVA, V. R.; ARNUTI, F. **Resíduos líquidos de efluentes de agroindústria de carnes na produtividade do girassol.** Enciclopédia Biosfera, v. 8, n. 14, p. 843-853, 2012.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 625p.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. **Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1475-1485, 2007.

NÓBREGA, Í. P. C. **Efeitos do biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: sequestro de carbono no solo.** 2011. 46p. Dissertação de Mestrado - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; J. A. QUAGGIO. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: IAC. 2001.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; DA SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. C. **Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2004, 416p.

SUZUKI, L.G.A.S. & ALVES, M.C. **Propriedades químicas de um solo em recuperação tratado com diferentes fontes de matéria orgânica.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 6.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, 2005. Anais. Curitiba, UFPR / Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2005. p.1-13.

VALADÃO, C. A.; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. S. VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SILVA, T. J. **Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 6, p. 2073-2082, 2011.

ABSTRACT: This study aimed at evaluating changes in soil's chemical attributes, promoted by the addition of biochar and sewage sludge in area with soil degraded by the top layer removing to build hydroelectric plant, in the recovery process with cover crops, native tree species and residual from the application of sewage sludge. The study design was set in a randomized block design with factorial 6x2, six treatments (T1 - Solo exposed, T2 - Goncalo alves-(*Astronium fraxinifolium* Schott) + biochar, T3 - Goncalo alves-(*Astronium fraxinifolium* Schott) + (*Crotalaria juncea*) + biochar, T4 - Goncalo alves-(*Astronium fraxinifolium* Schott) + bean-to-pig (*Canavalia ensiformis*); T5 - Goncalo alves-(*Astronium fraxinifolium* Schott) and sewage sludge (60 t ha⁻¹) + *Urochloa* (Syn . *Brachiaria*) *decumbens*; T6 - Native Forest Cerrado) and two seasons of soil collection. Soil samples were collected in three layers (0.00-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m), in which we determined the levels of P, K, Ca, Mg and Al and levels of pH, Al+H, SB, CTC, m% V%. There was an increase in K content in the layer of 0.05-0.10 m depending on the application of biochar, which had no effect on the other variables. The application of sewage sludge on degraded soil and the management of this area with *brachiaria* increased phosphorus content in the soil.

KEYWORDS: biofertilizer, borrow area, agro-industrial waste.

CAPÍTULO VIII

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE PLANTAS DE COBERTURA E DESCOMPACTAÇÃO MECÂNICA

**Vagner do Nascimento
Marlene Cristina Alves
Orivaldo Arf
Epitácio José de Souza
Paulo Ricardo Teodoro da Silva
Michelle Traete Sabundjian
João Paulo Ferreira
Flávio Hiroshi Kaneko**

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE PLANTAS DE COBERTURA E DESCOMPACTAÇÃO MECÂNICA

Vagner do Nascimento

Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia/Fitotecnia, Londrina, PR.

Marlene Cristina Alves

Universidade Estadual Paulista (UNESP)/Faculdade de Engenharia (FE), Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Ilha Solteira, SP.

Orivaldo Arf

UNESP/FE, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, Ilha Solteira, SP.

Epitácio José de Souza

UNESP/FE, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Ilha Solteira, SP.

Paulo Ricardo Teodoro da Silva

UNESP/FE, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Ilha Solteira, SP.

Michelle Traete Sabundjian

Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva, Itapeva, SP.

João Paulo Ferreira

Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva, Itapeva, SP.

Flávio Hiroshi Kaneko

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Campus Iturama, Iturama, MG.

RESUMO: O cultivo antecessor de plantas de cobertura e descompactação mecânica do solo são opções para minimizar a compactação na camada superficial do solo em sistema plantio direto (SPD) estabelecido. Assim, o objetivo do trabalho foi investigar o efeito da descompactação mecânica do solo e o cultivo sucessivo de plantas de cobertura na primavera em SPD estabelecido há 13 anos, na produtividade de grãos do arroz e as alterações nos atributos químicos do solo, após o cultivo. O trabalho foi desenvolvido em Selvíria, MS, em 2013/14, em um Latossolo Vermelho, textura argilosa, com delineamento em blocos casualizados disposto em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco PCs (pousio (controle), *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea*, *Urochloa ruziziensis* e *Pennisetum glaucum*) com e sem escarificação mecânica do solo. Em maio de 2014, coletaram-se as amostras de solo, nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, avaliando-se o teor fósforo disponível (P), índice de acidez (pH), matéria orgânica (M.O.), alumínio (Al), enxofre (S) e saturação por bases (V%). Na ausência de descompactação mecânica do solo, houve aumento do teor de fósforo, matéria orgânica, pH e saturação por bases no perfil do solo. Os cultivos antecessores de milheto e crotalária, independente da escarificação, proporcionaram melhorias nos atributos químicos do solo, na camada de 0,00-0,40 m. A descompactação

mecânica do solo e o cultivo anterior de plantas de cobertura não influenciaram na produtividade de grãos do arroz em sucessão.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L., qualidade química do solo, manejo do solo.

1. INTRODUÇÃO

A compactação nas camadas superficiais do solo vêm ocorrendo em sistema plantio direto (SPD) de forma sistemática em diversos sistemas de produção na região do Cerrado, devido à mobilização do solo apenas no sulco de semeadura. Isso acontece principalmente em virtude do processo de compressão causado por tráfego de maquinário nas operações agrícolas de semeadura, colheita e tratos culturais, com solo em condições de umidade acima da ideal (plástica, aderente e fluida), particularmente em Latossolos, e também devido à não mobilização do solo, aliado à maior retenção de água no solo, o que determina um curto período de tempo com a umidade adequada às operações mecanizadas. Diversos autores mencionam que a compactação do solo tem sido uma ameaça a continuidade e estabilidade do SPD, e pode causar degradação do solo, com reflexos negativos sobre o volume de solo explorado e a absorção de água e nutrientes pelas plantas (TORMENA et al., 2002).

A operação de escarificação mecânica do solo, em SPD, pode ser uma alternativa viável para minimizar as limitações físicas nas camadas superficiais do solo ao crescimento e penetração das raízes das plantas. Alguns trabalhos têm demonstrado aumentos significativos na produtividade das culturas (soja, milho, trigo, feijão) em solos sob SPD escarificado. Essa prática aumenta a porosidade e reduz a densidade do solo, ao mesmo tempo rompe as camadas compactadas, até a profundidade de 0,30 m (REICHERT et al., 2009). Em razão disso, a escarificação mecânica do solo eleva a taxa de infiltração e armazenamento de água e favorece o aprofundamento do sistema radicular. Contudo, nada impede que o solo descompactado volte a ser utilizado no SPD, desde que o processo de descompactação seja adequadamente efetuado com equipamentos (escarificadores e hastes escarificadoras) bem regulados, com hastes finas e ponteiros estreitos, de tal forma que revolvam o mínimo possível, procurando romper o solo no seu plano natural de ruptura e mantendo a maior parte dos restos vegetais sobre a superfície do solo e preservar sua estrutura. A prática da escarificação tem sido considerada “efêmera”, pela não persistência desses efeitos no solo, entretanto, tem sido questionada por diversos autores, os efeitos sobre os atributos do solo não persistem por mais de três anos.

A pré-safra com plantas de cobertura na primavera, no Cerrado Sul-Matogrossense, é altamente viável, quer pelo efeito direto e imediato sobre a produtividade das culturas comerciais sucedâneas, quer pelo efeito indireto na melhoria crescente nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, na diminuição da ocorrência e disseminação de pragas, patógenos e plantas daninhas, bem como na redução dos custos para seu controle. Além disso, muitas

espécies apresentam múltiplos usos, como o *Pennisetum glaucum* que pode ser utilizada como cobertura protetora do solo em SPD, para produção de grãos e como forrageira de excelente valor nutritivo, com até 24% de proteína bruta. Essas espécies vegetais são capazes de romper camadas compactadas e melhorar a estrutura e agregação do solo. Essas plantas devem compor sistemas de sucessão/rotação de culturas de forma planejada e duradoura, de acordo com a recomendação para cada região, observando-se a densidade e a época de semeadura.

A escolha da planta de cobertura é fator decisivo, assim como conhecer a sua adaptabilidade à região e sua habilidade em desenvolver num ambiente menos favorável, principalmente nas condições climáticas de Cerrado de baixa altitude em razão das altas temperaturas e elevado índice pluviométrico, conforme Kliemann, Braz e Silveira (2006). Nessas condições, a taxa de decomposição é rápida e ocorre menor persistência de resíduos vegetais na superfície do solo, mesmo quando a palhada é basicamente constituída de gramíneas com alta relação Carbono/Nitrogênio (C/N) e elevado teor de lignina. Dessa forma, nessa região a manutenção de uma camada de cobertura do solo por longo tempo torna-se atividade bastante complexa, necessitando de conhecimento e experiência prática de quem adota o SPD.

Pode-se inferir que o cultivo de plantas de cobertura com sistema radicular pivotante, abundante e profundo na primavera e/ou descompactação mecânica do solo, com escarificador combinado com uma sucessão de culturas adequada para a SPD, pode proporcionar melhorias e/ou manutenção do sistema de produção. Essas práticas proporcionarão alterações positivas e duradouras principalmente nos atributos químicos do solo, podendo também levar ao aumento da produtividade de biomassa, ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio, rompimento de camadas compactadas, exploração alternada de diferentes profundidades do solo, manutenção ou aumento dos teores da matéria orgânica e melhoria do equilíbrio e disponibilidade de nutrientes no solo. Além disso, poderão ocorrer incrementos e estabilização na produtividade do arroz em sucessão.

Assim, o objetivo do trabalho foi investigar o efeito da descompactação mecânica do solo e o cultivo sucessivo de plantas de cobertura na primavera em SPD estabelecido há 13 anos, na produtividade de grãos do arroz de terras altas e as alterações nos atributos químicos do solo, após o cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em área experimental da UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, MS, em 2013/14, em um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, com altitude local de 335 m. Os valores médios anuais de precipitação anual, temperatura e umidade relativa do ar são, respectivamente, 1.370 mm, 23,5°C e 66%.

Os dados climáticos registrados durante a condução do experimento das plantas de cobertura (PC) e arroz de terras altas, foi apresentado na Figura 1, constituído de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima, registrados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental da UNESP/FE. O fornecimento de água foi efetuado de três em três dias, ou quando necessário, por aspersão, por meio de um sistema fixo de irrigação do tipo pivô central. A lâmina de água em cada irrigação foi de 14 mm.

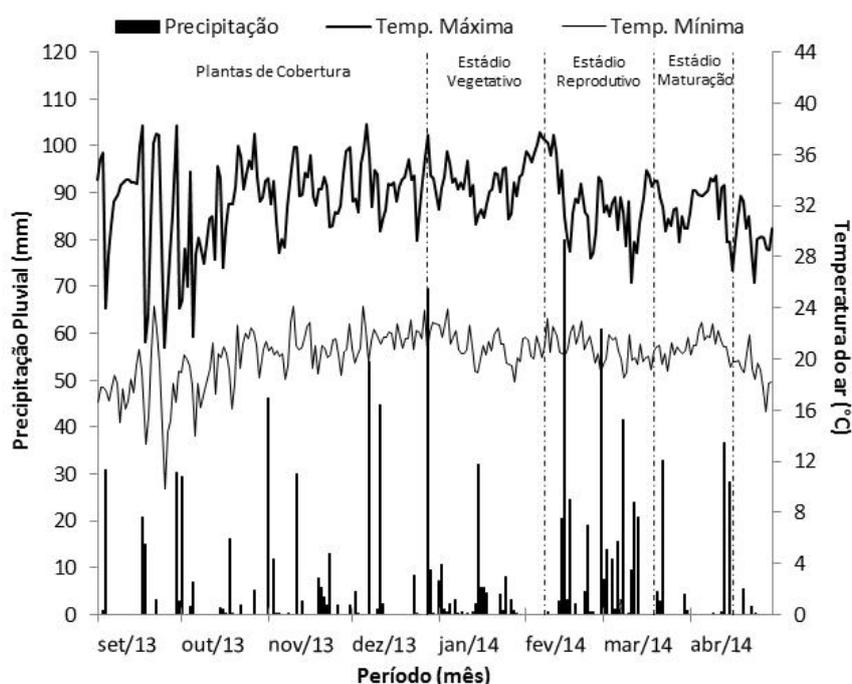


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C), em Selvíria, MS, durante a condução dos experimentos de plantas de cobertura e arroz de terras altas em 2013/14.

Antes da instalação do experimento foi realizada uma caracterização química e física do solo em toda área experimental em 14/06/2012. Para análise química foi coletada uma amostra composta, originada de 20 amostras simples deformadas do solo, nas camadas estratificadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Quanto à análise física foram retiradas amostras indeformadas de solo em 10 pontos aleatórios, nas camadas supracitadas, por meio de anéis volumétricos com volume de 10^{-4} m^3 . Os dados foram apresentados na Tabela 1.

Aplicou-se em toda área experimental em 10/07/2012, 1.600 kg ha^{-1} de calcário dolomítico com equipamento de distribuidor a lanço.

A escarificação mecânica do solo em parte da área experimental foi realizada em 09/08/2012, antes da semeadura das plantas de cobertura na primavera utilizando um escarificador Jumbo Matic acoplado na barra de tração do trator. O escarificador possui sete hastes (três na barra dianteira e quatro na traseira) de formato inclinado e ponteira em cinzel, com espaçamento entre hastes

de 300 mm e ângulo de ataque de 22°, e rolo destorroador. O ajuste de profundidade de trabalho média foi de 0,30 m e largura da faixa de corte de 2,10 m. A operação foi realizada quando o solo encontrava-se com teor de umidade próximo ao do ponto de friabilidade. Na sequência, nas partes escarificadas realizou-se uma operação com grade leve.

Todas as plantas de coberturas (PCs) foram semeadas manualmente em 05/09/2013, sem fertilizante mineral, com uso de matracas e espaçamento entrelinhas de 0,45 m com a densidade de sementes utilizada para o guandu anão (60 kg ha⁻¹), crotalária e milheto (30 kg ha⁻¹), *Urochloa* (12 kg ha⁻¹). Todas as PCs foram dessecadas aos 63 dias após a semeadura (DAS) com os herbicidas glyphosate (1.440 g ha⁻¹ do i.a.) + 2,4-D (670 g ha⁻¹ do i.a.). Posteriormente foi realizada uma operação com triturador mecânico, na altura de 0,10 m acima da superfície do solo, em todas PCs.

Prof. (m)	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	S-SO ₄	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂				mmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³	%	%
0,00-0,05	29	24	5,9	3,5	41	25	19	0	69,5	88,5	3	79	0
0,05-0,10	6	17	4,9	1,8	17	12	33	2	30,8	63,8	6	48	6
0,10-0,20	38	15	4,5	1,3	10	7	38	6	18,3	56,3	13	33	25
0,20-0,40	7	13	4,8	1,4	10	8	29	2	19,4	48,4	43	40	9

Prof. (m)	Granulometria			Atributos físicos do solo			
	Areia	Silte	Argila	Macro	Micro	P. Total	Ds
	g kg ⁻¹			m ³ m ⁻³			Mg m ⁻³
0,00-0,05	403	157	440	0,078	0,358	0,435	1,49
0,05-0,10	389	127	484	0,060	0,353	0,413	1,56
0,10-0,20	385	120	495	0,069	0,351	0,420	1,54
0,20-0,40	352	121	527	0,096	0,361	0,458	1,42

Prof.(m): profundidade do solo (metro); P: fósforo disponível (resina); M.O.: Matéria orgânica; K, Ca, Mg e Al trocáveis; S-SO₄: Enxofre; H+Al: Acidez potencial; SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de troca de cations; V(%): saturação por bases; m(%): saturação por alumínio; P. total: porosidade total; Macro: Macroporosidade; Micro: Microporosidade; Ds: Densidade do solo.

Tabela 1. Atributos químicos e alguns físicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento, nas camadas estudadas. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados disposto em esquema fatorial 5x2 para o arroz, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco PCs (pousio (controle), *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea*, *Urochloa ruziziensis* e *Pennisetum glaucum*) com e sem escarificação mecânica do solo. Nos pousios com e sem escarificação mecânica do solo, permitiu-se o desenvolvimento da vegetação espontânea.

As plantas de cobertura foram implantadas utilizando-se espaçamento e densidade recomendada e apresentam as seguintes características, segundo Wutke, Calegari e Wildner (2014):

Feijão-guandú (*Cajanus cajan* (L) Mill): é uma planta anual ou semiperene, arbustiva, de crescimento determinado ou indeterminado, sendo uma leguminosa capaz de fixar nitrogênio (41 até 280 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e solubilizar e disponibilizar o fósforo combinado com o ferro (Fe) em solos onde o elemento encontra-se

indisponível, e atua como “protetora”, “recuperadora” e “mobilizadora” de nutrientes em áreas degradadas. Adaptada a regiões tropicais e subtropicais, tolerante à seca e à baixa fertilidade do solo, porém não tolera umidade excessiva. Essa espécie é considerada má hospedeira de nematóides de cistos. Desenvolve-se bem em solos de textura argilosa ou arenosa, com potencial de produção de biomassa seca (5 a 18 Mg ha⁻¹) em situações de precipitação pluvial entre 200 e 400 mm. O sistema radicular é vigoroso, bem desenvolvido em profundidade (maior tolerância à seca) e tem capacidade para ser “subsolador biológico”, ou seja, atua no rompimento de camadas compactadas do solo, com formação de pé-de-grade ou pé-de-arado.

Crotalaria juncea: espécie originária da Índia, com ampla adaptação às regiões tropicais. As plantas são anuais, arbustivas, de crescimento ereto e determinado, produzem fibras e celulose de alta qualidade, próprias para a indústria de papel e outros fins. Recomendada para adubação verde, em cultivo isolado, intercaladas em culturas perenes, na reforma de canavial ou em rotação com culturas graníferas, é uma das espécies leguminosas de mais rápido crescimento inicial, atingindo, em estação normal de crescimento 3,0 a 3,5 m de altura. São muito bem adaptadas a solos de textura arenosa e reduzida fertilidade, podendo ser obtidos aumentos de até 100% no rendimento das culturas em sucessão. A produtividade de biomassa seca é variável, sendo de 4 a 15 Mg ha⁻¹. Seu sistema radicular é pivotante e profundo, com contribuição na melhoria da infiltração de água, da capacidade de fixação biológica de N (150 a 160 kg ha⁻¹ ano⁻¹), mais há registro de até 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, e da ciclagem de vários nutrientes no perfil do solo, como N, P, Ca e Mg.

Milheto (Pennisetum glaucum): é uma forrageira de clima tropical, anual, de hábito ereto, com porte alto, desenvolvimento uniforme, bom perfilhamento, fácil manejo e dessecação simples, com baixas dosagens de herbicidas. Essa gramínea desenvolve-se bem em solos arenosos e pouco compactados (FRIBOURG, 1995). Nessa classe de solo, pode produzir maior quantidade de biomassa seca do que sorgo, em torno de 10 Mg ha⁻¹. Apresenta alta tolerância à seca, podendo ser usado com sucesso para cobertura de solo em SPD, na região do Cerrado. Apresenta sistema de raízes abundante e agressivo, que rompe camadas compactadas, além de melhorar a estrutura e a reciclagem de nutrientes no perfil do solo.

Urochloa ruziziensis: as gramíneas do gênero *Urochloa* (*Brachiaria*) e/ou braquiária-peluda, têm plantas semieretas, em toceiras, não tolerantes ao encharcamento do solo e com altura entre 0,9 a 1,3 m. Produz em média de 10 a 14 Mg ha⁻¹ de biomassa seca. São muito utilizadas na formação de pastagens por apresentarem boa adaptação às mais variadas condições de clima e solo, e para produção de biomassa em SPD, ocupando cada vez mais espaço em todo o território do Brasil. De acordo com Soares Filho (1994), as gramíneas desse gênero apresentam boa produção de forragem em solos com baixa e média fertilidade. Atualmente, pode-se dizer que é uma das principais gramíneas utilizadas no sistema de integração lavoura-pecuária em consórcio com o milho, milheto, sorgo e

arroz, sem prejuízos a produtividade dessas culturas devido à reduzida competição em cobertura foliar. As gramíneas forrageiras são também consideradas adubos verdes/plantas de cobertura do solo, tanto em rotação com culturas anuais como em consórcio com perenes.

A parcela experimental foi constituída de 7 m largura e 12 m comprimento. O cultivo do arroz foi em sucessão a cultivos anteriores de PCs na primavera de 2012 e 2013, seguido dos cultivos do arroz no verão e feijão “de inverno”, em 2012/13, respectivamente. A semeadura mecânica do arroz foi realizada em 21/12/2013, usando o cultivar IAC 202, com espaçamento de 0,35 m entrelinhas, sendo conduzido de dezembro a abril, sob irrigação por aspersão, com adubação de base de 280 kg ha⁻¹ da formula 04-14-08 e adubação de cobertura de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio usando como fonte o sulfato de amônio, sendo realizada aos 30 dias após a emergência das plantas (DAE).

A avaliação de produtividade de matéria seca (MS) da parte aérea foi realizada em 25/11/2013, após o manejo das plantas de cobertura com triturador mecânico. Foram realizadas amostragens ao acaso com quadrado de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) em quatro pontos representativos de cada parcela. Posteriormente, o material fragmentado coletado foi submetido à secagem em estufa de renovação e circulação forçada de ar na temperatura de 65°C, até atingir massa constante. A MS da parte aérea foi obtida, dessa maneira, pela média aritmética entre os quatro pontos amostrados, com os valores médios transformados para Mg ha⁻¹. Após a pesagem, o material foi devolvido para a área de coleta.

A colheita manual das parcelas do arroz de terras altas foi realizada em 10/04/2014. A avaliação de produtividade de grãos foi determinada pela pesagem dos grãos, provenientes da área útil das parcelas, colhidas manualmente em três linhas uniformes. Posteriormente corrigiu a umidade para 13% e convertida para kg ha⁻¹.

Após cultivo do arroz de terras altas, no período de 06 a 07 de maio de 2014, foram coletadas amostras compostas deformadas de solo, com auxílio de um trado de rosca. Cada amostra composta foi originada de dez pontos (amostras simples) por parcela, nas camadas supracitadas. Após homogeneização, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas ao laboratório para análise, sendo realizadas quatro repetições por tratamento. No laboratório de fertilidade do solo as amostras compostas coletadas foram secas e peneiradas (malha 2 mm). Posteriormente foram submetidas à análise, conforme metodologia proposta por Rajj et al. (2001).

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para DM e PC. Quando constatada interação significativa entre as fontes de variação (DM vs PC), procedeu-se o desdobramento, comparando as médias pelo teste de Tukey, adotando-se nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), de acordo com Pimentel Gomes; Garcia (2002). As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A emergência do arroz ocorreu uniformemente no sexto DAS. O florescimento pleno e a colheita ocorreram aos 82 e 106 DAE das plantas. Durante o período de cultivo do arroz não houve problema com acamamento de plantas. Houve interações significativas para massa seca (MS) da parte aérea das PCs e para alguns atributos químicos do solo, nas quatro camadas (Tabelas 2 e 3).

Manejo	Massa seca da parte aérea	Produtividade de grãos
	Mg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
	Descompactação mecânica (DM) do solo	
Sem	6,19	4.078
Com	5,94	4.196
	Plantas de cobertura (PC)	
Pousio	2,54	3.873
<i>Urochloa</i>	5,00	4.155
Crotalária	5,98	4.204
Guandu	5,96	4.143
Milheto	10,84	4.309
CV(%)	9,49	7,35

Médias seguidas de mesma letra, para descompactação mecânica e plantas de cobertura, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Tabela 2. Valores médios de massa seca (MS) da parte aérea das plantas de cobertura (PC) e produtividade de grãos (PG) do arroz de terras altas, após descompactação mecânica (DM) do solo e cultivos de PC e arroz em sistema plantio direto, Selvíria, MS, 2013/14.

Com relação ao desdobramento da interação para matéria seca (MS) da parte aérea das PCs, para PC dentro de DM e na DM dentro de PC (Figura 2), merece destaque o cultivo anterior de milho, independente da escarificação, que promoveu maior produtividade de MS. As taxas diárias de acúmulo de produtividade de MS (63 DAS) das PCs foram: milho (172 kg ha⁻¹), *Urochloa* (79 kg ha⁻¹), guandú e crotalária (95 kg ha⁻¹). A DM do solo e o cultivo anterior de PCs não influenciaram na produtividade de grãos do arroz de terras altas, porém apresentando boas produtividades, após cultivos de PCs em relação ao pousio (Tabela 2). Entretanto, Pacheco et al. (2011), verificaram que as maiores produtividades do arroz sob SPD foram obtidas sobre palhadas de milho e *Urochloa ruziziensis*.

Nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m (Tabela 3 e 4), verificou-se que a descompactação mecânica do solo influenciou nos teores de S, pH, V(%), P e MOS do solo. De maneira geral, observaram-se valores superiores dos atributos em SPD, com exceção do teor de S na camada de 0,00-0,05 m.

Manejo	P	S-SO ₄	pH	Al*	M.O.	V
	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	CaCl ₂	mmolc dm ⁻³	g dm ⁻³	%
	0,00-0,05 m					
	Descompactação mecânica (DM) do solo					
Sem	35,10	7,50 b	6,0 a	0,00	24	80 a
Com	34,95	10,7 a	5,8 b	0,00	23	77 b

Plantas de cobertura (PC)						
Pousio	25,88	9,75 ab	5,8	0,00	22 b	77 b
<i>Urochloa</i>	33,25	8,75 ab	5,9	0,00	24 ab	77 b
Milheto	42,38	8,88 ab	6,1	0,00	26 a	82 a
Crotalária	38,00	10,88 a	5,8	0,00	24 ab	79 ab
Guandú	35,63	7,25 b	5,8	0,00	22 b	76 b
DMS (5%)						
DM	–	1,32	0,16	–	–	2,02
PC	–	2,98	–	–	3,19	4,55
CV(%)	17,34	22,42	4,13	–	9,26	3,93
C.I.	29,00	3,00	5,9	0,00	24	79
0,05-0,10 m						
Descompactação mecânica (DM) do solo						
Sem	36,20 a	22,45	5,7	0,00	21	66
Com	31,10 b	21,60	5,8	0,00	21	69
Plantas de cobertura (PC)						
Pousio	37,00 ab	27,88	5,7	0,00	20	66
<i>Urochloa</i>	29,00 b	22,00	5,7	0,00	21	67
Milheto	38,00 a	17,13	5,9	0,00	22	70
Crotalária	28,13 b	24,00	5,8	0,00	21	68
Guandú	36,13 ab	19,13	5,6	0,00	20	66
DMS (5%)						
DM	3,99	–	–	–	–	–
PC	8,98	–	–	–	–	–
CV(%)	18,26	23,99	4,25	–	8,03	4,79
C.I.	6,00	6,00	4,9	2,00	17	48

Médias seguidas de mesma letra, para descompactação mecânica e PC, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. *Análise dos dados transformados em raiz quadrada de $x + 0,5$ para variável alumínio; C.I. (Caraterização Inicial): Atributos químicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento; índice de acidez (pH); P: fósforo disponível (método da resina); M.O.: Matéria orgânica do solo; Al trocável; V(%): saturação por bases; S: enxofre disponível.

Tabela 3. Valores médios dos atributos químicos do solo, nas camadas estudadas, após descompactação mecânica esporádica do solo, cultivos antecessores de plantas de cobertura, arroz e feijão em sucessão, Selvíria, MS, 2013/14.

Provavelmente devido há ausência de revolvimento do solo, preservando a matéria orgânica do solo e promovendo melhorias nos atributos químicos nas três camadas superficiais do solo, principalmente na camada 0,00-0,05 m, devido a aplicação de calcário à lanço sem incorporação no perfil do solo. Nas PCs, o destaque foi para os cultivos antecessores de milho e crotalária que promoveram incrementos nos atributos químicos nas três primeiras camadas do solo estudadas, mostrando o potencial destas PCs na melhoria dos atributos químicos do solo, ou seja, atuando na reação do solo e promoverem maior disponibilidade de nutriente na solução do solo. Os resultados encontrados neste trabalho são considerados médios (5,1-5,5) e altos (4,5-5,0) para o pH e médios (51-70%) e baixos (26-50%) para V (%), de acordo com Raij et al. (1997), porém superiores em relação ao pH (4,5) e saturação por bases (33%) encontrados inicialmente na área, evidenciando que os cultivos anteriores de milho e crotalária durante a primavera de 2012 e 2013, promoveram a descida dos cátions provenientes da aplicação de calcário na superfície sem incorporação, após 21 meses.

Manejo	P ----- mg dm ⁻³ -----	S-SO ₄	pH CaCl ₂	Al* mmol _c dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	V %
0,10-0,20 m						
Descompactação mecânica (DM) do solo						
Sem	23,45	42,60	5,1	1,10	18 a	49
Com	21,65	44,25	5,2	1,65	17 b	50
Plantas de cobertura (PC)						
Pousio	24,50	47,50	5,2 ab	1,25	17	50 ab
<i>Urochloa</i>	21,13	43,88	5,0 b	1,75	17	46 b
Milheto	24,38	47,75	5,3 a	0,63	18	54 a
Crotalária	25,00	45,00	5,3 a	1,13	18	50 ab
Guandú	17,75	33,00	5,1 ab	2,13	17	48 ab
DMS (5%)						
DM	--	--	--	--	1,62	--
PC	--	--	0,25	--	--	6,60
CV(%)	23,05	17,47	3,38	10,49	6,04	9,13
C.I.	38,00	13,00	4,5	6,00	15	33
0,20-0,40 m						
Descompactação mecânica (DM) do solo						
Sem	8,35	76,75	5,1	1,28	15	44 a
Com	9,00	78,25	5,0	1,49	15	41 b
Plantas de cobertura (PC)						
Pousio	7,75	88,88	5,0 ab	1,48	16	41 b
<i>Urochloa</i>	9,25	75,50	4,9 b	1,45	15	39 b
Milheto	8,88	75,25	5,1 ab	1,54	15	42 b
Crotalária	9,50	70,13	5,1 a	1,01	16	47 a
Guandú	8,00	77,75	5,0 ab	1,45	15	44 ab
DMS (5%)						
DM	--	--	--	--	--	2,25
PC	--	--	0,19	--	--	5,07
CV(%)	19,14	16,96	2,54	11,38	7,02	8,20
C.I.	7,00	43,00	4,8	2,00	13	40

Médias seguidas de mesma letra, para descompactação mecânica e PC, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Análise dos dados transformados em raiz quadrada de $x + 0,5$ para variável alumínio; C.I. (Caraterização Inicial): Atributos químicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento; índice de acidez (pH); P: fósforo disponível (método da resina); M.O.: Matéria orgânica do solo; Al trocável; V(%): saturação por bases; S: enxofre disponível.

Tabela 4. Valores médios dos atributos químicos do solo, nas camadas estudadas, após descompactação mecânica esporádica do solo, cultivos antecessores de plantas de cobertura, arroz e feijão em sucessão, Selvíria, MS, 2013/14.

Analisado o desdobramento da interação para o teor de P do solo, na camada de 0,00-0,05 m (Figura 2), para PC dentro de DM e na DM dentro de PC, merece destaque o cultivo anterior de milho em SPD, que promoveu maior reciclagem e liberação de P (47,75 mg dm⁻³) na solução do solo em relação as demais PCs que apresentaram valores considerados médios (16-40 mg dm⁻³) para o teor de P em culturas anuais, segundo Raji et al. (1997). Corroborando com os resultados de Menezes e Leandro (2004) que observaram maior extração de P pelo milho, proporcionando posterior decomposição e liberação desse nutriente nas camadas superficiais.

Quanto ao desdobramento da interação para o teor de S do solo (Figura 2), na camada de 0,05-0,10 m, para PC dentro de DM e na DM dentro de PC, houve

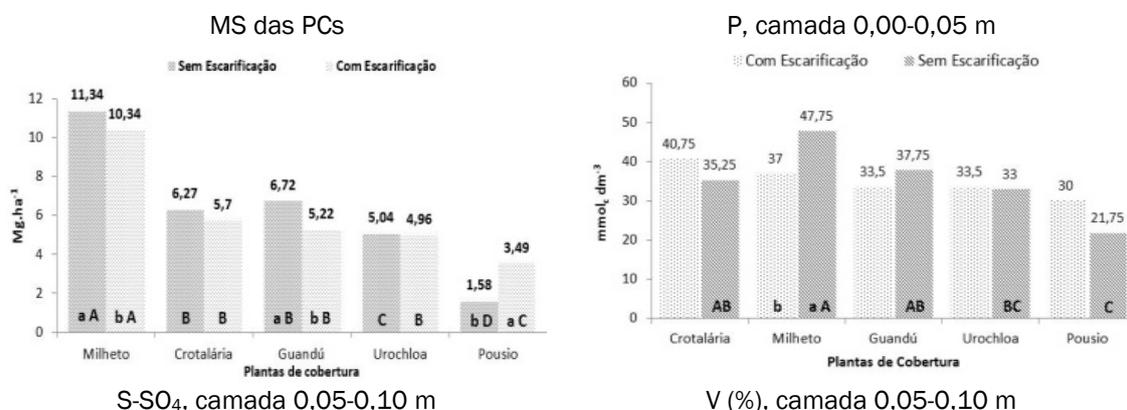
destaque para os cultivos anteriores de crotalária em SPD ($30,25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e guandu com escarificação ($29,25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) que apresentaram maiores teores de S nesta camada.

Analisando o desdobramento da interação para V(%) do solo (Figura 2), na camada de 0,05-0,10 m, para DM dentro de PC, verifica-se que o cultivo anterior de milho em SPD elevou a saturação por bases (71,88%) do solo.

Com relação ao desdobramento da interação para o teor de P do solo (Figura 2), na camada de 0,10-0,20 m, para PC dentro de DM, verificou-se que o cultivo anterior de crotalária em SPD e o pousio com escarificação apresentaram maiores teores de P do solo. Na DM dentro de PC, verificou-se que o cultivo anterior de crotalária ($29,60 \text{ mg dm}^{-3}$) e milho ($27,75 \text{ mg dm}^{-3}$) em SPD apresentaram incremento no teor de P do solo. Os teores de P encontrados neste trabalho são considerados médios para culturas anuais ($16-40 \text{ mg dm}^{-3}$), de acordo com Raji et al. (1997).

Para o desdobramento da interação referente ao teor de S do solo, na camada de 0,10-0,20 m (Figura 2), para PC dentro de DM e na DM dentro de PC, merece destaque o cultivo anterior de *Urochloa* com escarificação ($51,50 \text{ mg dm}^{-3}$) que apresentou maior teor S do solo. Já para o desdobramento da interação referente ao teor de Al do solo, na camada de 0,10-0,20 m, para DM dentro de PC e na DM dentro de PC, constatou-se que o cultivo anterior de guandu ($2,75 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) com escarificação apresentou maior teor de Al do solo.

Na camada de 0,20-0,40 m, verificou-se que a descompactação mecânica do solo influenciou somente a V (%) do solo (Tabela 4). Observou-se maior saturação por bases (44%) do solo em SPD. Nas PCs, verificou-se que o cultivo anterior de crotalária promoveu incrementos nos valores de pH e V(%) do solo, mostrando o seu potencial de agir na reação do subsolo estudado, além da melhoria nos atributos químicos em relação aos conteúdos iniciais da pesquisa. Em relação ao desdobramento da interação para o teor de Al do solo, na camada de 0,20-0,40 m, para PC dentro de DM e na DM dentro de PC, merece destaque o cultivo anterior de crotalária em SPD que promoveu redução do teor de alumínio do solo.



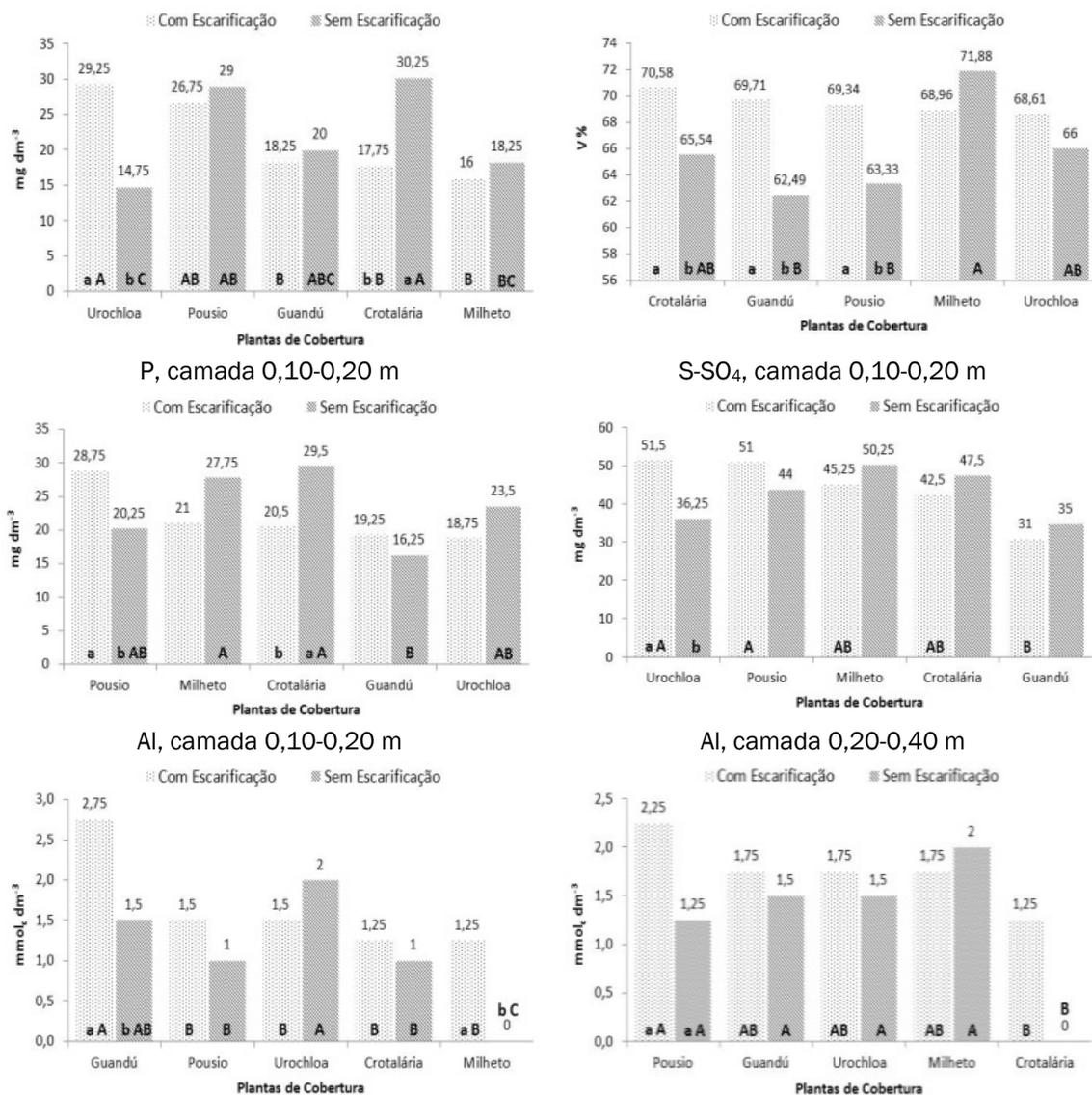


Figura 2. Desdobramento das interações significativas para massa seca da parte aérea das PCs, teor de P na camada de 0,00-0,05 m, teor de S e V(%) na camada de 0,05-0,10 m, teores de P, S e Al na camada de 0,10-0,20 m e teor de Al na camada de 0,20-0,40 m. Médias seguidas de mesma letra minúscula, para PC dentro de DM (0,84 Mg ha⁻¹, 8,81 mmol_c dm⁻³, 7,67 mg dm⁻³, 4,70 %, 7,54 e 11,01 mg dm⁻³, 0,62 e 0,65 mmol_c dm⁻³), e maiúscula, para DM dentro de PC (1,19 Mg ha⁻¹, 12,65 mmol_c dm⁻³, 10,92 mg dm⁻³, 6,69 %, 10,74 e 15,67 mg dm⁻³, 0,89 e 0,93 mmol_c dm⁻³), não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, CV (%) = 9,49, 17,34, 23,99, 4,79, 23,05, 17,47, 10,49 e 11,38 Selvíria, MS, 2013/14.

4. CONCLUSÕES

Na ausência de descompactação mecânica do solo, houve aumento do teor de fósforo, matéria orgânica, pH e saturação por bases no perfil do solo.

Os cultivos antecessores de milheto e crotalária, independente da escarificação, proporcionaram melhorias nos atributos químicos do solo, na camada de 0,00-0,40 m.

A descompactação mecânica do solo e o cultivo anterior de plantas de cobertura não influenciaram na produtividade de grãos do arroz em sucessão.

5. AGRADECIMENTOS

À FAPESP e ao CNPq pelos auxílios financeiros e a concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor pela FAPESP, PROCESSO: 2012/05945-0. À UNESP/FE pelo uso a estrutura física e disponibilidade de funcionários para execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

FERREIRA, D.F., SISVAR: **Sistema de análise de variância**: versão 4.2. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000.

FRIBOURG, H. A. Summer annual grasses. In: BARNES, R. F.; MILLER, D. A.; NELSON, C. J. **Forages**: an introduction to grassland agriculture. 15.ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. p. 463-472.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n.1, p. 21-28, 2006.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n.3, p.173-180, 2004.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: [s.n.], 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

REICHERT, J.M.; KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; RIQUELME, F.B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n.3, p. 310-319, 2009.

SOARES FILHO, C. V. Recomendações de espécies e variedades de Brachiaria para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.25-48.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para o uso. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2014, 507p.

ABSTRACT: The predecessor crop cover and mechanical decompaction of the soil are options to minimize compaction in the soil surface layer under established no-tillage system (NTS). The objective of this work was to investigate the effect of soil mechanical decompression and successive cropping of cover crops in the spring in NTS established 13 years ago on rice grain yield and changes in soil chemical attributes after cultivation . The work was developed in Selvíria, MS, in 2013/14, in a Red Oxisol, clay texture, with randomized block design arranged in a 5x2 factorial scheme, with four replications. The treatments were constituted by the combination of five PCs (fallow (control), *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea*, *Urochloa ruziziensis* and *Pennisetum glaucum*) with and without mechanical soil scarification. In May 2014, the soil samples were collected, in the layers of 0.00-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m, evaluating (P), acidity index (pH), organic matter (OM), aluminum (Al), sulfur (S) and base saturation (V%). In the absence of soil mechanical decomposition, there was an increase in the content of phosphorus, organic matter, pH and base saturation in the soil profile. The predecessor crops of millet and crotalaria, regardless of scarification, provided improvements in soil chemical attributes in the 0.00-0.40 m layer. The mechanical decompression of the soil and the previous cultivation of cover crops did not influence the grain yield of the rice in succession.

KEYWORDS: *Oryza sativa* L., soil chemical quality, soil management.

CAPÍTULO IX

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA DE UM SOLO AGRICULTÁVEL DE CANA DE AÇÚCAR NO NORDESTE DO AMAZONAS

**Fabíola Esquerdo de Souza
Gilvan Coimbra Martins**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA DE UM SOLO AGRICULTÁVEL DE CANA DE AÇÚCAR NO NORDESTE DO AMAZONAS

Fabíola Esquerdo de Souza

Engenheira Ambiental – Uninorte, Manaus - Amazonas

Gilvan Coimbra Martins

Pesquisador, Embrapa Amazônia Ocidental (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), Manaus – Amazonas

RESUMO: Os indicadores de qualidade física do solo é avaliado pela densidade, umidade e resistência a penetração do solo, fatores que auxiliam no desenvolvimento e na produção das culturas. O estudo objetivou avaliar a qualidade utilizando indicadores como densidade, umidade e resistência a penetração em solo de cultura de cana de açúcar. Observaram-se maiores valores de resistência a penetração para o sistema linha, entrelinha e floresta a partir de profundidade de 0,5 a 0,15 m, alcançando o valor de 3,0 MPa. A densidade entre linha e linha não houve variação significativas pela análise estatística. Os ambientes campo (linha e entrelinha) e floresta revelou diferenças com a probabilidade de significância menor que 0,001. Os indicadores de qualidade do solo neste trabalho apresentou maior desempenho na distinção entre os ambientes estudados, contribuindo desta forma para o monitoramento do solo. Entre os três indicadores utilizados o que houve uma diferença significativa foi a resistência a penetração e a umidade do solo, já a densidade não houve variação entre as linhas e entrelinhas.

PALAVRAS - CHAVES: indicador de qualidade do solo, densidade, umidade.

1-INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola tem aumentado nas últimas décadas por facilitar o trabalho do homem ao campo, começando desde o preparo até a colheita da cultura (CENTURION e DEMATTE ,1992). As condições físicas do solo são alteradas pela mobilização mecânica, devido a preparação do solo como defensivos químicos e incorporação de insumos para o estabelecimento, crescimento e produtividades das culturas (SOLER, 2013).

Para Fidalski (2009) os indicadores de qualidade física do solo é avaliada pela densidade, umidade e resistência a penetração do solo, fatores que auxiliam no desenvolvimento e na produção das culturas. A disponibilidade de água, ar e pela resistência a penetração do solo são qualidades físicas do solo que facilitam o crescimento das plantas devido ao crescimento das raízes (ROMERO *et al*, 2014).

De acordo com Furlani *et al* (2005) afirma que os diferentes métodos de preparo do solo ocorrem para agilizar o melhor desenvolvimento das culturas, porem usadas de forma inadequada e sob intensivo cultivo do solo provocando as perdas na qualidade física do solo, limitando desta forma a produção das culturas.

A produção de cana de açúcar está estimada em 0,12% na Região Norte em relação as Regiões do Brasil, isso indica que a distribuição mix do Amazonas é destinada a açucareiro, na maior parte de sua produção de cana de açúcar. Com uma área plantada de 3,58 mil/ha, sua produtividade é de 72.100 kg/ha chegando sua produção total a 258,10 mil/t sendo que 153,57t são destinado ao açúcar e 104,53 ao etanol no Estado do Amazonas. (IBGE, 2015).

A área de agricultura vem sendo usada para o cultivo de cana de açúcar desde a década de 70, com a área de 4 mil hectares para este cultivar, a maior parte de sua produção é destinada ao açúcar e o restante vai para a produção de outros produtos. Com o passar dos anos a área vem diminuindo sua produtividade, gerando perda na economia da Empresa e do Estado.

Diante disto, objetivou-se o presente estudo para avaliar a qualidade do solo utilizando os indicadores como densidade, umidade e resistência a penetração em solo de cultura de cana de açúcar.

2-MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda Agropecuária Jayoro, localiza-se na BR – 174, km 120, no município de Presidente Figueiredo, no Nordeste do Amazonas e Norte de Manaus (01° 56' 32" S, 60° 02' 39" W). O solo analisado é um Latossolo Amarelo (Martins et al.,2000). A região apresenta temperatura média anual de 27 °C e a precipitação média de 2.975 mm. O clima segundo a classificação climática de Köppen é *Afi* (quente e úmido).

Avaliação das propriedades físicas do solo

O grau de compactação do solo foi avaliado em sistemas de agricultura (linha e entrelinha) e floresta do seu entorno, foi analisada a resistência a penetração, a densidade, umidade, porosidade e estabilidade de agregados do solo.

Resistencia à Penetração do Solo

Na análise do experimento foi utilizado um penetrômetro eletrônico digital (PenetroLOG) da marca Falker, é um instrumento destinado a agricultura de precisão que permite a obtenção de dados numéricos precisos a compactação das diferentes camadas do solo. O penetrômetro expressa como índice de cone, a relação entre a força exercida para fazer o cone metálico penetrar no solo e sua área basal (BRADFORD, 1986).

Os locais escolhidos para analisar a resistência a penetração do solo foi de forma aleatória dentro da área de cultivo da cana de açúcar. Foram avaliados três

formas de amostras, na linha da cultura, em espaçados na entrelinha da cultura e em área de floresta, cada uma com 6 pontos, amostrando um total de 18 pontos amostrais. A resistência a penetração foi avaliada nas profundidades de: 0,00 a 0,5; 0,5 a 0,10; 0,10 a 0,15; 0,15 a 0,20; 0,20 a 0,25; 0,25 a 0,30; 0,30 a 0,35; 0,35 a 0,40; 0,40 a 0,45; 0,45 a 0,50m.

Para avaliar os dados coletados no campo foram transformados em Resistencia a Penetração (RP = Kgf/cm²) conforme a seguinte equação 1 descrita por STOLF (1991).

$$RP \text{ (Kgf/cm}^2\text{)} = 5,6 + 6,89 \times N$$

Onde:

$$N \text{ (impactos/dm)} = [\text{N}^\circ \text{ de Impactos/Penetração (cm)}] \times 10$$

Logo após os valores dos dados foram convertidos para Mega Pascal (Mpa) no qual é a unidade internacional de medida, utilizando -se o meio de multiplicação, como mostra a seguir (STOLF, 1991).

$$RP \text{ (MPa)} = 0,0980665 \times \text{Kgf/ cm}^2$$

Para uma melhor compreensão e interpretação dos resultados obtidos, foi realizado um gráfico de resistência a penetração do solo com a profundidade para cada área de estudo, que pode ser visto mais adiante.

Densidade e Umidade do solo

Na determinação da densidade e umidade do solo, foram coletadas seis amostras por tratamento com auxílio de um trago na coleta das amostras indeformadas, nas profundidades de 0,5 a 1,0; 3,0 a 3,5 m. As amostras foram embaladas em sacos plásticos e encaminhada ao Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Ocidental, onde foi realizado as pesagens e análise para a determinação do teor de densidade e umidade do solo.

Os dados da densidade e da umidade foram interpretados para cada área de estudo, no entanto caracterizando assim o estado de compactação dos solos.

Os resultados dos dados foram submetidos a análise de variância e teste de médias comparada ao teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o sistema computacional ASSISTAT, versão 7.4 beta.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a Resistencia a Penetração do Solo como mostra a (Figura 1), verifica-se que as áreas de Linha e Floresta são próxima a 0,10 m sendo que a partir deste ponto a linha oferece menor resistência devido ao preparo do sulcro de

plantio. Já em relação a entrelinha do campo de cana de açúcar apresenta maior resistência quando comparada as linhas e a floresta ao entorno, principalmente aos 0,30 m superficiais. Isso ocorre devido ao tráfego de tratores em época de tratos culturais na área. E nos pontos de 0,5 e 0,15 cm da Entrelinha apresentam valores superiores as demais áreas, cujo o valor ultrapassa a 3,0 MPa mostrando desta forma o início de compactação. Segundo Torres & Saraiva (1999), os valores de resistência a penetração em torno de 3,5 a 6,5 MPa são consideradas como valores capazes de causar problemas para o desenvolvimento da planta e resultando em menor produtividade.

De acordo com Tomara *et al.* (2007) encontrou em sua pesquisa o valor de 3,5 Mpa considerado como crítico em solo cultivado sob plantio direto por um longo período, em razão da existência de constantes e ativos bioporos em solo sob plantio direto, o que vem ao encontro do resultado encontrado nesta pesquisa.

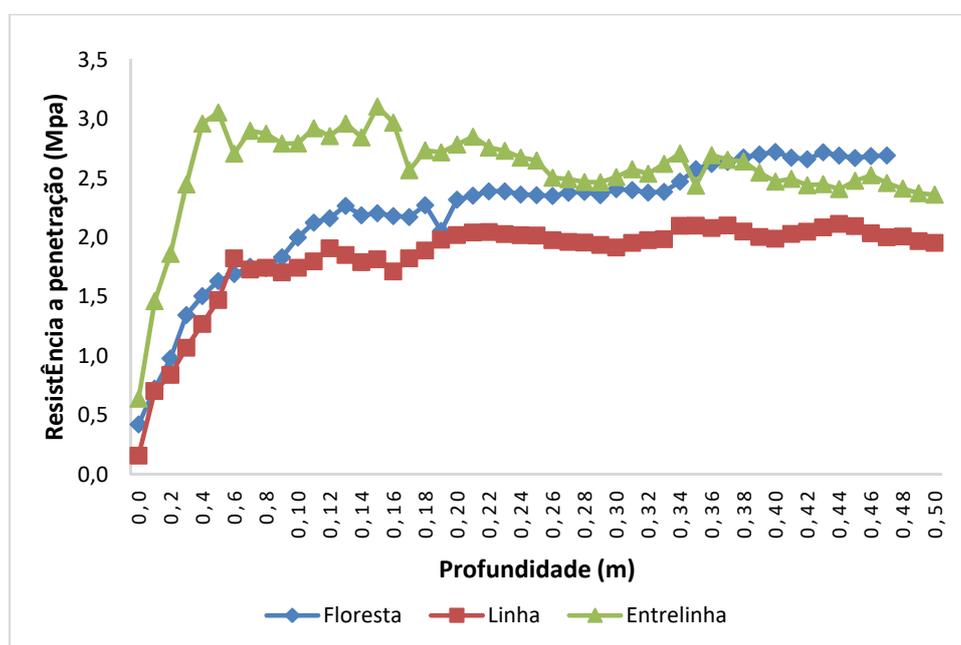


Figura 01. RP do Solo avaliada com o penetrômetro de impacto, em diferentes profundidades em solo de floresta e solo de agricultura.

Para o parâmetro de densidade do solo foram analisados na linha e entrelinha da cana de açúcar como mostram as **Tabela 01** e **Tabela 02**. Como se pode observar não houve variação significativa pelas análises estatísticas nos dados comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O mesmo Mendes *et al.* (2006), não encontrando diferenças significativas entre as áreas em estudo. O aumento da densidade do solo degrada a estrutura do solo e também diminui o potencial produtivo (SILVA *et al.*, 2006). Streck *et al* (2004), afirma que a compactação do solo eleva os valores de densidade do solo e aumenta a resistência a penetração do solo.

Densidade - (Kg/cm ³)		
Profundidade	Linha	Entrelinha
0,05 - 0,10 cm	1040	1080
0,05 - 0,10 cm	1000	1160
0,05 - 0,10 cm	1040	1060
0,05 - 0,10 cm	1060	920
0,05 - 0,10 cm	1140	1000
0,05 - 0,10 cm	1050	1080

Tabela 01 - Densidade do solo comparando linha e entrelinha no solo de cana de açúcar.

	FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	75.00000		75.00000	0.0170 ns
Resíduo	10	44150.00000		4415.00000	
Total		11		44225.00000	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
1	10	0.001	0.016988	0.8987

Médias de tratamento

1	1055.00000 a	nr = 6
2	1050.00000 a	nr = 6

$$dms = 148.17339 \times \text{RaizQuadrada} (1/nr1 + 1/nr2)$$

Onde nr1 e nr2 são os números de repetições de duas médias comparadas.

nr = número de repetições do tratamento

MG = 1.05250 CV% = 6.31

Ponto médio = 1.04000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi

aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95225	0.67001	Sim

FV = Fonte de variação GL = Graus de liberdade
SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio

F = Estatística do teste F MG = Média geral

CV% = Coeficiente de variação em %

dms = Diferença mínima significativa

Tabela 02 – Análise Estatística de Densidade

Com o objetivo de analisar as associações entre os ambientes foi verificado através de técnicas de estatística (**Tabela 03 e Tabela 04**), o que possibilitou a classificação com eficiência dos resultados obtidos para as áreas estudadas. Pela análise discriminante, explica que na linha e entrelinha não houve diferenças significativas entre si ao nível de 5%, porém aos ambientes campo (linha e entrelinha) e floresta revelou diferenças, com a probabilidade de significância menor que 0,001.

O resultado mostra que este indicador é sensível ao impacto do uso do solo, ou seja, a umidade apresentou-se como um bom indicativo para diagnosticar a ocorrência de alterações nas estruturas do solo. Segundo Cavalcante (2010), indica que o porte das espécies vegetais, o espaçamento entre elas influenciam os parâmetros de evotranspiração que afeta diretamente a umidade do solo. Para Lapen *et al.* (2004), a menor disponibilidade de água torna-se em maior resistência do solo à penetração, isso explica os valores RP encontrados no ambiente do campo.

Profundidade	Umidade - (%)		
	Linha	Entrelinha	Floresta
0,05 - 0,10 cm	16,6	20,2	12,7
0,05 - 0,10 cm	12,4	16,8	14,6
0,05 - 0,10 cm	18,3	17,6	10,5
0,05 - 0,10 cm	16,6	18,7	12,5
0,05 - 0,10 cm	18,2	17,5	10,4
0,05 - 0,10 cm	17,1	19,4	15,8

Tabela 03 - Umidade do solo comparado a agricultura (linha e entrelinha) e floresta

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	98.44333	49.22167	13.4188 **
Resíduo	15	55.02167	3.66811	
Total		17	153.46500	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	15	6.3589	13.4188	0.0004

Médias de tratamento

1	16.53333 a
2	18.36667 a
3	12.75000 b

dms = 2.86954

MG = 15.88333 CV% = 12.06

Ponto médio = 15.30000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade
Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística) Valor p-valor Normal
Shapiro-Wilk (W) 0.91806 0.11945 Sim

FV = Fonte de variação GL = Graus de liberdade
SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio
F = Estatística do teste F MG = Média geral
CV% = Coeficiente de variação em %
dms = Diferença mínima significativa
Tabela 04 - Quadro de Análise de Umidade

Os indicadores de qualidade física do solo neste trabalho apresentam maior desempenho na distinção das linhas, entrelinhas e floresta, contribuindo desta forma para o monitoramento do solo.

4-CONCLUSÕES

Puderam ser extraídas deste trabalho as seguintes conclusões:

O solo da entrelinha da área de cana de açúcar apresentou maiores valores de resistência a penetração comparando com a linha e a floresta, onde os valores mais críticos foram encontrados na profundidade de 0,5 a 0,10 m;

Não houve grandes diferenças entre linha e entrelinha da área de agricultura em relação a densidade do solo, os valores encontrados apresentam-se abaixo do nível considerado crítico ao desenvolvimento radicular;

Já em relação a umidade do solo, a área de agricultura apresentou maior umidade, devido a precipitação direta no solo estocando mais água no solo agricultável do que na floresta.

AGRADECIMENTOS

A Fazenda Agropecuária Jayoro pela possibilidade de coleta de dados nas dependências de suas áreas de cultivo; a FAPEAM pela concessão da bolsa; a Embrapa Amazônia Ocidental pela estrutura e conhecimento e ao Ms. Gilvan Martins pela orientação e ensino.

REFERÊNCIAS

BRADFORD, J. M. Penetrability. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis, physical, chemical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.463 – 478.

CALVALCANTE, R. B. L. **Planejamento de Povoamento de Eucalipto com Condicionantes Hidrológicos: um estudo de caso em Eldorado do Sul/RS**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS. 2011. p.102.

CENTURION, J. F; DEMATTE, J. L. I. **Sistemas de Preparo de Solos de Cerrado: Efeitos nas propriedades físicas e na cultura do milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 27:315 – 324, 1992.

FIDALSKI, J. **Física do Solo: Texto elaborado para Capacitação do Programa Paraná Fértil (Instituto EMATER) e Curso de Atualização de Conhecimento em Ciência do Solo (IAPAR)**. Paranaíba – PR, 2009. Disponível em: www.googleacademico.com.br/. Acessado em: 23/03/2015 as 09:30.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. **Avaliação de semeadora – adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo**. Engenharia Agrícola, v.25, n.2, p. 458 – 464, 2005.

IBGE.(Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Conab**. Disponível em: www.cidades.ibge.gov.br/conab2014/. Acessado em: 23/03/2015 as 09:25.

LAPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G. & CURNOW, W.E. **Least limiting water range indicators of soil quality and corn production**. Soil Till. Res., 78:151- 170, 2004.

MARTINS, G. C.; TEIXEIRA, W. G.; SOUZA, A. C. G.; MACEDO, R. S. **Resistencia a penetração em cultivos de guaraná sob latossolo amarelo na Amazônia Central**.

Manaus – 2013. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/>. Acessado em: 25/03/2015 as 13:00.

MENDES, F.G.; MELLONI, E.G.P. & MELLONI, R. **Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá -MG.** Cerne, Lavras, v. 12, n. 3, p. 211- 220, jul./set. 2006.

ROMERO, E. M.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; COSTA, L. M. **Condutividade hídrica, porosidade, resistência mecânica e intervalo hídrico ótimo em latossolo artificialmente compactados.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.18, n.10, p. 1004, 2014.

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. **Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, p. 842-847, 2006.

SOLER, M. A. **Estrutura e agregação do solo sob diferentes sistemas de manejo do solo comparado ao campo nativo.** Dissertação de Mestrado II. Capítulo 1, p. 1, 2013.

STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L. G.; SILVA, L. C. F.; MARGARIDO, L. A. C. **Nota: Penetrômetro de impacto Stolf – Programa Computacional de Dados em Excel – UBA,** Revista Brasileira de Solo, 38:774-782, 2014.

STRECK, C.A. REINERT, D. J. REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. **Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causado pelo tráfego induzido em trator em plantio direto.** Ciência Rural. 34:755-760. 2004.

TOMERA, C. A; ARAUJO, M. A.; FIDALSKI, L. & COSTA, J. M. **Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto.** Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 31: 211 – 219. 2007.

TORRES, E. & SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja.** Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 58p. (Circular Técnica, 23). Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../circTec23>>. Acesso em :23/03/2015.

ABSTRACT: Soil physical quality indicators are evaluated by soil density, moisture and resistance to soil penetration, factors that help in the development and production of crops. The objective of this study was to evaluate the quality using indicators such as density, moisture and resistance to penetration in sugarcane. Higher values of penetration resistance were observed for the line, interline and forest system from a depth of 0.5 to 0.15 m, reaching a value of 3.0 MPa. The

density between line and line did not change significantly by statistical analysis. The environments field (line and interline) and forest revealed differences with the probability of significance less than 0.001. The soil quality indicators in this study presented higher performance in the distinction between the studied environments, contributing in this way to soil monitoring. Among the three indicators used, what was a significant difference was the penetration resistance and the soil moisture, since the density did not change between the lines and between the lines.

KEYWORDS: soil quality indicator, density, humidity.

CAPÍTULO X

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SOLOS COM BARRAGEM SUBTERRÂNEA EM AGROECOSSISTEMAS DO SEMIÁRIDO

**Wanderson Benerval de Lucena
Gizelia Barbosa Ferreira
Maria Sonia Lopes da Silva
Márcia Moura Moreira
Maria José Sipriano da Silva
Mauricio da Silva Souza**

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SOLOS COM BARRAGEM SUBTERRÂNEA EM AGROECOSSISTEMAS DO SEMIÁRIDO

Wanderson Benerval de Lucena

Instituto Federal de Pernambuco – Campus Vitória de Santo Antão
Feira Nova, Pernambuco

Gizelia Barbosa Ferreira

Instituto Federal de Pernambuco – Campus Vitória de Santo Antão
Petrolina, Pernambuco

Maria Sonia Lopes da Silva

Embrapa Solos – UEP Recife
Recife, Pernambuco

Márcia Moura Moreira

Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas - UFRB
Cruz das Almas, Bahia

Maria José Sipriano da Silva

Instituto Federal de Pernambuco – Campus Vitória de Santo Antão
Lajedo, Pernambuco

Mauricio da Silva Souza

Instituto Federal de Pernambuco – Campus Vitória de Santo Antão
Limoeiro, Pernambuco

RESUMO: As barragens subterrâneas (BS´s) provocam diversos impactos nos solos de agroecossistemas do semiárido. A acumulação de água de sedimentos na área de captação da barragem vem demonstrando aspectos positivos e negativos na qualidade dos solos, envolvendo os atributos químicos, físicos e biológicos. O objetivo desse estudo foi avaliar os atributos químicos dos solos em dois agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido do Estado da Paraíba, comparando com áreas de sistema convencional e mata nativa. As amostras de solos para análise química foram realizadas em três ambientes de cada propriedade, BS AC - Área de plantio da barragem subterrânea, próxima ao sangradouro (1ª metade), BS AM - Área de plantio da barragem distante do sangradouro (2ª metade), BS EN - Área denominada “encostas” da barragem, SC - sistema convencional e MN - área nativa não antropizada, como referência. A barragem subterrânea da Propriedade 01 apresentou maiores valores nos seus atributos químicos, chamando atenção para os valores de MO, P, CTC e CE, este último, quando comparado à área de referência (mata nativa) demonstrou valores mais altos, podendo ser atribuído à influência da barragem subterrânea. A alta acidez dos solos nas duas propriedades podem ser uma limitante para o cultivo da maioria das espécies vegetais.

PALAVRAS-CHAVE: captação e armazenamento de água de chuva, sistemas de base ecológica, qualidade do solo.

1-INTRODUÇÃO:

As barragens subterrâneas provocam diversos impactos nos solos de agroecossistemas do semiárido. A acumulação de água de sedimentos na área de captação da barragem vem demonstrando aspectos positivos e negativos na qualidade dos solos, envolvendo os atributos químicos, físicos e biológicos. Em relação aos atributos químicos, observam-se aspectos positivos em relação ao acúmulo de nutrientes e matéria orgânica, mas há sempre a preocupação em relação à acumulação de sais. O tipo de solo, o relevo e os sistemas de manejo, são fatores que devem ser analisados ao avaliar e monitorar a influência das barragens na qualidade dos solos

A barragem subterrânea é uma das técnicas utilizadas para captar e armazenar água da chuva no subsolo com o objetivo de permitir ao agricultor (a) à prática de uma agricultura de vazante e/ou subirrigação. Estruturalmente ela possui como função, barrar o fluxo de água superficial e subterrâneo através de uma parede (septo impermeável) construída transversalmente à direção das águas. Dessa forma, a água proveniente da chuva se infiltra lentamente, criando e/ou elevando o lençol freático, que será utilizado posteriormente pelas plantas. O resultado desse barramento é o armazenamento da água dentro do solo com perdas mínimas de umidade (evaporação lenta), mantendo a solo úmido por um período maior de tempo (de 5 a 8 meses), podendo chegar quase ao fim do período seco no semiárido do Brasil (SILVA *et al.* 2007).

O objetivo desse estudo foi avaliar os atributos químicos dos solos em dois agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido do Estado da Paraíba, comparando com áreas de sistema convencional e mata nativa.

2-MATERIAL E MÉTODOS:

O estudo foi realizado em duas propriedades na meso região Agreste do Estado da Paraíba e na microrregião do Curimataú Ocidental, ambas sob clima semiárido. A propriedade 01, que está localizada na cidade de Remígio (latitude 06° 89' 67" S, longitude 35° 80' 09" W). E a propriedade 02 está localizada na cidade de Solânea (latitude 06° 78' 56" S, longitude 35° 76' 07" W).

Ambas com o histórico de uso com pastagem pelos antigos proprietários, atualmente são utilizadas em sistemas de produção diversificados e a área de BS – barragem subterrânea está em transição a um sistema de base ecológica, direcionado pelos novos proprietários.

As amostras de solos para análise química foram realizadas em três ambientes de cada propriedade, BS AC - Área de plantio da barragem subterrânea, próxima ao sangradouro (1ª metade), BS AM – Área de plantio da barragem distante do sangradouro (2ª metade), BS EN – Área denominada “encostas” da barragem, SC - sistema convencional e MN – área nativa não antropizada, como referência.

A amostragem para a análise física foi realizada no início do período chuvoso, e obtida através de uma amostra composta por cada ambiente, coletadas em sete pontos no sentido de zigue-zague, e em três profundidades, 0-10cm, 10-20cm e 20-40 cm.

As análises químicas foram realizadas pelo laboratório da Embrapa Semiárido seguindo os procedimentos analíticos descritos abaixo praticados neste laboratório. Observação: Os procedimentos seguiram o Manual de Métodos de Análises de Solos da EMBRAPA (1997).

3-RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Quando avaliado entre propriedades, observa-se que a Propriedade 01 apresentou valores de Matéria orgânica, Fósforo, potássio, Cálcio, Somas de bases e CTC mais altos que a Propriedade 02 (Tabela 1).

Os solos da Propriedade 01 apresentaram baixos valores de pH na Área de acumulação da Barragem subterrânea, considerados fortemente ácidos, enquanto as outras áreas apresentam níveis moderadamente ácidos, segundo Faria *et al.* (2007). A acidez na área de acumulação pode estar associada aos ciclos de inundação por qual passa esta subárea da barragem nos períodos chuvosos do ano, ficando até 30 dias submersos.

No ambiente BS AM, a profundidade de 0-10 apresentou alto valor de MO, variando de nível médio a baixo nas profundidades de 10-20 e 20-40 respectivamente, semelhante ao ambiente AC (FARIA *et al.*, 2007).

A matéria orgânica apresentou valores médios no ambiente BS AC da propriedade 01, nas três profundidades, sugerindo uma maior distribuição e acumulação da matéria orgânica nos primeiros 40 cm do solo. Vale ressaltar que a área da barragem subterrânea não foi adubada.

A área de acumulação da barragem subterrânea, por estar na menor cota da área estudada, acumula material orgânico e umidade, tendo efeito na acumulação da matéria orgânica, fato esse considerado por Salcedo e Sampaio (2008), quando ressaltam que: *“O relevo também tem efeito marcante na formação e acúmulo de COT, em primeiro lugar porque determina o regime hídrico do solo, mas também porque influencia na distribuição da serapilheira na superfície do solo”*.

O relevo em conjunto com a barragem subterrânea promove também períodos de alagamento temporário na área de captação e plantio, que em regime de vazante, vai acumulando elementos na BS AC. Silva *et al.* (2008) em estudo realizado em áreas alagadas, consideram que em ambientes anaeróbios a decomposição da matéria orgânica é mais lenta, principalmente pelo fato da lenta atividade de microorganismos anaeróbios, possibilitando o acúmulo em ambientes alagados.

Apesar das diferenças nos valores dos atributos químicos e físicos das duas propriedades, os valores da matéria orgânica da Mata nativa apresentaram semelhanças, níveis baixos de 10-40 cm. Esses valores podem ser atribuídos,

segundo Salcedo e Sampaio (2008), “a variabilidade espacial e temporal na disponibilidade hídrica da região semiárida que exerce o principal controle na produção de biomassa e nos aportes de resíduos vegetais no solo”. Entende-se, dessa forma, que o material orgânico aportado nos solos do bioma caatinga (mata nativa) está limitado a períodos do ano, ressaltando também, a decomposição desse material em um curto período de tempo refletindo no baixo acúmulo de matéria orgânica no solo, neste caso nas profundidades de 10 a 40 cm (Tabela 1).

A matéria orgânica da Propriedade 02 apresentou níveis baixos (<15, FARIA *et al.*, 2007) que podem estar relacionados a afirmação de Salcedo e Sampaio (2008) no parágrafo anterior e a baixa capacidade de retenção de umidade, característica de solos de textura arenosa.

A Propriedade 01 apresentou de média a alta Soma de bases no ambiente BS, e alta SB no ambiente Sistema Convencional e de 0-10 cm na Mata nativa (Tabela 1), não havendo diferenciação em relação aos ambientes da BS. Observa-se a grande contribuição do Ca^{2+} nos valores da SB em todos os ambientes. Segundo tabela de Faria *et al.* (2007), para solos do semiárido, a propriedade 01 apresentou alta CTC em todos os ambientes, exceto algumas profundidades do BS AC e do BS AM, e da MN, e altos teores de cálcio no SC, e teores médios nos outros ambientes.

Os níveis de P e Ca na propriedade 01 estão altos ou muito altos, exceto a profundidade de 10-40 cm no ambiente BS EM, que apresentou valores médios de P. Enquanto na Propriedade 02 os valores de P estão em nível muito baixo,

Um dos aspectos que devem ser considerados no estudo de barragens subterrâneas é a predisposição dos solos a salinidade. Nos ambientes estudados nenhum dos solos apresentou caráter salino (EMBRAPA, 1997), mas observa-se uma tendência a uma maior CE nos ambientes da Barragem subterrânea e menores níveis de CE nas áreas de Mata Nativa das duas propriedades. Essa tendência deve-se ao fato dos alagamentos e secas constantes e da acumulação de sedimentos e elementos carregados através da água dos leitos de riacho.

4-CONCLUSÕES:

A área de cultivo/captação da barragem subterrânea da Propriedade 01 apresentou maiores valores nos seus atributos químicos, chamando atenção para os valores de MO, P, CTC e CE, este último, quando comparado à área de referência (mata nativa) demonstrou valores mais altos, podendo ser atribuído à influência da barragem subterrânea. A alta acidez dos solos nas duas propriedades podem ser uma limitante para o cultivo da maioria das espécies vegetais.

Descrição da área	Prof	pH	M.O.	C.E.	P	K	Ca	S (bases)	CTC	V	Na	100 Na ⁺ /T
	cm	H ₂ O 1:2,5	g/kg	dS/m	mg/dm ³	_____cmolc/dm ³ _____				%	cmolc/dm ³	%
Propriedade 01 – Família Pereira												
BS AC¹	0-10	5,0	27,52	0,53	23,41	0,55	3,1	6,72	12,33	55	0,17	1,38
	10-20	4,9	29,58	0,69	22,88	0,48	2,8	5,08	11,35	45	0,10	0,88
	20-40	5,1	23,17	0,57	21,68	0,38	3,1	6,47	12,24	53	0,09	0,74
BS AM²	0-10	5,6	36,31	0,35	21,74	0,53	3,8	8,02	12,14	66	0,09	0,74
	10-20	5,7	27,1	0,48	20,48	0,54	2,9	6,33	10,45	61	0,09	0,86
	20-40	5,8	12,62	0,48	13,74	0,48	2,3	4,75	8,21	58	0,07	0,85
BS EN.³	0-10	5,6	24,41	0,61	18,14	0,69	2,5	5,14	9,26	56	0,15	1,62
	10-20	5,7	12,41	0,55	8,4	0,52	2,8	5,76	10,38	55	0,24	2,31
	20-40	6,0	9,21	0,3	5,27	0,43	3,8	8,00	11,46	70	0,17	1,48
SC⁴	0-10	6,0	28,14	0,23	25,88	0,71	5,9	9,71	13,83	70	0,10	0,72
	10-20	5,7	22,76	0,23	18,34	0,51	4,5	9,48	13,77	69	0,17	1,23
	20-40	6,1	7,14	0,24	12,34	0,31	5,9	11,08	13,72	81	0,27	1,97
MN⁵	0-10	5,7	25,65	0,3	24,15	0,55	3,7	7,88	12,5	63	0,13	1,04
	10-20	5,7	7,76	0,25	15,34	0,39	2,1	4,61	7,91	58	0,12	1,52
	20-40	5,9	7,14	0,24	12,54	0,39	1,9	4,18	6,65	63	0,09	1,35
Propriedade 02 – Família Santos												
BS AC¹	0-10	5,4	13,34	0,51	6,20	0,36	2,7	4,62	7,59	61	0,16	2,11
	10-20	5,4	11,17	0,5	4,40	0,28	1,9	3,61	6,25	58	0,13	2,08
	20-40	5,6	7,14	0,39	2,87	0,2	1,4	2,55	4,53	56	0,15	3,31
BS AM²	0-10	5,9	12,72	0,65	6,14	0,32	2,1	4,21	6,02	70	0,09	1,50
	10-20	5,6	12,00	0,28	3,60	0,23	1,8	3,84	6,15	62	0,11	1,79
	20-40	5,6	6,72	0,33	2,27	0,17	1,7	3,52	5,33	66	0,15	2,81
BS EN.³	0-10	5,5	13,86	0,4	4,93	0,38	1,9	4,19	6,83	61	0,11	1,61
	10-20	5,3	9,83	0,35	3,27	0,28	1,6	3,51	5,82	60	0,13	2,23
	20-40	5,4	7,76	0,35	1,87	0,18	1,3	2,89	5,2	56	0,21	4,04
SC⁴	0-10	5,1	11,48	0,39	3,87	0,18	1,2	2,21	4,68	47	0,13	2,78
	10-20	5,5	9,62	0,32	2,13	0,44	1,8	3,94	5,75	69	0,10	1,74
	20-40	5,0	8,07	0,29	1,33	0,29	1,5	2,88	5,52	52	0,09	1,63
MN⁵	0-10	5,5	13,44	0,28	3,00	0,31	1,7	3,44	6,24	55	0,13	2,08
	10-20	5,2	12,93	0,21	1,60	0,24	1,1	2,47	6,76	37	0,13	1,92
	20-40	5,2	8,59	0,18	1,27	0,16	1,8	2,8	5,44	51	0,14	2,57

Tabela 1 – Atributos químicos do solo, avaliados em cinco ambientes, nas camadas 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em período seco, nos municípios de Remígio e Solânea, Paraíba.

1. Barragem subterrânea - Área de Acumulação (AC - área mais próxima da parede/septo impermeável);
2. Barragem subterrânea - Área Mediana (AM - área mais afastada da parede/septo impermeável);
3. Barragem subterrânea - Encostas (EN1 e EN2 - encosta da direita e esquerda).
4. Sistema convencional;
5. Mata Nativa - área de referência

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de Solo**. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

FARIA, C. M. B. de; SILVA, M. S. L.; SILVA, D. J. **Alterações em características de solos do Submédio São Francisco sob diferentes sistemas de cultivo**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 33 p. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 74).

SALCEDO, I. H. & SAMPAIO, E.V.S. B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. **In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008..

SILVA, L. S.; SOUSA, R. O.; POCOJESKI, E. Dinâmica da Matéria orgânica em ambientes alagados. **In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008.

ABSTRACT: Underground barrage (BSs) cause several impacts on the soils of agroecosystems of the semiarid. The accumulation of sediment water in the catchment area of the barrage has demonstrated positive and negative aspects in soil quality, involving chemical, physical and biological attributes. The objective of this study was to evaluate the chemical attributes of the soils in two agroecosystems with underground dams in the semiarid state of Paraíba, comparing with conventional and native forest areas. Soil samples for chemical analysis were performed in three environments of each property, BS AC - Planting area of the underground barrage, near the bleeding station (1st half), BS AM - Planting area of the dam far from the bleeding area (2nd half), BS EN - Area called "slopes" of the barrage, SC - conventional system and MN - native area not anthropized, as reference. The subterranean barrage of Property 01 presented higher values in its chemical attributes, calling attention to the values of MO, P, CTC and CE, the latter, when compared to the reference area (native forest), showed higher values and can be attributed to influence of the underground barrage. The high acidity of the soils in the two properties may be a limiting factor for the cultivation of most plant species.

KEYWORDS: capture and storage of rainwater, ecologically based systems, soil quality.

CAPÍTULO XI

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE CHERNOSSOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COLÔNIA – BA

**Monna Lysa Teixeira Santana
Marina Oliveira Paraíso Martins
Ana Maria Souza dos Santos Moreau**

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE CHERNOSSOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COLÔNIA – BA

Monna Lysa Teixeira Santana

Universidade Federal de Lavras

Lavras – MG

Marina Oliveira Paraíso Martins

Universidade Estadual de Santa Cruz

Ilhéus - BA

Ana Maria Souza dos Santos Moreau

Universidade Estadual de Santa Cruz

Ilhéus – BA

RESUMO: A Bacia Hidrográfica do Rio Colônia (BHRC) possui domínio de solos da classe Chernossolos, que naturalmente detêm boas características químicas. No presente trabalho, objetivou-se caracterizar os solos em seus atributos químicos. Para isso, foram escolhidos dois ambientes de estudo: mata nativa e áreas com atividade agrícola de pastagens com diferentes anos de uso. Foram analisadas 33 amostras de 11 perfis em quatro topossequências (mata nativa e pastagem de 28, 37 e 60 anos de uso). Os atributos químicos avaliados foram: pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al, P, soma de bases (SB), CTC total (T), saturação por bases (V) e atividade da argila. Houve predominância da manutenção das características naturais dos solos na mata nativa em todas topossequências analisadas. Nos solos com uso de pastagem com 60 anos, a qualidade dos atributos químicos não permaneceu, principalmente pela perda de bases em profundidade.

PALAVRAS-CHAVE: Solos tropicais, uso do solo, mata nativa, pastagem

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta como principal ocupação dos seus solos a pecuária, com 21% do seu território ocupadas com pastagens naturais e plantadas (MANZATTO et al., 2002). Essas áreas apresentam como características gerais baixa taxa de desfrute do rebanho, produtividade baixa, má utilização de técnicas e tecnologias de produção, ausência de aplicação de corretivos e adubação (DIAS-FILHO, 2014).

O desenvolvimento das lavouras é realizado suprimindo a mata nativa. A prática de queimadas tem sido utilizada no avanço na abertura de novas áreas utilizadas como pastagens, porém o preparo do solo através do fogo ocasiona perda de nutrientes, transporte de partículas, erosão do solo (KLINK & MACHADO, 2005).

A BHRC, situada no sul da Bahia, apresenta predomínio da atividade agrícola pecuária extensiva. Nessa região localiza-se uma grande mancha de Chernossolos, que são constituídos por material mineral com características diferenciais: mesmo após revolvimento na superfície (por exemplo, aração), seu horizonte chernozêmico

possui alta saturação por bases (> 65%), argila de alta atividade (> 27 cmol_c kg⁻¹) e alta concentração de cálcio e/ou magnésio. A pecuária extensiva deteve posição de destaque no cenário estadual e nacional, apresentando grandes produtividades entre as décadas de 20 e 60, no setor de carne (COSTA et al., 2000). Atualmente as pastagens que abrangem a BHRC são ocupadas por capins de baixa capacidade suporte e extensas áreas com erosão. Essas alterações negativas são em decorrência do manejo inadequado na sua manutenção e conservação, e uso indiscriminado de queimadas (COSTA ET AL., 2000).

Diante o exposto, objetivou-se no presente trabalho caracterizar quimicamente os solos da região da Bacia Hidrográfica do Rio Colônia, sob diferentes sistemas de uso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A BHRC (figura 1) está localizada entre as coordenadas -14,889116 a -15,3667017 de latitude Sul, -40,154601 a -39,421509 de longitude W, abrangendo uma área de 2.359 km² da porção sul e sudoeste da Bahia, da qual fazem parte os municípios de Itapetinga, Itororó, Firmino Alves, Itajú do Colônia, Itapé e Jussari. A referida bacia constitui uma sub-bacia do rio Cachoeira, que é formado a partir da confluência dos rios Colônia e Salgado.

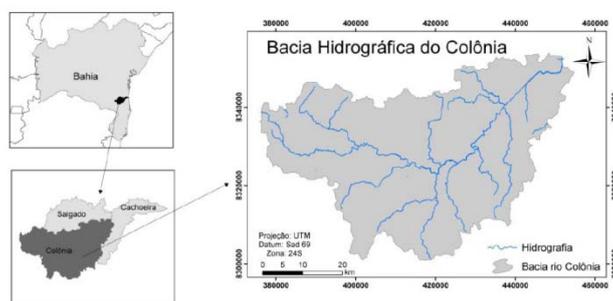


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo inserida na BHRC. Fonte: Souza et.al. (2010)

Foram selecionadas quatro topossequências: uma com solos sob mata nativa e três com pastagem de 28, 37 e 60 anos de uso, respectivamente. Os perfis de solos foram abertos, descritos morfologicamente e coletados em topo, meia encosta e baixada, totalizando onze perfis. As análises químicas foram feitas de acordo com Embrapa (2009). Realizaram-se determinações de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis, pH em água e em CaCl₂, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (valor T) a pH 7,0, grau de saturação por bases (valor V), fósforo extraído por Mehlich 1 e atividade de argila.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas de caracterização dos 11 perfis de solo

são apresentados na tabela 1. Os solos tropicais e subtropicais caracterizam-se por apresentar, em condições naturais, elevada acidez (BRADY, 1989). No entanto, o domínio de Chernossolos nessa região, que tem como material de origem rochas ígneas e metamórficas ricas em minerais primários, garantem um pH alcalino em todos os perfis amostrados. De forma excludente ocorre nos solos com pastagem 60 anos de uso, apresentando valores de pH ácido, devido a remoção de bases da superfície dos colóides do solo.

	Prof. cm	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB	T	V %	P mg kg ⁻¹	Ativ. Arg cmol kg ⁻¹
MATA: TOPO (CHERNOSSOLO ARGILÚVICO)											
A	0-20	6,53	5,16	10,23	3,70	3,14	14,28	17,42	81,97	5,38	84,56
Bt	20-56	6,23	4,90	5,62	3,04	1,24	9,43	10,67	88,38	1,25	37,81
MATA: BAIXADA (CHERNOSSOLO ARGILÚVICO)											
A	0-12	6,47	5,71	5,60	2,78	0,83	8,81	9,64	91,39	7,56	47,49
Bt1	12-33	6,02	5,08	5,29	2,29	2,31	7,78	10,09	77,11	3,78	52,55
Bt2	33-58	6,07	5,70	4,64	2,40	2,06	7,18	9,24	77,71	2,41	33,48
PASTAGEM 28 ANOS: TOPO (CAMBISSOLO BRUNO-ACINZENTADO)											
O	0-7	6,90	5,91	9,47	2,60	0,58	12,55	13,13	95,58	13,52	44,97
A	7-27	6,61	5,11	9,50	2,66	1,65	12,50	14,15	88,34	6,45	39,20
Bi	27-50	6,81	5,84	9,95	2,68	1,49	12,82	14,31	89,59	1,10	31,59
Bc	50-77	6,76	5,69	8,99	2,73	0,50	11,87	12,37	95,96	0,63	31,56
PASTAGEM 28 ANOS: MEIA ENCOSTA (ARGISSOLO AMARELO)											
O	0-6	6,75	5,47	8,20	2,65	1,32	10,95	12,27	89,24	10,24	39,20
A	6-27	6,17	5,71	7,58	2,47	1,98	10,41	12,39	84,02	2,12	36,99
Bt	27-49	6,58	5,95	6,59	2,54	0,74	9,28	10,02	92,61	1,51	22,27
PASTAGEM 28 ANOS: BAIXADA (CHERNOSSOLO ARGILÚVICO)											
O	0-5	5,60	5,45	7,71	2,29	1,49	10,39	11,88	87,46	10,09	55,51
A	5-24	5,59	5,07	7,38	2,13	1,24	9,70	10,94	88,67	6,76	49,28
BA	24-38	6,95	5,79	6,53	2,52	1,07	9,21	10,28	89,59	0,16	42,95
Bt	38-70	6,01	5,43	4,02	3,00	2,39	7,60	9,99	76,08	0,69	36,27
PASTAGEM 37 ANOS: TOPO (NEOSSOLO LITÓLICO)											
O	0-17	5,84	5,33	4,50	2,41	1,16	8,00	9,16	87,34	29,65	54,52
AC	17-30	5,34	4,76	3,50	2,22	2,23	6,02	8,25	72,97	14,60	49,70
Cr	30-76	5,74	5,26	5,57	2,26	1,90	8,56	10,46	81,84	10,43	84,35
PASTAGEM 37 ANOS: MEIA ENCOSTA (CAMBISSOLO HÁPLICO)											
A	0-20	6,65	5,80	5,61	2,21	2,31	8,18	10,49	77,98	3,82	62,44
Bi	20-45	6,08	5,73	3,42	1,95	1,90	5,76	7,66	75,20	1,69	25,53
C	45-76	6,29	5,67	4,00	2,77	1,82	7,62	9,44	80,72	0,54	61,30
PASTAGEM 37 ANOS: BAIXADA (CHERNOSSOLO)											
A1	0-22	6,00	5,39	5,52	2,30	1,24	8,09	9,33	86,71	6,29	53,93
A2	22-33	5,82	5,38	5,30	2,25	2,48	7,82	10,30	75,92	4,92	59,20

AB	33-40	5,91	5,42	4,74	2,19	1,65	7,20	8,85	81,36	2,31	39,90
Bt	40-56	6,02	5,87	3,43	2,17	1,82	6,29	8,11	77,56	1,32	33,92
PASTAGEM 60 ANOS: TOPO (CHERNOSSOLO HÁPLICO)											
A	0-17	6,80	5,65	5,26	1,75	3,14	7,31	10,45	69,95	16,31	51,73
Bi	17-23	6,21	6,02	5,67	2,77	0,83	8,80	9,63	91,38	7,12	50,95
PASTAGEM 60 ANOS: MEIA ENCOSTA (CHERNOSSOLO HÁPLICO)											
A	0-25	4,97	4,96	5,08	2,65	3,47	7,98	11,45	69,69	3,88	63,26
Bt	25-43	4,91	4,86	3,00	2,28	3,47	5,40	8,87	60,88	1,70	30,82
PASTAGEM 60 ANOS: BAIXADA (LUVISSOLO ARGILÚVICO)											
A	0-20	5,17	4,57	2,93	2,28	3,71	5,61	9,32	60,19	9,47	23,01
Bt	20-46	4,80	4,49	2,89	2,13	3,88	5,23	9,11	57,41	3,54	28,29

SB: soma de bases (SB= $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$); CTC= (SB+H+Al); V=100/CTC.

Tabela 1 – Características químicas dos onze perfis de Chernossolo, Luvisso, Neossolo e Cambissolo das topossequências de mata e pastagem de 28, 37 e 60 anos de uso

Avaliando os atributos químicos dos mesmos, nota-se que esses solos possuem um baixo nível de acidez e alta saturação por bases, independente do seu uso agrícola, e posição no relevo, garantindo que o fator de causa seja o material de origem desses dos solos da BHRC (EMBRAPA, 2013).

Todas as amostras analisadas apresentaram valores de pH em água sempre superiores aos valores em CaCl_2 , pois o pH aferido em cloreto de cálcio não é bastante afetado por pequenas quantidades de sais presentes no solo, como acontece com o pH em água (REIS et al., 2009).

Os maiores teores de Ca^{2+} ocorreram nos horizontes superficiais de todos os perfis. O maior teor ($10,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foi encontrado no horizonte A do solo com mata nativa. Na topossequência de pastagem 28 anos de uso, todas as camadas super e subsuperficiais dos perfis apresentaram altos valores de cálcio, mantendo as características do solo, mesmo após o uso agrícola com pastagem. Porém, os perfis dos solos com 60 anos de uso com pastagem apresentaram baixos teores desse elemento, com menor valor de $2,89 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Em estudo também na BHRC, Silva et al. (2011) analisou que a classe dos Chernossolos, apresentou maiores perdas de solo em todos os cenários investigados atingindo, em 2002, uma perda de solo na ordem de $79,83 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e nas condições de uso com mata nativa, este valor reduz para $43,39 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de solo.

Os valores de Mg^{2+} em todos os perfis analisados apresentaram pouca variação em profundidade, fator que corrobora com os encontrados por Schiavo et al. (2010), consequência da formação do solo.

Os valores de CTC variaram de $7,66 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no perfil de meia encosta de pastagem 37 anos, a $17,42 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no horizonte superficial de topo da mata nativa. Quanto ao valor V% todos os horizontes em estudo foram identificados como eutróficos (V>50%).

No perfil descrito como Luvisso, os teores de cálcio, magnésio e saturação por bases, foram similares ao que têm sido registrados para outros Luvissois do Nordeste do Brasil e devem estar diretamente relacionados à grande quantidade

de minerais primários, principalmente plagioclásios e micas, presentes nas frações areia e silte desses solos (OLIVEIRA et al., 2007).

Legitimando o que foi constatado por Oliveira et al., 2007, o perfil de Argissolo em estudo encontra-se, em geral, na meia encosta, nas posições de maiores altitudes de exposição das rochas cristalinas. Essa posição no relevo provoca um processo de lixiviação de forma mais eficiente, apresentando tal solo com argila de baixa atividade, caracterizando-se como eutrófico.

Na maioria dos solos amostrados, mesmo em ambiente de mata, observa-se que os teores de fósforo ficaram abaixo do nível crítico para pastagens, 6 mg kg^{-1} , de acordo a Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (GOMES & DETONI, 1998). Exceções foram constatadas nas amostras retiradas nas camadas superficiais do solo, em que são observados níveis deste elemento muitas vezes bastante elevados. Nos solos, as taxas de formas orgânicas de fósforo variam entre 20 e 80% do fósforo total, segundo Mengel e Kirkby (1987). Pode-se supor que nas referidas camadas os níveis mais altos de fósforo se devam às condições de acúmulo de matéria orgânica proveniente da adição de resíduos de origem vegetal e animal, neste último principalmente advindo do estrume dos bovinos.

4. CONCLUSÕES

A classe de uso da terra que maior sofreu variação entre os cenários de mata e pastagem, foi a da 60 anos de uso com pecuária, chegando a não atingir valores de saturação por bases e atividade de argila, necessários para serem enquadrados como Chernossolos.

Mesmo com o uso intensivo desses solos com pastagem e manejo inadequado, as análises demonstram que as características do solo foram preservadas, evidenciando bons índices de fertilidade natural.

REFERÊNCIAS

COSTA, O. V., COSTA, L. M., FONTES, L. E. F., ARAUJO, Q. R., KER, J. C. & NACIF, P. G. S. Cobertura do solo e degradação de pastagens e, área de domínio de Chernossolos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24:843-856, 2000.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Documentos Embrapa Amazônia Oriental. Belém, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ª ed. Brasília, Informação Tecnológica, 628p., 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p., 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Definição e notação de horizontes e camadas de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 54p., 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Calagem em pastagem de Brachiaria decumbens recuperada com adubação nitrogenada em cobertura**. 2ª ed. São Carlos-SP, 2004.

FLORES, J. P. C. **Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:2385-2396, 2008.

GOMES, M. A. F. & FILIZOLA, H.F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo e interesse agrícola**. Embrapa – Meio Ambiente. Jaguariúna, SP, p.1-07, 2006.

KLINK, C. A., MACHADO, R. B. **A conservação do Cerrado brasileiro**. Megadiversidade, v.1, 2005.

MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 174p., 2002.

MENGEL, K. & KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern International Potash Institute, 687p., 1987.

OLIVEIRA, L. B., FONTES, M. P. F., RIBEIRO. M. R., KER. K. C. **Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do Nordeste Brasileiro**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:123333-1345, 2009.

REIS, M. S., FERNANDES, A. R., GRIMALDI, C., THIERRY, D. E. & GRIMALDI, M. **Características químicas dos solos de uma topossequência sob pastagem em frente pioneira da Amazônia Oriental**. Revista Ciências Agrárias, 52:37-37, 2009.

RIBEIRO, A. C., GUIMARÃES, P. de T. G. & ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 359p., 1999.

SHIAVO, J.A., PEREIRA, M.G., MIRANDA, L.P.M., NETO, A.H.D., FONTANA, A. **Caracterização e classificação de solos desenvolvido de arenitos da formação Aquidauana-MS.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:881-889, 2010.

SILVA, V. A., MOREAU, M. S., MOREAU, A. M. S. dos S., REGO, N. A. C. **Uso da terra e perda de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Colônia, Bahia.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2011.

SOUZA, C. M. P., MOREAU, M. S., MOREAU, A. M. S. S & FONTES, E. O. **Níveis de degradação de pastagens da Bacia Hidrográfica do Rio Colônia – BA com uso de imagens LANDSAT 5TM.** Revista Brasileira de Geografia Física, 2010.

ABSTRACT: The Colonia River (BHRC) has a soil domain of the class Chernosols, which has good chemical characteristics naturally. In the present work, the objective was to characterize soils in their chemical attributes. For this, two study environments were selected: native forest and areas with pasture agricultural activities with different years of use. A total of 33 samples of 11 profiles were analyzed in four toposesquences (native forest and pasture of 28, 37 and 60 years of use). The chemical attributes were: pH, Ca²⁺, Mg²⁺, H+Al, P, sum of bases (SB), total CTC (T), base saturation (V) and clay activity. There was predominance of the maintenance of the natural characteristics of the soil in the native forest in all the analyzes toposesquences. In soils with pasture use at 60 years, a quality of non-permanent chemical attributes, mainly by the loss of bases in depth.

KEYWORDS: Tropical Soils, Soil Use, Native Forest, Pasture

CAPÍTULO XII

BIOMASSA DE LEGUMINOSAS EM SOLO SALINO-SÓDICO SUBMETIDO A DIFERENTES CORRETIVOS

**Rennan Salviano Terto
Josias Divino Silva de Lucena
Sebastiana Renata Vilela Azevedo
Geovana Gomes de Sousa
José Aminthas de Farias Júnior
Rivaldo Vital dos Santos**

BIOMASSA DE LEGUMINOSAS EM SOLO SALINO-SÓDICO SUBMETIDO A DIFERENTES CORRETIVOS

Rennan Salviano Terto

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará

Josias Divino Silva de Lucena

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Sebastiana Renata Vilela Azevedo

Universidade Federal de Campina Grande
Patos – Paraíba

Geovana Gomes de Sousa

Universidade Federal de Campina Grande
Patos – Paraíba

José Aminthas de Farias Júnior

Universidade Federal de Campina Grande
Patos – Paraíba

Rivaldo Vital dos Santos

Universidade Federal de Campina Grande
Patos – Paraíba

RESUMO: A degradação química e física dos solos de áreas irrigadas da região semiárida do Brasil ocorre com frequência. Caracteriza-se pelo acúmulo de sais solúveis e de sódio trocável provocando elevação da condutividade elétrica, dispersão das argilas e densidade dos solos. Em alguns solos sódicos há também excesso de ânions e elevada alcalinidade. A adubação verde e a aplicação de corretivos representam alternativas para a sua correção. Assim, objetivou-se avaliar a contribuição de gesso e ácido sulfúrico na produção de biomassa de leguminosas. A pesquisa foi conduzida em solo salino-sódico do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa-PB. Os tratamentos foram: omissão de corretivos, presença de gesso, presença de H_2SO_4 . As leguminosas foram: feijão-de-porco, lab-lab, crotalária, guandu e cunhã. Além do cultivo em solo salinizado, houve um tratamento adicional em solo não salino. O solo foi mantido úmido por 15 dias a 70% da capacidade de campo (CC) e, seguindo-se a lavagem do solo com um volume d'água equivalente a 150% CC. 40 dias após a germinação quantificou-se a biomassa fresca e seca e determinou-se a produção relativa. Aplicou-se a análise variância e o teste de Tukey a 5%. A produção relativa foi determinada em relação à produção máxima, àquela dos solos não salinos. As leguminosas sofreram severa redução no crescimento quando cultivadas em solo salino-sódico, ocorrendo aumento em suas produções de massa fresca e seca com a adição dos corretivos. Recomenda-se o cultivo do feijão-de-porco e a cunhã como as mais indicadas como adubo verde em áreas degradadas por sais.

PALAVRAS-CHAVE: salinização, matéria orgânica, adubação verde.

1-INTRODUÇÃO

Os solos nos perímetros irrigados, no semiárido brasileiro, encontram-se em graus variados de salinização. Os solos sódico ou salino-sódico apresentam normalmente pH de 8,5-10,5. Essa reação alcalina, associada à elevada condutividade elétrica, aumenta a dispersão das argilas e reduz a agregação das partículas e a porosidade dos solos, restringindo os conteúdos de matéria orgânica no solo. A técnica de aplicação de corretivos neutraliza o sódio trocável (CAVALCANTE et al., 2010). Após a aplicação de uma lâmina de água, reduzem a concentração salina na solução do solo, aumentando a produção de biomassa de leguminosas. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar o crescimento e produção de biomassa de leguminosas em solos salino-sódicos tratados com gesso e ácido sulfúrico.

2- MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização dos solos

O experimento foi conduzido em ambiente telado, no viveiro florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Patos-PB. O solo foi coletado, de 0-20 cm, no setor 10 do Perímetro irrigado de São Gonçalo e em seguida, homogeneizado para posterior caracterização química conforme Rajj et al. (2001) e física (EMBRAPA, 1997). O extrato de saturação revelou, para o solo salino-sódico, pH 10,2; CE 28,2 dS.m⁻¹ e PST 97 %. A análise da fertilidade do solo encontra-se na tabela 1. A textura foi franco para o solo salinizado, e franco-arenoso para o não salino.

Solo	pH	P mg.dm ⁻³	Ca	Mg	Na	K	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %	CE _{1:5} dS m ⁻¹
Salinizado	10,0	46,6	1,2	0,6	18,0	0,3	0,5	17,7	18,2	97	4,2
Não salino	6,0	17,0	4,5	2,5	0,65	0,4	1,6	9,0	10,6	84	0,3

Tabela 1 – Caracterização química dos solos

Aplicação dos corretivos

O gesso empregado foi um minério moído, gipsita, extraído no município de Sousa-PB. Quanto ao H₂SO₄ foi utilizado produto analítico (PA) concentrado o qual, antes de ser incorporado a todo o volume de terra, foi previamente diluído. A dose de gesso aplicada foi de 5,8 g.kg⁻¹ solo, calculada pela equivalência da dose de gesso, determinada no laboratório através de uma solução saturada de gesso e de uma solução de equilíbrio. A dose do ácido sulfúrico, 1,9 mL.kg⁻¹ foi calculada pela

equivalência da dose de gesso.

Condução do Experimento

Foi feita a aplicação de corretivos em solos salinizados. Após a aplicação de corretivos o solo foi mantido úmido por 15 dias (70% CC) e, seguindo-se a lavagem do solo, aplicou-se um volume d'água equivalente a 150% CC. Posteriormente, efetuou-se a semeadura. No final do experimento, quantificou-se a biomassa fresca e seca, e determinou-se a produção relativa. Aplicou-se a análise de variância e o teste de Tukey a 5%.

A avaliação da espécie mais tolerante, em todos os tratamentos, foi feita através de produções relativas (PR). A produção máxima (100%) foi aquela apresentada pelas culturas nos solos não salinos. As leguminosas foram cortadas 40 dias após a germinação.

Delineamento experimental

Avaliou-se a tolerância à salinidade de cinco leguminosas nos três diferentes tratamentos: omissão de corretivos, presença de gesso, presença de H₂SO₄. As leguminosas foram feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.), crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) e cunhã (*Clitoria ternatea* L.). Além do cultivo em solo salinizado, houve um tratamento adicional em solo não salino. Cada tratamento constou de três repetições. O experimento apresentou, portanto, um total de 48 vasos, cada um com capacidade para 2,5 litros de terra.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Leguminosas

A tabela 2 apresenta a produção de matéria vegetal fresca para as leguminosas: feijão-de-porco, lab-lab, crotalária, cunhã e guandu. Para todas as espécies constatou-se uma maior produção de biomassa quando foram cultivados no solo salino-sódico com a aplicação de corretivos. No entanto, não ocorreram diferenças entre os corretivos gesso e ácido sulfúrico, exceto para o guandu, onde se verificou uma maior produção na presença de ácido sulfúrico. As maiores produções de massa de material vegetalino em solo salino-sódico, em ordem decrescente, foram dadas pelas espécies feijão de porco, lab-lab, guandu, crotalária e cunhã.

Tratamento		Leguminosas				
Solo	Corretivo	Feijão de porco	Lab-lab	Crotalária	Cunhã	Guandu
		g/vaso				
Não salino	-	123,3 a	97,7 a	29,3 a	20,5 a	47,0 a
Salino-sódico	-	3,30 c	1,10 c	0,10 c	0,10 c	0,10 d
Salino-sódico	H ₂ SO ₄	77,5 b	27,8 b	10,6 ab	10,7 b	11,6 b
Salino-sódico	Gesso	74,1 b	26,9 b	11,4 ab	10,1 b	4,1 c

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Massa de material vegetal fresco das leguminosas em diferentes tratamentos.

Os resultados da massa do material vegetal seco mostram a mesma tendência da massa do material vegetal fresco (tabela 3). Convém acrescentar que a produção de biomassa também foi mínima quando as leguminosas foram cultivadas nos solos salinizados sem a aplicação de corretivos.

Tratamento		Leguminosas				
Solo	Corretivo	Feijão de porco	Lab-lab	Crotalária	Cunhã	Guandu
		g/vaso				
Não salino	-	34,5 a	23,8 a	10,6 a	7,3 a	14,4 a
Salino-sódico	-	2,6 c	0,5 c	0,1 c	0,1 c	0,1 d
Salino-sódico	H ₂ SO ₄	19,2 b	6,0 b	2,9 b	3,3 b	3,4 b
Salino-sódico	Gesso	17,7 b	5,5 b	3,1 b	3,0 b	1,2 c

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Massa de material vegetal seco das leguminosas em diferentes tratamentos.

Tolerância relativa

A figura 1 apresenta a massa de material vegetal seco relativo das cinco espécies de leguminosas. A massa de material vegetal seca aumentou com adição de corretivos, tanto no ácido sulfúrico como no gesso. Dentre das leguminosas estudadas o feijão de porco e a cunhã foram as espécies que apresentaram as maiores produções de biomassa, mas mesmo essas não se desenvolveram bem no solo salinizado sem corretivos.

Outras pesquisas corroboram os presentes resultados, quando se constatou que o feijão de porco cultivado em solo salino-sódico apresentou uma severa redução na produção de biomassa, mas foi superior à do lab-lab (SANTOS, 2010).

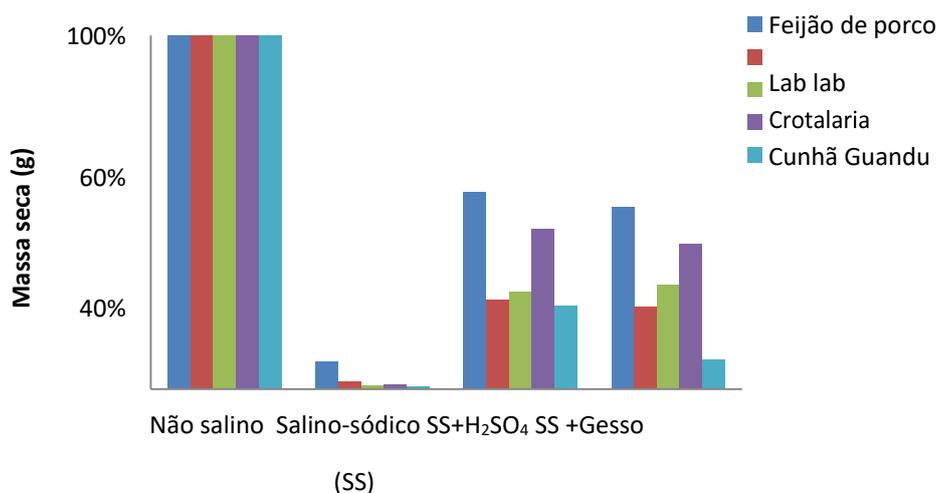


Figura 1 - Produção relativa de massa vegetal seca das leguminosas nos diferentes substratos.

4-CONCLUSÕES

As leguminosas sofreram severa redução no crescimento quando cultivadas em solo salino-sódico, ocorrendo aumento em suas produções de massa fresca e seca quando se adicionou os corretivos.

Recomenda-se o cultivo do feijão-de-porco e a cunhã como as mais indicadas na adubação verde em áreas degradadas quimicamente por sais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Obras Contra as Secas e ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural/Campus de Patos-PB pelo apoio à realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, R. V.; HERNANDEZ, F. F. F.; GHEYI, H. R. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal. 2010. p. 425-448.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

SANTOS, R. V; CAVALCANTE, L. F; VITAL, A. de F. M. Interações salinidade-fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal. 2010. p. 221-252.

ABSTRACT: Chemical and physical degradation in the soil of irrigated areas in Brazilian semiarid region is a frequent event characterised by soluble salts and exchangeable sodium's accumulation. It increases the electrical conductivity, loams dispersion and soil density. There is also anions and high alkalinity excess in some sodic soils. Green fertilization and correctives applications are alternatives for its correction. Thus one of this study's objectives was to evaluate the contribution of gypsum and sulfuric acid in legume biomass production. This research was developed in a saline-sodic soil of the irrigated perimeter in the city of São Gonçalo, Sousa-PB. Treatments were: Correctives omission, Gypsum's presence and Application of H₂SO₄. Leguminous plants were: feijão-de-porco, lab-lab, crotalária, guandu e cunhã. In addition to cultivation in salinized soil, there was an additional treatment in non-saline soil. Soil was kept moist for 15 days at 70% of the field's capacity (CC) and followed by washing the soil with a volume of water equivalent to 150% CC. 40 days after germinating the fresh and dry biomass was quantified and the relative production was determined. Variation's analysis and the Tukey test were applied at 5%. A relative production was determined according to the maximum production of the non-saline soil. Leguminous plants suffered a severe reduction in growth while growing in saline-sodic soil, having their fresh and dry mass production increased after having correctives applied. Feijão-de-porco and cunhã cultivations are the most indicated as green manure in areas degraded by salt.

KEY WORDS: salinization, organic matter, green manuring.

CAPÍTULO XIII

BIOPOLÍMEROS SINTETIZADOS POR DUAS ESTIRPES DE *Rhizobium tropici* SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

**Alexandra de Andrade Santos
Maria Vanilda dos Santos Santana
Josemir Ferreira da Silva Junior
Adália Cavalcanti do Espírito Santo Mergulhão
José de Paula Oliveira
Márcia do Vale Barreto Figueiredo**

BIOPOLÍMEROS SINTETIZADOS POR DUAS ESTIRPES DE *Rhizobium tropici* SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

Alexandra de Andrade Santos

Doutora em Ciências do Solo; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife, Pernambuco;

Maria Vanilda dos Santos Santana

Assistente de pesquisa; Bolsista; Instituto Agronômico de Pernambuco; Recife, Pernambuco;

Josemir Ferreira da Silva Junior

Assistente de pesquisa; Bolsista; Instituto Agronômico de Pernambuco; Recife, Pernambuco;

Adália Cavalcanti do Espírito Santo Mergulhão

Pesquisador (a) do Instituto Agronômico de Pernambuco; Recife, Pernambuco;

José de Paula Oliveira

Pesquisador (a) do Instituto Agronômico de Pernambuco; Recife, Pernambuco;

Márcia do Vale Barreto Figueiredo

Pesquisador (a) do Instituto Agronômico de Pernambuco; Recife, Pernambuco;

RESUMO: Os biopolímeros são polissacarídeos, também conhecidos como gomas ou exopolissacarídeos (EPS), sua síntese pelos micro-organismos é influenciada pelas condições ambientais, porém estas influências ainda não estão bem elucidadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento reológico, a produção e produtividade de EPS sintetizados por duas estirpes de rizóbios em diferentes temperaturas. As estirpes de *Rhizobium tropici*, IPA 403 e IPA 49 foram cultivadas em meio YEM a pH 7,0, em agitador rotatório por 48 horas nas temperaturas de 28, 33 e 38° C. Realizou-se a medição da viscosidade aparente do caldo bacteriano e a determinação da produção e produtividade de biopolímeros das duas estirpes. Foi observada a maior viscosidade aparente do caldo bacteriano pela estirpe IPA 403 quando cultivada a 33° C, sendo esta estirpe a que mais produziu EPS. Maior produção e produtividade também foram encontradas nesta temperatura pelas duas estirpes estudadas. Sendo indicado o cultivo da IPA 403 na temperatura de 33° C para obtenção de maior produção e produtividade do biopolímero, bem como para uma maior viscosidade aparente do caldo bacteriano.

PALAVRAS CHAVE: exopolissacarídeos, rizóbio, reologia.

1-INTRODUÇÃO

Os biopolímeros são polissacarídeos que podem ser sintetizados por microrganismos (Pereira e Ferraz, 2016). São biodegradáveis, dentre esses estão

os exopolissacarídeos (EPS), que atuam no processo de FBN simbiótica e na adaptação de rizóbios a estresses ambientais, (Bashan et al., 2016), ainda podem apresentar importantes aplicações na indústria química, farmacêutica, alimentícia e na agricultura, devido às suas características físico-químicas (Brito et al., 2011; Oliveira et al., 2014).

A biossíntese de EPS pelos *Rhizobium* é influenciada pelas condições ambientais e sofre uma regulação muito complexa (Castellane et al., 2014). Os estudos sobre a comercialização e produção de goma de rizóbios são escassos, sendo uma fonte inexplorada de polissacarídeos microbianos, altamente promissores para aplicações industriais e agrícolas (Öner, 2013; Moretto, 2014; Bashan et al., 2016; Arora et al., 2017). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento reológico, a produção e produtividade de EPS sintetizados por duas estirpes de rizóbios em diferentes temperaturas.

2-MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas duas estirpes de *Rhizobium tropici* IPA 403 e IPA 49 (Oliveira, 2012), cultivadas em meio YEM - manitol extrato de levedura (Vincent, 1970 (modificado)) a pH 7,0, a partir da produção de pré-inóculo (incubado em meio YEM sob agitação a 28° C, até atingir uma $DO_{560nm} = 0,7$ e inóculo (obtido pela transferência de 1mL do pré-inóculo, incubado em agitador rotatório a 200 rpm por 48 horas (10^9 UFC mL⁻¹).

Para as avaliações as estirpes (IPA 403 e IPA 49) foram incubadas por 48 horas a 28, 33 e 38° C, mantidos sob agitação rotatória (200rpm), sendo para isto transferido 2,5 mL do inóculo para 100 mL de meio YEM em Erlenmeyers de 500 mL (Xavier, 2009; Barreto, 2008). O experimento foi realizado com o delineamento experimental em blocos casualizados com arranjo fatorial 2 x 3 com três repetições, foi avaliado o comportamento reológico do caldo bacteriano através da leitura da viscosidade aparente e a produção e produtividade de exopolissacarídeos (EPS).

Foram utilizados dois spindles o SC4-18 (viscosidade de 1,5 a 30 mPa.s) e o SC4-31 (viscosidades 15 a 300 mPa.s) dependendo da viscosidade apresentada pelo caldo bacteriano, e as leituras foram realizadas com viscosímetro rotacional Brookfield, modelo LVDV II+P e banho termostático modelo TC 502, na temperatura de 25° C que foi controlada através de banho termostático acoplado ao equipamento.

Após avaliação da viscosidade do caldo bacteriano o EPS foi recuperado, adicionado álcool etílico absoluto na proporção 3:1, e colocado para secar em estufa a 30° ± 1° C até atingir peso constante e a massa seca foi determinada em balança de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o Guided Data Analysis Procedure do SAS (SAS Institute, 2004), com nível de significância de 5% pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 podemos observar que as estirpes de *Rhizobium tropici* IPA 403 e IPA 49 (Oliveira et al., 2012), apresentaram um comportamento pseudoplástico, no mosto fermentado, ou seja, a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de cisalhamento. Os resultados corroboram com os encontrados por Fernandes Junior, 2010; Barreto et al., 2011 e Oliveira et al., 2012. O comportamento pseudoplástico é encontrado em soluções poliméricas de polissacarídeos microbianos (Aranda-Selverio et al., 2010; Barreto, 2011; Melo et al., 2013).

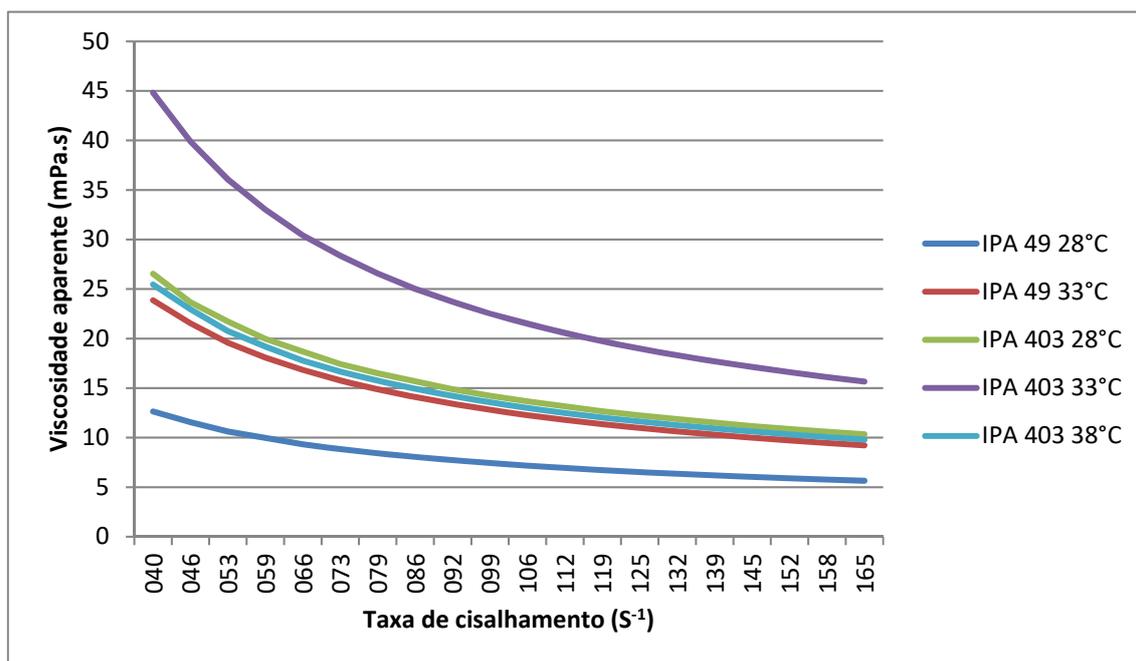


Figura 1 - Viscosidade aparente das estirpes de rizóbio IPA 403 e IPA 49 cultivadas por 48 horas nas temperaturas de 28, 33 e 38° C.

As menores viscosidades foram apresentadas pela estirpe IPA 49 quando comparada com a IPA 403, indicando que a estirpe IPA 403 apresenta maior produção de EPS.

A viscosidade aparente aumentou na temperatura de 33° C em relação à temperatura de 28° C, já quando as estirpes foram mantidas a temperatura de 38° C houve diminuição da viscosidade, sendo a estirpe IPA 49 a que diminuiu mais, não sendo possível ler sua viscosidade com as hastes utilizadas. Para a estirpe IPA 403 a viscosidade diminuiu 56,82 % em relação à IPA 403 a 33° C, a qual foi a maior viscosidade aparente apresentada (44,81 mPa.s).

A estirpe IPA 403 apresentou maior produção (50 %) e produtividade (51 %) de EPS em relação a IPA 49 (Tabela 1). Bactérias do mesmo gênero cultivadas sob as mesmas condições, podem apresentar produção variável de EPS (Fernandes Junior, 2010).

A produção de EPS pode ocorrer em qualquer fase do crescimento microbiano, porém geralmente ocorre maior produção de EPS nas fases de

crescimento inicial e exponencial, essa produção é induzida pela limitação de um nutriente essencial, exceto o carbono ou outra fonte de energia (Gomes et al., 2016).

Estirpe	Produção (g.L ⁻¹)	Produtividade (g.L ⁻¹ .h ⁻¹)
IPA 403	1,279 a	0,027 a
IPA 49	0,637 b	0,013 b
CV (%)	32,73	32,73

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1 – Produção e produtividade de biopolímeros sintetizados por duas estirpes de *Rhizobium tropici* após 48 horas de cultivo.

A maior produção e produtividade de EPS foi observada quando as duas estirpes foram mantidas nas temperaturas de 28 e 33° C, sendo mais indicado o cultivo de *Rhizobium tropici* para produção de EPS nesta faixa de temperatura, já quando estas estirpes foram cultivadas a 38° C, houve diminuição na produção e produtividade de EPS, indicando a sensibilidade da bactéria nesta temperatura para a produção de EPS (Tabela 2).

A temperatura é importante na síntese de polissacarídeos, sendo na faixa de 25 a 35° C, encontrado o maior crescimento e a maior produção de EPS, onde cada espécie bacteriana apresenta a sua temperatura ótima (Schmidell, 2001; Souza e Garcia-Cruz, 2004; Figueiredo et al., 2014).

Temperatura	Produção (g.L ⁻¹)	Produtividade (g.L ⁻¹ .h ⁻¹)
28° C	1,236 a	0,0257 a
33° C	1,431 a	0,0298 a
38° C	0,207 b	0,0043 b

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Produção e produtividade de biopolímeros sintetizados por duas estirpes de *Rhizobium tropici* cultivadas a 28, 33 ou 38° C por 48 horas.

4-CONCLUSÕES

A estirpe de *Rhizobium tropici* IPA 403 sintetiza mais biopolímero do que a IPA 49, produzindo caldo bacteriano mais viscoso na temperatura de 33° C. Pode-se sugerir que o cultivo da estirpe IPA 403 no período de 48 horas na temperatura de 33° C, permite uma maior produção e produtividade de biopolímero.

REFERÊNCIAS

ARORA N. K., VERMA M., MISHRA J. Rhizobial Bioformulations: Past, Present and Future. In: Mehnaz S. (eds) **Rhizotrophs: Plant Growth Promotion to Bioremediation**. Microorganisms for Sustainability, v. 2, p. 69-99, 2017.

BARRETO, M. C. S. **Inovações tecnológicas baseadas na produção de biopolímero com viabilidade para inoculantes rizobianos**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2008. (Dissertação de Mestrado).

BARRETO, M.C.S.; FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H.A.; SILVA, M.L.R.B.; LIMA-FILHO, J.L. **Produção e comportamento reológico de biopolímeros produzidos por rizóbios e caracterização genética**. Revista Brasileira de Agrociência, v. 2, n. 4, p. 221-227, 2011.

BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E.; PRABHU, S. R. Superior polymeric formulations and emerging innovative products of bacterial inoculants for sustainable agriculture and the environment. In: **Agriculturally Important Microorganisms**. Springer Singapore, 2016. p. 15-46.

BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. **Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.

CASTELLANE, T. C. L.; LEMOS, M. V. F.; Macedo Lemos, E. G. (2014). **Evaluation of the biotechnological potential of Rhizobium tropici strains for exopolysaccharide production**. Carbohydrate polymers, v. 111, p. 191-197, 2014.

FERNANDES JÚNIOR, P. I.; ALMEIDA, J. P. S.; PASSOS, S. R.; OLIVEIRA, P. J.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. **Produção e comportamento reológico de exopolissacarídeos sintetizados por rizóbios isolados de guandu**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 45, n. 12, p.1465-1471, 2010.

FIGUEIREDO, T. V.; CAMPOS, M. I.; SOUSA, L. S.; SILVA, J. R.; DRUZIAN, J. I. **Produção e caracterização de polihidroxialcanoatos obtidos por fermentação da glicerina bruta residual do biodiesel**. Química Nova, v. 37, p. 1111-1117, 2014.

GOMES, R. P.; SOARES, R. S.; OLIVEIRA, B. F. R.; VIEIRA, T. M.; VIEIRA, J. D. G. **Produção de exopolissacarídeos a partir de bastonetes grampositivos isolados de contaminantes de cultura de tecido vegetal**. Enciclopédia Biosfera, v. 13, n. 24, p. 1316-1328, 2016.

MORETTO, C. **Potencial biotecnológico de rizóbios como bioemulsificante e biossorvente de cobre e cromo.** Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2014. (Tese de Doutorado).

MELO, K. C.; DANTAS, T. N. C.; BARROS NETO, E. L. **Influência da temperatura na reologia de fluidos de perfuração preparados com carboximetilcelulose, goma xantana e bentonita.** *Holos*, v. 5, 2013.

OLIVEIRA, C. S.; JUNIOR, M. A. L.; STAMFORD, N. P.; KUKLINSKY-SOBRAL; J.; MOREIRA, F. M. S. **Exopolysaccharides and abiotic stress tolerance in bacterial isolates from “sabiá” nodules.** *Revista Caatinga*, v. 27, n. 4, p. 240-245, 2014.

OLIVEIRA, J.P.; FIGUEIREDO, M.; SILVA, M.; MALTA, M.; VENDRUSCOLO, C.; ALMEIDA, H. **Production of Extracellular Biopolymers and Identification of Intracellular Proteins and *Rhizobium tropici*.** *Current Microbiology*, 65:686–691, 2012.

ÖNER, E. T. **Microbial Production of Extracellular Polysaccharides from Biomass.** In: FANGG, Z. ed. **Pretreatment Techniques for Biofuels and Biorefineries** New York: Reinhold, 2013. p. 35 – 56.

PEREIRA, E. L.; FERRAZ, A. T. **Bioprocessos para a produção de goma xantana utilizando resíduos agroindustriais como matérias-primas** DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v14i2.3167>. *Revista da universidade vale do rio verde*, v. 14, n. 2, p. 756-776, 2016.

SAS INSTITUTE INC. **SAS Learning Edition 2.0 for Windows.** CD-ROM for Windows 32 bits – 2004.

SOUZA, D. M.; GARCIA-CRUZ, C. H. **Produção fermentativa de polissacarídeos extracelulares por bactérias.** *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 25, n. 4, p. 331-340, out./dez. 2004.

VINCENT, J. M. **A manual for the practical study of *Rhizobium* of root bacteria.** Oxford; Blackwells Scientific Publication, 1970. 164p.

Xavier, T. F.; **Produção e caracterização de exopolissacarídeos (EPS) sintetizados por microorganismos diazotróficos.** Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009. (Dissertação de Mestrado)

ABSTRACT: Biopolymers are polysaccharides, also known as gums or exopolysaccharides (EPS), their synthesis by microorganisms is influenced by environmental conditions, but these influences are not yet well elucidated. Thus, the present research aimed to evaluate the rheological behavior, production and productivity of EPS synthesized by two strains of rhizobia at different temperatures.

The strains of *Rhizobium tropici*, IPA 403 and IPA 49 were multiplied in YEM culture medium (pH 7.0) in rotary shaker for 48 hours at temperatures of 28, 33 and 38°C. The apparent viscosity of the bacterial broth and the determination of the production and productivity of the biopolymers. The highest apparent viscosity of the bacterial broth was observed by strain IPA 403 when grown at 33°C, this strain being the one that most produced EPS. Higher production and productivity were also found at this temperature by the two strains studied. Overall the cultivation of the strain IPA 403 at 33 ° C was indicated to obtain a higher production and productivity of the biopolymer, as well as for a higher apparent viscosity of the bacterial broth.

KEY WORDS: Exopolysaccharides, *rhizobia*, rheology.

CAPÍTULO XIV

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E RESISTÊNCIA À METAIS PESADOS DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS ISOLADAS DE PLANTAS DE BRACHIARIA DECUMBENS CRESCIDAS EM SOLO CONTAMINADO

**Camila Feder do Valle
Sael Sánchez Elias
Vera Lúcia Divan Baldani
Ricardo Luiz Louro Berbara**

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E RESISTÊNCIA À METAIS PESADOS DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS ISOLADAS DE PLANTAS DE *BRACHIARIA DECUMBENS* CRESCIDAS EM SOLO CONTAMINADO.

Camila Feder do Valle

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Faculdade de Agronomia
Seropédica – RJ

Sael Sánchez Elias

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos Seropédica – RJ

Vera Lúcia Divan Baldani

EMBRAPA Agrobiologia, Laboratório de Gramíneas
Seropédica – RJ

Ricardo Luiz Louro Berbara

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos
Seropédica – RJ

RESUMO: Bactérias Diazotróficas promovem o crescimento vegetal das plantas e podem auxiliar na fitorremediação de solos contaminados. Essas bactérias se associam preferencialmente com as poaceas, que a exemplo da *Brachiaria decumbens* podem ser utilizadas na recuperação de áreas contaminadas por metais pesados. Este trabalho teve como objetivo avaliar “in vitro” a capacidade de fixar nitrogênio em diferentes concentrações dos metais chumbo, cobalto e zinco de bactérias isoladas de solo contaminado por indústria e a resistência intrínseca dos isolados bacterianos à presença de altas concentrações de metais pesados. Foram utilizados 8 isolados mais promissores dos 45 testados para FBN inoculados em meio líquido JNFb puro e nas concentrações 100, 200 e 300 ppm dos metais chumbo, cobalto e zinco. Em chumbo houve formação de precipitado que desqualifica a metodologia para esta análise. As bactérias demonstraram resistência a alta concentração de zinco, com exceção do isolado 17. Os isolados 14, 15, e 19 demonstraram não resistir a concentração utilizada de cobalto, os isolados restantes foram bem-sucedidos.

PALAVRAS-CHAVE: Fitorremediação, Elementos-Traço, Fixação Biológica de Nitrogênio.

1-INTRODUÇÃO

Na atualidade, a crescente e devastadora degradação do meio ambiente tem como base o uso intenso e inadequado de fertilizantes e pesticidas nos solos que aliado ao aumento das atividades industriais e de mineração, têm sido apontados como os principais responsáveis pela contaminação destes, ainda dos cursos de água e lençóis freáticos por metais pesados (MALAVOLTA, 1994). A incorporação e a mobilização de diversos metais, tais como: Cadmio, Cd, Cr, Cu, Hg,

Pb e Zn no solo pelas diferentes atividades antrópicas excedem, em mais de 10 vezes aos processos naturais (Singh & Steinnes, 1994), exercendo efeitos deletérios em diversas formas de vida, causando frequentemente, de modo irreversível, poluição e contaminação dos ecossistemas (Ansorena et al., 1995; Leyval et al., 1997). Desta forma também é gerada a contaminação da cadeia trófica quando íons se tornam disponíveis às plantas (MENDES et al., 2010). O chumbo, por exemplo, é um metal que possui baixo ponto de fusão, alta resistência à corrosão e alta densidade. É ingrediente de soldas, de tintas, vernizes, vitrificados, esmaltes e vidros, está presente na manufatura de borrachas, baterias, revestimento da indústria automotiva e também é utilizado como antidetonante na gasolina entre outros. A toxidez por chumbo nos seres humanos é denominada Saturnismo, que é uma doença ocupacional e de maior risco de vida em crianças e de grande prejuízo em adultos. A intoxicação por chumbo pode ocorrer por vias aéreas, alimentares ou cutâneas, sendo mais comum pelas duas primeiras, principalmente por trabalhadores de indústria que utilizam o metal ou por alimentos e água de regiões onde estas indústrias estão instaladas. É um metal presente na crosta em baixas quantidades e que demonstra a necessidade de reciclagem e de busca de substitutos. (ARAUJO et al, 1999 e ABREU et al, 1998).

O zinco, não é considerado um metal tóxico, pois atua como fator catalítico, co-catalítico e estrutural, de modo geral a deficiência de zinco preocupa mais do que o excesso. Porém em áreas industriais é encontrado em quantidades acima do devido, e pode vir a ser inalado ou ingerido trazendo prejuízos à saúde humana e animal causando desde náuseas e diarreia até letargia. É utilizado na indústria como aditivo para borrachas e tintas, está presente na indústria têxtil e de cerâmica, na galvanização de estruturas de aço e na produção de ligas como o bronze. (SANTOS e FONSECA, 2012).

O cobalto ainda não é considerado um metal tóxico no Brasil, mas nos Estados Unidos já foi incluído em programas com indicadores biológicos no intuito de informar a população de que o cobalto causa toxidez ocupacional. Pesquisas comprovam que a exposição a concentrações elevadas o cobalto pode levar a asma, fibrose e bronquite. É um elemento essencial presente na vitamina B12. Utilizado na indústria metalúrgica, química e de óleos e na cerâmica, como pigmentos (ALVES e ROSA, 2003).

A ampla utilização destes metais gera poluição do solo, de canais de passagem de água e em alguns casos do lençol freático, as formas tradicionais de remoção destes compostos são por meio de estações de tratamento de água e de remoção mecânica de camadas do solo. A Biorremediação e a Fitorremediação são alternativas viáveis em que plantas e microrganismos atuam como descontaminantes, incorporando esses compostos em sua estrutura, apresentando algumas vantagens em relação a outras opções, tais como a incorporação de forma que o composto não seja mais nocivo à saúde humana e animal ou podendo armazená-lo para receber posterior tratamento. De qualquer forma é economicamente viável e não acarreta novos danos ao meio ambiente tratado, tornando o solo agricultável (PIRES, 2003).

No mundo, os solos contaminados por metais pesados precisam ser remediados existindo diversas estratégias e programas que perseguem essa finalidade Segundo Ribeiro Filho et al.2001 os programas de recuperação de solos incluem estratégias de mitigação da fitotoxicidade e a seleção de plantas ou de microrganismos tolerantes ao excesso de metais como opções para promover a destoxificação ou a remoção dos elementos contaminados (ACCIOLY e SIQUEIRA, 2000). Nessa seleção de plantas o potencial de absorção é o principal fator específico e geneticamente fixado para os diferentes nutrientes e diferentes espécies vegetais (MENGEL & KIRKBY, 1987).

A falta de gestão dos dejetos residuais desde a revolução industrial tem-se convertido num problema de contaminação dos solos e águas. O acréscimo de considerável volume de rejeitos tem elevado os níveis de metais pesados no solo, em suas formas disponíveis e totais, contribuindo para o distúrbio do local, o que causa grandes impactos sobre os microrganismos, a vegetação e os processos funcionais do ecossistema (Sisti, 2002). Vários estudos têm concluído que os metais influenciam os microrganismos por afetarem seu crescimento, morfologia e atividades bioquímicas. Apesar desses efeitos tóxicos, os microrganismos que habitam em ambientes contaminados, têm desenvolvido mecanismos de resistência para conviver com a toxicidade desses metais (Gadd 2000). Bactérias diazotróficas isoladas destes ambientes podem auxiliar na fitorremediação de solos contaminados através de diferentes mecanismos. A fitorremediação mediada pelo uso de microrganismos para estimular o crescimento vegetativo da planta com capacidade para acumular em seus tecidos os metais é um dos processos mais utilizados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de isolados bacterianos de *Brachiaria decumbens* crescidas em solo com altas concentrações de metais pesados para sobreviver e fixar nitrogênio em diferentes concentrações de elementos-traço, assim como a resistência de bactérias diazotróficas à altas concentrações de Pb, Co e Zn para seu posterior uso na fitorremediação de áreas contaminadas.

2-MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram desenvolvidos no laboratório de gramíneas da Embrapa Agrobiologia situada no Município de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro. As bactérias foram isoladas de raízes e parte aérea de plantas de *Brachiaria decumbens* crescidas em solo com altas concentrações de Chumbo, Cobalto e Zinco. O procedimento para o isolamento das bactérias foi o seguinte: Em vasos com 30 mL de solo, amostrados do ecossistema contaminado, foram cultivadas mudas de *Brachiaria decumbens* como isca. Após 30 dias, foram selecionados ao acaso 3 amostras com as suas repetições que tivessem diferenças nos teores de Pb, Zn e Co, para proceder ao isolamento das bactérias a partir de tecidos vegetais (raízes e folhas). Foram trituradas amostras de 10 g de tecido vegetal (raízes e folhas) em solução de sacarose a 5%, e maceradas, e submetidas a diluições

sucessivas em solução de sacarose a 5% nas concentrações de 10^{-2} a 10^{-6} e calculado o NMP mediante consulta da tabela de McCrady (Döbereiner et al., 1995). Destas diluições, alíquotas de 0,1 mL foram transferidas para frascos de 10 mL com 5 mL dos seguintes meios semi-sólidos e isentos de nitrogênio: NFb-malato (Döbereiner, 1980) e os sais do NFb, tendo glicose, amido ou a mistura 3 g de glicose + 1 g de oxalato + 1 g de citrato por litro (JNFb) como fonte de carbono, em três repetições.

Nessas condições foram obtidos 66 isolados que foram reativados em meio Dyg's líquido. Após o crescimento, uma alíquota de 20µL foi inoculada em meio semissólido semi-seletivo NFb e JNFb para observação da película característica de bactérias fixadores de N e pureza de acordo com Döbereiner et al., (1995) e Baldani et al., (2014). Os testes de resistência aos metais pesados foram realizados tanto em meio NFb quanto no JNFb, acrescidos com concentrações de 0, 10, 25 e 50 ppm de cada um dos metais. O teste de fixação de N foi feito pela atividade da enzima nitrogenase medido através da atividade de redução de acetileno (ARA), realizado em cromatógrafo de gás com ionização de chama, Perkin Elmer, modelo F11. Foram inoculados 50 µl de cultura (com densidade ótica ajustada para 0,5) em frascos com volume de 10 mL contendo 5 mL dos meios de cultivo (JNFb para *Herbaspirillum*; NFb para *Azospirillum*) incubados a 30°C. As análises foram realizadas 48hrs 72h após a inoculação seguindo os seguintes passos. Os frascos foram vedados com uma rolha de borracha perfurável e 1mL de acetileno foi introduzido com o auxílio de uma seringa e incubados por 1h a 30°C. Posteriormente, 0,5 mL da atmosfera foram retirados e injetados no cromatógrafo de gás para determinar a concentração de etileno na amostra. Foram utilizadas três repetições de cada estirpe, além de meio de cultura estéril como controle de acordo com a metodologia de Videira, 2008.

Dos 66 isolados, 45 formaram película e foram escolhidos oito isolados (10, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19), que tinham a mesma velocidade de crescimento, características morfológicas semelhantes e resistência a maiores concentrações dos metais. Esses isolados foram crescidos em meio Dyg's líquido por 96 hrs a 30°C sob agitação de 150 rpm, após crescimento, 20µL de cada isolado foram transferidos para o meio de cultura semi-sólido JNFb e posteriormente incubados a 30°C até formação da película característica. Após confirmação de formação de película característica de bactérias diazotróficas em meio semissólido uma alíquota de 26,66µL foi inoculada em 8mL de meio líquido JNFb com os tratamentos de 100, 200 e 300ppm de chumbo, zinco e cobalto, como controle foi utilizado o meio livre de metal. Os tubos foram agitados a 150 rpm por 4 dias à 30°C no intuito de manter o inoculado em contato com o contaminante. Após 4 dias amostras dos tubos foram riscadas em placas de petri do mesmo meio de cultura contendo os metais chumbo, cobalto e zinco à 20 ppm e livre de metal. O crescimento bacteriano foi comparado com a origem de cada tudo após 4 dias de incubação em estufa à 30°C. Características morfológicas foram descritas para separar os diferentes isolados e posteriormente agrupados por similaridade utilizando o

programa PAST.exe ver. 2.17c. A similaridade foi calculada pela equação de Jaccard em gráfico gerado através do pareamento de grupos.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 66 isolados testados, 25 foram capazes de fixar nitrogênio comprovado pelo teste de ARA, como se mostra na tabela 1, e apresentaram tolerância a todos os metais testados, com exceção do Cobalto na concentração de 50 ppm, em que apenas 5 isolados foram resistentes (Tabela 2). Sugere-se que esses isolados são promissores para a utilização em fitoremediação com gramíneas acumuladoras de metais pesados em processos de despoluição de solos contaminados com Pb, Co e Zn.

Na presença de zinco apenas o isolado 17 não cresceu, determinando desta forma a capacidade de crescimento dos outros isolados nas concentrações observadas. O aumento da concentração do metal torna o crescimento bacteriano mais lento, através da comparação dos tubos de ensaio com mesmo tempo de crescimento, que apresentaram maior alteração do pH quanto menor era a concentração do metal. Na presença do cobalto não houve crescimento dos isolados 14, 15 e 19. Os isolados restantes tiveram seu crescimento comprovado em placa, uma vez que no tubo de ensaio não houve alteração do pH. Nas placas foi possível observar o mesmo evento que ocorreu na presença do zinco, uma redução do número de células viáveis à medida que a concentração do metal aumenta.

A caracterização morfológica separou os isolados em dois grupos principais pela característica de resistência ao metal cobalto (Figura 1) onde é possível ver que o grupo dos isolados não resistentes ao cobalto são separados entre si pela cor, uma vez que o isolado 19 apresentou cor creme/amarelo e os isolados 14 e 15 colônias de borda branca com centro azul/verde. O segundo grupo foi dividido em dois, onde o isolado 16 se destacou dos restantes pelo elevado número de colônias formadas em placa, 70. O isolado 17 se difere por não crescer em meio contaminado por zinco. O isolado 18 se diferencia dos isolados 10 e 13 pelo número de colônias crescidas em placa, sendo 30 para o isolado 18, 54 para o isolado 10 e 50 para o isolado 13.

Não foi possível avaliar a capacidade de crescimento e resistência ao aumento da concentração para o caso do chumbo porque houve precipitação do metal no tubo de ensaio nas três concentrações testadas: 100, 200 e 300 ppm (Tabela 3). Na concentração de 50 ppm (Tabela 2), nos primeiros testes realizados, não ocorreu precipitação do metal no meio, ficando determinado que a mesma acontece em valores por cima dos 50 ppm neste meio, líquido ou semi-sólido. BOSSO et al, (2008) descreve diversos ensaios para a determinação da biodisponibilidade do Pb, e demonstra a dificuldade de realizar análises eficientes e diretas uma vez que este metal pode formar diversos compostos menos solúveis já que possui afinidade química com diversos átomos abundantes tanto na natureza

quanto nos meios utilizados para o crescimento microbiano “in vitro”. Ficando aqui a necessidade de aprofundar o estudo sobre as possíveis interações do Pb com o meio utilizado.

Dado de extrema importância considerando que em trabalhos como o de DIASJÚNIOR et al., (1998) não foi verificada a presença de bactérias diazotróficas em solos contaminados pela mineração de zinco, mas a presença dessas bactérias foi confirmada pelo autor em áreas próximas à região degradada. O isolamento de bactérias diazotróficas a partir de solos contaminados tem sido descritos também por Moreira et al., (2008).

Em solos tratados com resíduos siderúrgicos e biossólido industrial (Melloni et al., 2000) e em áreas sob reabilitação de bauxita (Melloni et al., 2004; Nóbrega et al. 2004) Segundo Baldani e Baladani (2005) nos meios seletivos para diazotróficos, não só crescem as bactérias para os quais foi desenvolvido, outras bactérias podem crescer também. Por tal motivo são necessários outros testes até a seleção final de cada estirpe fixadora.

Os microorganismos isolados de um ambiente poluído com metais pesados podem ser caracterizados como tolerantes aos níveis de contaminação perto deles, bem como as plantas, o fato de estar nesses solos onde até agora altos níveis de contaminação por Pb, Zn e Co foram determinados poderia significar que eles possuem mecanismos adaptativos que lhes permitem sobreviver nessas condições de estresse. Segundo Atlas e Bartha (2002) dentro da complexidade dos ecossistemas e suas respostas aos poluentes, as comunidades microbianas pelo seu metabolismo diverso são capazes de usar esses compostos como fontes de energia. Outros tipos de análises são necessários para comprovar ou entender tais mecanismos adaptativos envolvidos.

	Isolados	NMP n° de cel/mg de peso fresco	ARA nmol/mL/h
1	3	4,65	4,01
2	6	4,3	2,03
3	13	4,65	5,28
4	14	4,97	3,9
5	15	4,97	3,9
6	19	4,97	3,9
7	20	4,97	3,51
8	28	4,97	3,9
9	29	4,97	3,9
10	30	4,97	3,9
11	31	4,65	5,28
12	32	3,39	4,88
13	33	4,65	4,01
14	37	4,65	5,28
15	39	4,97	3,51
16	40	4,97	3,9

'7	41	4,97	3,9
18	44	4,65	5,28
19	45	4,97	3,51
20	46	4,65	5,28
21	47	3,97	4,94
22	48	4,97	3,51
23	49	4,65	5,28
24	50	4,65	5,28
25	51	4,65	5,28

Tabela 1: Resultado de teste de atividade de redução de acetileno e número mais provável.

Isolados	Capacidade de resistência em meio contendo metais pesados								
	10ppm Pb	25ppm Pb	50ppm Pb	10ppm Co	25ppm Co	50ppm Co	10ppm Zn	25ppm Zn	50ppm Zn
31	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44	+	+	+	+	+	+	+	+	+
49	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50	+	+	+	+	+	+	+	+	+
51	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabela 2: Resultado de resistência aos metais testados dos 5 isolados mais promissores.

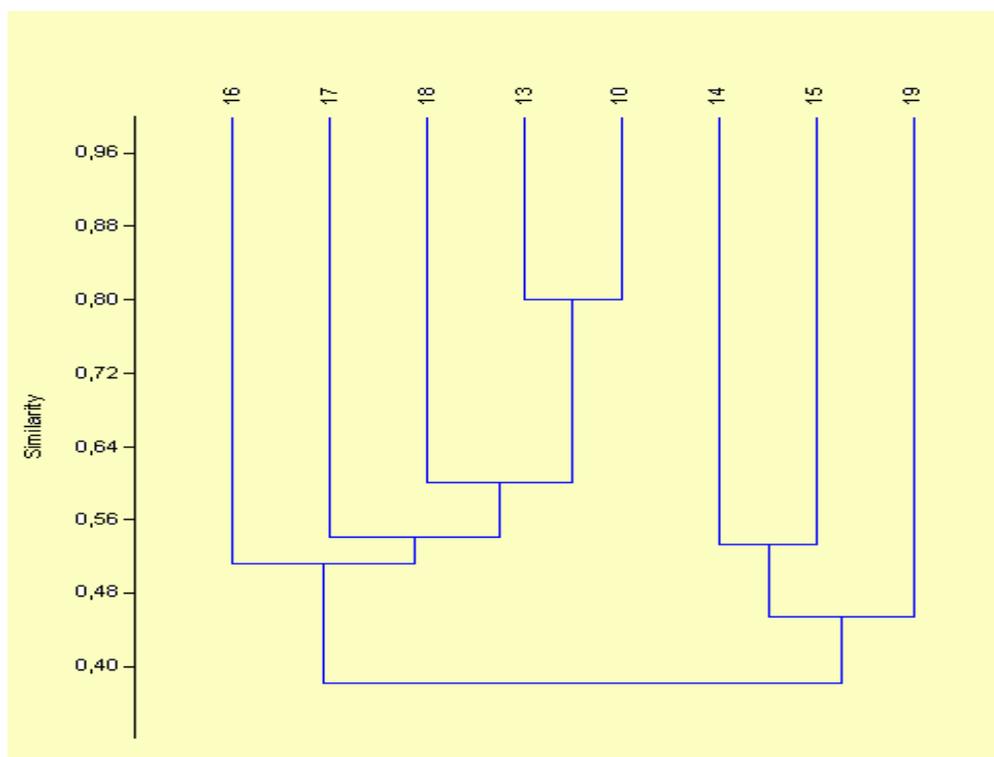


Figura 1: Árvore dos isolados agrupados por similaridade morfológica pela equação de Jaccard.

Isolado	Puro	100ppm Pb	200ppm Pb	300ppm Pb	100ppm Co	200ppm Co	300ppm Co	100ppm Zn	200ppm Zn	300ppm Zn
10	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s

13	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
14	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
15	s	s	s	s	n	n	n	s	s	s
16	s	s	s	s	n	n	n	s	s	s
17	s	s	s	s	s	s	s	n	n	n
18	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
19	s	s	s	s	n	n	n	s	s	s

Tabela 3: Crescimento microbiano em placas de petri dos oito isolados avaliados.

4. CONCLUSÕES

Os isolados 10, 13, 16 e 18 de *Braquiaria decumbens* crescida em solos contaminados com Pb, Zn e Co apresentam a maior resistência aos metais. O isolado 17 não é recomendado para ser utilizado na fitorremediação de solos contaminados por zinco. No caso dos isolados 14, 15 e 19 estes não são promissores para solos com elevadas concentrações de cobalto. A resistência e capacidade de crescimento de bactérias diazotróficas em chumbo ainda podem ser estudados com novos métodos.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; ANDRADE, J. C. **Distribuição de chumbo pelo perfil do solo avaliada pelas soluções de DTPA e mehlich-3.** Nota., Scielo, Bragantia vol. 57 n.1 Campinas 1998.

ACCIOLY, A.M.A.; SIQUEIRA, J.O. **Contaminação química e biorremediação do solo. Tópicos em Ciência do Solo,** Viçosa, v.1, p.299-351, 2000.

ALVES, A. N.L.; ROSA, H. V. D.; **Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos.** *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas.* Vol.39, n.2, abr./jun. 2003.

ALVES, A. N.L.; ROSA, H. V. D.; **Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos.** *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas.* Vol.39, n.2, abr./jun. 2003.

ANSORENA, J.; MARINO, N. & LEGORBURU, I. **Agriculture use of metal polluted soil near an old lead-zinc mine in Oiartzun (Basque Country, Spain).** *Environ. Technol.,* 16:213-222, 1995

ARAUJO, U.C.; PIVETTA, F. R.; MOREIRA, J. C. **Avaliação da exposição ocupacional ao chumbo: proposta de uma estratégia de monitoramento para a prevenção dos efeitos clínicos e subclínicos.** Caderno de Saúde Pública. Scielo vol. 15 n. 1, Rio de Janeiro. Jan/Mar. 1999.

ARAUJO, U.C.; PIVETTA, F. R.; MOREIRA, J. C. **Avaliação da exposição ocupacional ao chumbo: proposta de uma estratégia de monitoramento para a prevenção dos efeitos clínicos e subclínicos.** Caderno de Saúde Pública., Scielo vol. 15 n. 1, Rio de Janeiro. Jan/Mar. 1999.

ATLAS, R.; BARTHA, R. **Ecología microbiana y Microbiología ambiental, Capítulo 9. Los microorganismos en su habitat naturales.** Edición española, 2002, 370p.

BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I. **History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience.** Anais da Academia Brasileira de Ciência, v. 77, n.3, 2005.

BOSSO, S. T.; ENZWEILER, J. **Ensaio para Determinar a (Bio)disponibilidade de Chumbo em Solos Contaminados.** Revisão. Artigo, Química Nova, vol. 31nº2, São Paulo, 2008.

BOSSO, S. T.; ENZWEILER, J. **Ensaio para Determinar a (Bio)disponibilidade de Chumbo em Solos Contaminados: Revisão.** Artigo, Química Nova, vol. 31nº2, São Paulo, 2008.

DIAS-JÚNIOR, H. E.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; SILVA, R. **Metais Pesados, Densidade e Atividade Microbiana em Solo Contaminado por Rejeitos de Indústria de Zinco.** Tese, DCS - Universidade Federal de Lavras – UFLA, 1998.

DÖBEREINER, J. **Speciation of dissolved copper and nickel in South San Francisco Bay: a multi method approach.** Analytica Chimica Acta, v.284, p.547-571, 1980.

DÖBEREINER, J. V. L. D. BALDANI Y J. L. BALDANI. **Como isolar e identificar bacterias diazotróficas de plantas nao-leguminosas.** MAARA-EMBRAPA-CNPAB. Brasilia, Brazil.1995. 60p.

GADD, G. M. 2000. **Bioremedial potential of microbial mechanisms of metal mobilization and immobilization.** Curr. Opin. Biotechnol.11: 272-279.

LEYVAL, C.; TURNAU, K. & HASELWANDTER, K. **Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects.** Mycorrhiza., 7:139-153, 1997

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificação e fatos.** São Paulo: Petroquímica, 1994.153p.

MELLONI, R.; ABRAHÃO, R.S.; MOREIRA, F.M.S.; NETO, A.E.F. **Impacto de resíduo de siderurgia na microbiota do solo e no crescimento de eucalipto.** Revista *Árvore*, v.24, p.309-315, 2000.

MELLONI, R.; NÓBREGA, R.S.A.; MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Densidade e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas endofíticas em solos de mineração de bauxita, em reabilitação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p85-93, 2004.

MENDES, A., M. S., DUDA, G. P., NASCIMENTO, C. W. A., LIMA, J. A. G., & Medeiros, A. D. L (2010). **Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14(8), 791-796.

MENDEL, K.; KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p. Sisti, M. (2002). (En línea) 28 de Septiembre 2002. **La Industria cerámica como generadora de Contaminación.** Disponible en: <http://www.mariosisti.negociosolavarria.com.ar/notas-m.htm> (Consulta: 24 de Abril 2005).

MOREIRA, F.M.S., LANGE, A., KLAUBERG-FILHO, O., SIQUEIRA, J.O., NÓBREGA, R. S. A., LIMA, A. S. 2008. **Associative diazotrophic bacteria in grass roots and soils from heavy metal contaminated sites.** Anais da Academia Brasileira de Ciências 80: 749-781.

NÓBREGA, R.S.A., MOREIRA, F.M.S., SIQUEIRA, J.O., LIMA, A.S. 2004. **Caracterização fenotípica e diversidade de bactérias diazotróficas associativas isoladas de solos em reabilitação após mineração de Bauxita.** Revista Brasileira de Ciencia do Solo 28:269-279

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA, L.R. **Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas.** Scielo. Planta Daninha, Viçosa MG, vol.21, n.2, p.335-341, 2003.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA, L.R. **Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas.** Scielo. Planta Daninha, Viçosa MG, vol.21, n.2, p.335-341, 2003.

SANTOS, C.; FONSECA, J.; **Zinco: fisiopatologia, clínica e nutrição.** Artigo. Revista APNEP. Portugal julho 2012.

SINGH, B. R.; STEINNES, E. **Soil and water contamination by heavy metals.** In: LAI, R.; STEWART, B. A. (Ed.) *Advances in soil science: soil process and water quality.* Lewis, p. 233-237, 1994

SINGH, B. R.; STEINNES, E. **Soil and water contamination by heavy metals.** In: LAI, R.; STEWART, B. A. (Ed.) *Advances in soil science: soil process and water quality.* Lewis, p. 233-237, 1994

SILVA, M. L. S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. **Concentração de Metais Pesados em Grãos de Plantas Cultivadas em Solo com Diferentes Níveis de Contaminação.** Escola Superior Luiz de Queiroz, *Pesq. agropec. Brás.*, Brasília, vol.42, n.4, p.527-535, abr. 2007.

VIDEIRA, S.S. **Taxonomia Polifásica de Bactérias Diazotróficas do Gênero *Sphingomonas* spp. e Efeito da Inoculação em Plantas de Arroz.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, *Dissertação, Seropédica* – RJ, fev. 2008.

ABSTRACT: Diazotrophic bacteria promote the plant growth of plants and can aid in the phytoremediation of contaminated soils. These bacteria preferentially associate with poaceae, which like *Brachiaria decumbens* can be used to recover areas contaminated by heavy metals. The aim of this work was to evaluate the in vitro ability to fix nitrogen in different concentrations of lead, cobalt and zinc metals isolated from contaminated soil by industry and the intrinsic resistance of bacterial isolates to the presence of high concentrations of heavy metals. Eight more promising isolates of the 45 tested for FBN inoculated in pure JNFb liquid medium and in the 100, 200 and 300 ppm concentrations of the lead, cobalt and zinc metals were used. In lead, precipitate formed that disqualifies the methodology for this analysis. Bacteria demonstrated resistance to high zinc concentration, except for isolate 17. Isolates 14, 15, and 19 were found to not resist the concentration of cobalt used, the remaining isolates were successful.

KEY WORDS: Phytoremediation, Trace Elements, Biological Fixation of Nitrogen.

CAPÍTULO XV

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO NO MUNICÍPIO DE AREIA, PARAÍBA.

**Ian Victor de Almeida
Roseilton Fernandes dos Santos
Diego Alves Monteiro da Silva
Galileu Medeiros da Silva
Denizard Oresca**

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO NO MUNICÍPIO DE AREIA, PARAÍBA.

Ian Victor de Almeida

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Roseilton Fernandes dos Santos

Universidade Federal da Paraíba
Areia – Paraíba

Diego Alves Monteiro da Silva

Universidade Federal da Paraíba
Areia – Paraíba

Galileu Medeiros da Silva

Universidade Federal da Paraíba
Areia – Paraíba

Denizard Oresca

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – Pernambuco

RESUMO: Os aspectos físicos e morfológicos do solo são importantes em sua identificação e na escolha do manejo adequado. Nesse contexto, objetivou-se caracterizar os atributos físicos e morfológicos de um ARGISSOLO, no município de Areia-PB. O estudo foi realizado em uma área de proteção do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB). Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas do perfil em campo, e posteriormente realizou-se as análises físicas e a descrição morfológica. O solo foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, com predominância de cores bruno avermelhado escuro, e de consistência uniforme entre os horizontes. A estrutura, quanto ao tipo, apresentou-se granular no horizonte A, e blocos subangulares nos horizontes subsequentes, com exceção do Cg que, teve sua estrutura caracterizada como maciça. O perfil apresentou composição granulométrica com valores consideráveis de areia, exceto os horizontes BA e Bt₁, que apresentaram textura argilosa. A densidade do solo em todo perfil apresentou valor médio de 1,61kg dm³, considerado elevado para o solo estudado, o que pode estar relacionado à compactação do mesmo. Conclui-se que a partir do estudo das características físicas e morfológicas é possível classificar, e estabelecer medidas conservacionistas e de preservação do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Solo; gênese; atributos.

1-INTRODUÇÃO

A qualidade do solo está relacionada aos seus atributos físicos, químicos e biológicos. O estudo das propriedades do solo constitui-se num objeto de interesse

para sociedade de um modo geral, tendo em vista sua utilização em diversas atividades antrópicas (Araújo, 2008).

Os atributos físicos do solo são dinâmicos e estão sujeitos a alterações de acordo com o manejo adotado. Dentre os principais estão estrutura, densidade, textura e porosidade (Effgen, 2006)

A morfologia do solo está associada às propriedades físicas e é caracterizada por meio da descrição do perfil, constituindo a primeira informação sobre o potencial do solo de uma área e sobre o ambiente onde está inserida. Algumas características morfológicas permitem inferências importantes sobre sua utilização, como adequação as práticas agrícolas, propensão a erosão, salinização, desertificação, dentre outras (Resende et al., 2005; Santos et al., 2013).

Os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS são solos caracterizados pela presença de horizonte B textural, com cores vermelho-amarelas e textura argilosa, abaixo de um horizonte A ou E de cores mais claras e textura arenosa ou média, ocorrendo em maior destaque nos estados do Ceará, Bahia, Rio Grande do Norte e Paraíba. (Embrapa, 2013)

Este trabalho teve o objetivo de caracterizar os atributos físicos e morfológicos de um Argissolo vermelho-amarelo, no município de Areia-PB.

2-MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de proteção nas proximidades dos tanques de piscicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, com coordenadas 06°58'15" Sul e 35°43'23" Oeste (Figura 1).

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas do perfil de um Argissolo em um talude natural, que posteriormente foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Física do Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER).

Determinou-se a composição granulométrica, a argila dispersa em água, a densidade do solo (método do torrão parafinado) e de partículas e calculou-se o grau de flocculação e a porosidade total, de acordo com a metodologia descrita por Embrapa (1997).

A descrição morfológica foi realizada tomando-se como base o manual de descrição e coleta de solos no campo de Santos et al., (2013).

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

As observações realizadas no campo classificaram o solo estudado até o segundo nível categórico como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, conforme o SiBCS (Embrapa, 2013).

Utilizando como parâmetro a carta de Munsell, foram observadas nos horizontes A, AB, BA e Bt₁, a predominância de cores bruno-avermelhado escuro (5YR3/2). Os demais horizontes apresentaram coloração cinzento claro (10YR

7/1), com exceção do Cg, que apresentou coloração bruno- avermelhado (5YR 6/8) (Tabela 1).

Conforme a tabela 1, observou-se que os horizontes apresentaram características semelhantes com relação a consistência. A estrutura, quanto ao tipo, apresentou-se granular no horizonte A, e blocos subangulares nos horizontes subsequentes, com exceção do Cg que, devido à ausência de agregação de partículas, teve sua estrutura caracterizada como maciça

A composição granulométrica (Tabela 2) apresentou valores consideráveis de areia em todo perfil, com exceção dos horizontes BA e Bt1, que apresentaram acumulação de argila e foram enquadrados na classificação textural como argila, evidenciando uma propriedade característica dos Argissolos.

A densidade do solo em todo perfil apresentou valor médio de $1,61 \text{ kg dm}^{-3}$ (Tabela 3), valores acima de $1,46 \text{ kg dm}^{-3}$ encontrado por Magalhães (2001); $1,10 \text{ kg dm}^{-3}$ e $1,20 \text{ kg dm}^{-3}$ determinados por Sá et al., (2003) e Azevedo (2004), respectivamente, no mesmo solo estudado.

De acordo com Archer e Smith (1972), o limite máximo tolerado da Ds para um solo argiloso é de $1,20 \text{ kg dm}^{-3}$, à medida que, solos com Ds acima de $1,30 \text{ kg dm}^{-3}$ apresentam sérias desvantagens quanto à permeabilidade e aeração, bem como, valores muito elevados podem relacionar-se à compactação do solo, como consequência de um manejo inadequado do mesmo.

4-CONCLUSÕES

As características físicas e morfológicas, principalmente a densidade do solo, bem como a sua textura e estrutura corroboraram a importância do estudo desses atributos na classificação e determinação do manejo adequado do solo, visando sua conservação e preservação. Cabe ressaltar que este é o solo mais representativo do CCA/UFPB, e comporá a coleção do Museu de Solos, Minerais e Rochas, da UFPB, a partir do qual, foi confeccionado um macromonolito para ser utilizado como recurso didático e para fins de exposição.

REFERÊNCIAS

ARCHER, J. R.; SMITH P. D. The relation between bulk density available water capacity, and air capacity of soils. **Jornal of Soil Science**, London, v. 23, n. 4, p.475-480, 1972.

ARAÚJO, E. A. **Qualidade do solo em ecossistema da mata natural e pastagens na região leste do Acre, Amazônia ocidental**. Universidade Federal de Viçosa, 2008. 233p

AZEVEDO, E. C. **Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no**

diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso. 2004. 132f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Campinas, 2004.

EFFGEM, T. A. M. **Atributos de solo e produtividade do cafeeiro conilon submetidas a diferentes manejos na região sul do estado do Espírito Santo.** Alegre-ES. 104 f. Dissertação (mestrado) produção vegetal. CCA- UFES, Alegre-ES, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA SOLOS, 2013, 353p.: il. Color. ISBN: 978-857035-198-2.

MAGALHÃES R. T de; KLIEMANN, H. J. de; OLIVEIRA, I. P. de. **Evolução das propriedades físicas de solos submetidos ao manejo do sistema barreirão.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Brasília, v. 31, p. 7-13, 2001.

SÁ, R. C.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Características físicas e químicas de solos de tabuleiros em Sooretama (ES). **Floresta e Ambiente.** v. 10, n. 2, p. 95 - 99, ago./dez. 2003.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 6. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Ed. Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2013. 100 p.: il. Color. ISBN 978-85-86504-03-7.

ABSTRACT: The physical and morphological aspects of the soil are important in its identification and in the choice of the appropriate management. In this context, the objective was to characterize the physical and morphological attributes of an ARGISSOLO, in the city of Areia - PB. The study was carried out in a protection area of the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Paraíba (CCA / UFPB). Deformed and undisturbed samples were collected from the field profile, and the physical analyzes and morphological description were then performed. The soil was classified as RED-YELLOW ARGISSOL, with a predominance of dark reddish-bruno colors, and of uniform consistency between the horizons. The structure, as for the type, was granular in the horizon A, and subangular blocks in the subsequent horizons, except for the Cg, which had its structure characterized as massive. The profile presented granulometric composition with considerable sand values, except the BA and Bt1 horizons, which presented a clay texture. The soil density in all profiles had an average value of 1.61kg dm³, considered high for the studied soil, which may be related to soil compaction. It is concluded that from the study of physical and morphological characteristics it is possible to classify, and establish

B _{cg}	140-195	508	281	211	0	100,0	1,33
C _g	195- 210+	559	262	179	0	100,0	1,46

Tabela 2. Caracterização física de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, Areia-PB

Atributos	Unidade	Média	Mediana	Desvio Padrão
D _s	(kg dm ⁻³)	1,61	1,62	0,065
D _p	(kg dm ⁻³)	2,68	2,68	0,040
PT	(m ³ m ⁻³)	0,39	0,39	0,028

D_s= Densidade do solo; D_p= Densidade de partículas; PT= Porosidade total

Tabela 3. Análise descritiva dos atributos físicos de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, Areia-PB.

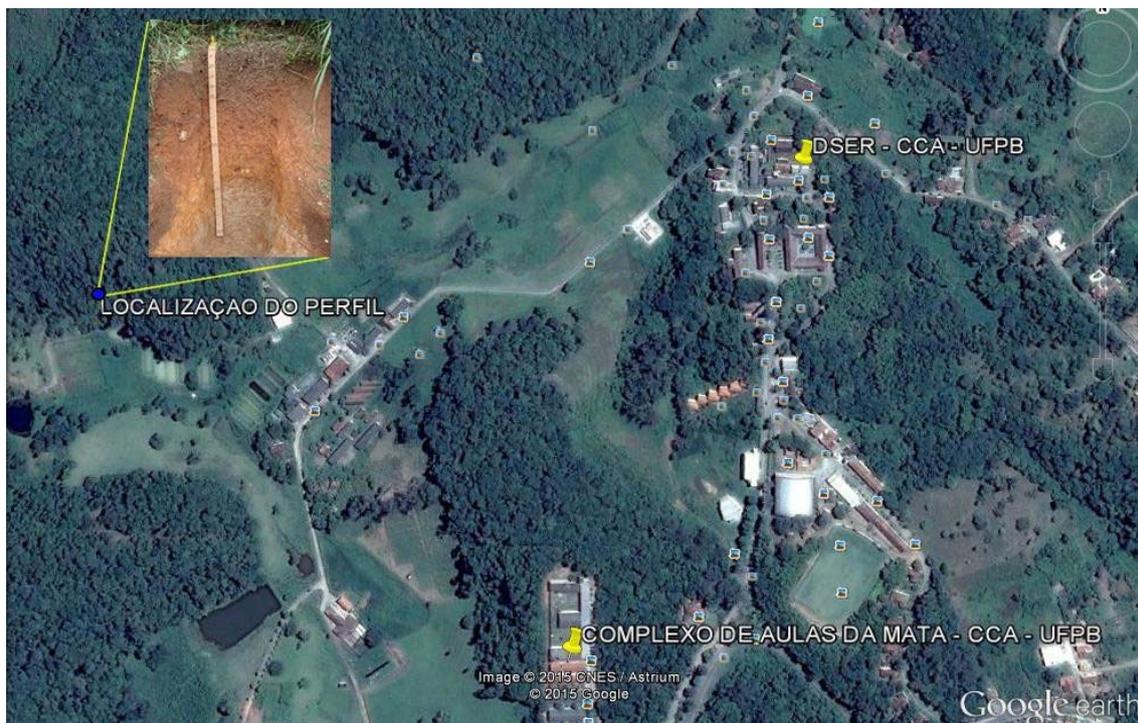


Figura 1. Localização da área de estudo e local da identificação do perfil, dentro do perímetro do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB). Adaptado de Google Earth 2015. Fonte: Google Earth 2015.

CAPÍTULO XVI

COMPARAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO APÓS QUINTO E SEXTO CORTES EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

**Danyllo Denner de Almeida Costa
José Luiz Rodrigues Torres
Venâncio Rodrigues e Silva
Adriano Silva Araújo
Matheus Duarte da Silva Cravo
Gabriel Valeriano Alves Borges**

COMPARAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO APÓS QUINTO E SEXTO CORTES EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

Danyllo Denner de Almeida Costa

Universidade Federal de Uberlândia

Uberlândia – MG

José Luiz Rodrigues Torres

Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba

Uberaba – MG

Venâncio Rodrigues e Silva

Universidade Federal de Uberlândia

Uberlândia – MG

Adriano Silva Araújo

Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba

Uberaba – MG

Matheus Duarte da Silva Cravo

Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba

Uberaba – MG

Gabriel Valeriano Alves Borges

Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba

Uberaba – MG

RESUMO: Na maioria das áreas cultivadas com cana o ciclo de cultura varia entre cinco a sete anos, período este em que o sistema radicular continua seu desenvolvimento e onde a deterioração dos atributos físicos pode ser determinante na longevidade do canavial. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações ocorridas nos atributos físicos do solo entre quinto e sexto cortes da cana numa área comercial colhida mecanicamente no Cerrado, na região de Uberaba-MG. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, onde foram avaliados: resistência mecânica do solo à penetração (RP), densidade do solo (Ds) umidade volumétrica (Uv), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT), em seis profundidades: 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m, com cinco repetições. As amostras foram coletadas nos anos de 2013 e 2014. A análise mostrou que não houve diferença significativa de Uv do solo no perfil e nos cortes, assim como não houve diferença significativa para Ds nos cortes, porém apresentou diferenças no perfil, com maior média na camada 0,10-0,20 m, o mesmo ocorreu para RP. Até a profundidade 0,40 m o sexto corte apresentou valores superiores ($p < 0,05$) de RP quando comparado ao quinto. Para a maioria das profundidades observou-se redução da Ma e aumento de Mi. O solo sofreu alterações deteriorativas entre os cortes.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência à penetração, densidade do solo, macro e microporosidade.

1. INTRODUÇÃO

No cultivo da cana-de-açúcar são necessárias diversas operações de preparo do solo com a utilização de grades, arados, subsoladores, tratores e outros implementos que contribuem para a degradação da estrutura do solo para a efetuação do plantio (SOUZA et al., 2006).

As principais alterações podem ser evidenciadas nos atributos físicos, dentre elas a diminuição da macroporosidade, alteração no tamanho dos agregados, redução na taxa de infiltração, maior densidade e aumento da resistência mecânica do solo à penetração das raízes (CAMARGO; MARQUES JUNIOR; PEREIRA, 2010), que em última instância causa a queda do rendimento da cultura.

O tipo de colheita da cana também influencia diretamente a produção e longevidade da cultura, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com isso pode-se afirmar que a implantação, condução e colheita da cana de açúcar são etapas fundamentais no processo produtivo da cultura, pois constituem fatores que podem elevar a vida útil do canavial pelo aumento do número de cortes econômicos, proporcionando maiores retornos financeiros ao produtor (ANDRADE; ANDRADE, 2007).

Na maioria das áreas cultivadas com cana o ciclo da cultura varia entre cinco a sete anos, período este que o sistema radicular continua seu desenvolvimento, podendo atingir maiores profundidades (OLIVEIRA FILHO et al., 2015). Este sistema é formado por rizomas e raízes fasciculadas, das quais 85% se encontram na camada de 0,50 m de profundidade e 60% na camada de 0,20 a 0,30 m, por isso mesmo, a cana é uma das culturas mais afetadas pela compactação do solo (LIMA; LEON; SILVA, 2013).

Contudo, a partir do quinto corte as alterações causadas nos atributos físicos são mais pronunciadas e afetam negativamente a produtividade da cultura e irão determinar a necessidade de renovação do canavial.

Com base nisso, este estudo objetivou avaliar as alterações que ocorreram nos atributos físicos do solo entre o 5º e 6º cortes da cana numa área comercial colhida mecanicamente no Cerrado, na região de Uberaba-MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido numa área comercial de uma Usina produtora de açúcar e álcool no município de Uberaba-MG, localizada entre as coordenadas 19° 39' 19" de latitude Sul e 47° 57' 27" de longitude Oeste, numa altitude de 795 m, sendo que a amostragem foi realizada nos anos de 2013 (5º corte) e 2014 (6º corte).

Na região predomina o Latossolo Vermelho distrófico, textura média, com 210 g kg⁻¹ de argila, 710 g kg⁻¹ de areia e 80 g kg⁻¹ de silte. O clima da região é

classificado como Aw, tropical quente, segundo Köppen, com médias anuais de precipitação e temperatura na ordem de 1600 mm e 22,6°C, respectivamente.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, onde foram avaliados os atributos físicos: resistência mecânica do solo à penetração (RP), densidade do solo (Ds) umidade volumétrica (Uv), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT), em seis profundidades: 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m, com 5 repetições. Cada parcela foi composta de 10 linhas de cana com espaçamento de 1,50 m para um comprimento de 50 m, portanto 750 m².

A RP foi determinada com o uso de penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar, com ângulo de ponteira cônica de 30°. Os resultados foram obtidos pela contagem do número de impactos (N), a seguir foi feita a conversão dos dados para kgf cm⁻² utilizando a equação $R \text{ (kgf cm}^{-2}\text{)} = 5,6 + 6,98 N$. Depois os valores foram multiplicados pela constante 0,098 para transformação em unidades MPa (ARSHAD; LOWERY; GROSSMAN, 1996). A Ds foi determinada em amostras com estrutura indeformada e a Uv a partir de amostras coletadas com trado holandês (EMBRAPA, 1997).

A distribuição de poros por tamanho (Ma, Mi e PT) foi determinada em amostras com estrutura indeformada, previamente saturadas por 24 horas, utilizando uma unidade de sucção a 0,60 m de altura de coluna de água. A Ma foi calculada pela diferença entre o volume total de poros e a Mi.

Para avaliar o grau de correlação entre as variáveis utilizou-se o coeficiente de correlação linear de Pearson. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F para significância e em seguida foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os valores de RP e Ds observou-se que a área encontra-se com uma camada compactada entre as profundidades de 0,10 a 0,30 m (Figura 1), onde os valores foram maiores ($p < 0,05$) na profundidade entre 0,10 e 0,20 m, para o 5° (4,32 MPa e 1,73 kg dm⁻³) e 6° corte (5,78 MPa e 1,75 kg dm⁻³), seguidos pelos valores da profundidade de 0,20 a 0,30 m para o 5° (3,63 MPa e 1,69 kg dm⁻³) e 6° corte (4,56 MPa e 1,70 kg dm⁻³) (Tabela 1), enquanto que a Uv foi constante em todo o perfil avaliado.

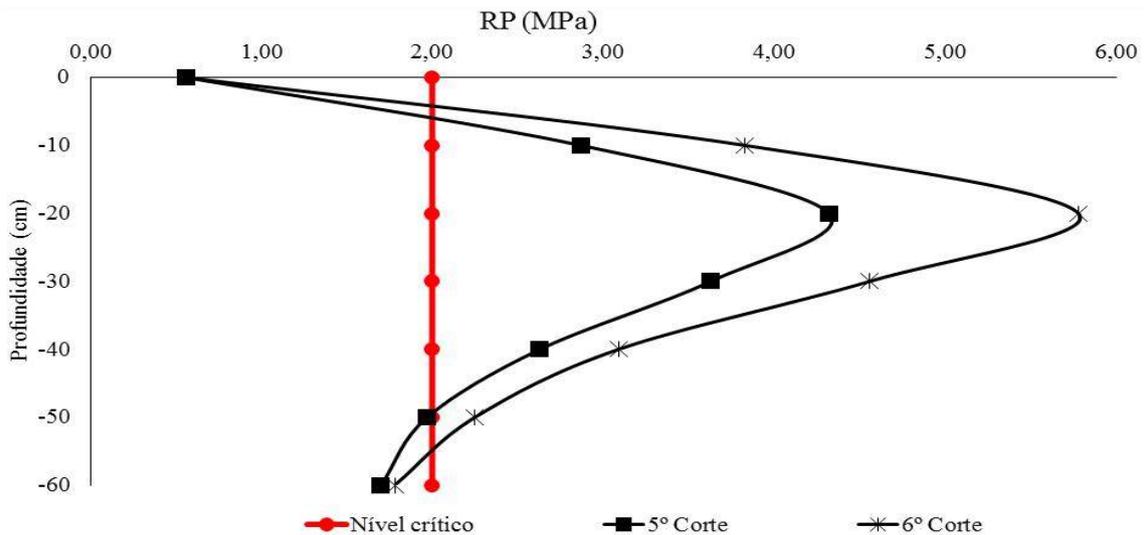


Figura 1 - Resistência mecânica à penetração, avaliada nas entrelinhas da cana-de-açúcar em áreas de 5º e 6º cortes (C), nos anos de 2013 e 2014, em Uberaba-MG.

Não existe consenso na literatura sobre quais são os valores de RP considerados críticos para o pleno crescimento das raízes das plantas, contudo se aceita o valor de 2,0 MPa como limitante ao crescimento radicular para maioria das culturas (SILVA et al., 2008). Para a Ds, Araújo et al. (2004) registram os valores críticos de 1,65 kg dm⁻³ para solos arenosos e 1,45 kg dm⁻³ para argilosos.

Camada (m)	RP (MPa)		Ds (kg dm ⁻³)		Uv (cm ³ cm ⁻³)	
	5º C	6º C	5º C	6º C	5º C	6º C
0,00-0,10	2,87 cB	3,83 cA	1,67 bA	1,68 bA	0,22 aA	0,21 aA
0,10-0,20	4,32 aB	5,78 aA	1,73 aA	1,75 aA	0,21 aA	0,20 aA
0,20-0,30	3,63 bB	4,56 bA	1,69 bA	1,70 bA	0,23 aA	0,21 aA
0,30-0,40	2,63 dB	3,09 dA	1,65 cA	1,66 cA	0,21 aA	0,21 aA
0,40-0,50	1,97 eA	2,25 eA	1,60 dA	1,62 dA	0,23 aA	0,23 aA
0,50-0,60	1,69 eA	1,78 eA	1,60 dA	1,61 dA	0,23 aA	0,23 aA
CV (%)	9,70		1,91		6,89	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas comparam 5º e 6º cortes e minúscula nas colunas comparam profundidades, que não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 1 - Valores de resistência à penetração (RP), densidade do solo (Ds) e Umidade volumétrica (Uv) avaliados na entrelinha numa área cultivada com cana de 5º corte (5º C) e 6º corte (6º C), em Uberaba-MG.

A compactação é uma das principais causas da degradação do solo, que ocorre devido ao uso intenso de máquinas e implementos agrícolas cada vez maiores e mais pesadas nas áreas cultivadas com cana (LIMA; LEON; SILVA, 2013), que oferece séria restrição ao desenvolvimento das plantas e conseqüentemente limita a produtividade da cultura. Severiano et al. (2010), em estudo comparando áreas de cana colhidas manual e mecanicamente, observaram que os maiores valores de compactação ocorreram em canaviais colhidos de forma mecanizada.

Gonçalves et al. (2006) destacaram a importância de se utilizar plantas descompactadoras na renovação dos canaviais.

Os valores obtidos para RP, Ds e Uv apresentaram correlações significativas entre si e seguem um mesmo padrão entre o 5° e 6° cortes, pois são positivas e elevadas (0,99) para RP e Ds, ou seja, estas duas variáveis aumentam ou diminuem simultaneamente. Quando ocorre maior RP, as partículas do solo estão mais próximas umas das outras, justificando a quase perfeita correlação entre os dados. Enquanto que são negativas para RP e Uv, Ds e Uv, que significa que quando uma variável aumenta a outra diminui (Tabela 2), pois conforme as partículas do solo se aproximam, restringe a infiltração de água e em casos extremos favorece o escoamento superficial.

De forma geral, para a Ma observou-se que os valores diminuem na superfície e aumentam em profundidade, pois os menores valores para o 5° (4,63%) e 6° cortes (4,33%) foram observados na profundidade de 0,0 a 0,10 m e os maiores (8,03 e 7,44%) de 0,50 a 0,60 m. Para Mi e PT ocorre padrão inverso, pois os valores aumentam na superfície e diminuem em profundidade em ambos os anos avaliados (5° e 6° cortes) (Tabela 3). Para Ma e Mi os valores tendem ter menores variações nas profundidades acima de 0,40 m, pois não ocorrem diferenças ($p < 0,05$) entre as variáveis e cortes avaliados.

Variável	RP	UV
5° corte		
Ds	0,99*	-0,58*
RP		-0,51*
6° corte		
Ds	0,99*	-0,94*
RP		-0,92**

^{ns} = Não significativo; * Significativo ($p < 0,01$) e ** ($p < 0,05$) pelo teste t.

Tabela 2 - Correlações de Pearson entre valores de RP, Ds e Uv após o 5° e 6° cortes da cana.

Camada (m)	Ma (%)		Mi (%)		PT (%)	
	5° C	6° C	5° C	6° C	5° C	6° C
0,00-0,10	4,63 cA	4,33 cA	34,22 aB	46,83 aA	38,85 aB	51,16 aA
0,10-0,20	6,48 bA	6,01 bA	31,00 aB	37,37 bA	37,49 aB	43,38 bA
0,20-0,30	7,62 aA	6,86 bB	32,30 aB	37,58 bA	39,92 aA	44,44 aA
0,30-0,40	8,33 aA	6,36 bB	32,50 aA	35,42 bA	40,83 aA	41,78 bA
0,40-0,50	8,03 aA	7,44 aA	32,34 aA	35,11 bA	40,37 aA	42,54 bA
0,50-0,60	8,03 aA	7,44 aA	31,14 aA	35,00 bA	40,15 aA	41,35 bA
CV (%)	6,70		9,45		8,17	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas comparam 5° e 6° cortes e minúscula nas colunas comparam profundidades, que não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3 - Valores de macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT) em área de cana no 5° e 6° cortes, nos anos de 2013 e 2014, respectivamente.

Ocorreu a degradação dos atributos Ma, Mi e PT da mesma forma que ocorreu para RP e Ds, pois os valores são significativamente maiores para RP e Ds, menores para Ma e maiores para Mi e PT na camada superficial do 6° corte.

Souza et al. (2006) afirmaram que os resultados obtidos em seu estudo podem ser por consequência do tráfego de máquinas e implementos agrícolas, que aumentaram a RP e Ds, diminuíram Ma e aumentaram Mi na camada superficial, como também pode ser observado neste estudo, onde a Mi se mostrou significativamente maior no 6º corte, com médias superiores e pico de 46,83% na profundidade 0,0-0,10 m, enquanto que na mesma profundidade no corte anterior (5º) foi de 34,22%.

Os valores obtidos para Ds estão diretamente relacionados a Ma, Mi e PT, pois à medida que Ds aumenta Ma diminui em ambos os cortes (5º e 6º) e se correlaciona negativamente com Mi e PT no 5º corte, enquanto que esta correlação é positiva no 6º corte, ou seja, Ds, Mi e PT aumentam ou diminuem simultaneamente (Tabela 4). Através da Correlação de Pearson confirma-se também que à medida que Ma diminui, Mi aumenta.

Variáveis	Ma	Mi	PT
		5º corte	
Ds	-0,48*	-0,03*	-0,75*
Ma		-0,57 ^{ns}	0,70 ^{ns}
Mi			0,13 ^{ns}
		6º corte	
Ds	-0,50*	0,32*	0,31*
Ma		-0,92*	-0,88**
Mi			0,99 ^{ns}

^{ns} = Não significativo; * Significativo ($p < 0,01$) e ** ($p < 0,05$) pelo teste t.

Tabela 4 - Correlações de Pearson entre Ds, Ma, Mi e PT após o 5º e 6º cortes da cana.

4. CONCLUSÃO

Ocorreu deterioração dos atributos físicos do solo no 6º corte quando comparado ao 5º.

A área apresenta uma camada compactada entre 0,10 e 0,30 m de profundidade.

As correlações positivas e negativas entre Ds e os demais atributos evidenciaram sua importância como indicador de qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. A. B.; ANDRADE, P. P. Implantação e condução de canaviais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 239, p. 44-54, 2007.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds). **Methods for assessing soil quality**. Madison, USA: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; INOUE, T. T.; COSTA, A. C. S. Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 495-504, 2004.

CAMARGO, L. A.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hillslope curvatures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 617-630, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Documentos, 1).

GONÇALVES, W. G.; JIMENEZ, R. L.; ARAÚJO FILHO, J. D.; ASSIS, R. D.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 67-75, 2006.

LIMA, R. P.; LEON, M. J.; SILVA, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres**, v. 60, n. 4, p. 577-581, 2013.

OLIVEIRA FILHO, L. F. X.; MIRANDA, N. D. O.; de MEDEIROS, J. F.; da SILVA, P.; MESQUITA, F. O.; COSTA, T. K. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 186-193, 2015.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C. D.; DIAS JÚNIOR, M. D. S.; CASTRO, M. B. D.; OLIVEIRA, L. F.; COSTA, K. A. D. P. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: I - modelagem e quantificação da compactação adicional após operações de colheita. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 404-413, 2010.

SILVA, G. J. ; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; BIANCHINI, A.; AZEVEDO, E. C. D.; MAIA, J. C. D. S. Variação de atributos físico-hídricos em Latossolo Vermelho-amarelo do cerrado Mato-grossense sob diferentes formas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2135-2143, 2008.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J., COOPER, M., PEREIRA, G. T. Micromorfologia do solo e sua relação com atributos físicos e hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 487-492, 2006.

ABSTRACT: In most of the areas cultivated with sugarcane, the crop cycle varies between five and seven years, a period in which the root system continues to develop and where the deterioration of the soil physical attributes can be determinant in the longevity of the sugarcane field. The objective of this study was to evaluate the changes in physical attributes of the soil between the fifth and sixth sugarcane cuts in a commercial area mechanically harvested in the Cerrado, in Uberaba-MG. The penetration resistance (PR), soil bulk density (Sbd), volumetric moisture (Vm), macroporosity (Ma), microporosity (Mi) and total porosity (TP) were evaluated in a completely randomized design with six depths: 0.00-0.10; 0.10-0.20; 0.20-0.40; 0.40-0.50 and 0.50-0.60 m and five repetitions. Soil samples were collected in 2013 and 2014. The analysis showed that there was no significant difference of soil Vm in the profile and in the cuts, the test also showed that there was no significant difference for Sbd in the cuts, but presented differences in the profile, with higher averages for 0.10-0.20 m. The same occurred for PR. Above 0.40 m until the surface the sixth cut presented higher values ($p < 0.05$) of RP when compared to the fifth. For most of the depths, Ma reduction and Mi increasing were observed. The soil presented deterioration between the cuts.

KEYWORDS: Penetration resistance, Soil bulk density, Macro and microporosity.

CAPÍTULO XVII

COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO NO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

**Karla Nascimento Sena
Kátia Luciene Maltoni
Glaucia Amorim Faria
Adriana Avelino dos Santos
Thaís Soto Boni
Maria Júlia Betíolo Troleis**

COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO NO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

Karla Nascimento Sena
Kátia Luciene Maltoni
Glaucia Amorim Faria
Adriana Avelino dos Santos
Thaís Soto Boni
Maria Júlia BetíoloTroleis

RESUMO: As áreas florestais têm papel relevante no ciclo global do carbono, plantações florestais de eucalipto, quando bem estabelecidas, podem fixar entre 100 e 400 t ha⁻¹ de CO₂ durante a fase de crescimento. Este carbono desempenha importante papel na formação e propriedades dos solos, indicando que além da quantidade, a distribuição no perfil do solo, posição dentro da matriz do solo e sua composição química influenciam as taxas e caminhos de sua decomposição. Este trabalho teve por objetivo verificar as alterações nos teores e no estoque de carbono orgânico em áreas de conversão pastagem-eucalipto e reflorestamento de eucalipto na região leste do Estado de Mato Grosso do Sul. As amostragens de solo foram efetuadas em quatro repetições, nas profundidades de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,30 m. Foram analisados o carbono orgânico total (COT) e estabilidade de agregados, em cada tratamento para avaliar a influência do uso do solo na estabilização do carbono orgânico. Os resultados mostraram que tanto o plantio de eucalipto quanto a pastagem, quando comparados ao Cerrado, estão acelerando o processo de oxidação e perda de carbono orgânico. A camada superficial do solo é responsável pelo maior acúmulo de COT e estoque de carbono, que diminui em profundidade em todos os tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: estabilidade de agregados, sequestro de carbono, cerrado.

1-INTRODUÇÃO

As áreas florestais têm papel relevante no ciclo global do carbono, As plantações florestais com espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais extensas no Brasil, com 6,3 milhões de hectares, que fornecem matéria prima para vários setores industriais (ARRUDA, 2012).

Este carbono desempenha importante papel na formação e propriedades dos solos, que contêm mais carbono do que as quantidades totais deste presente na vegetação e na atmosfera, apresentando-se, portanto, como o mais importante reservatório de carbono e, acima de tudo, como um eficiente estabilizador deste carbono (OADES, 1995; SCHMIDT et al., 2011). De acordo com HOUGHTON; GOODALE (2004) o sequestro de carbono pelos solos é uma importante estratégia opostora ao aumento nas concentrações atmosféricas de CO₂, e implica na transferência de CO₂ atmosférico para a matéria orgânica do solo.

Sollins et al, (1996) propôs três mecanismos para explicar a estabilização ou o maior tempo de residência do carbono orgânico no solo, são eles: A recalcitrância química, estabilização da matéria orgânica devido a suas propriedades estruturais; A proteção física da matéria orgânica, proporcionada por estar alojada dentro de agregados ou em microporos do solo, reduzindo as ações de decomposição promovidas por microrganismos; e a interação dos compostos de carbono com a fração mineral dos solos.

É importante considerar que a agregação do solo está relacionada à proteção física, de frações lábeis, da matéria orgânica à biodegradação (BALESDENT et al., 2000) e sua preservação é crucial, pois melhora a estruturação do solo, a fertilidade e contribui para assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas (PAUSTIAN et al., 1998).

Os mecanismos citados por Sollins et al., (1996) inibem a degradação da matéria orgânica do solo, e que, segundo Kögel-Knabner et al., (2008), a interação desta com os minerais pode representar um dos processos mais importantes para estabilização do carbono no solo, durante longos períodos.

Objetivou-se com este estudo avaliar as alterações nos teores e no estoque de carbono orgânico, devido a conversão pastagem-eucalipto num Latossolo Vermelho distrófico típico na região leste de Mato Grosso do Sul.

2-MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em Três Lagoas (MS), em área produtora de papel e celulose, a partir do eucalipto, e em área produtora de gado em sistema extensivo nas proximidades. O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo classificação de Köppen, com precipitação e temperatura média anual de 1240 mm e 24,2°C, respectivamente.

As áreas de manejo selecionadas para avaliação e sua respectiva localização foram: Cerrado conservado - C (20°52'52" S e 51°51'14" W), Eucalipto 2 anos - EU2 (20°52'33" S e 51°52'17" W), Eucalipto 15 anos - EU15 (20°55'19" S e 51°47'47" W) e Pastagem - P (20°52'36" S e 51°53'29" W).

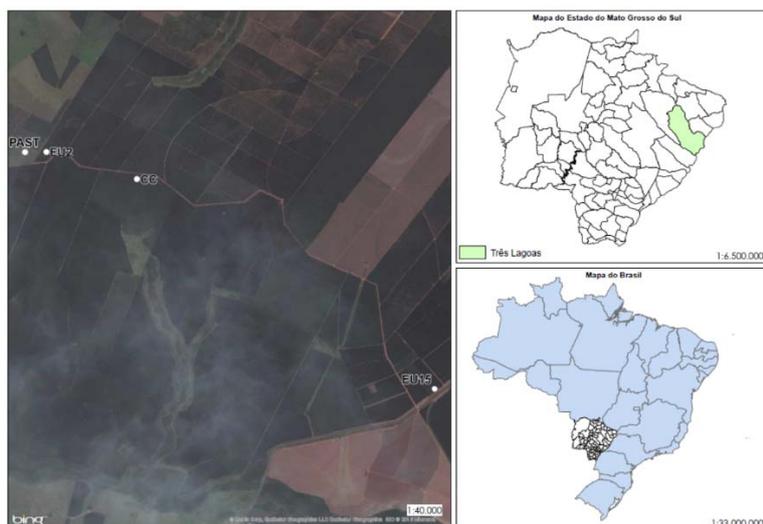


Figura 1. Imagem da localização do experimento em escala nacional.

Fonte: Google, 2016.

Amostras indeformadas foram coletadas para determinação do carbono orgânico, da fertilidade (RAIJ et al., 2001) e da estabilidade de agregados (NIMMO; PERKINS, 2002),

O carbono acumulado em cada camada de solo estudada (estoque de carbono orgânico) foi calculado utilizando-se a expressão $EstC = (CO \times Ds \times e) / 10$ (FREIXO et al., 2002), onde EstC é o estoque de C orgânico em determinada profundidade ($Mg\ ha^{-1}$); CO é o teor de C orgânico total ($g\ kg^{-1}$); Ds é a densidade do solo média da profundidade ($kg\ dm^{-3}$), determinada a partir de amostras indeformadas; e é a espessura da camada considerada (cm). O EstC foi calculado nas profundidades de 0,00–0,05, 0,05–10,0 e 0,10–0,30 cm.

Os resultados foram submetidos às pressuposições da análise de variância (homogeneidade de variância e normalidade dos dados) e as médias comparadas pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) utilizando o programa SAS 9.4 (2016).

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição dos agregados do solo, estáveis em água (Tabela 1), indicou predominância de macroagregados, e diferiu estatisticamente, entre tratamentos e profundidades, exceto para os agregados $<0,105\ mm$, os quais não diferem entre profundidades.

Salton et al., (2008) também encontraram maior quantidade de agregados $> 2,00\ mm$ em Latossolos sob Cerrado, ao compararem diferentes sistemas de manejo do solo, comportamento observado em diversas outras pesquisas (AN et al., 2010; ANDERS et al., 2010; FERNANDEZ et al., 2010).

Analisando os tratamentos, o Cerrado apresentou a maior porcentagem de agregados $>2mm$, não diferindo deste os tratamentos EU2 e P, apenas o EU15 apresentou reduzida estabilidade de agregados $>2mm$, Comportamento oposto ao esperado e citado na literatura (SILVA et al., 2004; SIQUEIRA NETO et al., 2009),

pois em área com menor movimentação do solo esperava-se maior estabilidade dos agregados maiores, o que não ocorreu, nesta área, mesmo após 15 anos sem revolvimento do solo.

A fração orgânica dos solos, quando sob uso agrícola, não apresenta a mesma estabilidade das frações minerais, assim a utilização intensiva do solo com sistemas de cultivos inadequados contribui para a degradação do mesmo (CUNHA et al., 2001), reduzindo a estabilidade de agregados, aumentando a densidade e diminuindo a macroporosidade (SILVA; MIELNICZUK, 1997).

Os macroagregados de menor diâmetro (1,0 - 0,50 e 0,50 - 0,25 mm) predominaram no EU15 (Quadro 6), comparado aos demais, sugerindo que os agregados maiores (> 2,0 mm) e de menor estabilidade se subdividiram em agregados menores, como descrito por Six et al. (2000). Estes autores confirmam que a menor estabilidade dos macroagregados pode indicar comprometimento na qualidade do solo, a qual está diretamente relacionada à redução do teor de CO (ALVES; SUZUKI; e SUZUKI, 2007; NICHOLS e TORO, 2011; BAST et al., 2014). Este comportamento é ratificado pela presença de microagregados < 0,105 mm, os quais, por possuírem maior estabilidade, não foram influenciados pelo uso do solo. PAGLIARINI; MENDONÇA e ALVES et al. (2012) encontraram resultados semelhantes em Latossolo Vermelho, e afirmaram que os microagregados são mais estáveis que os macroagregados, sendo os últimos mais susceptíveis ao manejo.

Fontes de Variação	Diâmetro dos agregados						CO	EstC
	>2,00	2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,25	0,25-0,105	0,105-0,053		
	mm						g kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹
Valor de F								
Sistema de manejo (SM)								
Prof, (m)	8,74**	6,10**	6,18**	21,04**	6,07**	0,88 ^{ns}	51,14**	65,55**
SM x Prof,	3,58*	3,95*	3,01 ^{ns}	7,19**	2,32 ^{ns}	1,07 ^{ns}	176,86**	1,726,42**
CV (%)	1,69 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,72 ^{ns}	3,33*	1,00 ^{ns}	1,39 ^{ns}	12,20**	10,47**
	11	112	177	81	84	195	5	5
Sistema de manejo								
DMS Dunnet	10,00	2,16	4,33	2,13	1,50	1,02	0,43	5,70
C	95,33	0,50	0,26	0,30	0,43	0,17	7,51	95,01
EU 15	74,51***	3,70***	6,85***	6,52***	2,86***	0,79 ^{ns}	5,75***	65,46***
EU 2	83,73 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,33 ^{ns}	2,20***	0,45 ^{ns}	5,77***	76,18***
P	89,43 ^{ns}	2,48 ^{ns}	1,59 ^{ns}	2,00 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,64 ^{ns}	6,00***	85,09***
Profundidade								
0,00-0,05 m	91,38	0,78	0,65	1,05	1,13	0,21	7,71	52,96
0,05-0,10 m	88,15	1,98	2,21	2,74	1,83	0,62	6,03	43,49
0,10-0,15 m	82,26	2,89	4,31	3,83	2,25	0,71	5,02	144,87

0,30 m

Médias seguidas, na coluna, por *** diferem estatisticamente do C pelo teste de Dunnet $p < 0,05$, ^{ns}= não significativo; ** e * significativo a 1 e 5 % respectivamente, DMS=Diferença mínima significativa. C=Cerrado conservado; EU15= Eucalipto reflorestamento 15 anos; EU02= Eucalipto 2 anos; PAST= Pastagem.

Tabela 1, Valores de F e Coeficiente de Variação (CV), para distribuição dos agregados (%), carbono orgânico (CO), e Estoque de carbono (EstC) em relação aos sistemas de uso e profundidades (Prof.).

Para os demais tamanhos de agregados, a profundidade de 0,10 - 0,30m mostrou maior estabilidade e/ou porcentagem, sendo que para os agregados de 0,105mm a profundidade não foi significativa.

O C aumenta a estabilidade dos agregados, em especial dos macroagregados, e diminui a taxa de decomposição da matéria orgânica, devido a proteção física, este carbono varia diretamente com os teores de carbono na massa do solo (FERREIRA et al., 2007).

Em relação às profundidades, os agregados >2mm apresentam maior estabilidade na camada mais superficial (0,00 - 0,05 m), o que coincide com os maiores conteúdos de COT observados na mesma, reafirmando a importância da matéria orgânica na manutenção da estabilidade dos agregados.

O manejo dos solos do Cerrado tem acarretado modificações nas suas propriedades, bem como no comportamento do carbono orgânico, que representa um dos principais componentes responsáveis pela manutenção da qualidade do solo (MARTINS et al., 2009).

Os maiores conteúdos de carbono orgânico ocorrem no solo sob cerrado, seguido das demais áreas (EU2, EU15 e P), que não apresentam diferenças entre si (Tabela 1), Plantações florestais de eucalipto apresentam maior potencial de incorporação de C ao solo, do que áreas de uso agrícola, devido à maior biomassa depositada anualmente na forma de manta orgânica e de raízes mortas (LAL et al., 1995; KRISHNAMURTHY; ÁVILA, 1999), este comportamento não foi observado nesta avaliação, mostrando que o eucalipto não apresentou, para solos arenosos, maior incorporação de CO do que o pasto degradado.

Os teores de carbono orgânico foram influenciados pela profundidade em todos os sistemas, sendo maiores na superfície (0,00 - 0,05 m). Tanto no solo sob cerrado, como na pastagem e no eucalipto, houve uma tendência geral de diminuição nos teores de carbono totais com o aumento da profundidade, visto que a camada superficial do solo é a zona onde a deposição de materiais orgânicos ocorre com maior intensidade.

O estoque de carbono orgânico nos diferentes sistemas diferiu entre as áreas, do ponto de vista estatístico, mostra valores mais elevados na camada mais superficial de todos os tratamentos, o que é corroborado por diversos autores (NEVES et al., 2004) ao relatarem que o conteúdo de carbono orgânico do solo é maior próximo da superfície, devido aos aportes de matéria orgânica ocorridos via cobertura vegetal.

Todos os tratamentos mostram redução deste estoque de carbono em profundidade. Observar que os valores indicados na Tabela 1 para a maior

profundidade representam uma camada de 20 cm de espessura, enquanto as superiores apenas 5 cm, o que equivaleria em média a 7,8 g kg⁻¹ no cerrado; 5,8 g kg⁻¹ no EU15; 6,4 g kg⁻¹ no EU2; e 6,3 g kg⁻¹ na pastagem, indicando sim redução deste em profundidade.

Embora com menores valores de EstCO em profundidade, vale comentar que este tem maiores chances de permanecer no solo por mais tempo, justamente por se encontrar em maiores profundidades, onde o solo ficará mais preservado, ou terá menor influência das ações antrópicas aplicadas à superfície.

Diversos autores têm reportado que a conversão do Cerrado em áreas cultivadas e pastagens conduz à diminuição na quantidade de MOS (Silva et al., 2004; Siqueira Neto et al., 2009), o que também foi observado nesta avaliação.

4-CONCLUSÕES

Os sistemas de cultivos comparados com o Cerrado, estão acelerando o processo de oxidação e perda de carbono orgânico.

A camada superficial do solo é responsável pelo maior acúmulo de COT e estoque de carbono.

O estoque de carbono reduz em profundidade em todos os tratamentos.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.C.; SUZUKI, L.G.A.A.S.; SUZUKI, L.E.A.S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.617-25, 2007.

AN, S.; MENTLER, A.; MAYER, H.; BLUM, W.E.H. Soil aggregation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions under forest and shrub vegetation on the Loess Plateau, China. **Catena**, v.81, p.226-233, 2010.

ANDERS, M.M.; BECK, P.A.; WATKINS, B.K.; GUNTER, S.A.; LUSBY, K.S.; HUBBELL, D.S. Soil aggregates and their associated carbon and nitrogen content in winter annual pastures. **Soil Water Management Conservation**. V.74, p.1339-1347, 2010.

ARRUDA, O.G. **Uso de resíduo da extração de celulose e o impacto em solo de Cerrado cultivado com eucalipto e espécie arbórea nativa**. 2012. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2012.

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil Tillage Research**. v.53, p.215-30, 2000.

BAST, A.; WILCKE, W.; GRAF, F.; LÜSCHER, P.; GÄRTNER, H. The use of mycorrhiza for ecoengineering measures in steep alpine environments: effects on soil aggregate formation and fine-root development. **Catena**. v.39, p.1753–1763, 2014.

BLANCANEUX, P.H.; FREITAS, P.L. de; AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. de. Le semis direct comme pratique de conservation des sols des Cerrados du Brésil Central. **Cahier ORSTOM, Série Pédologie**, Paris, v.28, n.2, p.245-267, 1993.

CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P.L.; AGUIAR, A.C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.1, n.1, p. 27-36, 2001.

FERNÁNDEZ, R.; QUIROGA, A.; ZORATI, C.; NOELLEMAYER, E. Carbon contents and respiration rates of aggregate size fractions under no-till and conventional tillage. **Soil Tillage Research**, v.109, p.103-109, 2010.

FERREIRA, F. P.; AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D.; GIRELLI, D. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul- Brasil. **Ciência Rural**, v.37, p.381-388, 2007.

HOUGHTON, R. A.; GOODALE, C. L. Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems. **Ecosystems and Land Use Change**. Geophysical Monograph Series, n. 153, p 85-98, 2004.

KÖGEL-KNABNER, I. et al. Organo-mineral associations in temperate soils: integrating biology, mineralogy, and organic matter chemistry. **Journal of Plant Nutrition of Soil Science**, v. 171, p. 61-83, 2008.

KRISHNAMURTHY, L.; AVILA, M. **Agroforesteria básica**. México, Red. de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1999. p.29-36.

LAL, R.; KIMBLE, J.; STEWART, B.A. **World soils as a source or sink for radiatively-active gases**. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. Soil management and greenhouse effect. *Advances in Soil Science*. 1. ed. Boca Raton: CRC LEWIS PUBLISHERS, 1995, p. 1-7.

MARTINS, M.R.; CORA, J.E.; JORGE, R.F.; MARCELO, A.V. Crop type influences soil aggregation and organic matter under no-tillage. **Soil Tillage Research**. v.104, p.22-29, 2009.

NEVES, C.M.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MACEDO, R.L.G.; TOKURA, A.M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo

convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.1038-1046, 2004.

NICHOLS, K.A.; TORO, M. A whole soil stability index (WSSI) for valuating soil aggregation. **Soil Tillage Research**. v.111, p.99-104, 2011.

NIMMO, J. R.; PERKINS, K. S. Aggregate stability and size distribution. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C., Eds. **Methods of soil analysis**, Part 4, Physical methods: Madison: Wisconsin, SSSA, 2002. p. 317-28.

OADES, J. M. An overview of process affecting the cycling of organic carbon in soils: In: ZEPP, R. G.; SONNTAG, C. Eds. **Role of nonliving organic matter in earth's carbon cycle**. New York: John Wiley and Sons Ltd, 1995. p. 293-324.

PAGLIARINI, M.K.; MENDONÇA, V.Z.; ALVES, M.C. Distribuição de tamanho de agregados estáveis em água em solos de Selvíria-MS e Ilha Solteira-SP, Brasil. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**. 2012; 6: 45-51

PAUSTIAN, K.; COLE, C.V.; SAUERBECK, D.; SAMPSON, N. CO₂ mitigation by agriculture: An overview. **Climate Change**. v.40, p.135-62, 1998.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2001. 285p.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.11-21, 2008.

SCHMIDT, M.W.I.; TORN, M.S.; ABIVEN, S.; DITTMAN, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSEN, I.A.; KLEBER, M.; KOGEL-KNABNER, I.; LEHMAN, J.; MANNING, D.A.E.; NANNIPIERI, P.; RASSE, D.P.; WEINER, S.; TRUMBORE, S.E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**. v.478, p. 49-56, 2011.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J.; VIVALDI, L. Carbon storage under cultivated pastures in a clay Oxisol in the Cerrado Region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v.103, p.357-363, 2004.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.113-117, 1997.

SIQUEIRA NETO, M.; PÍCCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. *Acta Scientia Agronomica*, v.31, p.709-717, 2009.

SIX, J.; PAUSTRIAN, K.; ELLIOTT, E.T.; COMBRINK, C. Soil Structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Science Society American Journal*, v.64, p.681-689. 2000.

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, v. 74, p. 65-105, 1996.

ABSTRACT: Forest areas play an important role in the global carbon cycle. Eucalypt forest plantations, when well established, can fix between 100 and 400 t ha⁻¹ of CO₂ during the growth phase. This carbon plays an important role in the formation and properties of soils, indicating that in addition to the quantity, the distribution in the soil profile, position within the soil matrix and its chemical composition influence the rates and paths of its decomposition. This study aimed to verify changes in the organic carbon, amounts and storage, on areas of conversion pasture-eucalyptus and eucalyptus reforestation in the Mato Grosso do Sul State, eastern region. The soil was sampled with four replications, in the depths of 0.0-0.05, 0.05-0.10 and 0.10 - 0.30 m. The total organic carbon (TOC) and aggregate stability were analyzed in each treatment to evaluate the influence of soil use on the stabilization of organic carbon. The results showed that both eucalyptus and pasture, when compared to the Cerrado, are accelerating the oxidation process and loss of organic carbon. The surface layer of the soil is responsible for the greater accumulation of TOC and carbon stock, which decreases in depth in all treatments, **KEY-WORDS:** aggregates stability; carbon stock; conserved cerrado.

CAPÍTULO XVIII

DESENVOLVIMENTO DO CAPIM-MARANDU COM O USO DE NP

**Marianne Nascimento
Rafael Renan dos Santos
Oswaldo Henrique Gunther Campos
Suzana Pereira de Melo**

DESENVOLVIMENTO DO CAPIM-MARANDU COM O USO DE NP

Marianne Nascimento

Universidade Federal de Mato Grosso, Agronomia, Barra do Garças – Mato Grosso

Rafael Renan dos Santos

Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural, Nova Xavantina – Mato Grosso

Oswaldo Henrique Gunther Campos

Produquímica, representante técnico, Querência – Mato Grosso

Suzana Pereira de Melo

Universidade Federal de Mato Grosso, Agronomia, Barra do Garças – Mato Grosso

RESUMO: Tendo em vista as crescentes restrições ambientais contra o desmatamento em contraponto à crescente demanda mundial por proteína animal, a recuperação de pastagens degradadas é a principal alternativa para a expansão da produção animal a pasto. Objetivou-se avaliar a recuperação da pastagem degradada de capim-Marandu utilizando doses de nitrogênio (N) e fósforo (P). O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso – Barra do Garças (CUA/UFMT), com duração de um ano. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com três repetições, seguindo um fatorial de 3x3 com três doses de dois nutrientes (N e P): 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N e 0, 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com três repetições. Cada parcela foi constituída de área total de 20,0 m² (4x5m) e área útil de 12 m² (3x4m), no total foram 27 parcelas. A cada 90 dias foram avaliadas as características de crescimento vegetativo como: altura de planta e produção de massa de matéria seca, totalizando quatro cortes no capim. Após cada corte, a parte aérea foi separada em: FE (Folha em expansão), LR (Lâmina de folha recém expandida), LM (Lâmina de folha madura) e C+B (Colmo mais bainha). A produtividade do capim-Marandu, ou seja, a produção de massa seca e a altura foram influenciadas pelas doses de N e de P. As doses de N foram mais responsivas na recuperação da pastagem degradada de capim-Marandu quando comparada com as doses de P.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação fosfatada, adubação nitrogenada, fertilidade do solo, produtividade.

1. INTRODUÇÃO

Com cerca de 210 milhões de cabeças o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de bovinos (CONAB, 2015), tendo a maior parte do rebanho criada a pasto, em uma área de aproximadamente 158,7 milhões de hectares segundo o último censo agropecuário (IBGE, 2006), o destaque econômico da pecuária se deve principalmente ao baixo custo de produção deste sistema extensivo, graças às características climáticas e a extensão territorial do país. Contudo as mesmas características que conferem esses benefícios são comumente relacionadas à

degradação de pastagens, sendo esta um fenômeno global, porém particularmente comum nos trópicos (DIAS-FILHO, 2011).

Estima-se que 50% das pastagens brasileiras estariam degradadas, 30% estariam em degradação e apenas 20% não estariam de alguma forma degradada (DIAS-FILHO, 2014). Degradações estas em sua maioria causadas pelo manejo inadequado de animais, com lotações excessivas, que acabam ocasionando drástica redução dos níveis de nutrientes e fertilidade do solo, e por consequência a perda de vigor e produtividade da pastagem (DUTRA, 2009).

Para o estabelecimento, manejo e persistência das pastagens cultivadas, é essencial o conhecimento dos fatores nutricionais limitantes ao crescimento das gramíneas forrageiras. A recuperação de áreas de pastagens degradadas depende da melhoria da fertilidade do solo, como a correção de solo e reposição de nutrientes (SANTOS et al., 2009; IEIRI et al., 2010; SANTINI et al., 2015).

Costa et al. (2010) concluíram que a principal causa da degradação de pastagens cultivadas é o esgotamento da fertilidade do solo, em decorrência da ausência de adubação. Segundo Costa et al. (2009) anos sucessivos de exploração extrativista sem a devida atenção ao manejo e correção/ manutenção da fertilidade do solo, acabam levando essas pastagens a degradação.

O nitrogênio (N) e o fósforo (P) desempenham o principal papel na manutenção da produtividade das forrageiras. Ao iniciarem as atividades pecuárias, os produtores rurais não tem fornecido a quantidade ideal de nutrientes para o estabelecimento equilibrado de suas pastagens, fazendo com que essas, após 2 a 3 anos iniciem os processos de degradação. Rodrigues et al. (2000) destacaram as principais formas de degradação de pastagens e estas estão relacionadas a diminuição das reservas orgânicas da planta devido à baixa fertilidade do solo, que diminuem a capacidade de rebrota. Sem a capacidade de rebrota o solo fica exposto à luz e possibilita a presença de espécies invasoras e erosão do solo que são processos característicos da degradação.

O N é considerado um dos principais nutrientes que causam impacto no desenvolvimento e produção de plantas forrageiras e conseqüentemente aumento nos índices zootécnicos como produção de carne e leite, sendo, portanto, umas das ferramentas essenciais ao manejo da pastagem em sistemas de produção de bovinos. Costa et al. (2008) se refere á deficiência nutricional de N como um precursor do processo de degradação, observado principalmente no gênero *Brachiaria*.

O P é requerido por todas as plantas para crescimento, desenvolvimento e reprodução. Uma vez sintetizadas as proteínas, quando e onde elas desempenham sua função pode ser regulado por eventos que novamente envolvem P. O fluxo ascendente da água no tecido do xilema é muito responsivo a P e aumenta com níveis altos de nutrição fosfatada.

Para Guedes et al. (2009) durante o estabelecimento e manutenção de pastagens em Latossolos brasileiros, um dos maiores problemas reside nos teores extremamente baixos de P disponível as plantas. A esta característica adiciona-se a alta capacidade de adsorção do P por esses solos, em consequência da acidez e

altos teores de óxidos de ferro e de alumínio. Segundo Benício et al. (2013) independente do sistema adotado ser extensivo ou intensivo, a adubação fosfatada é essencial, para que esse elemento não seja limitante a produção da forrageira.

A eficiência das práticas agrícolas é uma combinação de fatores sendo sua adequação um dos pontos chave quando á otimização da eficiência dos nutrientes aplicados, reduzindo o impacto ambiental e aumentando a rentabilidade do produtor (FREITAS et al., 2008).

Mais de 70% das pastagens cultivadas no Brasil são do gênero *Brachiaria*, estima-se que existam 80 milhões de hectares com esta pastagem, onde 90% estão ocupadas por *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*. Sendo que para *B. brizantha* a predominância é do cultivar Marandu (ZIMMER et al., 2012). Lançada em 1984 pela Embrapa Gado de Corte e pela Embrapa Cerrados, a *B. brizantha* cv. Marandu tem origem africana, possuindo ampla adaptação climática, com boa produção de massa de matéria verde (ANDRADE; LEITE, 1988). Apresenta característica de crescimento cespitoso que possui colmos eretos, com sistema radicular vigoroso e profundo, adaptada a solos de média a alta fertilidade, com capacidade de absorver os nutrientes em camadas mais profundas do solo (BARDUCCI et al., 2009).

Objetivou-se avaliar o efeito das doses de N combinadas com doses de P no crescimento vegetativo, e conseqüente recuperação da pastagem degradada de capim- Marandu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, espécie forrageira, tipo de solo e período experimental

O experimento foi realizado a campo, na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso (CUA/UFMT), nas proximidades das coordenadas geográficas 15°18'34.41''S e 52°18'34.41''O a aproximadamente 337 m de elevação, com temperatura média de 30° C com duas estações bem definidas: seco de junho a setembro, e chuvoso de outubro a maio. A precipitação anual varia entre 1.300 e 2.000 mm. A espécie forrageira do experimento foi a *Brachiaria brizantha* Stapf. cultivar Marandu, cultivada num Latossolo Vermelho e no período de Outubro de 2012 a novembro de 2013

2.2 Análise química e física do solo

A análise química e física do solo da área experimental antes da aplicação dos tratamentos apresentou as seguintes características: pH H₂O 5,40; pH CaCl₂ 4,60; P Mehlich-1 2,70 mg dm⁻³; K 0,20 cmol_c dm⁻³; Ca 0,66 cmol_c dm⁻³; Mg 0,50 cmol_c dm⁻³; Al 0,19 cmol_c dm⁻³; H 3,06 cmol_c dm⁻³; M.O. 17 g dm⁻³; areia 754 g kg⁻¹; silte 95 g kg⁻¹; argila 151 g kg⁻¹. De acordo com essa análise recomendou-se a

correção do solo com a aplicação de 670 kg ha⁻¹ de calcário (PRNT 100%) a fim de se elevar a saturação por bases para 45%.

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições, seguindo um fatorial de 3x3, com dois nutrientes (N e P) e três doses: 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N e 0, 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com três repetições. A dose de K não variou entre os tratamentos, devido ao alto teor inicial no solo sendo aplicado apenas 20 kg ha⁻¹ de K₂O. Cada parcela foi constituída de uma área total de 20 m² (4x5m) e uma área útil de 12 m² (3x4m), no total foram 27 parcelas.

2.4 Procedimentos metodológicos

Inicialmente a área experimental foi roçada a 20 cm de altura, e em outubro de 2012, os tratamentos foram aplicados em superfície. A fonte de N utilizada foi o nitrato de amônio (34% de N), sendo que a dose de N (80 kg ha⁻¹ de N) foi parcelada em duas épocas, a primeira aplicação (40 kg ha⁻¹ de N) durante a instalação do experimento e o restante após 20 dias, com o intuito de evitar perdas e melhorar a eficiência da adubação. A fonte de P foi o superfosfato triplo (41% de P₂O₅) e a fonte de K foi o cloreto de potássio (60% de K₂O).

Foram realizadas quatro avaliações, a cada três meses, nas datas 12/02/2012, 12/05/2012, 12/08/2012, 12/11/2012. Em cada avaliação foi medido a altura média das plantas com auxílio de uma trena, apoiada desde a base do solo até a extremidade da maior folha totalmente esticada. Posteriormente foi efetuado o corte da parte aérea, com o auxílio de um quadrado de 1 m², onde se cortou o capim a 20 cm de altura do solo. A renovação dos perfilhos no crescimento seguinte foi favorecida com o corte das plantas a 20 cm da altura do solo (MORAIS et al., 2006). O material vegetal colhido foi separado em: a) Folhas emergentes - FE (folhas não totalmente expandidas); b) Lâminas de folhas recém-expandidas - LR (lâminas das duas folhas mais novas totalmente expandidas, com lígula visível); c) Lâminas de folhas maduras - LM (lâminas das demais folhas totalmente expandidas, com lígula visível); d) Colmos + Bainhas - CB (colmos mais bainhas propriamente ditas).

Todo o material colhido foi colocado para secar em estufa a 65°C até peso constante, sendo pesados para se aferir a produção de massa de matéria seca de cada parte, e posteriormente somados e convertidos para a obtenção de massa de matéria seca total por hectare. Após cada amostragem, a área não colhida da parcela foi cortada a 20 cm do solo e rastelada para fora da área experimental.

Após a obtenção da massa seca das partes foi calculado a produtividade da pastagem em massas seca por hectare.

2.5 Análise estatística

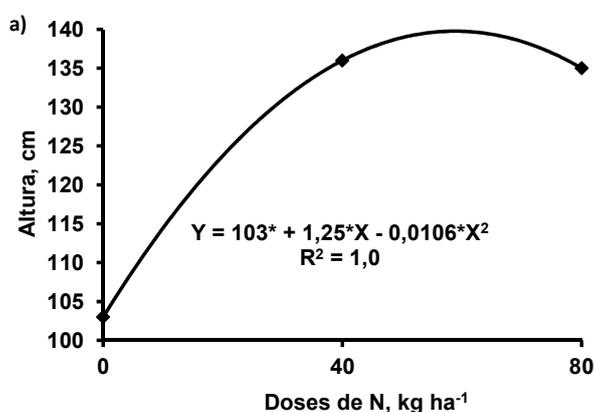
Os dados foram analisados com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003). Foi avaliado a significância pelo teste de F da interação das doses de N e P, bem como a influência desses nutrientes separadamente, na produtividade do capim. Quando significativo pelo teste F foram propostos modelos de equações de regressão para as doses de N e P.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o 1º corte a altura do capim-Marandu foi significativa para as doses de N e para as doses de P isoladas, não sendo significativa a interação NxP. A dose de 58,96 kg ha⁻¹ de N foi a responsável pela maior altura do capim-Marandu sendo de 139,85 cm (**Figura 1a**). A **Figura 1b** apresenta efeito linear na altura em função das doses de P. Alexandrino et al. (2010), destacou a importância da adubação nitrogenada no estabelecimento do capim-Marandu, concluindo em sua pesquisa que o N exerce efeito positivo no alongamento foliar, número de perfilhos e no comprimento final das lâminas foliares. Corroborando com Silva et al. (2013), que notaram a melhor recuperação da pastagem de capim-Marandu em resposta a adubação nitrogenada nas características estruturais e produtivas da forragem.

Rezende et al. (2011) chegaram à conclusão que o baixo teor de P disponível no solo é o fator mais limitante à produção de pastagens, comprometendo o desenvolvimento radicular e conseqüentemente o crescimento das plantas.

No 1º corte a massa de matéria seca total do capim-Marandu foi significativa apenas para N e não significativa para P e NxP, sendo a dose de 54,21 kg ha⁻¹ de N a responsável pela maior produção do capim produzindo 8.554,11 kg ha⁻¹ (**Figura 2**). Benett et al. (2008), trabalhando com dose de N no capim-Marandu, observaram resposta linear a adubação nitrogenada no primeiro corte, sendo que no segundo corte os dados se ajustaram a uma regressão quadrática com o ponto de máxima na dose de 179 kg ha⁻¹ de N e produtividade de 2.097 kg ha⁻¹.



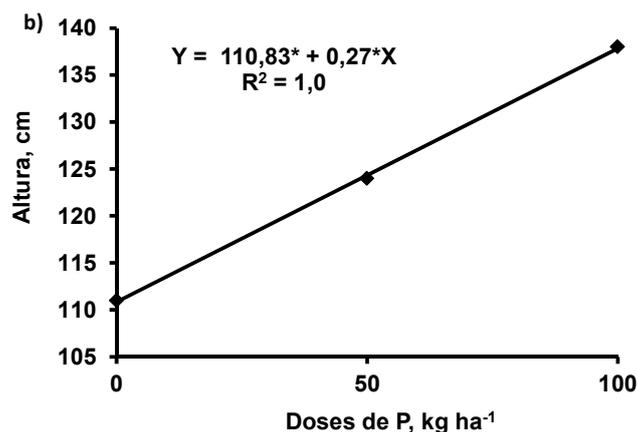


Figura 1 – Altura do capim-Marandu em função das doses de N (a) e das doses de P₂O₅ (b) no 1º corte. * Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

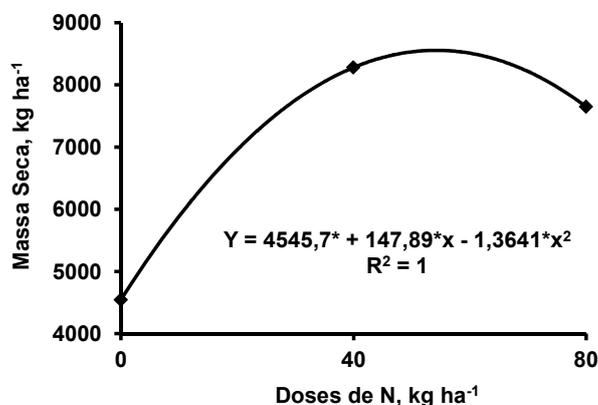


Figura 2 – Massa de matéria seca, em kg ha⁻¹, do capim-Marandu em função das doses de N no 1º corte. * Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

No 2º corte, observa-se que apenas a altura foi significativa para as doses de N (**Figura 3**). A produção de massa de matéria seca não foi significativa a aplicação de N e de P, e nem para a interação NxP. A dose estimada de N responsável pela máxima altura no 2º crescimento vegetativo foi de 63,46 kg ha⁻¹ de N alcançando altura de 78,35 cm. Segundo Patês et al. (2007) o crescimento de forrageiras está diretamente relacionado à aplicação de fertilizantes nitrogenados, tendo pouca relação com a presença de P. Contudo a pouca disponibilidade de P no solo e conseqüentemente sua deficiência nas plantas, tem como efeitos mais evidentes uma acentuada redução no crescimento como um todo (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

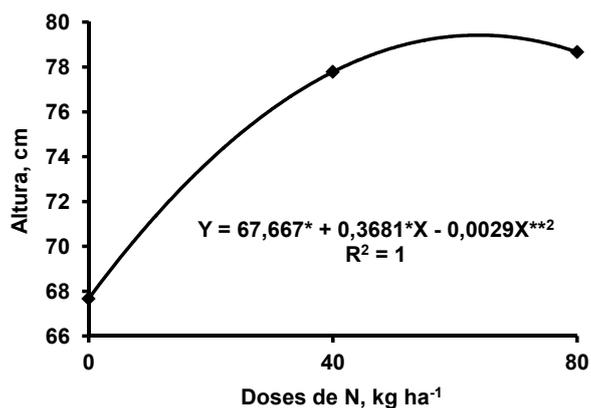


Figura 3 – Altura do capim-Marandu em função das doses de N no 2º corte.* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. ** Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

No 3º corte o crescimento vegetativo do capim-Marandu, altura e produção de massa de matéria seca, não apresentou resultado significativo para as doses de N, P e nem para a interação dos dois fatores.

Santini et al. (2015) concluiu que embora o P seja o nutriente mais limitante a produção de forragens em áreas degradadas, não é incomum que a resposta à adubação fosfatada ocorra em longo prazo.

Para o 4º corte o crescimento vegetativo foi responsivo para as doses de N tanto na altura quanto na produção de massa de matéria seca. Os dados de altura ajustou-se ao modelo matemático de regressão linear, sendo a variação de 60,4 a 74,6 cm, respectivamente, para a não adição de N e para a dose de 80 kg ha⁻¹ de N (**Figura 4**). A disponibilidade desse nutriente promove rápida expansão das folhas, repondo instantaneamente os tecidos fotossintéticos, promovendo, assim, a recuperação da planta forrageira e, conseqüentemente, o vigor de rebrota (REZENDE et al., 2011).

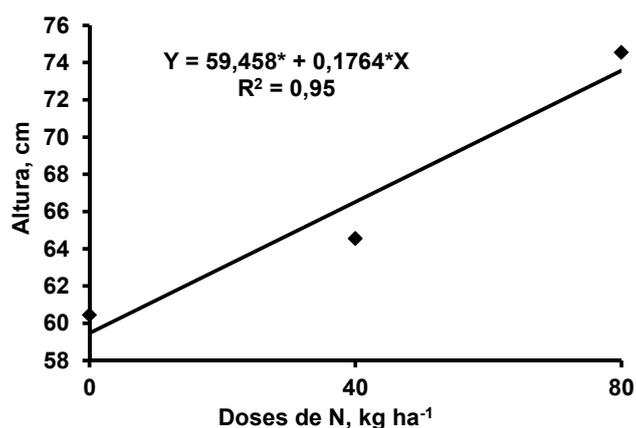


Figura 4 – Altura do capim-Marandu em função das doses de N no 4º corte.* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

A produção de massa de matéria seca do capim-Marandu no 4º. Cortes esteve entre 2.129,44 (tratamento controle) e 3.240,67 kg ha⁻¹ (80 kg ha⁻¹ de N) (Figura 5).

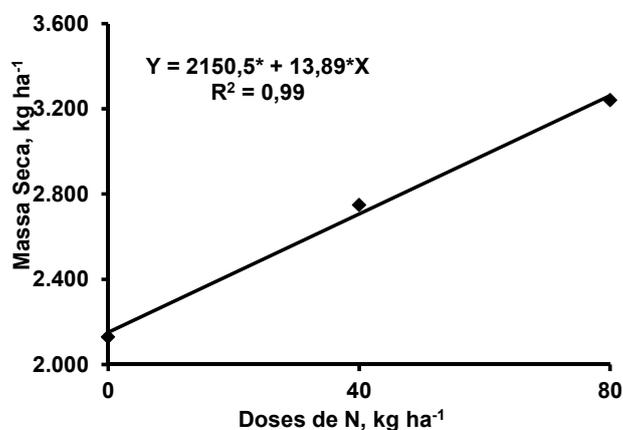


Figura 5 - Massa de matéria seca, em kg ha⁻¹, do capim-Marandu em função das doses de N no 4º corte.* Significativo a 1% de probabilidade.

Ao comparar a produção de massa de matéria seca dos quatro cortes nota-se que as médias foram de: 6823,85 kg ha⁻¹; 5174,07 kg ha⁻¹; 1882,85 kg ha⁻¹ e 2706,15 kg ha⁻¹, respectivamente do primeiro ao quarto corte, esses resultados acompanharam o regime hídrico durante a condução do experimento (Figura 6). O que indica que, no 1º corte, devido a alta precipitação pluviométrica, foi o período de maior desenvolvimento vegetativo. No 2º corte mesmo com a diminuição da precipitação pluviométrica, ainda houve chuva para proporcionar crescimento vegetativo alto. No 3º corte havia meses sem chuva, sendo o período mais afetado pela baixa disponibilidade de água no sistema solo-atmosfera. E o 4º corte mesmo com precipitação pluviométrica a cultura não conseguiu recuperar o período anterior de seca. Para Duarte (2012) a redução do potencial hídrico prejudica diversos processos, sendo afetados inicialmente a divisão e expansão celular, retardando assim o crescimento e desenvolvimento ideal da forrageira.

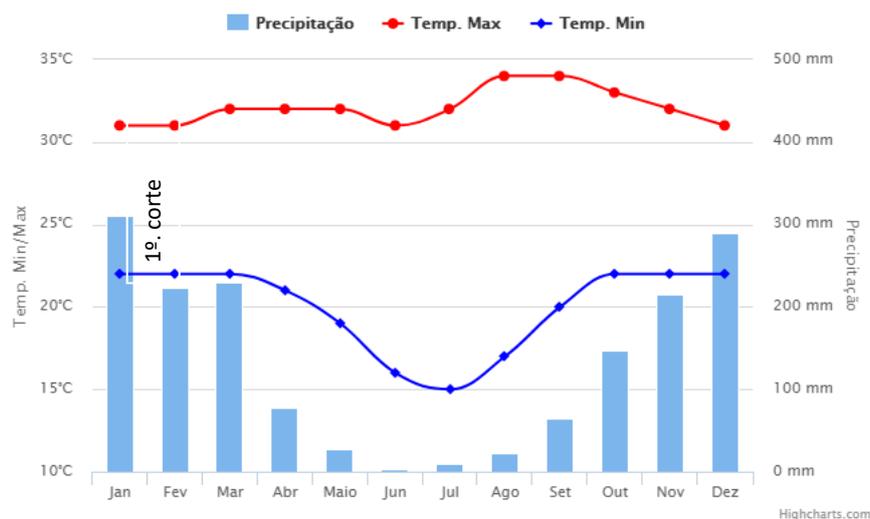


Figura 6 – Variação climática média dos últimos trinta anos na região do experimento. Fonte Climatempo, 2017. <https://www.climatempo.com.br/climatologia/86/aragarcas-go>. Acesso em: 06 dez. 2017.

12/02/2012, 12/05/2012, 12/08/2012, 12/11/2012

4. CONCLUSÕES

O crescimento vegetativo do capim-Marandu foi influenciado pelas doses de N e de P, sendo as doses de N mais significativas na recuperação do mesmo.

REFERENCIAS

ALEXANDRINO, E; VAZ, R. G. M. V.; SANTOS, A. C. **Características da brachiaria brizantha cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio**. Biosci. J. Uberlândia, v. 26, n. 6, p.886-893. 2010. Disponível em:

<<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7226/6608>>

Acesso em: 06 dez. 2017.

ANDRADE, R. P.; Leite, G. G. **Pastagens na região dos cerrados**. Informe Agropecuário, 13 (153):26-39. 1988.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. **Nutrição mineral de plantas**. SBCS. Viçosa, (ed. FERNANDES, M. S.). 2006.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. **Produção de brachiaria brizantha e panicum maximum com milho e adubação nitrogenada**. Archivos de Zootecnia. 2009. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922009000200006&lng=es&tlng=pt> Acesso em: 05 dez. 2017.

BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; BERGAMASCHINE, A. F.; FABRICIO, J. A. **Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.32, n.5, p.1629-1636. 2008.

BENÍCIO, L. P. F.; LIMA, S. O.; SANTOS, V. M. **Avaliação da aplicação de diferentes doses de rejeito de rocha fosfática no desenvolvimento do Capim Piatã na ausência e presença de calagem.** Magistra, Cruz das Almas, BA, v. 25, n. 3/4, p.221-234. 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária - Safra 2015/2016: Produtos de Verão.** Companhia Nacional de Abastecimento, v.3. Brasília: Conab. 2015.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. **Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p.192-199. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352010000100026&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 05 dec. 2017.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E. C. **Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. I- Alterações nas características químicas do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p.1591-1599. 2008.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, M. A. **Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu.** Cienc. Animal Brasileira, v. 10, p.115-123. 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/3127/4579>> Acesso em: 05 dez. 2017.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação.** 4. ed. reimp. Belém, PA. 2011.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2014. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402). Disponível em: <<http://bit.ly/1v0USg3>> Acesso em: 03 dez. 2017.

DUARTE, A. L. M. **Efeito da água sobre o crescimento e o valor nutritivo das plantas forrageiras.** Pesquisa & Tecnologia, v.9, p.1-6. 2012.

DUTRA, J. E. **Recuperação de Pastagem Degradada com Tratamentos Físicos-Mecânicos Associados aos Tratamentos Químicos.** Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente. Vol. XII, Nº14, p.371-383. 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR: **Sistema de análise de variância**. Versão 4.6. Lavras: UFLA/DEX. 2003.

FREITAS, T. F. S.; SILVA, P. R. F.; MARIOT, C. H. P.; MENEZES, V. G.; ANGHINONI, I.; BREDEMEIER, C.; VIEIRA, V. M. **Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura**. Scientia Agrícola. 2008.

GUEDES, E. M. S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, E. V.; GAMA, M. A. P.; SILVA, A. L. P. **Fosfato natural de Arad e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizantha* em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia**. Revista Ciência Agrária, Belém, n. 52, p.117-129. 2009. Disponível em: <<http://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/129>> Acesso em: 06 dez. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006: Brasil, Grandes regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro, RJ. 2006. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf> Acesso em 03 dez. 2017.

IEIRI, A. Y.; LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. **Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com brachiaria**. Ciência e Agrotecnologia, v. 34, p.1154-1160. 2010.

MORAIS, R. V.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JR. D.; FAGUNDES, J. L.; MOREIRA, L. M.; MISTURA, C.; MARTUSCELLO, J. A. **Demografia de perfilhos basilares em pastagens de *Brachiaria decumbens* adubada com nitrogênio**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 2, p.380-388. 2006.

PATÊS, N. M. S.; PIRES, A. J. V.; SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C.; CARVALHO, G. G. P.; FREIRE, M. A. L. **Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, n. 6, p.1736-1741. 2007.

REZENDE, A. V.; LIMA, J. F.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; CARVALHO, M.; FARIA JUNIOR, D. C. N. A.; BARBOSA, L. A. **Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada**. Revista Agrarian, v. 4, n. 14, p.335-343. 2011.

RODRIGUES, L. R. de A.; QUADROS, D. G.; RAMOS, A. K. **Recuperação de Pastagens Degradadas**. In: SIMPÓSIO PECUÁRIA-PERSPECTIVA PARA O III MILÊNIO, 1. Pirassununga. Anais. Pirassununga: FZEA. 2000.

SANTINI, J. M. K.; BUZETTI, S.; GALINDO, F. S.; DUPAS, E.; COAGUILA, D. N. **Técnicas de manejo para recuperação de pastagens degradadas de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk).** Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, v. 72, n. 4, p.331-340. 2015. Disponível em: <<http://189.126.110.61/bia/article/view/28943/30588>>. Acesso em: 05 dec. 2017.

SANTOS, L. C.; BONOMO, P.; SILVA, V. B.; PATÊS, N. M. S.; SILVA, C. C. F.; PIRES, A. J. V. **Características morfológicas de braquiárias em resposta a diferentes adubações.** Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 31, n. 1, p.221-226. 2009.

SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; BERNARDES, T. F. **Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu.** Revista Ciência. 2013.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. **Degradação, Recuperação e Renovação de Pastagens.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/951322/degradacao-recuperacao-e-renovacao-de-pastagens>>. Acesso em 03 dez. 2017.

ABSTRACT: Given the growing environmental constraints against the deforestation as a counterpoint to the growing world demand for animal protein, the recovery of degraded pastures is the main alternative for the expansion of animal production to pasture. The objective of this study was to evaluate the recovery of degraded pastures of *Brachiaria brizantha* grass using rates of nitrogen (N) and phosphorus (P). The experiment was conducted in the experimental field of the Federal University of Mato Grosso - Barra do Garças (CUA/UFMT), during one year. A randomized block design with three replicates was used, following a 3x3 factorial with three doses of two nutrients (N and P): 0, 40 and 80 kg ha⁻¹ of N and 0, 50 and 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅, with three replicates. Each plot consisted of a total area of 20.0 m² (4x5m) and a 12 m² area (3x4m), totalizing 27 plots. Every 90 days the vegetative growth characteristics were evaluated as: plant height and dry matter mass production, totaling four cuts in the grass. After each cut, the aerial part was separated into: FE (expanding leaf), LR (newly expanded leaf blade), LM (Ripe leaf blade) and C + B (stem plus sheath). *Brachiaria brizantha* grass productivity, that is, dry mass production and height were influenced by N and P. N rates were more responsive in the recovery of degraded *Brachiaria* grass pasture when compared to P.

KEYWORDS: Phosphate fertilization, nitrogen fertilization, soil fertility, yield.

CAPÍTULO XIX

DIVERSIDADE METABÓLICA DA COMUNIDADE BACTERIANA DA RIZOSFERA DE PLANTAS DE MILHO INOCULADAS COM *AZOSPIRILLUM* SP

**Denise Pacheco dos Reis
Lívia Maria Ferraz da Fonseca
Talita Coeli D'Angelis de Aparecida Ramos
Christiane Abreu de Oliveira Paiva
Lauro José Moreira Guimarães
Ivanildo Evódio Marriel**

IDADE METABÓLICA DA COMUNIDADE BACTERIANA DA RIZOSFERA DE PLANTAS DE MILHO INOCULADAS COM *AZOSPIRILLUM SP*

Denise Pacheco dos Reis

Universidade Federal de São João del Rei, Laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo/Embrapa Sete Lagoas.

Sete Lagoas – MG

Lívia Maria Ferraz da Fonseca

Universidade Federal de São João del Rei, Laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo/Embrapa Sete Lagoas.

Sete Lagoas – MG

Talita Coeli D'Angelis de Aparecida Ramos

Universidade Federal de São João del Rei, Laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo/Embrapa Sete Lagoas.

Sete Lagoas – MG

Christiane Abreu de Oliveira Paiva

Embrapa Milho e Sorgo, Laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo/Embrapa Sete Lagoas

Sete Lagoas – MG

Lauro José Moreira Guimarães

Embrapa Milho e Sorgo, Núcleo de Recursos Genético e Geração de Cultivares/Embrapa Sete Lagoas

Sete Lagoas – MG

Ivanildo Evódio Marriel

Embrapa Milho e Sorgo, Universidade Federal de São João del Rei Laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo/Embrapa Sete Lagoas

Sete Lagoas – MG

RESUMO: O inoculante a base de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* tem sido utilizado na cultura do milho como alternativa para economia de nitrogênio e redução de custos da produção agrícola. Por este motivo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes métodos de aplicação de inoculante com *Azospirillum brasilense* sobre o perfil metabólico da comunidade microbiana da rizosfera de plantas de milho. Foram testados os seguintes tratamentos: sete métodos de aplicação de inoculante (no sulco; semente; via foliar aos 10 dias após a germinação (DAG); sulco + via foliar 20 DAG; semente + via foliar aos 20 DAG; via foliar aos 10DAG e 20DAG; e sem inoculante) e três doses de Nitrogênio (N) em cobertura (0, 40 e 80 kg.ha⁻¹ N). Amostras de solo rizosférico foram coletadas no estágio de florescimento, e a diversidade metabólica foi medida através de microplacas com 31 substratos de carbono (Biolog Ecoplate). Os resultados obtidos mostram efeitos significativos para métodos de aplicação de inoculante e dose de N aplicada. Também foram verificadas diferenças na utilização de grupos de carbono e preferências por fontes, indicando que padrão de utilização de fontes de carbono é afetado pela dose de N usada e pelo método de

aplicação de inoculantes contendo *Azospirillum*. Dois grupos de substratos apresentaram-se mais utilizados preferencialmente na rizosfera de plantas de milho, independente da inoculação, a saber: carboidratos e ácidos carboxílicos, e tiveram como fontes de carbono d-celobiose, d-lactose, arginina, asparagina, teorina, ácido pirúvico e glicerolfosfato.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, biofertilizantes, produção agrícola.

1-INTRODUÇÃO

A aplicação de inoculantes em diferentes culturas tem se tornado cada vez mais atraente, uma vez que irá reduzir substancialmente o emprego de fertilizantes e pesticidas industriais (BERG, 2009, HUNGRIA et al., 2010). Entre os diferentes gêneros usados para a inoculação encontra-se o *Azospirillum*, que possui destaque, estando entre os mais estudados e divulgados (BASHAN & HOLGUIN, 1997). O milho está entre as plantas agrícolas sobre as quais tem se empregado o uso de biofertilizantes, a fim de suprir e minimizar a alta quantidade de nitrogênio exigida para se obter elevadas produções.

As diferentes práticas de manejo e uso da terra podem influenciar de forma significativa a comunidade microbiana do solo (RÖESCH et al. 2007). Todavia, pouco se sabe sobre os impactos da inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* sobre a estrutura e a função da comunidade microbiana autóctone do solo.

A utilização de microrganismos e processos microbianos para avaliar alterações no ambiente edáficos se justifica pela capacidade que a microbiota possui em responder prontamente às mudanças no solo (STENBERG, 1999). Bactérias apresentam versatilidade no metabolismo de N e de Carbono (C). Como fontes de C, elas têm preferência pelos ácidos orgânicos como malato, piruvato e succinato, sendo também utilizadas frutose e glucose (QUADROS, 2009). A diversidade metabólica dessas bactérias medida por diferentes fontes de carbono tem se tornado uma ferramenta útil para o monitoramento das mudanças ambientais.

O sistema biológico, que utiliza microplacas GN2, introduzido inicialmente para identificação de bactérias gram-negativas, tem sido utilizado para caracterização de bactérias através de *fingerprints* metabólicos gerados pelo padrão de utilização de diferentes substratos de carbono (GARLAND & MILLS, 1991; ZAK et al., 1994; GARLAND 1997).

O princípio deste método consiste na habilidade de um microrganismo utilizar e oxidar uma quantidade pré-selecionada de diferentes fontes de carbono. A utilização de cada substrato é detectada pela redução do tetrazolium, que produz uma cor púrpura característica (BRADLEY et al., 2006; GARLAND & MILLS, 1991; KONOPKA et al., 1998).

Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes métodos de aplicação de inoculante com *Azospirillum brasilense* sobre o perfil metabólico da comunidade microbiana da rizosfera de plantas de milho.

2-MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de solo

Amostras de solo rizosférico foram coletadas de híbridos de milho BRS 1055 cultivadas em latossolo vermelho distrófico, durante o estágio de florescimento em área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG. As plantas de milho foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* pertencente à coleção de microrganismos da Embrapa Milho e Sorgo, preparado de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2012), e aplicado através de sete métodos de aplicação de inoculante (no sulco; semente; via foliar aos 10 dias após a germinação (DAG); sulco + via foliar 20 DAG; semente + via foliar aos 20 DAG; via foliar aos 10DAG e 20DAG; e sem inoculante) e três doses de N em cobertura (0, 40 e 80 kg.ha⁻¹ N), em blocos casualizados, com parcela subdividida e quatro repetições.

Diversidade funcional de bactérias

A determinação da diversidade funcional bacteriana foi realizada através da metodologia descrita por Zak et al. (1994). Amostras de 5 g de solo foram suspendidas em 90 mL de solução salina (0,85% NaCl) e agitadas por 30 min. Cerca de 5 mL dessa suspensão foi centrifugada a 1.900 g, durante 15 min. Alíquotas de 120µL do sobrenadante foram transferidas para cada cavidade das placas EcoPlate (Biolog, Inc., Hayward, CA, EUA) que é composta por seis grupos de 31 substratos diferentes (ácidos carboxílicos, carboidratos, polímeros, aminoácidos, amidos), além do controle (cavidade sem substrato). As placas foram incubadas no escuro durante 5 dias, com realização de leituras no intervalo de 24, 48, 72 e 96 horas em um espectrofotômetro leitor de placas, em 590 nm, no qual foi medido o desenvolvimento da cor pela oxidação de substratos durante a respiração dos microrganismos. Utilizou-se a leitura de 72 horas para cálculos componentes da diversidade funcional.

Os componentes da diversidade funcional, atividade total, diversidade metabólica e índice de Shannon (H) foram estimados de acordo com Zak et al. (1994). Os valores da atividade total foram transformados utilizando-se a média das leituras dos 31 substratos de cada amostra e repetição por AWCD (Average Well Colour Development), por meio da divisão da atividade de utilização dos substratos - leitura em absorbância (nm) da cor desenvolvida - em cada cavidade pelo valor médio da leitura da placa inteira (GARLAND; MILLS, 1991). Os valores acima de zero foram considerados como reação positiva, evidenciando a utilização de substratos, enquanto que os valores negativos, a ausência de uso do substrato.

Análise estatística

A análise de variância foi realizada a ($p < 0,05$) e o teste de regressão e comparação de médias foram realizadas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade para as características avaliadas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o aplicativo computacional Sisvar (2010), de acordo com o modelo estatístico $Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise da diversidade funcional da população bacteriana do solo, com base no desenvolvimento médio de cor (AWCD), índice de Shannon (H), riqueza de substrato (S), *Azospirillum*, buscou-se uma melhor compreensão de possíveis alterações na comunidade microbiana na rizosfera de plantas inoculadas com *Azospirillum* sob diferentes métodos de aplicação.

Observou-se que existem diferenças significativas ($p < 0,05$) para a dose de N aplicada, mostrando que a atividade de utilização de fontes de C pode ser influenciada pela dose de N aplicada.

Quando se analisaram os valores médios do padrão de utilização dos substratos (AWCD) das 31 fontes de carbono, através de seis grupos de carbono (ácidos carboxílicos, carboidratos, polímeros, aminoácidos, amidos), foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,01$), com uma maior utilização de carboidratos, seguidos de ácido carboxílico e os demais com utilização semelhante, independente dos métodos de inoculação e da disponibilidade de nitrogênio (Figura 1).

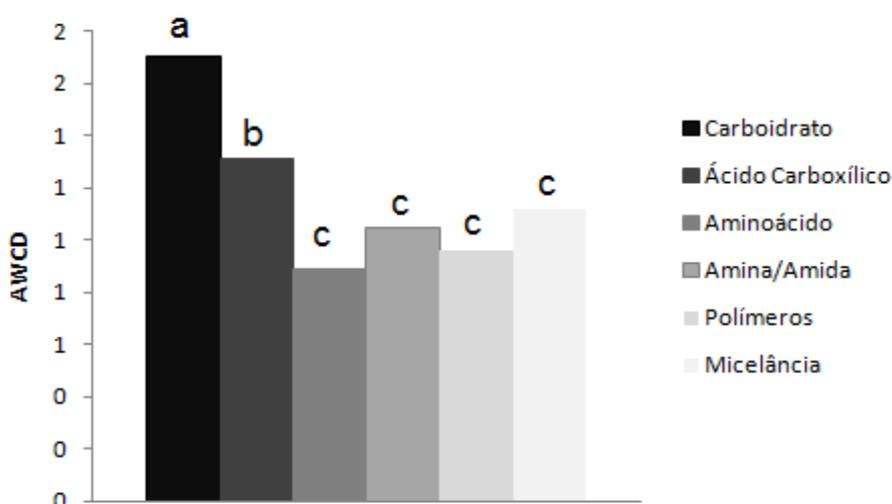


Figura 1- Agrupamento de fontes de carbono das placas de biologia Ecoplate. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% pelo teste de Scott Knott.

Vale salientar que, de modo geral, as interações métodos de inoculação e níveis de N foram também significativas, indicando que o carbono utilizado varia em função do inoculante e da dose de N aplicada.

Quando os grupos foram analisados em relação ao método de aplicação do inoculante, os valores de AWCD variaram entre 0,47 para aminoácido sem inoculação e 2,20 para carboidrato sem inoculante, apresentando diferenças significativas entre os grupos de carbono e inoculantes ($p < 0,01$). Dentro dos grupos carboidratos, aminoácidos e micelânias foram verificadas diferenças (Scott Knott-5%) em relação ao inoculante aplicado (Tabela 1).

	Ácido		Amina/			
	Carboidrato	Carboxílico	Aminoácido	Amida	Polímeros	Micelância
Sulco	1.84a	1.19a	0.50b	0.81a	0.89a	0.92b
Semente	1.46b	1.09a	0.94a	1.48a	1.27a	1.10b
Pulverização 10DAG	1.20b	1.41a	1.17a	0.92a	1.19a	0.98b
Sulco +Puv 20DAG	1.75a	1.42a	0.82a	0.86a	1.09a	1.05b
Semente +Puv 20DAG	1.44b	1.10a	1.30a	0.93a	0.84a	0.81b
Pulverização						
10DAG+20 DAG	1.82a	1.47a	1.05a	1.14a	1.32a	1.27a
Sem inoculante	2.2a	1.48a	0.47b	1.18a	1.22a	1.44a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

Tabela 1- Padrão de utilização de substratos de carbono (AWCD) de diferentes grupos de carbono em relação ao métodos de aplicação de inoculantes

A avaliação da utilização de fontes dentro de cada grupo também apresentou diferenças significativas para carboidratos, com a seguinte ordem de preferência: d-celobiose > d-lactose > methylglucose > acetilglucosamida > d-xylose > erythritol > manitol. Dentre os aminoácidos, observou-se maior utilização de -arginina > asparagina > teorina > fenilalanina > serina > ácido glutâmico. Por fim, para a micelânias, observou-se a ordem: ácido pirúvico > glicerolfosfato > glifosfato (Figura 2).

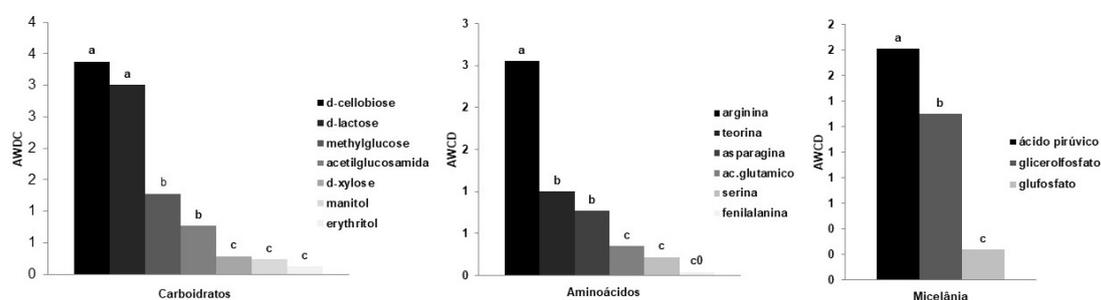


Figura 2- Padrão de utilização de substratos de carbono (AWCD) de cada grupo de fontes de carbono independente do inoculante e da dose de N aplicada. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% pelo teste de Scott Knott.

A análise de AWCD para a interação de grupo x nitrogênio x dose apresentou menor valor (0,03) no grupo dos aminoácidos na dose 0 e o maior (3,25) no grupo de carboidratos na dose de 40 Kg.ha⁻¹. Diferenças significativas (p<0,05) foram observadas e, de acordo com o teste de Scott Knott a 5%, os carboidratos, os aminoácidos e os polímeros apresentaram diferenças em relação ao método de aplicação de inoculante e à dose de 40Kg.ha⁻¹. A amina e a micelânia apresentaram diferenças somente na dose 40Kg.ha⁻¹ e os aminoácidos não apresentaram diferenças.

As mudanças no perfil funcional da comunidade microbiana na rizosfera de plantas de milho nesse trabalho em relação à AWCD podem ser explicadas pela diversidade genética, pelos efeitos ambientais na expressão gênica e pelas interações ecológicas entre as diferentes populações (ZAK et al. 1994).

A diversidade verificada através do índice de Shannon (H) apresenta valores que podem variar de 0 a 4 (ZAK et al. 1994). O índice de Shannon (H), que representa a diversidade de espécies, nesse trabalho, apresentou variações de 2,85 a 3,23, indicando que existe a presença de grande diversidade na utilização dos 31 substratos de fontes de carbono, porém não foi afetado significativamente pelos tratamentos avaliados.

A presença dessa diversidade sem efeitos significativos pode estar relacionada à presença do inoculante e não à dose de N aplicada, que, conforme relatado por Lupwayi et al. (2010), ao avaliarem o efeito da adubação nitrogenada com ureia, esta pode ter efeitos significativos sob a diversidade de Shannon em Sistemas de Plantio Direto e convencional nas comunidades bacterianas. Estes autores relataram diferenças em relação às áreas adubadas com ureia e ao controle sem essa adubação nitrogenada.

Quanto à utilização dos substratos (S), os valores foram de 18 a 28, com utilização que pode ser considerada alta. Esses parâmetros não foram influenciados pelo método de inoculação e doses de N.

Os microrganismos do solo apresentam alta diversidade metabólica característica que as tornam versáteis para ocupar diversos nichos ecológicos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2007).

4-CONCLUSÕES

O padrão de utilização de fontes de carbono é afetado pela dose de N e pelo método de aplicação de inoculantes a base de *Azospirillum*. Os dois grupos de substratos utilizados preferencialmente na rizosfera de plantas de milho, independente da inoculação, são carboidratos e ácidos carboxílicos e as fontes de carbono são d-celobiose, d-lactose, arginina, asparagina, teorina, ácido pirúvico e glicerolfosfato.

5-AGRADECIMENTOS

À Capes pela concessão da bolsa, à FAPEMIG, CNPq, Embrapa Milho e Sorgo e UFSJ, pela infraestrutura e recursos financeiros para a execução do trabalho.

REFERÊNCIAS

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum- plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 103-121, 1997.

BERG G. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 84, p. 11-18, 2009.

BRADLEY, R.L; SHIPLEY, B.; BEAULIEU, C. Refining numerical approaches for analyzing soil microbial community catabolic profiles based on carbon source utilization patterns. **Soil Biol. Biochem.**, v. 38, p. 629-632, 2006.

GARLAND, J. L. Analysis and interpretation of community-level physiological profiles in microbial ecology. **Federation of European Microbiological Societies, Microbiology Ecology**, v. 24, p. 289-300, 1997.

GARLAND, J.L.; MILLS, A. L. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon-source utilization. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, p. 2351-2359, 1991.

HUNGRIA, M; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil** (Print), v. 331, p. 413-425, 2010.

KONOPKA, A.; OLIVER, L.; URCO Jr., R.F. The use of carbon substrate utilization patterns in environmental and ecological microbiology. **Micro. Ecol**, v. 35, p. 103-115, 1998.

LUPWAYI, N.Z.; GRANT, A. C.; SOON, Y, K.; CLAYTON; G. W.; BITTMAN, S.; MALHI, S. S.; ZEBARTH, B, J.; Soil microbial community response to controlled-release urea fertilizer under zero tillage and conventional tillage. **Applied Soil Ecology**, v. 45, p. 254-261, 2010.

OLIVEIRA, C. A.; GOMES, E. A.; MATTOS, B. B.; TEIXEIRA, J. A. de M.; CRISTELLI, E. A.; DIAS, F. E. S.; BARACHO, A. de O.; MARRIEL, I. E. Utilização de bioinoculantes para

cultivo de milho (*Pennisetum glaucum*) com fontes naturais de fosfato. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola: **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.

QUADROS, P. D. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul.** 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009.

RÖESCH.; FULTHORPE, R. R.; RIVA, A.; CASELLA, G.; HADWIN, A. K.; KENT, A. D.; DAROUB, S. H.; CAMARGO, F. A.; FARMERIE, W. G.; TRIPLETT, E. W.; Pyrosequencing enumerates and contrasts soil microbial diversity. **ISME J.** v 1(4), p. 283-290, 2007.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbial indicators. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B- Plant Soil Science**, London, v. 49, p.1-27, 1999.

ZAK, J. C.; WILLIG, D. L.; WILDMAN, H. G. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. **Soil Biol. Biochem**, v. 26, p.1101-1108, 1994.

ABSTRACT: The inoculant based on diazotrophic bacteria of the genus *Azospirillum* has been used in the maize crop as an alternative for nitrogen saving and reduction of costs of agricultural production. Thus, this study aimed to evaluate the influence of different methods of application of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the metabolic profile of the microbial community of the rhizosphere of maize plants. The following treatments were tested: seven methods of application of inoculant (in the furrow, seed, foliar via at 10 days after germination (DAG), furrow + foliar via 20 DAG, seed + foliar via at 20 DAG, foliar via at 10DAG and 20DAG, and without inoculant) and three Nitrogen (N) doses in coverage (0, 40 and 80 kg.ha⁻¹ N). Rhizospheric soil samples were collected in the flowering stage, and the metabolic diversity was measured through microplates with 31 carbon substrates (Biolog Ecoplate). The results showed significant effects for methods of inoculant and N dose application. We observed differences in the use of carbon groups and preferences by sources, which indicates that the pattern of carbon source utilization is affected by the N dose used and by the application method of inoculants containing *Azospirillum*. Two groups of substrates were used preferentially in the rhizosphere of maize plants, regardless of inoculation, namely: carbohydrates and carboxylic acids. They had as carbon sources d-cellobiose, d-lactose, arginine, asparagine, pyruvic acid and glycerol phosphate.

KEYWORDS: Sustainability, biofertilizers, agricultural production.

CAPÍTULO XX

EFEITO DA COMPACTAÇÃO NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO APÓS O DESENVOLVIMENTO DE CULTURAS DE COBERTURA NO SUL DO AMAZONAS

**Romário Pimenta Gomes
Anderson Cristian Bergamin
Milton César Costa Campos
Laércio Santos Silva
Vinicius Augusto Filla
Anderson Prates Coelho**

EFEITO DA COMPACTAÇÃO NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO APÓS O DESENVOLVIMENTO DE CULTURAS DE COBERTURA NO SUL DO AMAZONAS

Romário Pimenta Gomes

Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Solos e Adubos
Jaboticabal – São Paulo

Anderson Cristian Bergamin

Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Departamento de Agronomia
Porto Velho – Rondônia

Milton César Costa Campos

Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Departamento de Agronomia
Humaitá – Amazonas

Laércio Santos Silva

Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Solos e Adubos
Jaboticabal – São Paulo

Vinicius Augusto Filla

Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Pós-graduação em Produção Vegetal
Jaboticabal – São Paulo

Anderson Prates Coelho

Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Pós-graduação em Produção Vegetal
Jaboticabal – São Paulo

RESUMO: Os problemas de compactação em solos intensamente manejados têm sido comumente mitigados com uso de plantas de cobertura. Com o propósito de avaliar os efeitos da compactação nos atributos físicos de um Cambissolo Háplico Alítico plântico, após o desenvolvimento de diferentes culturas de cobertura, foi realizado um delineamento experimental em blocos casualizados, com esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de duas espécies de leguminosas: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), estilosantes Campo Grande (*Estilosantes capitata* + *Estilosantes macrocephala*) e uma gramínea, braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), submetidos à compactação: PC - Preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8 - preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas. O preparo convencional com compactação adicional não afeta significativamente os atributos físicos na profundidade 0,10 - 0,20 m, e apenas a umidade do solo não difere com preparo do solo, independente da profundidade e da planta de cobertura. Níveis de tráfego a partir de quatro passadas resultam no aumento da densidade do solo e macroporosidade na camada 0,0 - 0,05 m, e resistência do solo à penetração e a porosidade total na camada até 0,10 m. O cultivo do estilosantes Campo Grande como planta de

cobertura proporciona maior proteção do solo no sistema sem e com adição da compactação.

PALAVRAS-CHAVE: mecanização; resistência mecânica à penetração; fitomassa aérea; multivariada.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da agricultura no estado de Rondônia, a nova fronteira agrícola poderá ser o sul do estado do Amazonas (GAMA-RODRIGUES, 2004). Considerando que a Amazônia tem clima e solos bastante específicos, existe a preocupação de que o uso das mesmas máquinas e tecnologias agrícolas seja usado nessa área, sem conhecimento suficiente para prever as consequências. Ainda pouco se sabe sobre os problemas relacionados à compactação do solo resultante das operações mecanizadas, realizadas em condições de umidade elevadas (BERGAMIN et al. 2010).

A caracterização dos efeitos dos sistemas de uso e manejo sobre a degradação e qualidade física do solo é de suma importância (MARTINKOSKI et al., 2017), podendo ser avaliada pela estabilidade de agregados (GOMES et al., 2017), densidade do solo, macro e microporosidade, resistência à penetração e infiltração da água no solo (VASCONCELOS et al., 2012; 2014). A maior parte dos estudos sobre degradação na Amazônia se refere apenas à retirada da cobertura florestal (desflorestamento), não computando as alterações oriundas dos cultivos agrícolas, principalmente quando se observa as áreas de fisionomia savânica (cerrados), que apresentam grandes extensões na região do município de Humaitá-AM.

Estudos como os de Rosa et al. (2017), conduzidos em diferentes coberturas vegetais, têm demonstrado os efeitos benéficos proporcionados pelos diferentes tipos de cobertura e de seus resíduos deixados sobre o solo. Esses efeitos ocorrem nos atributos químicos e físicos do solo e no rendimento das culturas que posteriormente são cultivadas. Isto, porque, as plantas de cobertura alteram a agregação do solo pela ação mecânica das raízes ou pela excreção de substâncias com ação cimentante e, indiretamente, fornecendo nutrientes à fauna do solo (SOUZA NETO et al., 2008). Teodoro et al. (2011) consideram primordial estudar a resposta das leguminosas às condições edafoclimáticas em regiões escassas de informação, para escolha da planta de cobertura usada, aumentando as chances de êxito de sua implantação.

De acordo com Valadão et al. (2015) as gramíneas parecem ter suas características afetadas com maior intensidade, quando sujeitas a compactação. Entretanto Salton et al. (2008) mencionam que estas, por apresentarem sistema radicular fasciculado, têm tendências a serem eficientes em melhorar e manter a estrutura do solo em relação às espécies vegetais com sistema radicular pivotante, mesmo em sistemas de cultivos anuais com revolvimento do solo, onde o sistema radicular é renovado constantemente. Desse modo, são necessárias maiores observações em diferentes condições regionais, a fim de se obter respostas mais completas e sólidas, para melhor tomada de decisão na sua aplicação.

Tentativas empíricas e científicas para execução do sistema de plantio direto na região amazônica, com espécies anteriormente utilizadas em outras regiões brasileiras enfrentaram baixa produção de resíduos de culturas e baixa qualidade de resíduos como obstáculos principais (TEIXEIRA et al., 2014). Assim, o sucesso na implementação depende inteiramente da identificação de culturas de cobertura com potencial para produzir grande quantidade de resíduos duráveis e capaz de suportar altas temperaturas e umidade desta região (SILVA & ROSOLEM, 2008; TEIXEIRA et al., 2014).

As alterações nos atributos físicos do solo em virtude do seu não revolvimento e tráfego contínuo de máquinas pesadas em solo com umidade elevada são frequentes (FREDDI et al., 2007; BERGAMIN et al., 2010). No entanto, processos que envolvem o manejo de plantas de cobertura submetidas às variações ambientais, especificamente a compactação do solo, devem ser mais abordados, principalmente seus efeitos e suas relações com os atributos físicos do solo, buscando um entendimento da dinâmica solo-planta em áreas estruturalmente alteradas. Diante disso, o propósito do estudo é avaliar o efeito dos diferentes estados de compactação induzida por tráfego de trator nos atributos físicos de um Cambissolo Háplico após o desenvolvimento de diferentes culturas de cobertura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal do Amazonas, no município de Humaitá, AM (7° 30' 24" S e 63° 04' 56" W), no ano agrícola de 2011/2012. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso, apresentando um período seco de pequena duração (Am) com umidade relativa do ar entre 85 e 90%. Os dados de temperatura e precipitação pluvial no período de realização do experimento se encontram na Figura 1.

O experimento foi instalado em um Cambissolo Háplico Alítico plíntico (CAMPOS, 2009), de textura franco – argilo – siltosa, com 320 g kg⁻¹ de argila, 600 g kg⁻¹ de silte e 80 g kg⁻¹ de areia, obtidos pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

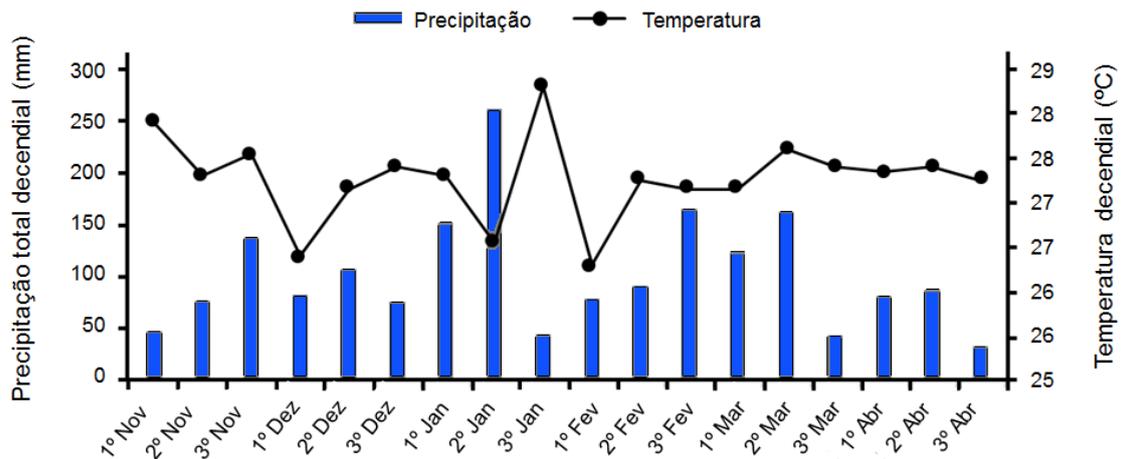


Figura 1. Precipitação pluvial total e temperatura média do ar em cada decêndio na área experimental, no período de novembro de 2011 a abril de 2012.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, sendo avaliados três estados de compactação: PC - Preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8 - preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente (Figura 2). A indução à compactação do solo foi realizada em novembro de 2011, dois dias após intensa precipitação pluvial, quando o solo possuía um conteúdo de água de $0,28 \text{ kg kg}^{-1}$ na camada de 0,0-0,20 m. Foi utilizado um trator agrícola BX 6150 (140 cv), com rodado de pneus diagonais e massa total de 6 Mg, com pressão de inflação de 124 kPa nos pneus dianteiros (14.9-28 R1) e 137 kPa nos pneus traseiros (23.1-30 R1).

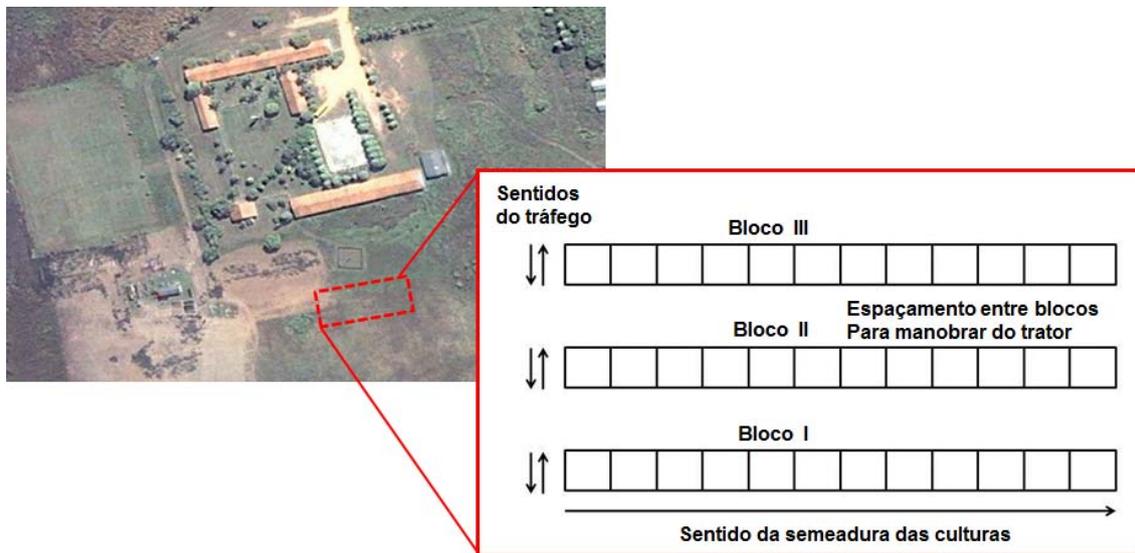


Figura 2. Croqui dos blocos da área experimental ilustrando o sentido do tráfego do trator.

A compactação foi realizada por meio da passagem dos rodados deste trator, perfazendo toda a superfície da parcela de forma que os pneus comprimissem áreas paralelas entre si. O número de vezes que o trator trafegou,

variou conforme o tratamento, sendo que o tráfego foi sobreposto ao anterior de forma que toda área de cada parcela fosse trafegada com número igual de vezes.

A semeadura das culturas cobertura foi efetuada no dia 2 de fevereiro de 2012, sendo estas: crotalária (*Crotalaria juncea*, L.), estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) e braquiária (*Urochloa brizantha*). As leguminosas e gramíneas foram cultivadas em parcelas de 5 m de comprimento e 4 m de largura, perfazendo uma área total de 20 m², semeadas com auxílio de semeadora na densidade indicada para cada espécie (crotalária = 30 kg ha⁻¹, estilosantes Campo Grande = 3,0 kg ha⁻¹ e braquiária = 6,0 kg ha⁻¹), com espaçamento nas entrelinhas de 0,33 m. O sulcador do solo da semeadora foi retirado para não eliminar os possíveis efeitos negativos da compactação, utilizando somente o disco de corte do dosador de sementes. As culturas foram mantidas livres de competição por meio de aplicação de herbicidas e não receberam adubação mineral.

Para a avaliação da emergência, foram feitas contagens de emergência de plântulas normais diariamente, até a estabilização de todas as repetições, que no caso foram 17 dias após a emergência. A altura das plantas de cobertura foi feita no período de florescimento, medindo desde a superfície do solo até a extremidade da planta, de forma representativa e aleatória na parcela. Para a determinação da massa fresca e seca das plantas de cobertura coletou-se toda a parte aérea das plantas no início do florescimento em uma área de 0,5 m² (1,0 m x 0,5 m), amostrando-se de forma aleatória. O material foi pesado e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante para determinação da massa seca da parte aérea. Os resultados foram extrapolados para um hectare e apresentados em Mg ha⁻¹.

Foram realizadas duas amostragens na área experimental, a primeira no ano de 2011 (Tabela 1) e a segunda no ano de 2012, quando as culturas de cobertura estavam em pleno florescimento. Foram coletadas duas amostras por camada para as determinações da densidade do solo (Ds), umidade do solo (Us), resistência do solo à penetração (RP) e porosidade do solo (macro, micro e total). Foram coletadas amostras com estrutura preservada em cilindros metálicos com 4,0 cm de altura e 4,05 cm de diâmetro, nas camadas de: 0,0 - 0,05 m, 0,05 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m. Em seguida, as amostras foram saturadas gradativamente até atingir aproximadamente 2/3 da altura do anel. Após a saturação ter sido estabelecida, as amostras foram submetidas à tensão de -6 kPa, para a determinação da microporosidade, macroporosidade e porosidade total pelo método da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997).

Tratamento ⁽¹⁾	Ds	RSP	Uv	Pt	Macro	Micro
	Mg m ⁻³	MPa			m ³ m ⁻³	
Braquiária						
PC	1,29	0,88	0,34	0,53	0,12	0,42
PCc4	1,41	1,87	0,30	0,50	0,09	0,42
PCc8	1,49	1,68	0,31	0,50	0,07	0,43
Crotalária						

PC	1,40	0,84	0,29	0,49	0,09	0,40
PCc4	1,43	1,60	0,30	0,49	0,08	0,42
PCc8	1,44	1,73	0,30	0,51	0,08	0,42
Estilosantes						
PC	1,34	0,92	0,32	0,52	0,10	0,42
PCc4	1,44	1,52	0,29	0,50	0,08	0,41
PCc8	1,43	1,71	0,31	0,51	0,08	0,43

Ds = densidade do solo, RSP = resistência do solo à penetração, Uv = umidade volumétrica do solo, Pt = porosidade total, Macro = macroporosidade e Micro = microporosidade. ⁽¹⁾ PC: preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8: correspondem a preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização física da área experimental no município de Humaitá/AM no período de 2011, na camada de 0,0 m - 0,20 m, antes do cultivo das culturas de cobertura.

Quando as amostras atingiram o equilíbrio na referida tensão foi medida a resistência do solo à penetração, utilizando um penetrômetro eletrônico com velocidade constante de penetração de 1 cm min⁻¹ com diâmetro de base de 4 mm e semi-ângulo de 30° desenvolvido por Serafim et al. (2008). No centro geométrico de cada amostra foi introduzida a haste de penetração. As leituras obtidas nos 5 mm superiores e inferiores da amostra foram descartadas, visando eliminar o efeito da periferia da amostra. A frequência de leituras de resistência à penetração correspondeu à coleta de um valor a cada 0,25 segundos, obtendo-se um total de 800 leituras por amostra, das quais um valor médio foi utilizado. Após a determinação da resistência do solo à penetração, as amostras foram levadas à estufa a 105 - 110 °C por 48 h, obtendo-se umidade volumétrica e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, foi aplicado o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias. Após a padronização das variáveis com média nula e variância unitária ($\mu = 0$, $\sigma = 1$), os dados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP). O critério adotado para a escolha do número de componentes foi pela seleção daquelas que apresentaram autovalores acima de 1,00, de acordo com critério proposto por Kaiser (1958) e que conseguiram sintetizar uma variância acumulada acima de 70% (HAIR et al., 2009). Esta análise foi processada com auxílio do programa Statistica 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compactação do solo exercida pelo trator aumentou a densidade (Ds) e resistência do solo à penetração (RSP), resultando na redução do conteúdo de umidade (U), macroporosidade (Macro) e porosidade total do solo (Pt) (Tabela 2 e 3). A umidade do solo foi o único atributo que não apresentou diferença de médias entre as passadas de trator, camadas e plantas de cobertura (Tabela 2). Por outro lado, os atributos Ds e RSP revelaram comportamento mais variável, diferindo estatisticamente a depender das passadas, profundidades e cobertura. Destacou-

se a camada de 0,10 m - 0,20 m, onde o manejo não influenciou significativamente os atributos físicos avaliados.

De modo geral, a camada 0,0 - 0,05 m sofreu maior influência em relação às camadas 0,05 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m (Tabela 2). Essa mesma observação foi apontada no estudo de Andrade et al. (2009), na determinação do efeito de culturas de cobertura crotalária e estilosantes na qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em plantio direto. As plantas de coberturas, em razão do hábito de crescimento de cada uma, participaram diferentemente na redução da Ds, sendo a braquiária e crotalária as coberturas responsáveis pelos menores valores de Ds 1,15 e 1,16 Mg m⁻³ respectivamente na camada 0,0 - 0,05 m, sem adição da compactação adicional. Por outro lado, a agressividade de exploração e uniformidade do sistema radicular do estilosantes, tipo fasciculada densa, minimizou o efeito negativo da compactação com PCc4 e PCc8. O comportamento mecânico do estilosantes aqui constado, valida sua contribuição de descompactante biológico do solo (NEGREIROS NETO et al., 2010; CASTAGNARA et al., 2013).

O efeito benéfico do estilosantes na promoção dos menores valores de Ds, em relação às demais plantas de cobertura e, em todas camadas avaliadas, corroboram com as investigações de Negreiros Neto et al. (2010). Os autores afirmam que a contribuição do estilosantes na descompactação do solo, conseqüentemente, na redução da Ds, deve-se ao seu hábito de crescimento vigoroso e sistema radicular profundo, podendo atingir até 1,5 m (CASTAGNARA et al., 2013). Os valores de Ds no preparo PCc4 e PCc8 corroboram os resultados de Bergamin et al. (2010), em que os autores não obtiveram diferença significativa nas camadas 0,10 - 0,15 m e 0,15 - 0,20 m do solo sob pressão de duas, quatro e seis passadas de trator.

Tratamento ⁽¹⁾	Densidade do solo (Mg m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	1,15 bB	1,16 bB	1,23 bB	1,38	1,35	1,36
PCc4	1,49 aA	1,48 aA	1,29 abB	1,44	1,39	1,37
PCc8	1,48 aA	1,49 aA	1,33 aB	1,44	1,40	1,38
CV (%)	2,87			1,00		
	0,10-0,20 m					
	Braquiária		Crotalária	Estilosante		
PC	1,43		1,41	1,41		
PCc4	1,41		1,41	1,41		
PCc8	1,42		1,42	1,40		
CV (%)	2,81					
	Umidade volumétrica (m ³ m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	0,30	0,28	0,28	0,30	0,29	0,28
PCc4	0,25	0,26	0,29	0,29	0,28	0,28
PCc8	0,28	0,21	0,29	0,29	0,29	0,28
CV (%)	10,31			7,38		
	0,10-0,20 m					
	Braquiária		Crotalária	Estilosante		

PC	0,28	0,28	0,28
PCc4	0,27	0,30	0,28
PCc8	0,29	0,30	0,34
CV (%)	8,45		
Resistência do solo à penetração (MPa)			
	Braquiária	Crotalária	Estilosante
	0,0-0,05 m		0,05-0,10 m
PC	0,96 bB	0,94 bB	1,06 bB
PCc4	2,60 aA	2,64 aA	1,35 abC
PCc8	2,53 aA	2,70 aA	1,53 aC
CV (%)	8,52		7,79
	0,10-0,20 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	1,87	1,77	1,76
PCc4	1,89	1,90	1,75
PCc8	1,96	1,90	1,80
CV (%)	12,20		

⁽¹⁾ PC: preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8: correspondem a preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente. Médias seguidas de mesma e minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Densidade do solo, Umidade volumétrica e resistência do solo á penetração em diferentes camadas e estados de compactação após o florescimento de três culturas de cobertura.

Os valores de RSP variaram de 0,94 – 3,26 Mpa, aumentando com o incremento da densidade do solo, condizente com os resultados de Reinert et al. (2008), ao avaliar a qualidade física de um Argissolo Vermelho cultivado sob plantio direto, após o cultivo de plantas de cobertura. Os valores de RSP registrados nas camadas de 0,0 – 0,05 m e 0,05 – 0,10 m aumentaram significativamente com a pressão exercida pelo tráfego do trator, nos tratamentos com PCc4 e PCc8, assumindo valores superiores a 3 Mpa na camada 0,05 – 0,10 m e, unicamente no solo sob braquiária (Tabela 2). Assim, os valores encontrados ligeiramente acima de 2 Mpa para crotalária e estilosantes e acima de 3 Mpa braquiária sinalizam condições limitantes ao crescimento radicular (COUTO et al., 2013; DEPERON JÚNIOR et al., 2016).

Na camada 0,10 – 0,20 m, indiferente do tipo de cobertura, os tratamentos (PC, PCc4 e PCc8) não diferiram entre si, e apresentou menores valores de RSP (1,75 e 1,96 Mpa) (Tabela 2). No estudo de Tavares Filho et al. (2001), foram encontrados valores de RSP superiores ao limite crítico, contudo, sem restrições ao desenvolvimento radicular (TAVARES FILHO et al., 2001). Já Andrade et al. (2013) consideraram valores de RSP $\geq 1,9$ Mpa indicadores de solos compactados, limitantes ao crescimento vegetativo. Esses conflitos permitem afirmar que a inferência da qualidade física do solo requer informações múltiplas das principais propriedades sensíveis ao manejo, por exemplo, espaço poroso do solo. Evitando, assim, conclusões equivocadas e manejo inadequado do solo.

Assim como não fora encontrada diferença significativa para os atributos Ds, U e RSP, na camada 0,10 - 0,20 m, o mesmo foi observado para os atributos Pt, Macro e Micro (Tabela 3). A Pt e Macro pouco foram afetadas na camada 0,0 – 0,05 m e 0,10 – 0,20 m no tratamento PC, comportamento condizente com os de

Bergamin et al. (2010) e que pode ser explicado na investigação de Camargo e Alleoni (2006). Para eles, a passagem do rodado à pressão de até 110 kPa não é suficiente para alterar a Pt e Macro na superfície do solo, considerando que a pressão do rodado exercida na superfície do solo é aproximadamente igual a pressão interna dos pneus. Kondo e Dias Junior (1999) verificaram que 183 kPa não foram capazes de compactar um Latossolo Vermelho muito argiloso, por essas pressões não excederem a capacidade de suporte do solo.

A compactação exercida pelos rodados do trator nos tratamentos PCc4 e PCc8 acarretou redução no volume total de poros nas camadas 0,0 – 0,05 m e 0,05 – 0,10 m, repercutindo abruptamente na redução da Macro (Tabela 3). Observa-se para Macro nos solos com quatro e oito passas não houve diferença estatística, indicando que o solo já conseguiu o máximo de redução dos macroporos. Contudo, a diferença apenas ocorreu entre as coberturas, evidenciando que estilosantes, braquiária e crotalária apresentam características biológicas específicas na qualidade física do solo (ANDRADE et al., 2009). Em termos quantitativos, exceto para o tratamento PC na camada 0,0 – 0,05 m e independente das plantas de cobertura, os valores de Macro induzidos pela compactação estão bem abaixo do valor considerado como crítico, isto é valor mínimo de aeração de 0,10 m³ m⁻³ necessário ao desenvolvimento radicular, preconizado por Gupta e Allmaras (1987).

Tratamento ⁽¹⁾	Porosidade total (m ³ m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	0,51 aB	0,48 aC	0,56 aA	0,50 aA	0,48 aB	0,50 aAB
PCc4	0,39 cC	0,44 bB	0,43 bB	0,46 bB	0,46 bB	0,49 abA
PCc8	0,41 bC	0,44 bB	0,41 cC	0,46 bCB	0,45 bC	0,47 bB
CV (%)	1,92			1,56		
	0,10-0,20 m					
	Braquiária		Crotalária	Estilosante		
PC	0,46		0,47	0,47		
PCc4	0,47		0,48	0,47		
PCc8	0,48		0,49	0,49		
CV (%)	2,79					
	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	0,17 aB	0,13 aC	0,22 aA	0,09	0,08	0,10
PCc4	0,5 bC	0,8 bB	0,7 bBC	0,06	0,07	0,09
PCc8	0,6 bBC	0,8 bB	0,5 bC	0,05	0,06	0,09
CV (%)	7,12			11,34		
	0,10-0,20 m					
	Braquiária		Crotalária	Estilosante		
PC	0,07		0,07	0,07		
PCc4	0,07		0,08	0,08		
PCc8	0,08		0,08	0,08		
CV (%)	21,47					
	Microporosidade (m ³ m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	0,33	0,34	0,33	1,38	1,40	1,35

PCc4	0,34	0,36	0,36	1,44	1,43	1,39
PCc8	0,34	0,36	0,35	1,44	1,44	1,40
CV (%)	2,25			1,00		
0,10-0,20 m						
	Braquiária	Crotalária		Estilosante		
PC	0,40	0,38		0,38		
PCc4	0,39	0,40		0,39		
PCc8	0,39	0,40		0,45		
CV (%)	3,02					

⁽¹⁾ PC: preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8: correspondem a preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente. Médias seguidas de mesma e minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Porosidade total (Pt), Macroporosidade (Macro), Microporosidade (Micro) em diferentes camadas e estados de compactação após o florescimento de três culturas de cobertura.

Verifica-se que, a partir de PCc8 os baixos valores de Macro tenderam a ser o mesmo, uniformem nas camadas 0,05 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m, em que não diferiram significativamente (Tabela 3). Esse comportamento coincidindo com os maiores valores de Ds e RSP indicam que a pressão exercida a partir de PCc8 levou a novo rearranjo das partículas do solo, atingindo a máxima compactação do solo. Os resultados permitem a interpretação que, sob essas condições mecânicas impostas pelo tráfego, as plantas de coberturas apresentam dificuldades de se desenvolver e perdem seu potencial de escarificadoras biológicas do solo (ANDRADE NETO et al., 2010; VILLA et al., 2017).

Nos diferentes tratamentos (PC, PCc4, PCc8 e coberturas) e camadas, a Micro não sofreu influência significativa da tensão exercida pelo tráfego do trator, mesmo com alterações na camada superficial da Pt e Macro (Tabela 3). O mesmo ocorreu no estudo de Valadão et al. (2015) no qual a aplicação de tráfego sobre Latossolo Vermelho amarelo distrófico, respectivamente, aumentou a RSP e a Ds, reduziu a Macro e não afetou a Micro, os autores explicam que isso é devido ao fato dos poros de menor tamanho manterem-se resistentes as mudanças impostas pelas tensões aplicadas acima da capacidade de suporte do solo.

No geral, a melhoria ou resiliência dos atributos físicos do solo as forças compactantes impostas pelos passadas dos rodados, ocorreu no solo sob as plantas de coberturas na seguinte ordem crescente: braquiária < crotalária < estilosantes. Todavia, a melhoria na qualidade física do solo imposta pelo estilosantes merece cautela, uma vez que muito depende da textura do solo. Os resultados de Negreiros Neto et al. (2010), ao avaliarem o potencial do estilosantes às forças compactantes, em um Neossolo Quartzarênico Órtico (9% de argila e 87% de areia) e um Argissolo Vermelho Escuro eutroférico (31% de argila e 61% de areia), concluíram que a *Stylosanthes* cv. Campo Grande contribuiu para redução da compactação em solo arenoso, como é caso do Neossolo. Comportamento esperado, já que a espécie é nativa de ambientes de Cerrado, predominado em solos arenosos e bem drenados (ANDRADE et al., 2010).

A compactação do solo exerceu influência sobre os parâmetros avaliados das culturas (Tabela 4). Segundo Modolo et al. (2011) isso ocorre porque a

compactação reduz a infiltração de água, temperatura e aeração do solo e, conseqüentemente, a emergência e o crescimento das plantas. A emergência das plantas sofreu uma redução de 16, 12 e 11% para a braquiária, crotalária e estilosantes, respectivamente no PCc4 em relação ao PC. Já com o PCc8 esse decréscimo foi de 23%, 39% e 12% para a braquiária, crotalária e estilosantes, respectivamente. Por sua vez, as culturas de cobertura não diferiram significativamente entre si na taxa de emergência de plantas. Considerando o maior porcentual de emergência, em média de 85% no stand do estilosantes, 82% da crotalária e 80% para braquiária, confirma o hábito de crescimento preferível em solo de textura mais arenosa (ANDRADE et al., 2010; CASTAGNARA et al., 2013), a exemplo do Cambissolo Háplico Alítico plíntico do presente estudo, classificado como textura franco – argilo – siltosa.

Estudos de Modolo et al. (2008) observaram menores índices de emergência de soja sob cargas de 0 e 50 N, dificultando o contato entre o solo e a semente, assim como absorção de água retardando o processo de germinação, contudo os menores índices de emergência observados foram sob cargas de 140 N devido ao selamento superficial, pouca entrada de oxigênio, ocasionando maior consumo de energia pela plântula para emergir.

Analisando a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) da crotalária nos diferentes preparos do solo (Tabela 4). É possível observar que não apresentou diferença significativa, mesmo assim produziu menor quantidade de MSPA (1,70 a 1,41 Mg ha⁻¹) dentre as culturas de cobertura avaliadas. Já nas parcelas com braquiária sob Ds média de 1,4 Mg m⁻³, houve redução significativa somente no PCc8 em relação ao PCc4 e PC. Estudos de Medeiros et al. (2005) explicam que a redução na MSPA ocorre devido as alterações das propriedades físico-hídricas do solo, ocasionada pela compressão do solo, reduzindo a absorção de nutrientes e o acúmulo de carbono pela fotossíntese que, sequencialmente diminui o desenvolvimento do sistema radicular e da parte área das plantas.

Tratamento ⁽¹⁾	Emergência de plantas (%)			Altura (cm)		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	92,6 aA	98,6 aA	92,0 aA	85 aA	80 aA	43 aB
PCc4	78,3 bA	87,3 bA	82,0 bA	75 aA	65 bA	36 aB
PCc8	71,6 bA	60,3 cB	81,0 bA	60 bA	61 bA	35 aB
CV (%)	5,61			8,00		
	MFPA (Mg ha ⁻¹)			MSPA (Mg ha ⁻¹)		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	11,41 aA	5,06 aB	13,00 aA	3,17 aB	1,70 aC	4,04 aA
PCc4	9,09 bB	4,50 aC	12,43 aA	3,04 aA	1,54 aB	3,21 bA
PCc8	6,58 cB	3,81 aC	10,52 bA	2,25 bB	1,41 aC	2,77 cA
CV (%)	10,40			5,85		

⁽¹⁾ PC: preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8: correspondem a preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Tabela 4. Emergência de plantas, altura, massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) de três culturas de cobertura do solo submetidas a diferentes estágios de compactação do solo.

O cultivo do estilosantes apresentou diferença estatística entre os preparos do solo na quantidade de MSPA, produzindo maior volume de massa seca por hectare dentre as culturas anteriormente citadas, mesmo com o aumento da compactação. Castagnara et al. (2013) em cultivo protegido o estilosantes Campo Grande com Ds abaixo de $1,60 \text{ Mg m}^{-3}$ a MSPA não teve diferença significativa, mesmo com o aumento do volume produzido. Assim, os resultados revelam o potencial do uso das plantas de cobertura como um importante bioindicador natural da qualidade física do solo (FREDDI et al., 2007; ANDRADE et al., 2010; VILLA et al., 2017).

A análise de componentes principais (ACP) foi aplicada no intuito de verificar a relação entre os atributos do solo e os sistemas de usos estudados. Na ACP utilizaram-se o conjunto dos atributos físicos do solo e parâmetros das culturas, considerando apenas os dois primeiros eixos fatoriais (Figura 3a, b). Quanto ao percentual de variância explicado pelas componentes principais, verifica-se que para os atributos físicos do solo o CP1 e CP2 são responsáveis por 92,36% da variância total (72,76 % na CP1 e 19,60 % na CP2) (Figura 3a) e nas variáveis das culturas por 92,93% dos dados (69,77% na CP1 e 23,16% na CP2), respectivamente (Figura 3b). Valores este acima dos encontrados por Campos et al. (2013) em áreas de Terra Firme e Oliveira et al. (2015) em diferentes ambientes no sul do Amazonas.

O PC foi caracterizado, por apresentar maior relação com a Pt e a macro, o PCc8 com a micro e a RSP e Ds ficaram do mesmo lado que os preparos com compactação adicional: PCc4 e PCc8 (Figura 3a). O que corrobora com Valadão et al. (2015) observando maior efeito da compactação na Ds e RSP na camada 0,0 – 0,10 m. Na figura 3b a todos os parâmetros das culturas avaliados ficaram do mesmo lado que os preparos com compactação adicional: PCc4 e PCc8, sendo a taxa de emergência das culturas relacionada ao PCc4, e os demais atributos (MFPA, MSPA e altura) foram associadas ao PCc8 (Figura 3b).

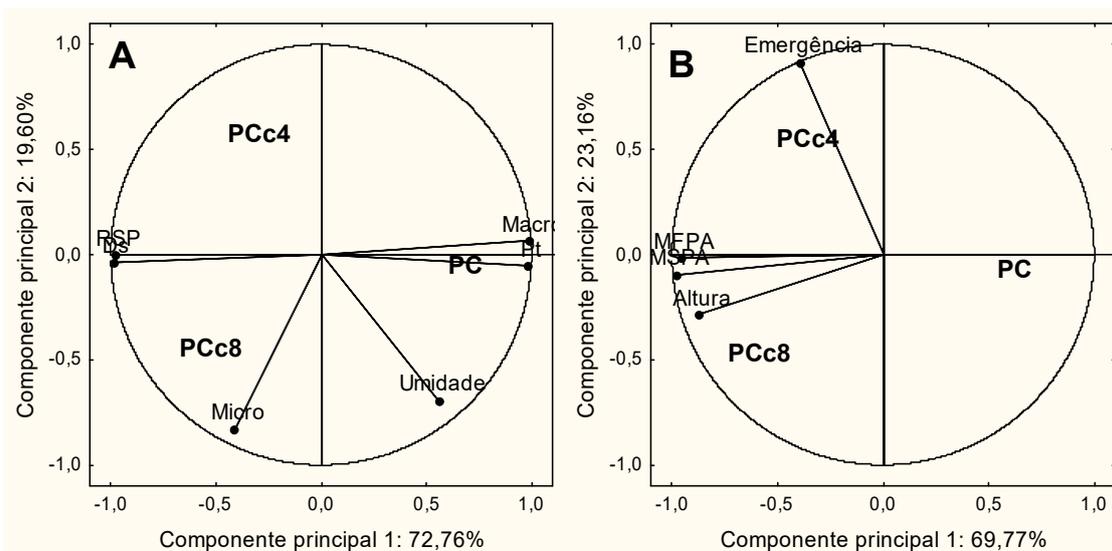


Figura 3. a) Análise de componentes principais dos parâmetros físicos do solo e b) das plantas de cobertura (braquiária, crotalária e estilósante) indicadores da maior resiliência da planta à compactação do solo.

A partir da análise de componentes principais (CP) foi possível identificar as variáveis com maior potencial discriminatório para cada tratamento (Tabela 5). Os autovetores podem ser considerados como uma medida da relativa importância de cada variável, em relação às componentes principais, sendo os sinais, positivos ou negativos, indicações de relações diretamente ou inversamente proporcionais, respectivamente. Assim sendo, quase todas as variáveis físicas do solo, melhor explicaram ou contribuíram para a variância total dos dados na CP1 com exceção da microporosidade (micro) que somente contribuiu na CP2. Devido a uma grande relação de causa e efeito dentre esses atributos avaliados, causando influência simultânea em grande parte dos atributos físicos avaliados e conseqüentemente a qualidade física do solo, podendo ser considerados fortes indicadores do começo do processo de compactação do solo. Em relação às culturas os parâmetros altura, MFPA e MSPA melhor colaboraram na CP1, enquanto que somente a emergência contribuiu para a CP2.

	Componente principal 1	Componente principal 2
Atributos do solo		
RSP	-0,998991*	0,044908
Ds	-0,997505*	0,070599
Umidade	0,984684*	-0,174349
Pt	0,987389*	-0,158315
Macro	0,998430*	-0,056016
Micro	-0,686961	-0,726695*
Atributos das culturas		
Emergência	-0,392107	0,913817*
Altura	-0,871793*	-0,286848
MFPA	-0,958218*	-0,016525
MSPA	-0,979161*	-0,094374

* Valores mais discriminatórios.

Tabela 5. Correlação entre cada componente principal e os atributos físicos do solo e das culturas.

De modo geral, os parâmetros MFPA e MSPA ocorrendo isoladamente no quadrante um, indicam que quando avaliados sozinhos não são bons indicadores da compactação do solo. Sumarizando, as informações obtidas na análise univariada e multivariada revelam maior eficiência ou resiliência do estilosantes a compressão exercida sobre o solo. Esta característica se deve ao potencial de emergência e maior volume de MFPA e MSPA depositada no solo, amortecendo os efeitos negativos do tráfego intensivo.

4. CONCLUSÕES

O preparo convencional com compactação adicional não afeta significativamente os atributos físicos na profundidade 0,10 – 0,20 m, e apenas a umidade do solo não difere com preparo do solo, independente da profundidade e da planta de cobertura.

Na camada superficial (0,0 – 0,05 m) os níveis de tráfego a partir de quatro passadas resultam no aumento da densidade do solo e macroporosidade, e até a camada 0,10 m no aumento da resistência do solo à penetração e porosidade total.

O cultivo do estilosantes Campo Grande obteve maior produção de massa na parte aérea, proporcionando maior proteção do solo no sistema sem e com adição da compactação.

A análise multivariada mostrou eficiência na distinção do manejo convencional com e sem compactação adicional, demonstrando o efeito simultâneo do preparo mecanizado nos atributos físicos do solo e conseqüentemente na planta, sendo também uma importante ferramenta no estudo de indicadores de qualidade física do solo e da planta, agrupando os atributos físicos e da planta relacionados a cada tratamento estudado.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. R.; SOARES, T. G.; FERNANDES, A. R.; BRAZ, A. M. S. **Grasses and legumes as cover crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil**. Acta Amazônica, Manaus. v.44, n.4, p.411-418, 2014.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. **Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; GODOY, S. G. **Estimativa da resistência do solo à penetração baseada no índice S e no estresse efetivo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 932-937, 2013.

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; SALES, M. F. L. **Estilosantes Campo Grande: Leguminosa Forrageira Recomendada para Solos Arenosos do Acre**. EMBRAPA. Circular técnica, 55: 1-12, 2010.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. **Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo sob plantio direto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.13, n.4, p.411-418, 2009.

BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, C. M. A.; SOUZA, F. R. **Compactação em um Latossolo Vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.34, n. 3, p.681-691, 2010.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Reconhecimento e medida da compactação do solo**. http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/C6/Index.htm. 12 Jul. 2009.

CAMPOS, M. C. C. **Pedogeomorfologia aplicada à ambientes amazônicos do médio Rio Madeira**. 2009. 242 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

CASTAGNARA, D. D.; ZOZ, T.; CASTRO, A. M. C.; ZOZ, A.; OLIVEIRA, P. S. R. **Crescimento de Stylosanthes cv. Campo Grande em diferentes níveis de densidade de um Latossolo Vermelho**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 260-266, 2013.

COUTO, R. F.; REIS, E. F.; VIANA, P. M. F.; HOLTZ, V.; OLIVEIRA, L. A.; ALVES, S. M. F. **Compactação e recalque superficial de um Latossolo Vermelho em condição de campo e laboratório**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.17, n.11, p.1239-1245, 2013.

DEPERON JÚNIOR, M. A.; NAGAHAMA, H. J.; OLSZEWSKI, N.; CORTEZ, J. W.; SOUZA, E. B. **Influência de implementos de preparo e de níveis de compactação sobre atributos físicos do solo e aspectos agronômicos da cultura do milho**. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 367-376, 2016.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, Brasília: Embrapa, SPI, 1997. 212 p.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. **Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 627-636, 2007.

GOMES, R. P.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; SILVA, D. M. P.; CUNHA, J. M.; FRANCISCON, U.; SILVA, L. S.; OLIVEIRA, I. A.; BRITO, W. B. M. **Spatial variability of aggregates and organic carbon under three different uses of indian black earth in southern Amazonas.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 33, n. 6, p.1513-1522, 2017.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. **Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction.** Advances in Soil Sciences, New York, v. 6, p. 65-100, 1987.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados.** 5. ed. São Paulo: Bookman, 2005. 593 p.

KAISER, H. F. **The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis.** Psychometrika, Williangsburg, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.

KONDO, M.K. & DIAS JUNIOR, M.S. **Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, p.211-218, 1999.

MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F.; JADOSKI, S.O.; WATZLAWICK, L. F. **Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária.** Floresta e ambiente, Rio de Janeiro, v. 24, p. 1-9, 2017.

MEDEIROS, R. D.; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, R. M. **Compactação do solo e manejo de água I: efeitos sobre a absorção de N, P, K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz.** Ciência Agrotécnica, Lavras, v. 29, n. 5, p. 940-7, 2005.

MODOLO, A. J.; FERNANDES, A. C.; SCHAEFER, C. E. G.; SILVEIRA, J. C. M. **Efeito da compactação do solo sobre a emergência de plântulas de soja em sistema plantio direto.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1259-1265, 2008.

MODOLO, A. J.; TROGELLO, E.; NUNES, A. L.; MODERNEI, J. C. **Efeito da compactação do solo sobre a semente no desenvolvimento da cultura do feijão.** Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-95, 2011.

NEGREIROS NETO, J. V.; SANTOS, A. C.; SANTOS, P. M.; SANTOS, T. M.; FARIA, A. F. G. **Atributos físicos de solos sob a consorciação gramíneas-leguminosas no norte do estado do Tocantins.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 140-150, 2010.

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L.; SOARES, M. D. R. **Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas.** Acta Amazônica, v.45, n.1, p.1-12, 2015.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. **Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.32, p.1805-1816, 2008.

ROSA, D. M.; LIMA, G. P. **Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 221-230, 2017.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. **Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SERAFIM, M. E.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; PRADO, E. D.; VENTURIN, J. C.; YAMAMOTO, N. T. **Desenvolvimento de um penetrógrafo eletromecânico de bancada.** Revista Ciências Técnicas Agropecuárias, La Habana, v.17, n.1, p.61-65, 2008.

SILVA, H. R.; ROSOLEM, C. A. **Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.32, p.1399-1407, 2008.

SOUZA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. **Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, n. 2, p. 255-260, 2008.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. **Resistência à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.25, n.3, p. 725-730, 2001.

TEODORO, R. B.; OLIVIERA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. **Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.42, n.2, p.292-300, 2011.

VALADÃO, F. C. A., WEBER, O. L. S., VALADÃO JÚNIOR, D. D., SCAPINELLI, A., DEINA, F. R. E BIANCHINI, A. **Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.39, n.1, p. 245-255, 2015.

VASCONCELOS, R. F. B.; CANTALICE, J. R. B.; MOURA, G. B. A.; ROLIM, M. M.; MONTENEGRO, C. E. V. **Compressibilidade de um Latossolo Amarelo distrocoeso**

não saturado sob diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.36, n.2, p.525-536, 2012.

VASCONCELOS, R. F. B.; SOUZA, E. R.; CANTALICE, J. R.; SILVA, L. S. Qualidade física de um Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 381-386, 2014.

VILLA, B.; SECCO, D.; TOKURA, L. K.; PILATTI, M. A. Impacto do uso de espécies de cobertura na estrutura de um Latossolo Argiloso e seus reflexos no rendimento de grãos de soja. Acta Iguazu, Cascavel, v. 6, n. 2, p. 1-12, 2017.

ABSTRACT: Compaction problems in intensively managed soils have been commonly mitigated by the use of hedge plants. In order to evaluate the effects of compaction on the physical attributes of a plinthic Haplic Alloic Hapludox after the development of different cover crops, a randomized block design with a 3 x 3 factorial scheme with four replications was carried out. The treatments consisted of two legume species: crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), stylosanthes Campo Grande (*Estilosante capitata* + *Estilosantes macrocephala*) and one grass, brachiaria (*Urochloa brizhantha*), submitted to compaction: PC - Conventional soil preparation without additional compaction; PCc4 and PCc8 - conventional soil preparation with additional compaction by tractor traffic of 6 Mg in four and eight passes. Conventional preparation with additional compaction does not significantly affect the physical attributes at depth 0.10 - 0.20 m, and only the soil moisture does not differ with soil tillage, regardless of the depth and cover plan. Traffic levels from four passes result in increased soil density and macroporosity in the 0.0 - 0.05 m layer, and soil penetration resistance and total porosity in the layer up to 0.10 m. The cultivation of stylosanthes Campo Grande as cover plant provides greater protection of the soil in the system without and with the addition of the compaction.

KEY WORDS: mechanization; mechanical penetration resistance; aerial biomass; multivariate.

CAPÍTULO XXI

EFEITO DO MANEJO CONSERVACIONISTA DO SOLO SOBRE A RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE COLEÓPTEROS SCARABAEIDAE NA CULTURA DO EUCALIPTO

**Milany Cristina Barbosa Alencar
Isabel Carolina de Lima Santos
Vanessa Korasaki
Alexandre dos Santos**

EFEITO DO MANEJO CONSERVACIONISTA DO SOLO SOBRE A RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE COLEÓPTEROS SCARABAEIDAE NA CULTURA DO EUCALIPTO

Milany Cristina Barbosa Alencar

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - *Campus*
Cáceres - Cáceres-MT

Isabel Carolina de Lima Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - *Campus*
Cáceres - Cáceres-MT

Vanesca Korasaki

Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade Frutal - Frutal-MG

Alexandre dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - *Campus*
Cáceres - Cáceres-MT

RESUMO: Nos últimos anos a expansão florestal no Brasil cresceu em ritmo acelerado, exigindo novas técnicas de manejo e conservação do solo. A qualidade do solo pode ser observada pela presença de organismos edáficos, também chamados de bioindicadores, que refletem o funcionamento do ecossistema. O objetivo do presente trabalho foi a caracterização da riqueza e composição de espécies de coleópteros Scarabaeidae em sistemas de manejo convencional e conservacionista do solo na cultura do eucalipto. O trabalho foi conduzido Unidade Experimental do IFMT *Campus* Cáceres, Cáceres, MT. Foram testados três diferentes tipos de sistema conservacionista de preparo do solo e também o sistema convencional, totalizando quatro tratamentos, com seis repetições. Em cada repetição foi alocada armadilha do tipo *pitfall* contendo água e detergente, para maximizar a captura dos insetos. As coletas foram realizadas mensalmente, entre os meses de novembro de 2014 a outubro de 2015, com esforço total de coleta de 864 dias. Posteriormente foram analisadas a riqueza e a composição das espécies de besouros entre os quatro sistemas de manejo estudados, bem como sua influência sobre a fauna edáfica. Foram encontradas 13 espécies de coleópteros Scarabaeidae no período de tempo das coletas. Houve diferença na riqueza de espécies coletadas entre os diferentes tipos de manejo do solo, no entanto, não houve diferença na composição de espécies.

PALAVRAS-CHAVE: Fauna edáfica, Sistema de manejo do solo, Insetos bioindicadores.

1. INTRODUÇÃO

Espécies florestais exóticas de rápido crescimento estão amplamente distribuídas em regiões tropicais, devido a oferta de condições favoráveis para o desenvolvimento das plantas (Dorval et al., 2011). A área plantada no Brasil totalizou 7,84 milhões de hectares em 2016, sendo 5,7 milhões de hectares

ocupados com a cultura do eucalipto, localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%); Mato Grosso do Sul (15%) e Bahia (11%) (Ibá, 2017).

O segmento do setor florestal mais expressivo é o de celulose e papel, que é representado por 34% da área plantada do país. Os produtores dos programas de fomento florestal representam 29%, na terceira posição, está o segmento de siderurgia e carvão vegetal, que representa 14% da área plantada. Os investidores financeiros detêm 10% dos plantios, os segmentos de painéis de madeira e pisos laminados (6%), de produtos sólidos de madeira (4%) e outros (3%) completam a distribuição da área de floresta plantada no Brasil (Ibá, 2017).

Em 2016, o setor brasileiro de árvores plantadas foi impactado pela crise profunda por que passa a economia nacional, no entanto, o PIB setorial alcançou R\$ 71,1 bilhões, com participação de 1,1% de toda a riqueza gerada no País e 6,2% do PIB industrial (Ibá, 2017).

Apesar da importância econômica, florestas homogêneas de eucalipto podem modificar alguns atributos do solo e conseqüentemente afetar a qualidade do substrato para outros organismos, refletindo nos aspectos biológicos como abundância e diversidade da fauna edáfica (Baretta et al., 2005).

O tipo de sistema de manejo de solo adotado pode causar impacto na fauna epígea local. Algumas práticas ligadas ao sistema convencional de preparo do solo como aração e gradagem podem prejudicar severamente a estabilidade do ambiente. Estas atividades modificam o solo quanto a sua estrutura, cobertura vegetal, radiação solar e microclima (Baretta et al., 2011). Quando bem conservado e de boa qualidade, o solo possui maior diversidade de organismos edáficos, composta em grande parte por invertebrados (Baretta et al., 2011).

Dentre os insetos, existem espécies sensíveis e exigentes que ocorrem em uma estreita amplitude de fatores ecológicos, cuja presença permite inferir sobre a qualidade do ecossistema, sendo por isso denominadas espécies bioindicadoras (Allaby, 1992) e podem ser utilizadas no monitoramento de perturbações ambientais (Wink et al., 2005). Um indicador biológico é uma espécie ou grupo de espécies que prontamente refletem o estado abiótico ou biótico de um ambiente, onde atuam como reflexo de mudanças ambientais de uma comunidade ou ecossistema (McGeogh, 1998).

Os insetos pertencentes a ordem Coleoptera, família Scarabaeidae e subfamília Scarabainae são considerados organismos bioindicadores da qualidade ambiental. Os besouros deste grupo, também conhecidos como rola bosta, são insetos amplamente distribuídos nos trópicos (Hanski; Cambefort, 1991). O grupo é representado por cerca de 20 mil espécies, onde muitas são coprófagas (Ronqui; Lopes, 2006). Utilizam esterco de mamíferos e compostos orgânicos em decomposição como alimento e desenvolvimento de larvas e reprodução dos adultos (Hanski, 1987; Louzada; Silva, 2009).

Possuem papel significativo nos ecossistemas onde desempenham funções ecológicas como decomposição da matéria orgânica, aeração e fertilidade do solo (Nichols et al., 2008; Luz et al., 2013; Viegas et al., 2014) e dispersão secundária de sementes (Andresen; Feer, 2005). Esses organismos também desempenham

um relevante papel no controle biológico de dípteros e parasitas gastrointestinais de bovinos (Rodrigues et al., 2013), sendo considerados, portanto, como um grupo de grande importância econômica e ecológica (Korasaki et al., 2012; Viegas et al., 2014).

A alta sensibilidade desses insetos às transformações ambientais, decorrentes de ações antrópicas, fez com que o grupo tornasse alvo de muitos pesquisadores, que o consolidaram como um importante indicador de qualidade ambiental (Teixeira; Hoffmann; Silva-Filho, 2009; França et al., 2016), visto que, essa comunidade de besouros é diretamente afetada pela intensa fragmentação de florestas nativas (Nichols et al., 2007).

O objetivo do presente trabalho foi a caracterização da riqueza e composição de espécies de coleópteros Scarabaeidae em sistemas de manejo convencional e conservacionista do solo na cultura do eucalipto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na unidade experimental do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) - *Campus Cáceres* - Professor Olegário Baldo, em área de transição Cerrado - Pantanal, localizada no Município de Cáceres, Estado de Mato Grosso.

A altitude média da área de estudo é de 118 m, o relevo é plano, com coordenadas 15°27' e 17°37' de latitude Sul e 57°00' e 58°48' de longitude Oeste. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical quente e úmido, com inverno seco (Awa). A pluviosidade anual é de aproximadamente 1.335mm, concentrada no período de dezembro a março, sendo que o mês de janeiro é o de maior precipitação. A temperatura média anual é de 26,24°C, sendo registrada temperatura máxima absoluta de 41,2° C (outubro de 2008) e mínima absoluta de -1,0° C (junho de 1996) (Neves et al., 2011).

Previamente ao preparo do solo, foi realizada limpeza da área para remover o material lenhoso, seguido de subsolagem na linha de plantio e dessecação da vegetação espontânea. A cultura de cobertura (braquiária - *Urochloa decumbens*), foi semeada à lanço com posterior incorporação, ao final do preparo do solo e antes do plantio das mudas de eucalipto. Após a emergência, realizou-se a aplicação de herbicida na faixa que recebeu o sulco de plantio.

Os sulcos foram abertos utilizando-se subsolador adubador florestal na profundidade de 60 cm. Para os tratamentos em que se previu adubação de base, o adubo foi aplicado em filete contínuo e as adubações posteriores (de cobertura) foram realizadas em coveta lateral à muda.

O delineamento experimental foi caracterizado por blocos casualizados (DBC) com quatro tratamentos e seis repetições. Foram testados três diferentes tipos de sistemas conservacionista de preparo do solo e também o sistema convencional, totalizando quatro tratamentos, sendo: 1) Sistema convencional (CV), com cultura de cobertura ausente, adubação de plantio no sulco da subsolagem e

adubação de cobertura na coveta lateral; 2) Sistema conservacionista (S100), com cultura de cobertura, adubação de plantio no sulco da subsolagem e adubação de cobertura na coveta lateral; 3) Sistema conservacionista (L100), com cultura de cobertura, adubação de plantio e de cobertura a lanço e 4) Sistema conservacionista (SL) com cultura de cobertura, sendo a adubação de plantio e de cobertura realizada 50% no sulco da subsolagem e 50% à lanço.

Para os tratamentos que receberam adubação a lanço, a adubação foi feita sobre a cultura de cobertura já estabelecida em sua fase inicial, com tamanho superior a 20 cm. No plantio, empregou-se a fórmula de NPK 06-30-12 enriquecida com 1,0 % de Zn, 3% de S e 0,5 % de Cu na dosagem 500 kg ha⁻¹. As adubações de cobertura, foram realizadas em duas épocas, aos cinco e oito meses após o plantio, utilizando KCl e uréia, enriquecido com 1% de boro, na dose de 50 g cova⁻¹. Também foi utilizado calcário dolomítico para a correção da acidez do solo, visando elevar os teores de Ca e Mg.

O plantio clonal de eucalipto foi realizado em maio de 2014, utilizando o híbrido do clone VM 01 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*), em arranjo espacial de 3 metros entre linhas e 2 metros entre plantas, onde foram alocadas 24 armadilhas do tipo *pitfall* contendo água e detergente, para maximizar a captura dos insetos (Figura 1).



Figura 1. Armadilha do tipo *pitfall*, para coleta de besouros Scarabaeidae.

As coletas foram realizadas mensalmente, entre os meses de novembro de 2014 a outubro de 2015, com esforço amostral de coleta total de 864 dias. Os insetos coletados no campo foram levados ao Laboratório de Fitossanidade do IFMT- *Campus Cáceres*, Cáceres, MT, para triagem, contagem, fotografia e armazenamento em caixas entomológicas, que resultaram em uma coleção de referência e foram identificadas pelo Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello, da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, MT.

Dentre as espécies coletadas, foram realizadas pesquisas bibliográficas com o intuito de identificar quais espécies são mais sensíveis a distúrbios ambientais ou bioindicadoras da qualidade dos ecossistemas. Após a identificação, os besouros

foram depositados na coleção de Referência em Proteção Florestal do Laboratório de Fitossanidade do IFMT - *Campus Cáceres*, Cáceres, MT.

Para verificar a suficiência amostral, construíram-se curvas de rarefação baseadas nas amostras. As curvas de rarefação estimam o número de espécies esperadas em uma população considerando o tamanho da amostra. Essa estimativa foi realizada por meio de simulação randômica com 1000 repetições e intervalo de confiança de 95% (Gotelli; Colwell, 2001).

O número de espécies de besouros Scarabaeinae foram submetidos a análise de variância e regressão, onde foram ajustados modelos lineares generalizados (GLM) com uma distribuição de erros de Poisson (Buckley; Briese; Rees, 2003; Crawley, 2005). Os modelos ajustados foram empregados para testar os efeitos dos quatro tratamentos de manejo do solo (CV, L100, S100, SL) sobre a riqueza de Scarabaeinae no tempo. Foram inicialmente ajustados modelos lineares generalizados completos e posteriormente, apenas as variáveis significativas foram adotadas no modelo final, quando significativo, se comparado ao modelo nulo ($p < 0,05$).

Foi analisada a estrutura da comunidade de Scarabaeinae entre os tipos de manejo do solo com os dados de presença e ausência das espécies encontradas em cada tratamento, utilizando-se o índice de dissimilaridade de Jaccard, por meio de duas abordagens. Primeiramente, foi utilizada uma análise de ordenação de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS: *Nonmetric Multidimensional Scaling*) ($p < 0,05$) (Clarke; Warwick, 2001). Adicionalmente, realizou-se uma análise de variância permutativa multivariada (PERMANOVA: *Permutational Multivariate Analysis of Variance*) ($p < 0,05$) (Anderson, 2001), usando 999 repetições (Silva et al., 2016).

As análises foram realizadas no programa estatístico R (R Core Team, 2017) com o uso do pacote *vegan* (Oksanen et al., 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas 13 espécies de coleópteros Scarabaeidae pertencentes a quatro gêneros e cinco tribos (Tabela 1). As tribos representadas foram Deltochilini (três espécies), Phanaeini (uma espécie), Coprini (duas espécies), Canthonini (uma espécie) e Ateuchini (uma espécie). As espécies mais abundantes pertencem aos gêneros *Canthon* e *Canthidium*, que juntas somam mais de 84% do total de espécies coletadas.

Espécies	Tribo
<i>Canthidium</i> gp <i>barbacenicum</i> (Preudhomme de Borre, 1886)	Coprini
<i>Canthidium</i> <i>angulicolle</i> (Balthasar, 1939)	Ateuchini
<i>Canthon</i> <i>proseni</i> (Martínez, 1949)	Canthonini
<i>Canthidium</i> sp1 (Erichson, 1847)	-----

<i>Canthidium</i> sp2	-----
<i>Canthidium</i> sp3	-----
<i>Canthidium</i> sp4	-----
<i>Canthon chalybaeus</i> (Blanchard,1845)	Deltochilini
<i>Canthon curvodilatatus</i> (Schmidt, 1920)	Deltochilini
<i>Canthon histrio</i> (Lepelletier de Saint-Fargeau e Audinet-Serville, 1828)	Deltochilini
<i>Canthon</i> sp1 (Hoffmannsegg, 1817)	-----
<i>Coprophanaeus (Megaphanaeus) bonariensis</i> (Gory,1844)	Phanaeini
<i>Dichotomius opacipennis</i> (Luederwaldt, 1931)	Coprini

Tabela 1: Espécies de Scarabaeinae coletadas com armadilhas do tipo *pitfall* em plantio de eucalipto em Cáceres, Mato Grosso, Brasil, entre novembro de 2014 e outubro de 2015.

O conhecimento das espécies de insetos e os estudos sobre suas características ecológicas e comportamentais são os primeiros passos para avaliar o estado de conservação de um determinado ecossistema (Brown, 1997).

A espécie *Canthidium* gp *barbacenicum* possui grande capacidade de adaptação, podendo ser encontrada em diferentes ambientes como pastagem degradada, cerrado, pantanal e charco (Vaz-de-Mello et al., 2017; Tissiani; Vaz-de-Mello; Campelo-Júnior, 2017). *Canthidium angulicolle* apresenta hábito alimentar do tipo generalista (Silva; Storck-Tonon; Vaz-de-Mello, 2016), é uma espécie habitualmente encontrada no bioma Pantanal (Vaz-de-Mello et al., 2017). *Canthon proseni* é uma espécie necrófaga, associada à floresta amazônica, sendo seu registro considerado novo para o estado de Mato Grosso (Korasaki et al., 2012).

O gênero *Canthidium* possui 153 espécies descritas onde a maior parte são copro-necrófagas e vivem em florestas ou savanas (Vaz-de-Mello; Louzada, 1997). Amplamente distribuído em áreas tropicais e subtropicais das Américas, necessitam urgentemente de revisão taxonômica (Tissiani; Vaz-de-Mello; Campelo-Júnior, 2017).

A espécie *Canthon chalybaeus* é classificada como generalista preferencialmente necrófaga (Silva et al., 2012), normalmente encontrada em carcaças, desde estágios recentes a avançados de decomposição (Audino et al., 2011), em excrementos, nos primeiros momentos de deposição e frutos apodrecidos. *Canthon curvodilatatus* é uma espécie necrófaga, frequentemente encontrada sobre cadáveres de pequenos animais, logo após a morte. Amplamente distribuída na América do Sul, principalmente em áreas de formações florestais abertas (Pessôa; Izzo; Vaz-de-Mello, 2017).

A espécie *Canthon histrio* é coprófaga, de ampla distribuição, comumente encontrada em áreas abertas e ambientes perturbados, raramente são encontradas em florestas densas (Mantavelli et al, 2013).

As espécies do gênero *Canthon* são encontrados do norte dos Estados Unidos à Argentina, possuem hábito alimentar do tipo copro-necrófago, sendo algumas espécies classificadas como predadoras (Rodrigues; Flechtmann, 1997). No Brasil, o gênero é representado por cerca de 200 espécies encontradas principalmente em vegetação de cerrado (Almeida; Louzada, 2009).

Coprophanaeus bonariensis são encontrados frequentemente em cadáveres de animais pequenos, corroborando suas preferências alimentares à necrofagia, a espécie se distribuí em vários biomas brasileiros, dentre eles o Cerrado e o Pantanal (Edmonds; Zidek, 2010).

Em estudos de monitoramento de bioindicadores de conservação ambiental, os critérios mais utilizados para avaliar a conservação de um local é a riqueza de espécies (Dufrêne; Legendre, 1997). Os resultados indicam que houve diferença neste quesito para as espécies coletadas entre os diferentes tipos de manejo do solo ($\chi^2= 20,73$; GL=3; $p=0,00012$), porém não houve diferença entre os meses de coleta ($\chi^2= 0,78$; GL=1; $p=0,37747$) e entre a interação dos mesmos ($\chi^2= 5,18$; GL=3; $p=0,15930$). Diferentes fatores podem influenciar a riqueza da fauna edáfica, dentre eles, as mudanças climáticas, oscilações de temperaturas e características das estações do ano, principalmente no que se refere a umidade do solo (Silva et al., 2013).

A curva de acumulação de espécies demonstrou que a diversidade local foi adequadamente amostrada em cada diferente tipo de manejo do solo no período de tempo analisado (Figura 2).

O desdobramento da interação entre os tratamentos permitiu observar que as maiores riquezas e sem diferença entre si foram observadas nos manejos CV, L100 e SL, porém, uma menor riqueza foi constatada no tratamento S100 (Figura 3).

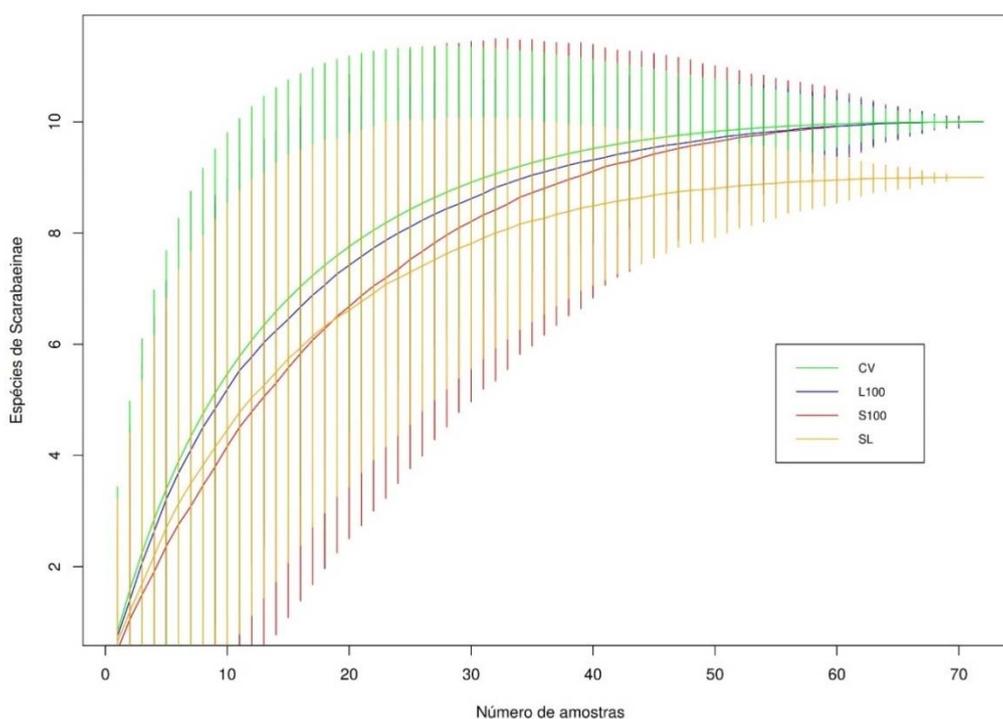


Figura 2. Curva de acumulação de espécies de coleópteros da subfamília Scarabaeinae.

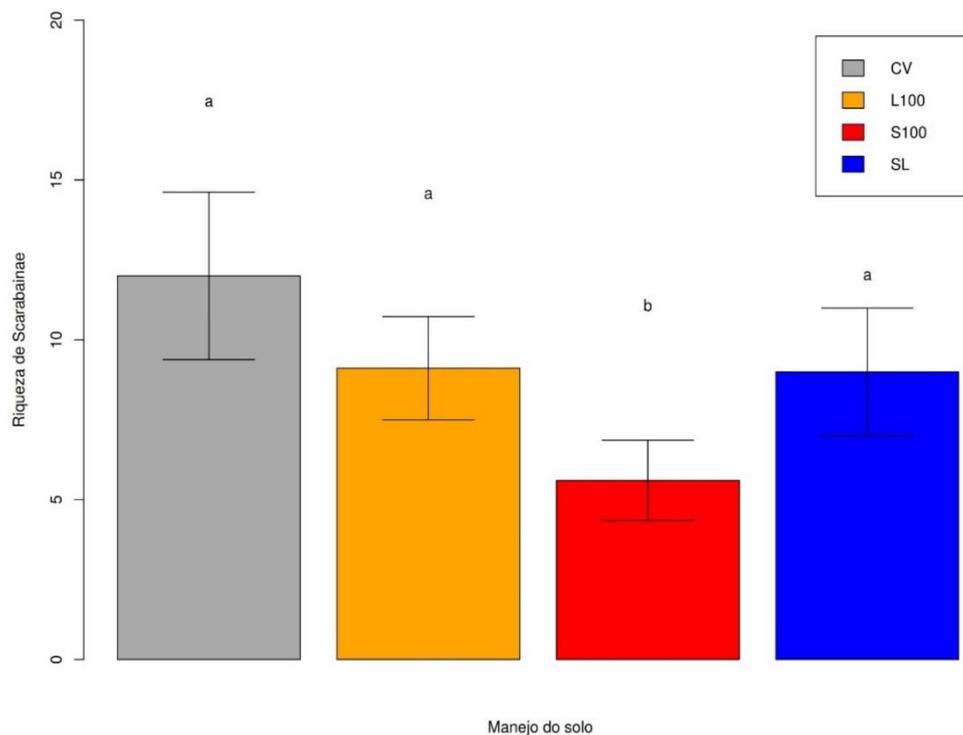


Figura 3. Riqueza de coleópteros da subfamília Scarabaeinae observada nos diferentes tipos de manejo do solo.

Não houve diferença na composição de espécies de coleópteros Scarabaeidae pela ordenação de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS: *Nonmetric Multidimensional Scaling*) (Figura 4) e pela *Permutational Multivariate Analysis of Variance* (PERMANOVA) usando distância de Jaccard para os diferentes manejos do solo empregados (Pseudo-F= 0,70339; GL=3; p=0,871).

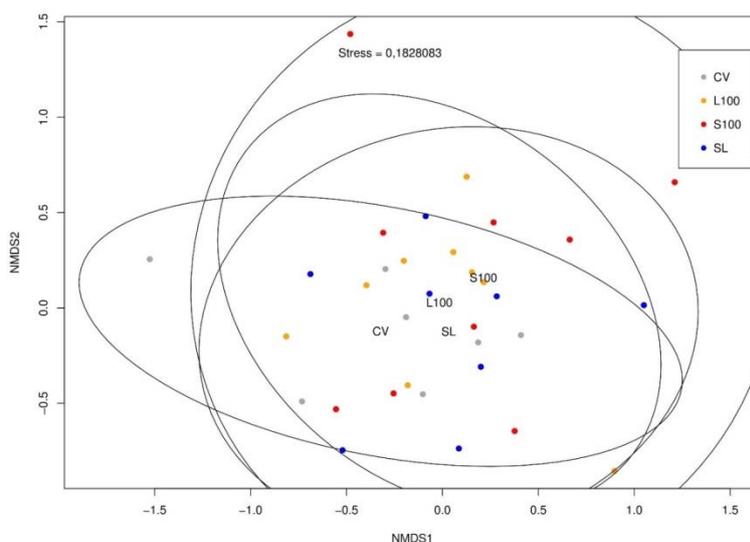


Figura 4. Análise de composição de espécies de coleópteros da subfamília Scarabaeinae pela ordenação de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS).

Resultados semelhantes foram encontrados onde também não houve diferença na diversidade entre os tratamentos em relação ao tempo de coleta (Mezzomo et al., 1998), o autor ressalta que os locais são semelhantes suportando comunidades de besouros estreitamente relacionadas.

Em trabalho conduzido por Mezzomo et al. (1998), os autores avaliaram o efeito de faixas de cerrado intercaladas com plantios de eucalipto na fauna de coleópteros, onde não encontraram diferença na composição de espécies durante seis meses de coleta.

Práticas agrícolas que envolvem ações como aplicação de insumos agrícolas e, ou os tipos de plantas cultivadas nas propriedades podem ter efeitos significativos positivos ou negativos na macrofauna do solo em relação a abundância e distribuição local (Kamau et al., 2017).

A resiliência da área de estudo pode ter influenciado os resultados encontrados, e conseqüentemente pode não ter sido observado ainda uma alteração crítica no habitat destes insetos no curto período de tempo avaliado (12 meses).

4. CONCLUSÕES

Foram encontradas 13 espécies de coleópteros Scarabeidae no período de tempo das coletas. Houve diferença na riqueza de espécies coletadas entre os diferentes tipos de manejo do solo, no entanto, não houve diferença na composição de espécies.

REFERÊNCIAS

ALLABY, M. **The concise Oxford Dictionary of Zoology**. Oxford: Oxford University Press, 1992. 508 p.

ALMEIDA, S. S. P.; LOUZADA, J. N. C. Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do Cerrado e sua importância para a conservação. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 32-43, jan./fev. 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2009000100003>

ANDRESEN, E.; FEER, F. The role of dung beetles as secondary seed dispersers and their effect on plant regeneration in tropical rainforests. In: FORGET, P. M.; LAMBERT, J. E., HULME, P. E., VANDER WALL, S. B. (Ed.) **Seed fate: predation, dispersal and seedling establishment**. CABI International: Wallingford-OXF-UK, 2005. p. 331-349.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, Carlton-AUS, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001. doi:10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x

AUDINO, L. D.; SILVA, P. G.; NOGUEIRA, J. M.; MORAES, L. P.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) de um bosque de eucalipto introduzido em uma região originalmente campestre. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 101, n. 1-2, p. 121-126, jun. 2011. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212011000100017

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R.; KLAUBERG- FILHO, O. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto sul catarinense. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa-MG, v. 29, n.5, p. 715-724, 2005. doi: dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000500007

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo - Volume VII**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 119-170.

BUCKLEY, Y. M.; BRIESE, D. T.; REES, M. Demography and management of the invasive plant species *Hypericum perforatum* L. using multi-level mixed-effects models for characterizing growth, survival and fecundity in a long-term data set. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 40, n. 3, p. 481-493, jun. 2003. doi: 10.1046/j.1365-2664.2003.00821.x

BROWN, K. S. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, London, v.1, n.1, p.25–42, 1997. doi:https://doi.org/10.1023/A:1018422807610

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Primer-E Ltda: Plymouth Marine Laboratory, 2001.

CRAWLEY, M. J. **Statistics: an introduction using R**. John Wiley and Sons: Chichester-EN, 2005. 327 p.

DORVAL, A.; PERES FILHO, O.; ROCHA, J. R. M. Diversidade e flutuação populacional de Scolytidae (Coleoptera) em plantio de urograndis e de urocam, no município de Cuiabá, estado de Mato Grosso. **Multitemas**, Campo Grande-MS, n. 39, p. 111-123, jul. 2011.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, Washington, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997. doi:10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAST]2.0.CO;2

EDMONDS, W. D.; ZIDEK, J. A taxonomic review of the neotropical genus *Coprophanæus* Olsoufieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). **Insecta Mundi**, Gainesville, article 0129, p. 1-111, jul. 2010.

FRANÇA, F. M.; KORASAKI, V.; LOUZADA, J.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. First report on dung beetles in intra-Amazonian savannahs in Roraima, Brazil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 16, n. 1, e0034, 2016. doi:http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0034

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v. 4, n. 4, p. 379-391, 2001. doi:10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x

HANSKI, I. Nutritional ecology of dung and carrion feeding insects. In: SLANKY, J. F.; RODRIGUEZ, J. G. (Ed.) **Nutritional ecology of insects, mites and spiders**. Wiley: New York, 1987. p. 837-884.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung Beetle Ecology**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 1991. 514 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório 2017**. Brasília: IBA, 2017. 80p. Disponível em: iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 29 set. 2017.

KAMAU, S.; BARRIOS, E.; KARANJA, N. K.; AYUKE, F. O.; LEHMANN, J. Soil macrofauna abundance under dominant tree species increases along a soil degradation gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 112, p. 35-46, sep. 2017. doi:https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.04.016

KORASAKI, V.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; BRAGA, R. F.; ZANETTI, R.; LOUZADA, J. Taxocenose de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em Benjamin Constant, AM. **Acta Amazonica**, Manaus-AM, v. 42, n. 3, p. 423-432, 2012. doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000300015>

LOUZADA, J. N. C.; SILVA, P. R. C. Utilization of introduced Brazilian pastures ecosystems by native dung beetles: diversity patterns and resource use. **Insect Conservation and Diversity**, London, v. 2, n.1, p.45-52, 2009. doi:10.1111/j.1752-4598.2008.00038.x

LUZ, R. A.; FONTES, L. S.; CARDOSO, S. R. S.; LIMA, E. F. B. Diversity of the Arthropod edaphic fauna in preserved and managed with pasture areas in Teresina-Piauí-Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos-SP, v. 73, n. 3, p. 483-489, ago. 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000300004>

MATAVELLI, R.; CAMPOS, A. M.; MENDONÇA, M. A.; ANDRADE, G. V. New records of anurans in the state of Maranhão, Brazil: *Hypsiboas boans* (Linnaeus, 1758) (Hylidae) and *Leptodactylus siphax* Bokermann, 1969 (Leptodactylidae). **Check list: Journal of species lists and distribution**, v. 9, n. 4, p. 899–901, 2013. doi:<http://dx.doi.org/10.15560/9.4.899>

MEZZOMO, J. A.; ZANUNCIO, J. C.; BARCELOS, J. A. V.; GUEDES, R. N. C. Influência de faixas de vegetação nativa sobre Coleoptera em *Eucalyptus cloeziana*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 22, n.1, p. 77-87, jan./mar. 1998.

McGEOCH, M. A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 73, n. 2, p.181-201, 1998. doi:[10.1111/j.1469-185X.1997.tb00029.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1997.tb00029.x)

NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT-Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de geografia**, Goiânia-GO, v. 31, n. 2, p. 55-68, jul./dez. 2011. doi:[10.5216/bgg.V31i2.16845](https://doi.org/10.5216/bgg.V31i2.16845)

NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S.; FAVILA, M. E. Ecological functions and ecosystem services of Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, Washington, v. 141, n. 6, p. 1461–1474, jun. 2008. doi:[10.1016/j.biocon.2008.04.011](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011)

NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A. L.; ESCOBAR, F.; FAVILA, M.; VULINEC, K. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation**, Washington, v. 137, n.1, p.1-19, jun. 2007. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.023>

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; McGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.4-4. 2017. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

PESSÔA, M. B.; IZZO, T. J.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Assemblage and functional categorization of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) from the Pantanal. **PeerJ**, Corte Madera, CA, v. 5, p. e3978, nov. 2017. doi:[10.7717/peerj.3978](https://doi.org/10.7717/peerj.3978)

R Core Team **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

RODRIGUES, S. R.; FLECHTMANN, C. A. H. Aspectos biológicos de *Canthon lituratus* (Germar, 1813) e *Canthidium (Canthidium) Megathopoides* Boucomont, 1928 (Coleoptera, Scarabaeidae). **Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)**, Ciudad de México, n. 70, p. 1-12, 1997.

RONQUI, D. C.; LOPES, J. Composição e diversidade de Scarabaeoidea (Coleoptera) atraídos por armadilha de luz em área rural no norte do Paraná, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, Porto Alegre, v. 96, n. 1, p. 103-108, mar. 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212006000100018>

SILVA, P. G.; AUDINO, L. D.; NOGUEIRA, J. M.; MORAES, L. P.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de uma área de campo nativo no bioma Pampa, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 246-253, 2012. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000300024>

SILVA, C. F.; PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; SILVA, A.N. Fauna edáfica em área periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 37, n.3, p. 587-595, 2013. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000300004>

SILVA, E.; SANTOS, A.; KORASAKI, V.; EVANGELISTA, A.; BIGNELLE, D.; CONSTANTINO, R.; ZANETTI, R. Does fipronil application on roots affect the structure of termite communities in eucalypt plantations? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, Holanda, v. 377, p. 55-60, oct. 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.035>

SILVA, R. J.; STORCK-TONON, D.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) persistence in Amazonian forest fragments and adjacent pastures: biogeographic implications for alpha and beta diversity. **Journal of Insect Conservation**, London, v. 20, n. 4, p. 549-564, ago. 2016. doi:<https://doi.org/10.1007/s10841-016-9885-7>

TEIXEIRA, C. C. L.; HOFFMANN, M.; SILVA-FILHO, G. Comunidade de Coleoptera de solo em remanescente de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v.9, n. 4, p. 91-95, out./dez. 2009. <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n4/pt/abstract?article+bn02709042009>

TISSIANI, A. S. O.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; CAMPELO-JÚNIOR, J. H. Besouros rola-bostas das pastagens brasileiras e chave para identificação dos gêneros

(Coleoptera: Scarabaeidae) **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 6, p. 401-418, 2017. doi:10.1590/S0100-204X2017000600004

VAZ-DE-MELLO, F. Z.; BAVUTTI, L. L. O.; FLECHTMANN, C. A. H.; PUKER, A.; CORREA, C. M. A. Lista de espécies dos Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, Porto Alegre, v. 107, supl. 0, 2017. doi:10.1590/1678-4766e2017120

VAZ-DE-MELLO, F. Z.; LOUZADA, J. N. C. Considerações sobre forrageio arbóreo por Scarabaeidae (Coleoptera, Scarabaeoidea), e dados sobre sua ocorrência em Floresta Tropical do Brasil. **Acta Zoologica Mexicana**, Ciudad de México v.72, p. 55-61, 1997.

VIEGAS, G.; STENERT, C.; SCHULZ, U. H.; MALTCHIK, L. Dung beetle communities as biological indicators of riparian forest widths in southern Brazil. **Ecological Indicators**, v. 36, p. 703-710, jan. 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.09.036>.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.

ABSTRACT: In recent years, forest expansion in Brazil has grown at an accelerated rate, requiring new management techniques and soil conservation. Soil quality can be observed by the presence of edaphic organisms, also called bioindicators, that reflect the functioning of the ecosystem. The objective of the present work was the characterization of the species richness and composition of Scarabaeidae beetles in conventional management systems and soil conservation in the eucalyptus plantation. The work was conducted Experimental Unit of the IFMT Campus Cáceres, Cáceres, MT. Three different types of soil conservation system were tested, as well as the conventional system, totaling four treatments with six replications. In each repetition, a pitfall trap containing water and detergent was allocated to maximize insect capture. The collections were carried out monthly, between November 2014 and October 2015, with a total collection effort of 864 days. Afterwards, the richness and composition of the beetle species were analyzed between the four management systems studied, as well as their influence on the edaphic fauna. Thirteen species of Scarabaeidae were found in the collection period. There was a difference in the richness of species collected between the different types of soil management, however, there was no difference in the species composition.

KEYWORDS: Edaphic fauna, Soil management, Bioindicators insects.

CAPÍTULO XXII

ESTABILIDADE DE AGREGADOS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA EM UM LATOSSOLO VERMELHO SOB *UROCHLOA BRIZANTHA* APÓS A APLICAÇÃO DE CAMA DE PERU

**Maria Julia Betiolo Troleis
Cassiano Garcia Roque
Monica Cristina Rezende Zuffo Borges
Kenio Batista Nogueira
Andrisley Joaquim da Silva
Karla Nascimento Sena**

ESTABILIDADE DE AGREGADOS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA EM UM LATOSSOLO VERMELHO SOB *UROCHLOA BRIZANTHA* APÓS A APLICAÇÃO DE CAMA DE PERU

Maria Julia Betiolo Troleis

UNESP, DEFERS (Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos)
Ilha Solteira, São Paulo

Cassiano Garcia Roque

Professor doutor Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul, curso de Agronomia
Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul

Monica Cristina Rezende Zuffo Borges

Técnica de Laboratório UNIVASF (Universidade Federal do Vale do São Francisco);
Petrolina, Pernambuco

Kenio Batista Nogueira

Técnico Administrativo na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS
Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul

Andrisley Joaquim da Silva

Professor Assistente no do Curso de Agronomia na UNIFIMES - Centro Universitário de Mineiro
Mineiros, Goiás

Karla Nascimento Sena

UNESP, DEFERS (Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos)
Ilha Solteira, São Paulo

RESUMO: O aumento da produção de aves na região Centro-Oeste do Brasil tem produzido um considerável montante de esterco animal para produção em potencial de adubos orgânicos. Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de cama de peru nos teores de matéria orgânica e na estabilidade dos agregados de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com *Urochloa brizantha*. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos dos seguintes manejos da fertilidade do solo: i) controle; ii) aplicação de 2,5 Mg ha⁻¹ cama de peru; iii) 5 Mg ha⁻¹ cama de peru; iv) 7,0 Mg ha⁻¹ cama de peru; v) 2,5 Mg ha⁻¹ cama de peru + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário; vi) 5,0 Mg ha⁻¹ de cama de peru + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário, vii) 7,0 Mg ha⁻¹ de cama de peru + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário; viii) aplicação de 250 kg ha⁻¹ do formulado 5-25-15 (N-P-K) + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário; e, ix) aplicação de 250 kg ha⁻¹ do formulado 5-25-15 (N-P-K) + 1,0 Mg ha⁻¹ de calcário + 300 kg ha⁻¹ de gesso. Aos 33 meses após a aplicação foram coletadas amostras de solo na camada superficial de 0,0-0,20 m para a determinação do teor de matéria orgânica do solo e da estabilidade dos agregados. O uso de esterco de peru na pastagem de *Urochloa brizantha* não resultou em efeitos significativos na estabilidade dos agregados e no teor de matéria orgânica do solo quando comparados à ausência de adubação e aplicação de fertilizante mineral.

PALAVRAS-CHAVE: Estrutura do solo, carbono orgânico, esterco de aves

1. INTRODUÇÃO

Atualmente por causa do aumento das exportações e da conquista de novos mercados, cresceu a produção de carnes de aves, destacando-se a carne de peru. Assim, é gerada uma quantidade considerável de esterco animal, uma grande fonte de nutrientes e potencial para a utilização na agropecuária. A cama de peru é o principal resíduo dessa atividade avícola, e uma das formas de utilização é a sua disposição em solos como fonte de nutrientes e condicionador das propriedades físico-químicas do solo (COSTA et al., 2008).

O aumento do custo de fertilizantes inorgânicos de elevada solubilidade e reduzida ação condicionadora do solo tem sido revisto. Dessa maneira, a utilização de adubos orgânicos pode contribuir para o aumento dos teores de matéria orgânica do solo (MOS), além de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (VALADÃO et al., 2011).

Segundo Pinto et al. (2012), sistemas agrícolas que promovem elevada adição de resíduos orgânicos ao solo, tanto vegetal como animal, provocam aumento nos teores de matéria orgânica. Portanto, com a aplicação de esterco de aves em superfície é possível aumentar os teores de MOS e muito mais se a aplicação é sequencial e em altas quantidades.

Sistemas de manejo do solo com pastagem permanente ou em rotação com lavoura em semeadura direta favorecem a formação de agregados estáveis de maior tamanho, se comparados à sistemas apenas com lavouras ou lavouras em rotação com pastagens em ciclos maiores que três anos. Além disso, as relações entre agregados do solo e o teor de matéria orgânica estão relacionadas com a fração mineral, a fauna do solo, microrganismos, presença de raízes, agentes inorgânicos e variáveis ambientais como os principais fatores envolvidos na formação e estabilidade de agregados do solo (SALTON et al., (2008).

A aplicação de cama de peru favoreceu o aumento dos teores de carbono orgânico do solo, sendo que, a estabilidade dos agregados foi pouco influenciada pela adição de cama de peru ao solo sob pastagem de *Urochloa decumbens* em Latossolo Vermelho distroférico (PINTO et al., 2012). Por sua vez, Costa et al. (2009) não reportaram efeitos significativos da aplicação de cama de peru na estabilidade dos agregados do solo. A estabilidade dos agregados depende do tipo de uso e manejo do solo, sendo principalmente afetada pela textura, mineralogia, quantidade e tipo de matéria orgânica do solo (ALMEIDA et al., 2014).

Em função do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do manejo da fertilidade do solo com aplicação de cama de peru nos teores de matéria orgânica e na estabilidade dos agregados de um Latossolo Vermelho cultivado com *Urochloa brizantha*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Chapadão do Sul-MS (18°47'39" S, 52°37'22" W e altitude média de 820 m). O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estações bem definidas, chuva no verão e seca no inverno, apresenta temperatura média anual variando de 13 °C a 28 °C, precipitação média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 65% (CASTRO et al., 2012). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura média (EMBRAPA, 2013); cuja análise de solo (0-0,20 m) (Tabela 1) foi realizada em janeiro de 2012, antes ao início do experimento.

Os tratamentos foram dispostos em um delineamento experimental em blocos casualizados, com 9 tratamentos e três repetições. As parcelas constituíram de uma área total de 5 m de largura por 5 m de comprimento (25 m²). A cama de peru, calcário e gesso foram aplicados a lanço nas seguintes quantidades: i) controle (sem aplicação de insumos); ii) aplicação de 2,5 Mg ha⁻¹ cama de peru; iii) 5 Mg ha⁻¹ cama de peru; iv) 7 Mg ha⁻¹ cama de peru; v) 2,5 Mg ha⁻¹ cama de peru + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário; vi) 5,0 Mg ha⁻¹ de cama de peru + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário; vii) 7,0 Mg ha⁻¹ de cama de peru + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário; viii) 250 kg ha⁻¹ da formulação 5-25-15 (N-P-K) + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário; ix) 250 kg ha⁻¹ da formulação 5-25-15 (N-P-K) + 1,0 Mg ha⁻¹ de calcário + 300 kg ha⁻¹ de gesso agrícola. Após a aplicação a lanço e distribuição da cama de peru, calcário, gesso e fertilizante mineral estes foram incorporados com grade niveladora.

A cama de peru utilizada encontrava-se seca e mineralizada. O processo de compostagem da cama de peru foi realizado com casca de arroz carbonizada. O calcário aplicado na área experimental apresentou 23,3% de CaO, 17,5% de MgO, e 75% de PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total).

Prof.	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	K ⁺	M.O	P(mel)	Cu	Zn	Argila	Silte	Areia
m	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----					g dm ⁻³	---mg dm ⁻³ ---			-----g kg ⁻¹ -----		
0-0,20	4,8	2,9	0,8	0,23	5,4	0,2	31,8	10,1	0,8	3,6	545	25	430

Tabela 1. Propriedades químicas e granulometria do solo da área experimental realizada em 2012

O experimento foi instalado em fevereiro de 2012 com a aplicação da cama de peru seca, na sequência realizou-se a semeadura da *Urochloa brizantha* em sistema convencional em outubro de 2012. Esta foi dessecada e houve a semeadura convencional da soja precoce CD2737RR em outubro de 2012 e após a colheita foi realizada a semeadura de *Urochloa brizantha* novamente. Em março de 2013 após a colheita da soja, semeou-se novamente a *Urochloa brizantha* em sistema de plantio direto.

Em dezembro de 2014 foram coletadas amostras de solo deformadas, essas foram levadas até o laboratório de solo onde foram realizadas análises da matéria orgânica do solo e agregação de partículas. O teor de matéria orgânica do

solo foi determinado por meio da metodologia da Embrapa (EMBRAPA, 2009b) e a agregação de partículas do solo pela metodologia proposta por Veiga (2011).

Os dados foram submetidos ao teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Para execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa ASSISTAT.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de cama de peru não afetou significativamente ($p > 0,05$) a estabilidade dos agregados e os teores de matéria orgânica do (Tabela 2). Segundo Costa et al. (2009), é importante ressaltar que em solos mais degradados há possibilidade de maior resposta à adição de adubo orgânico. O solo da área experimental é de textura média (Tabela 1) e inicialmente à instalação do experimento a área teve a fertilidade construída, cultivada com culturas anuais, recebendo adubação anual, eliminando assim possíveis causas de degradação.

Tratamentos	Agregados		MO
	DMG (mm)	DMP (mm)	g C kg ⁻¹
T 0	0,89 ^{ns}	1,80 ^{ns}	9,48 ^{ns}
T 1	1,23 ^{ns}	2,04 ^{ns}	8,41 ^{ns}
T 2	0,88 ^{ns}	1,95 ^{ns}	8,11 ^{ns}
T 3	1,14 ^{ns}	1,94 ^{ns}	8,37 ^{ns}
T 4	0,84 ^{ns}	1,75 ^{ns}	9,17 ^{ns}
T 5	0,93 ^{ns}	1,69 ^{ns}	8,68 ^{ns}
T 6	0,85 ^{ns}	1,89 ^{ns}	8,61 ^{ns}
T 7	0,82 ^{ns}	1,46 ^{ns}	9,48 ^{ns}
T 8	0,99 ^{ns}	2,27 ^{ns}	9,12 ^{ns}
CV%	18,16	15,05	7,42
Q	0,03	0,079	0,49

Tabela 2. Atributos de um Latossolo Vermelho distrófico em função da adubação orgânica e mineral.

Médias seguidas por ^{ns} não diferem da testemunha absoluta em nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnett. Onde: 0 (controle), 2,5 Mg ha⁻¹ cama de peru (Tratamento 1), 5 Mg ha⁻¹ cama de peru (Tratamento 2), 7 Mg ha⁻¹ cama de peru (Tratamento 3), 2,5 Mg ha⁻¹ cama de peru + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário (Tratamento 4), 5,0 Mg ha⁻¹ de cama de peru + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário (Tratamento 5), 7,0 Mg ha⁻¹ de cama de peru + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário (Tratamento 6), 0,250 Mg ha⁻¹ do formulado 5-25-15 (N-P-K) + 1,0 Mg ha⁻¹ calcário (Tratamento 7), 0,250 Mg ha⁻¹ do formulado 5-25-15 (N-P-K) + 1,0 Mg ha⁻¹ de calcário + 0,3 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola (Tratamento 8); DMG (diâmetro médio gravimétrico), DMP (diâmetro médio ponderado), MO (matéria orgânica).

O efeito positivo das pastagens na agregação de partículas do solo está ligado ao sistema radicular destas gramíneas. Salton et al. (2008) afirmam que os sistemas de manejo do solo com pastagem permanente em plantio direto favorecem a formação de agregados estáveis de maior tamanho, em relação à sistemas apenas com lavouras, além de que em decorrência do intenso

revolvimento do solo ocorre a quebra mecânica dos agregados e a redução da matéria orgânica (CHEVALLIER et al., 2004; BHATTACHARYYA et al., 2009). Assim pode-se justificar que não houve diferença estatística para agregação de partículas no experimento conduzido devido ao uso do sistema de plantio convencional além do fato da área experimental ter sido por muitos anos área de lavoura.

Segundo Lacerda et al. (2005) o diâmetro médio ponderado, o índice de estabilidade de agregados e a percentagem de agregados por classe de diâmetro médio evidenciaram diferenças entre os sistemas de manejo, sendo que o diâmetro médio ponderado e o índice de estabilidade dos agregados foram menores para o preparo convencional, dessa forma nota-se que o sistema de plantio convencional utilizado no experimento interferiu na agregação de partículas.

A utilização de gramíneas perenes com sistema radicular denso promoveu, ao longo de dezessete anos, a recuperação da proporção de macroagregados do solo (VEZZANI et al. 2011). Bronick e Lal (2005) relataram a importância das raízes, em especial a rizosfera, que contribuem na formação e na estabilidade dos agregados. Não observou-se significativa proporção de agregados neste experimento devido ao tempo precoce de sua implantação.

Os resultados encontrados diferem dos obtidos por Lima et al. (2007), que relataram o aumento no teor de carbono orgânico causado pela adubação orgânica, com correlação positiva ao aumento nas doses aplicadas. Ao aplicarem cama de aviário nas doses 0, 5, 10 e 15 Mg ha⁻¹, obtiveram um aumento no teor de matéria orgânica em um Latossolo de 6,4 para até 11,4 g kg⁻¹ (FARIAS et al., 1986), o que também foi diferente dos resultados obtidos. (Tabela 2).

A não ocorrência de diferença estatística no teor de matéria orgânica do solo associa-se com o uso do plantio convencional na área experimental, pois o teor de carbono orgânico é alterado lentamente em função do uso e manejo do solo. Desta forma, o revolvimento do solo favorece a maior taxa de oxidação do carbono orgânico, resultando na diminuição do teor de carbono no solo (CORRÊA, 2002).

4. CONCLUSÃO

A aplicação de cama de peru não promoveu alterações no teor de matéria orgânica do solo à médio prazo.

A agregação do solo não foi influenciada pela aplicação de cama de peru ao solo sob pastagem de *Urochloa brizantha*, em Latossolo Vermelho distrófico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. F.; MACHADO, H. A.; MARTINS, F. P.; QUEIROZ, I. D. S.; TEIXEIRA, W. G.; MIKHAEL, J. E. R.; BORGES, E. N. **Correlação do tamanho e distribuição dos agregados em Latossolos Amarelo da região do triângulo mineiro em diferentes ambientes.** Bioscience Journal, Uberlândia-MG, v. 30, n. 5, p. 1325-1334, 2014.

ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; MOURÃO JUNIOR, M. **Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho (VE) sob mata nativa e sistema de produção orgânico, em conversão e convencional do cafeeiro (Coffea arábica L.) na região Sul de Minas Gerais.** In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés no Brasil. Vitória, ES. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/trabVanessa1.htm>> Acesso em: 26 de agosto de 2015.

BHATTACHARYYA, R.; PRAKASH, V.; KUNDU, S.; SRIVASTVA, A. K.; GUPTA, H. S. **Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop regimes.** Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v. 132, p. 126-134, 2009.

BRONICK, C.J.; LAL, R. **Soil structure and management: a review.** Geoderma, v. 124, p. 3-22, 2005.

CASTRO, M. A.; CUNHA, F. F.; LIMA, S. F.; NETO, V. B. P.; LEITE, A. P.; MAGALHÃES, F. F. **Atributos físico-hídricos do solo ocupado com pastagem degradada e floresta nativa no Cerrado Sul-Mato-Grossense.** Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba-MG, v.3, n. 2, p. 498-512, 2012.

CHEVALLIER, T.; BLANCHART, E.; ALBRECHT, A.; FELLER, C. **The physical protection of soil organic carbon in aggregates: a mechanism of carbon storage in a Vertisol under pasture and market gardening.** Agriculture, Ecosystems and Environment, Martinica, v.103, p.375-387, 2004.

CORRÊA, J.C. **Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de uma Latossolo Vermelho Amarelo em Querência, MT.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, BrasíliaDF, v. 37, n.2, p.203-209, 2002.

COSTA, A. M.; RIBEIRO, B. T.; SILVA, A. A.; BORGES, E. N. **Estabilidade de agregados de um Latossolo vermelho tratado com cama de peru.** Ciência e Agrotecnologia, LavrasMG, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2008.

COSTA, A. M.; BORGES, A. N.; SILVA, A. A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. **Potencial de recuperação física de um Latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras-MG, v. 33, p.1991-1998, 2009.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos, 2009a. 627 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de JaneiroRJ: Embrapa Solos, pp.353, 2009b.

FARIAS, I.; FERNANDES, A. P. M.; LIRA, M. A.; FRANÇA, M. P.; SANTOS, V. F. **Efeito da adubação orgânica sobre a produção de forragem de milho, sorgo e capim-elefante**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, BrasíliaDF, v. 21, n. 10, p. 1015-1022, 1986.

LACERDA, N. B.; ZERO, V. M.; BARILLI, J.; MORAES, M. H.; BICUDO, S. J. **Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, vol. 25, n. 3, p. 686-695, 2005.

LIMA, J. J.; MATA, J. D. V.; PINHEIRO NETO, R.; SCAPIM, C. A. **Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá-PR, v. 29, p. 715-719, 2007.

PINTO, F. A.; SANTOS, F. L.; TERRA, F. D.; RIBEIRO, D. O.; SOUSA, R. R. J.; SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. **Atributos de solo sob pastejo rotacionado em função da aplicação de cama de peru**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia-GO, v. 42, n. 3, p. 254-262, 2012.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. **Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

VALADÃO, F. C. A.; MAAS, K. D. B.; WEBWE, O. L. S.; JUNIOR, D. D. V.; SILVA, T. J. **Variação nos Atributos do solo em sistema de manejo com adição de cama de frango**. Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa-MG, v.35, n. 22, p. 2073-2082, 2011.

VEIGA, M. **Metodologia para coleta de amostras e análises físicas do solo**. Florianópolis-SC: Epagri, 2011. 52p. (Boletim Técnico, 156).

VEZZANI, F. N.; MIELNICZUK, J. **Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 213-223, 2011.

ABSTRACT: The increase in poultry production in the Center-West region of Brazil has resulted in a considerable production of animal manure, with potential for use as organic fertilizers. The objective was to evaluate the effects of turkey manure application on the organic matter contents and aggregate stability of a dystrophic Red Latosol cultivated with *Urochloa brizantha*. The experimental design was in

randomized blocks, with three replications. The treatments were consisted of the following soil fertility management: i) control; ii) application of 2.5 Mg ha⁻¹ turkey manure; iii) 5 Mg ha⁻¹ turkey manure; iv) 7.0 Mg ha⁻¹ turkey manure; V) 2.5 Mg ha⁻¹ turkey manure+ 1.0 Mg ha⁻¹ limestone; vi) 5.0 Mg ha⁻¹ turkey manure + 1.0 Mg ha⁻¹ limestone, vii) 7.0 Mg ha⁻¹ turkey manure + 1.0 Mg ha⁻¹ limestone; viii) application of 250 kg ha⁻¹ of 5-25-15 (N-P-K) + 1.0 Mg ha⁻¹ limestone; and (ix) application of 250 kg ha⁻¹ 5-25-15 (N-P-K) + 1.0 Mg ha⁻¹ limestone + 300 kg ha⁻¹ gypsum. The soil samples (0-0,20 m) were collected from to determine soil organic matter and aggregate stability after 33 months of application. The use of turkey manure in the *Urochloa brizantha* pasture did not result in significant effects on the stability of the aggregates and soil organic matter content when compared to the absence of fertilization and mineral fertilizer application.

KEY WORDS: Structure of the soil, organic carbon, manure.

CAPÍTULO XXIII

FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO EM ÁREA DE RESERVA LEGAL LOCALIZADO NO BREJO PARAIBANO

**Kalline de Almeida Alves Carneiro
Auriléia Pereira Da Silva
Lucina Rocha Sousa
Roseilton Fernandes dos Santos
Vânia da Silva Fraga
Vegner Hizau dos Santos Utuni**

FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO EM ÁREA DE RESERVA LEGAL LOCALIZADO NO BREJO PARAIBANO

Kalline de Almeida Alves Carneiro

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Rural
Areia-Paraíba

Auriléia Pereira Da Silva

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Rural
Areia-Paraíba

Lucina Rocha Sousa

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Química e Física
Areia-Paraíba

Roseilton Fernandes dos Santos.

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Rural
Areia-Paraíba

Vânia da Silva Fraga

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Rural
Areia-Paraíba

Vegner Hizau dos Santos Utuni

Areia-Paraíba;

RESUMO: A matéria orgânica do solo (MOS) é de grande relevância para se averiguar a qualidade do solo, uma vez que é um componente bastante sensível às condições ambientais, aos usos e manejos. Assim, objetivou-se quantificar e fracionar a MOS de um Argissolo Vermelho-Amarelo visando seu manejo e conservação adequados. O perfil do solo avaliado localiza-se numa área de reserva legal, Areia-PB (Brejo Paraibano). Foram determinados a cor do solo, o carbono orgânico (CO), o nitrogênio total (NT), a relação C:N e o fracionamento químico da MOS. Os teores de CO variaram de 52,6 até 6,6 g kg⁻¹ e os de NT entre 4,3 e 2,7 g kg⁻¹, ambos decrescentes ao longo do perfil. Estes valores elevados são considerados comuns nos horizontes superficiais, o que comprova a boa aptidão agrícola desse solo. No fracionamento da MOS predominou a fração húmica (21 g kg⁻¹) sobre os ácidos húmicos (5,1 g kg⁻¹) e os ácidos fúlvicos (7,7 g kg⁻¹) respectivamente. Os altos valores nos parâmetros da MOS denotam a boa conservação da área de reserva amparada pelo elevado aporte de material vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: fracionamento químico, qualidade do solo, substâncias húmicas.

1-INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural renovável constituído de material orgânico e/ou mineral indispensável para agricultura, cujos produtos funcionam diariamente como fonte de alimento e de sobrevivência para a sociedade. Segundo Yao *et al.* (2013), compreender e avaliar a qualidade do solo tem cada vez mais importância, em virtude da sociedade se preocupar com a sustentabilidade da base de recursos dos solos, assim como com os efeitos do uso e manejo.

As práticas de manejo do solo provocam alterações nos seus atributos físicos, químicos e biológicos, afetando a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola (NIERO *et al.*, 2010). Todavia, o nível de alteração na qualidade do solo pode ser avaliado pela mensuração do estado atual de determinados atributos em comparação com o estado natural do solo, sem interferência antrópica, ou com valores considerados ideais (SILVA *et al.*, 2015). Os diferentes sistemas de uso e cobertura da terra avaliados influenciam na variabilidade dos atributos físico-químicos e do estoque de carbono do solo. A conversão da floresta nativa em área de agricultura itinerante ou corte e queima significa perda acentuada de carbono orgânico do solo (LINHARES *et al.*, 2016).

A MOS é um atributo químico muito importante para definir a prática de diferentes manejos; na classificação de solos e, por ter relação com as propriedades do solo, as quais condicionam as características químicas, físicas e biológicas, é considerada indicador da qualidade solo. A MOS atua como fonte de nutrientes, na retenção de cátions, na complexação de metais, e como fonte de C e energia aos microrganismos do solo; além de contribuir na infiltração e retenção de água, sendo responsável pela manutenção da sustentabilidade dos solos (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009).

Compreendem-se como MOS todos os componentes vivos e não vivos do solo, sendo os vivos as raízes de plantas e os organismos do solo, e os não vivos representam a matéria macrororgânica, constituída de resíduos de plantas em decomposição, além das substâncias não humificadas e humificadas (PRIMO *et al.*, 2011).

A Figura 1 apresenta os compartimentos da matéria orgânica do solo responsáveis pelas transformações de compostos orgânicos.

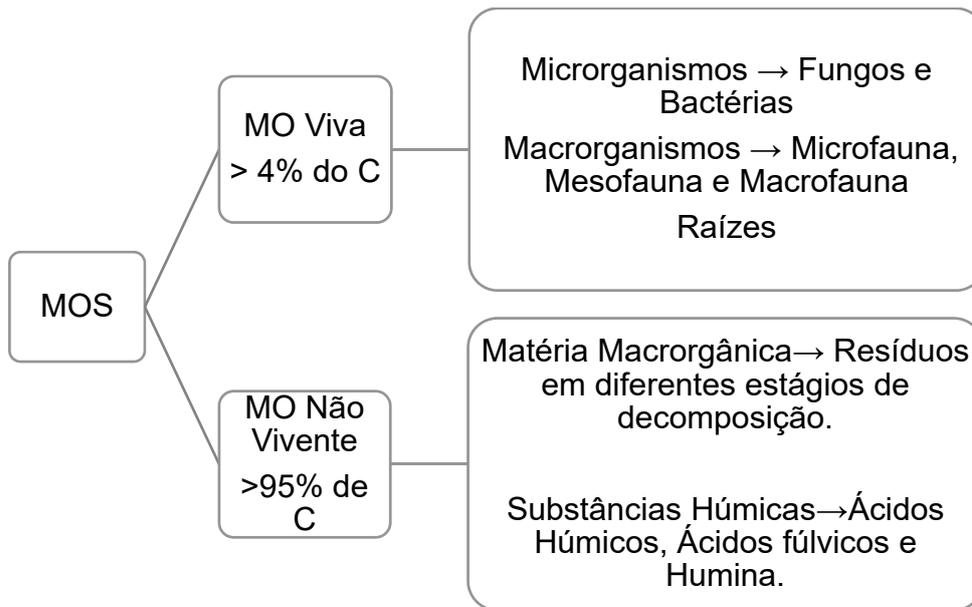


Figura 2: Composição e Estrutura da MOS.

Segundo Nascimento *et al.* (2010), as características e os teores da MOS são resultantes das taxas de produção, alteração e decomposição de resíduos orgânicos, dependentes de inúmeros fatores, como temperatura, aeração, pH e disponibilidade de água e nutrientes, a maioria deles condicionados pelo uso e manejo dos solos. A decomposição da MOS resulta em produtos como CO_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} e compostos de maior estabilidade (húmus). A conservação e adição de MOS nos solos intemperizados é de grande importância no semiárido do Nordeste brasileiro devido ao seu baixo teor agregado ao baixo pH do solo, decorrente da presença de óxidos de alumínio. Nos sistemas agrícolas onde não há entrada de nutrientes de fontes externas, a matéria orgânica é a principal fonte de nutrientes, como é o caso da agricultura de subsistência da região semiárida do nordeste do Brasil.

As substâncias não humificadas ou biomoléculas agrupam diversos compostos orgânicos de composição e estrutura químicas bastante conhecidas, e facilmente biodegradáveis no solo. Em contrapartida, as substâncias humificadas englobam praticamente todos os compostos de C provenientes da decomposição dos resíduos orgânicos que sofrem processos de ressíntese, chamados de humificação, formando um material conhecido como húmus. Neste grupo, estão presentes compostos orgânicos com peso molecular relativamente alto. Ademais, constituem quase a totalidade da MOS e, devido a sua alta reatividade, são as frações envolvida na maioria das reações químicas no solo (SILVA *et al.*, 2006).

A avaliação da quantidade do carbono no solo, às vezes, não é suficiente para percepção da mudança da qualidade do solo, desta forma o estudo do fracionamento da MOS pode aumentar essa sensibilidade (VERGUTZ *et al.*, 2010).

Nesse sentido, objetivou-se quantificar e fracionar a MOS em diferentes horizontes e profundidades de um Argissolo Vermelho-Amarelo localizado no município de Areia-PB.

2-MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido em área de reserva legal (6°59'51''S, 35°43'47''O, altitude 557,93 m), localizada no estado da Paraíba e situada no município de Areia (microrregião do Brejo Paraibano), Brasil. O perfil do solo avaliado tem uso atual de reserva legal, onde o relevo da área é do tipo forte ondulado. O clima, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo As', com precipitação anual entre 1400 e 1600 mm e temperaturas médias em torno de 24 °C com variações mínimas. A vegetação predominante é de floresta tropical subperenifólia, conforme Santos *et al.* (2013).

As amostras de solo do perfil foram coletadas em triplicatas em diferentes horizontes e profundidades na área de reserva legal numa trincheira com 1,5 m de comprimento e 1,2 m de largura e 2,0 m de profundidade, de acordo com os trabalhos de levantamento de Solos descritos por Santos *et al.* (2013).

A descrição morfológica da cor úmida do solo foi realizada no campo em triplicata seguindo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS *et al.*, 2013). O carbono orgânico do solo (CO) foi quantificado por oxidação via úmida, empregando solução de dicromato de potássio em meio ácido, com fonte externa de calor (EMBRAPA, 1997). O fracionamento químico da MOS foi realizado segundo a técnica da solubilidade diferencial, separando-se os ácidos fúlvicos (AF), os ácidos húmicos (AH) e as huminas (HUM), em seguida foi determinado o carbono orgânico destas frações, de acordo com os conceitos de frações húmicas estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996). O nitrogênio total (NT) foi quantificado pela digestão do solo com ácido sulfúrico e mistura digestora, seguida de destilação a vapor com hidróxido de sódio e titulação do coletado com solução de ácido bórico, além de indicador e solução padronizada de ácido clorídrico (método de Kjeldahl), conforme metodologia descrita em Embrapa (2006). Com base nos resultados dos teores de CO e NT do solo foi calculada a relação C:N.

Os teores de CO, NT e a relação C:N do solo foram analisados com delineamento inteiramente casualizado (DIC). O efeito do tratamento do perfil de solo sobre as suas propriedades químicas e físicas foram testados por meio da análise de variância (ANOVA) utilizando o *software* SAS 9.0. Para a comparação das médias foi empregado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Argissolo Vermelho-Amarelo apresenta horizontes O, A, AB, BA e B, com profundidade até 160 cm, boa drenagem e características homogêneas ao longo do perfil (**Figura 1**). Observa-se que as transições são planas e claras entre todos os horizontes. Não há uma variação na cor ao longo do perfil, porém o horizonte O é o que se diferencia em virtude da elevada quantidade de matéria orgânica em

comparação aos outros horizontes A, AB, BA e B com matiz 7,5YR. Com presença de mosqueados a partir dos horizontes BA e B, sendo solo moderadamente drenado, com mudança no croma dos horizontes AB e B para 5/2 e 6/8 (cor seca).

Há presença razoável de mosqueados (preto 10 YR 2/1) a partir do horizonte BA, em decorrência da moderada drenagem que esse perfil apresenta. Ribeiro *et al.*, (2012) descreve a presença de mosqueados no solo, como indicativo, que revela geralmente condições de drenagem restrita, sendo observados em solos que apresentam horizonte de baixa permeabilidade e, ou, naqueles que estão localizados em posições da paisagem que favorecem a oscilação do nível do lençol freático.

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida
O	(0-3)	7,5YR 3/2
A	(3-20)	7,5YR 3/2
AB	(20-40)	7,5YR 3/2
BA	(40-60)	7,5YR 3/2
B	(60-150)	7,5YR 4/4

Tabela 4: Característica Morfológicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo localizado do município de Areia-PB.

Ao longo do perfil encontra-se a presença de raízes médias e finas, comuns e grossas nos horizontes A, AB e BA, bem como, poucas, raras e finas no B sendo observado que as mesmas tomam sentido horizontal, o que indica um impedimento ao crescimento radicular devido ao excesso de umidade em alguns períodos do ano e uma consistência muito dura dos horizontes subjacentes (FIGURA 1).



Figura 3: (a) Perfil de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico; (b) aspecto da paisagem de área de reserva legal localizado no município de Areia-PB.

O teor de CO no solo do perfil avaliado está descrito **Tabela 2**, na qual se observa maior conteúdo de CO para os horizontes A (26,2 g kg⁻¹) e AB (19,0 g kg⁻¹), o que provavelmente, pode estar relacionado a uma maior mineralização na área sob mata de reserva legal, além dos maiores valores de argila em profundidade, que ocorrem nos argissolos, favorecendo a estabilização da MOS, e desta forma contribuindo para uma maior uniformidade dos valores de CO ao longo do perfil. Este resultado pode estar associado às condições dos horizontes A e AB, como a umidade do solo, serem mais favoráveis à atividade microbiana, responsável pela decomposição e mineralização da MOS.

Horizonte (cm)	CO	C _{AH}	C _{AF}	C _{HUM}	NT	C:N
	 g kg ⁻¹				
O (0-3)	52,6 A	5,1 A	7,7 A	21,0 A	4,3 A	14 A
A (3-20)	26,2 B	3,4 B	3,9 B	16,7 B	3,6 A	8 A
AB (20-40)	19,0 C	2,9 B	1,9 B	15,9 C	1,9 A	11 A
BA (40-60)	16,9 C	3,9 B	0,2 D	12,3 D	1,9 A	9 A
B (60-150)	6,6 D	2,9 B	0,2 D	2,2 E	2,7 A	3 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5: Teores médios de carbono orgânico (CO), ácidos húmicos (CAH), ácidos fúlvicos (CAF), humina (CHUM), nitrogênio total (NT), relação carbono/nitrogênio (C:N), em diferentes horizontes de um Argissolo Vermelho-Amarelo.

Portugal *et al.* (2010) observou em seu trabalho um declínio no estoque de matéria orgânica após a conversão de florestas nativas em sistemas agrícolas, sendo essa redução atribuída ao aumento da erosão do solo, aos processos mais acelerados de mineralização da matéria orgânica do solo e as menores quantidades de aportes orgânicos em sistemas manejados comparativamente às florestas nativas.

Como esperado, o teor de CO reduziu em profundidade apresentando valores que variaram de 16,9 a 6,6 g kg⁻¹ nos horizontes BA e B, respectivamente (**Tabela 2**). O resultado encontrado no presente trabalho foi semelhante ao apresentado por Hickmann & Costa (2012) avaliando estoques de carbono em Argissolos sob área de floresta nativa na Zona da Mata Mineira, que identificaram 34,1 a 15,3 g kg⁻¹.

A distribuição das frações húmicas da MOS nos horizontes avaliados indica o predomínio do C da fração humina (C_{HUM}), com valor mínimo e máximo de 2,2 e 21,0 g kg⁻¹, horizonte B e O, respectivamente. Essa diferenciação deve-se, provavelmente, à influência da decomposição da MOS favorecendo a formação da fração humina em relação às outras frações húmicas (EBELLING *et al.*, 2011). Houve predomínio da fração C_{AH} sobre a fração C_{AF}, com os maiores valores de C_{AH} correspondente ao horizonte O, decrescendo em profundidade no perfil (**Tabela 2**).

Maiores teores de C-HUM foram identificados nos horizontes superficiais

(horizonte O e A) os quais foram decrescendo com o aumento da profundidade, concordando com os resultados obtidos por Melo e Schaefer (2009). Comportamento semelhante foi descrito por Xavier *et al.* (2013) em estudos de dinâmica de carbono em solos no estado do Ceará. No entanto, para este estudo, dentre as frações húmicas, a humina foi a que apresentou os maiores teores de carbono, isso porque áreas de florestas nativas, sem perturbação do solo, apresentam maior polimerização de compostos húmicos, aumentando a proporção de C-AH em relação ao C-AF.

O C_{AH} apresentou os menores valores variando de 2,9 a 5,1 g kg⁻¹, no horizonte B e no horizonte O, respectivamente. Valores próximos foram determinados por Santana *et al.* (2011). A prevalência de ácidos húmicos nos solos pode resultar, em longo prazo, em ambientes menos favoráveis à atividade microbiana, com concomitante redução da fertilidade do solo (BENITES *et al.*, 2005) e a menor intensidade de transformação da matéria orgânica do solo, o mesmo do observado neste trabalho. Outro fato a considerar é a maior intensidade do processo de oxidação da matéria orgânica nos horizontes mais superficiais, favorecendo a formação de ácidos húmicos (VALLADARES *et al.*, 2008).

Em geral, os valores de carbono das substâncias húmicas foram superiores em decorrência da maior densidade e diversidade de espécies vegetais nesta área, condição favorável à decomposição dos resíduos orgânicos para posterior formação das substâncias húmicas. Comportamento semelhante foi observado por Silva *et al.* (2006) e Loss *et al.* (2010). As substâncias húmicas são encontradas em todos os solos, e, inevitavelmente, nas águas. Entretanto a quantidade e a composição em água dependerão da quantidade de lavagem do solo e especialmente, a composição mineral, da capacidade de troca catiônica e pH, pois, o pH exerce grande influência na ionização dos grupos ácidos, devido a ocorrência de variação da quantidade de cargas formais na cadeia, levando a uma maior ou menor abertura na molécula orgânica.

O teor de NT no solo variou de 4,3 a 2,7 g kg⁻¹, para o horizonte O e o horizonte B, simultaneamente. O maior conteúdo de NT no horizonte O foi associado ao acúmulo da serrapilheira sobre o solo, corroborando com os resultados mostrado por Lima *et al.* (2010) que estudando o teor de nitrogênio em sistemas agroflorestais de um Argissolo, sob diferentes manejos no norte do Piauí, demonstraram que a serrapilheira influenciou positivamente no acúmulo de íons no solo dentre eles o nitrogênio.

Não houve diferença estatística para os valores de relação C:N. Isto deve-se ao fato do perfil estar localizado em área de mata nativa preservada e densa com uma alta diversidade de espécies vegetais arbóreas, apresentando assim sistemas radiculares em profundidade, estabilizando os teores de nitrogênio ao longo do perfil. Barros *et al.* (2013) ao avaliar estoque de carbono e nitrogênio, em solos de Tabuleiros Costeiros Paraibanos, não identificaram diferenças estatísticas nos valores de C:N em profundidade, corroborando com este trabalho. A alta relação C:N no horizonte O deve-se, provavelmente, ao alto acúmulo de material vegetal.

4-CONCLUSÃO

Os teores de carbono orgânico e de nitrogênio foram elevados nos horizontes superficiais e decresceu com a profundidade, comportamento típico na maioria dos solos minerais de ambientes tropicais úmidos.

O teor de C nas frações húmicas da MO indicou predomínio da fração húmica nos respectivos horizontes.

Todos os parâmetros analisados apresentaram valores elevados devido ao suporte de material orgânico presente na área de estudo e uma maior preservação deste solo, corroborado pela presença diagnóstica de um horizonte superficial denominado de A proeminente.

REFERÊNCIAS

BARROS, J. D.S. *et al.* **Estoque de Carbono e Nitrogênio em sistemas de Manejo do Solo, nos Tabuleiros Costeiros Paraibanos.** Revista Caatinga, v. 26, n. 1, p. 35-42, 2013.

BENITES, V. M. *et al.* **Properties of black soil humic acids from high altitude rocky complexes in Brazil.** Geoderma, v. 127, n. 1/2, p. 104-113, 2005.

EBELING, A. G. *et al.* **Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos.** Bragantia, v. 70, n. 1, p. 157-165, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 2ª ed. rev. atual.- Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997, 212 p.

EMBRAPA. **Levantamento detalhado de Solos em uma área de reassentamento de colonos na Bacia do Jatobá-PE.** Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006 (EMBRAPA Solos, Comunicado técnico, 41).

HICKMANN, C. & COSTA, L. M.. **Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 16, n. 10, p. 1055-1061, 2012.

LIMA, S. S. *et al.* **Serrapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí.** Revista Árvore, v. 34, n. 1, p. 75-84, 2010.

LINHARES, J. M. S. *et al.* **Variabilidade de Atributos Físico-Químicos e dos Estoques de Carbono Orgânico em Argissolo Vermelho sob Sistemas Agrofloretais no Assentamento Umari Sul do Amazonas.** Revista Geográfica Acadêmica, v.10, n.1. p. 93-117, 2016.

LOSS, A. *et al.* **Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação.** *Bragantia*, v. 69, p. 913-922, 2010.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Matéria orgânica em solos desenvolvidos de rochas máficas no nordeste de Roraima.** *Acta Amazônica*, v. 39, p. 53-60, 2009.

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.** In: SANTOS, G. A. *et al.* (Ed.) *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.1-5.

NASCIMENTO, P. C. *et al.* **Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo.** *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 34, p. 399-348, 2010.

NIERO, L. A. C. *et al.* **Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférico com usos e manejos distintos.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1271 -1282, 2010.

PORTUGAL, A. F. *et al.* **Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata Mineira.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 575-585, 2010.

PRIMO, D. C. *et al.* **Substâncias Húmicas da Matéria Orgânica do Solo: Uma Revisão de Técnicas Analíticas e Estudo no Nordeste Brasileiro.** *Revista Scientia Plena*, v. 7, n. 5, p. 13, 2011.

RIBEIRO, M. R. *et al.* **Caracterização morfológica do solo.** In: KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P., (Ed.). *Pedologia: fundamentos*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. cap. 3, p. 47-80.

SANTANA, G. S. *et al.* **Substâncias húmicas e suas interações com Fe e Al em Latossolo subtropical sob diferentes sistemas de manejo de pastagem.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 461-472, 2011.

SANTOS, R. D. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solos no campo.** 6. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 2013, 100p.

SILVA, G. F. *et al.* **Indicadores de Qualidade do Solo sob Diferentes Sistemas de Uso na Mesorregião do Agreste Paraibano.** *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 25-35, 2015.

SILVA, L. S. *et al.* **Composição da fase sólida orgânica do solo.** In: MEURER, E. J., ed. *Fundamentos de Química do solo*. 3.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 63-84.

SILVA, C. F. *et al.* Alterações químicas e físicas em áreas de agricultura no entorno do parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba-SP. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 46, p. 9-28, 2006.

SWIFT, R. S. **Organic matter characterization**. In: SPARKS, D. L *et al.* (Ed). *Methods of soil analysis: Chemical methods*. v. 3. Madison: Soil Science Society of America; American Society of Agronomy, 1996. p. 1011-1020.

VALLADARES, G. S. *et al.* **Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico**. *Magistra*, v. 20, n. 1, p. 95-104, 2008.

VERGUTZ, L. *et al.* **Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvopastoril com eucalipto**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 43-57, 2010.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. **Uma revisão sobre qualidade do solo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 743-755, 2009.

XAVIER, F. A. S. *et al.* **Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture**. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 165, p. 173–183, 2013.

YAO, R. *et al.* **Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected Farmland in the coastal reclamation area**. *Soil, Tillage and Research*, v. 128, p. 137-148, 2013.

ABSTRACT: Soil organic matter (SOM) is very relevant to investigate soil quality, since it is a quite sensitive component to environmental conditions, soil uses and management. Thus, the objective was to quantify and fractionate the SOM of a Argissolo Vermelho-Amarelo for management and conservation. The soil is located in a legal reserve area, Areia-PB (Brejo Paraibano). Soil color, organic carbon (CO), total nitrogen (NT), C:N ratio and MOS chemical fractionation were determined. The CO contents ranged from 52.6 to 6.6 g kg⁻¹ and between 4.3 and 2.7 g kg⁻¹ for NT, both decreasing along the profile. High values are considered common in the superficial layers which proves the good agricultural soil ability. In the SOM fractionation, humin fraction (21 g kg⁻¹) was higher than humic acids (5.1 g kg⁻¹) and fulvic acids (7.7 g kg⁻¹), respectively. The high values in the MOS parameters indicate the good conservation of the reserve area supported by the high contribution of plant material.

KEY WORDS: chemical fractionation, soil quality, humic substances.

CAPÍTULO XXIV

INFLUÊNCIA DE RENQUES DE MOGNO AFRICANO NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Arystides Resende Silva

Agust Sales

Carlos Alberto Costa Veloso

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho

Austrelino Silveira Filho

Bárbara Maia Miranda

INFLUÊNCIA DE RENQUES DE MOGNO AFRICANO NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Arystides Resende Silva

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Amazônia Oriental
Belém - Pará

Agust Sales

Universidade Federal de Viçosa – UFV, Departamento de Engenharia Florestal
Viçosa – Minas Gerais

Carlos Alberto Costa Veloso

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Amazônia Oriental
Belém - Pará

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Amazônia Oriental
Belém - Pará

Austrelino Silveira Filho

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Amazônia Oriental
Belém - Pará

Bárbara Maia Miranda

Universidade do Estado do Pará – UEPA, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia - CCNT
Belém - Pará

RESUMO: A atividade agrícola é uma das principais causas da desestruturação do solo, sendo necessária assim, a busca por alternativas para torna-la social e ambientalmente mais sustentável. Objetivou-se avaliar a influência de renques de mogno africano (*Khaya ivorensis*) nos atributos físicos de um Latossolo Amarelo no sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e sistema Homogêneo. Para fins deste trabalho foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, onde os fatores de estudo considerados foram o local de amostragem e profundidades. Os valores da análise granulométrica da área experimental indicaram um solo de textura argilosa. O maior valor de densidade do solo foi encontrado no tratamento Homogêneo, o qual diferiu significativamente dos demais tratamentos. Os tratamentos não apresentaram diferença de volume total de poros e macroporosidade entre as profundidades em estudo, entretanto, indicaram diferença significativa entre os tratamentos. Na microporosidade, o sistema iLPF e Homogêneo apresentaram diferença apenas entre os tratamentos na camada 20-30 cm. O sistema iLPF apresentou menor densidade do solo e maior volume total de poros do que o sistema Homogêneo e não apresentou danos na estrutura do solo.

PALAVRAS-CHAVE: compactação do solo, *Khaya ivorensis*, sistemas integrados.

1-INTRODUÇÃO

Uma das principais causas do desmatamento das florestas na Amazônia é a atividade agrícola, entretanto, essa atividade está em plena expansão na região e tem relevante importância na economia, sendo necessária assim, a busca de alternativas para tornar a Amazônia social e ambientalmente mais sustentável.

Os sistemas de integração Lavoura-Pecuária-floresta (iLPF) possibilitam a recuperação de áreas degradadas por meio da intensificação do uso da terra, potencializando os efeitos sinérgicos existente entre as diversas espécies vegetais e a criação de animais, proporcionando, de forma sustentável uma maior produção por área (BALBINO et al., 2011). Todavia falta ainda uma visão da real dimensão dos efeitos que este tipo de sistema pode trazer para o ecossistema amazônico.

Dentre as atividades de manejo na área agrícola, o período de preparo do solo talvez seja a parte que mais altera o seu comportamento físico, visto que age diretamente na estrutura do solo, devido ao tráfego de máquinas e implementos, que são uns dos responsáveis diretos pela compactação ou adensamento alterando significativamente a qualidade da estrutura do solo, cuja intensidade de alteração varia também com as condições de clima e natureza do solo (OLIVEIRA et al., 2013), os quais indicam as condições nas quais poderá ocorrer limitações ao crescimento radicular de determinada espécie vegetal interferindo na disponibilidade de água e ar às raízes das plantas (LIMA et al., 2013).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a influência de renques de mogno africano (*Khaya ivorensis*) nos atributos físicos de um Latossolo Amarelo no sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta e sistema Homogêneo.

2-MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas originalmente sob vegetação da Amazônia legal, na Fazenda Vitória, município de Paragominas – PA, localizada na região nordeste do estado do Pará (altitude de 89 metros, 2° 57' 29,47" S de latitude e 47° 23' 10,37" W de longitude), o clima é classificado como Aw, segundo classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1743 mm. A temperatura média anual apresenta variação entre 23,3°C a 27,3°C e a umidade relativa do ar indica média anual de 81%. O solo é classificado como Latossolo Amarelo textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

O experimento foi composto por um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) instalado no ano de 2009, em que são avaliados os sistemas integrados com a espécie de mogno africano (*Khaya ivorensis*). Para o arranjo espacial das árvores empregou-se o plantio em renques, cada um com duas linhas, no espaçamento 5 x 5 m. A distância entre renques foi de 20 m para o

cultivo das culturas anuais e forrageiras, o que totalizou 28% por ha da área ocupada pelas faixas dos renques e densidade de 160 árvores ha⁻¹. Avaliou-se também o plantio de mogno africano no sistema homogêneo em espaçamento 5 x 5 m.

Até o ano de 2009, antes da instalação do experimento a área utilizada vinha sendo mantida sob pastagem cultivada, com a exploração de gado de corte em sistema extensivo. Em janeiro de 2009, por razão da instalação do experimento, foram realizadas operações de preparo do solo, correção e adubação, em fevereiro do mesmo ano plantou-se o milho BRS 1030, na mesma data foi realizado o plantio da espécie florestal com o seu espaçamento mencionado anteriormente, na segunda adubação de cobertura do milho foi semeada a *Brachiaria ruziziensis* (20 kg ha⁻¹).

A segunda cultura a entrar no sistema foi a soja (cultivar Sambaíba) no ano de 2010, e no ano de 2011 a terceira cultura foi a do milho BRS 1055, todos os cultivos foram conduzidos seguindo as recomendações técnicas para as culturas.

Para fins deste trabalho foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, onde os fatores de estudo considerados foram o local de amostragem e profundidades.

Em abril de 2011, coletou-se amostras de solo, através de anéis volumétricos, com estrutura indeformadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm de acordo com o método descrito por Forsythe (1975), Blake e Hartge (1986) para análise dos atributos físicos do solo, nas áreas cultivadas com o sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta com cultivo de mogno africano a 2,5 m e a 10 m de distância dos renques de árvores e no sistema homogêneo cultivado com mogno africano, perfazendo um total de 3 tratamentos. Coletou-se três amostras indeformadas por profundidade e por tratamento.

Através do método da pipeta proposto por EMBRAPA (1997), realizou-se a análise granulométrica do solo para cada profundidade, obtendo o teor de argila (g kg⁻¹), silte (g kg⁻¹), areia (g kg⁻¹). Determinou-se a densidade aparente do solo (Ds), microporos, macroporos, porosidade total utilizando a metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SISVAR® e quando significativo às médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott p<0,05.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise granulométrica da área experimental demonstrou que na profundidade de 0-10 cm o teor de argila é de 660 g kg⁻¹, caracterizando um solo de textura argilosa, com o aumento da profundidade ocorre um aumento gradual no teor de argila, atingindo valores de 725, 770, 790 g kg⁻¹ nas profundidades de 10-20, 20-30 e 30-50 cm, respectivamente (Tabela 1).

Atributos ¹	Unidade	Prof. (cm)			
		0-10	10-20	20-30	30-50
Areia		56	44	40	35
Silte	g kg ⁻¹	284	231	190	175
Argila		660	725	770	790

¹Análises realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

Tabela 1 - Análise granulométrica da área experimental, fazenda Vitória, Paragominas – PA.

O maior valor de densidade do solo (Ds) na profundidade de 0-10 cm foi encontrado no tratamento Homogêneo o qual diferiu significativamente dos demais tratamentos (Tabela 2). Os tratamentos iLPF 2,5 m e iLPF 10 m não diferiram entre si. A Ds entre os tratamentos variou de 1,05 a 1,30 kg dm⁻³. Essa variabilidade dos tratamentos foi mantida entre as diferentes profundidades em estudo, tendo o sistema Homogêneo a maior Ds o qual diferiu nas profundidades 10-20, 20-30 e 30-50 cm dos demais tratamentos, cuja os quais não diferiram entre si, sendo o menor valor de Ds encontrado no tratamento iLPF 2.5 m (Tabela 2).

Loss et al. (2014), verificaram menores valores de Ds nos sistemas integrados quando comparados com os sistemas convencionais, no estudo em que avaliaram os atributos físicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de uso, confirmando o benefício de se utilizar sistemas integrados.

Variável ¹	Prof (cm)	Tratamentos*		
		iLPF 2,5 m**	iLPF 10 m**	Homogêneo
Ds (kg dm ⁻³)	0-10	1,06aA	1,11aA	1,30bA
	10-20	1,19aA	1,19aA	1,38bA
	20-30	1,23aA	1,18aA	1,39bA
	30-50	1,05aA	1,19aA	1,31bA
VTP (m ³ m ⁻³)	0-10	0,55aA	0,53aA	0,47bA
	10-20	0,49aA	0,52aA	0,44bA
	20-30	0,52aA	0,51aA	0,43bA
	30-50	0,56aA	0,50bA	0,44cA
MAC (m ³ m ⁻³)	0-10	0,22aA	0,18aA	0,07bA
	10-20	0,12aA	0,17aA	0,11aA
	20-30	0,14aA	0,15aA	0,12aA
	30-50	0,23aA	0,13bA	0,13bA
MIC	0-10	0,33aA	0,34aA	0,40aA

(m ³ m ⁻³)	10-20	0,36aA	0,35aA	0,32aA
	20-30	0,37aA	0,35aA	0,30bA
	30-50	0,33aA	0,36aA	0,31aA

¹Análises realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

Ds = Densidade do solo; VTP = Volume total de Poros; MAC = Macroporosidade; MIC = Microporosidade.

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

**Distância do renque da espécie florestal.

Tabela 2 - Atributos físicos dos tratamentos, fazenda Vitória, Paragominas - PA.

O sistema iLPF comparado com o sistema Homogêneo apresentou diferença estatística de Ds mostrando que no sistema homogêneo os valores de Ds foram maiores, isto pode ser explicado pelo fato ter sido introduzido no sistema do iLPF a forragem *Brachiaria ruziziensis* como planta de cobertura, com formação de matéria orgânica melhorando a estrutura do solo, pois proporciona a cimentação e a estabilização das partículas do solo amenizando o impacto negativo do pisoteio animal e distribuindo de forma adequada o peso das máquinas e implementos agrícolas (MORAIS et al., 2012).

Ao comparar no sistema iLPF as diferentes localizações de coleta de amostras (2,5 e 10 m), não houve diferença significativa entre a posição de amostragem (Tabela 2). Neste estudo, as maiores densidades do solo foram verificadas nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm (Tabela 2) podendo ser atribuída à camada compactada residual resultante de preparo de solo anteriores com aração e gradagem formando o pé de grade (Oliveira et al., 2013).

Os menores valores de Ds em todos os tratamentos foram encontrados nas camadas superficiais, exceto no tratamento iLPF 2,5 m, onde a menor Ds foi encontrada na camada 30-50 cm a qual não diferiu das demais camadas (Tabela 2), indicando um efeito mais pronunciado do aumento da Ds em profundidade.

Analisando apenas os valores de Ds, tais resultados indicam que o sistema iLPF utilizando a espécie florestal não afetou este atributo a ponto de torná-lo superior ao nível crítico de 1,30 a 1,40 kg m⁻³ (REICHERT et al., 2003), pois segundo Silva et al. (2011), em estudo onde foi avaliado os atributos físicos do solo, em função do cultivo de diferentes espécies vegetais, quando for identificado Ds superior a 1,30 kg m⁻³ pode haver restrições ao crescimento e desenvolvimento radicular das plantas.

O volume total de poros (VTP) teve o comportamento inverso ao da Ds nos tratamentos avaliados, ou seja, quanto menor a Ds, maior o VTP (Tabela 2). Os tratamentos não apresentaram diferença significativa de VTP entre as profundidades (Tabela 2). Em relação aos tratamentos comparados na mesma profundidade, verificou-se que os tratamentos iLPF 2,5 m e iLPF 10 m apresentaram os maiores valores de VTP nas camadas 0-10 e 10-20 cm não diferindo entre si e diferindo do sistema Homogêneo, já na profundidade 20-30 e 30-50 cm o sistema iLPF apresentou os maiores valores seguido do sistema Homogêneo, os quais diferiram entre si (Tabela 2).

Esses maiores valores de VTP no sistema iLPF ressaltam a importância dos resíduos vegetais na estrutura do solo em virtude da maior formação e estabilidade de agregados em razão à intensa atividade biológica refletindo uma maior aeração e infiltração de água no sistema facilitando assim o crescimento e desenvolvimento radicular das culturas (CUNHA et al., 2011).

Resultados que confirmam os obtidos por Silva e Martins (2010), onde indicam que o aumento da quantidade de raízes proporciona maiores valores de VTP, no estudo em que avaliaram sistema radicular e atributos físicos do solo do cafeeiro sob diferentes espaçamentos.

A macroporosidade (MAC) não apresentou distinção entre as profundidades dos tratamentos em estudo, no sistema iLPF os maiores valores MAC foram nas camadas superficiais, já no sistema Homogêneo ocorreu o inverso (Tabela 2). Maiores valores de MAC nas profundidades superficiais refletem influência da matéria orgânica na estruturação de solos (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011), e isto pode explicar por que a densidade do solo foi menor na camada superficial do que nas mais profundas, enquanto, para porosidade total e microporosidade, ocorreu o inverso.

Em relação aos tratamentos em cada profundidade somente apresentaram diferenças de MAC nas profundidades de 0-10 e 30-50 cm, nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 2).

Os valores de MAC variaram 0,07 a 0,23 m³ m⁻³. Taylor e Ashcroft (1972) recomendam que valores de MAC superiores a 0,10 m³ m⁻³ são necessários para possibilitar as trocas gasosas e o crescimento das raízes, é notório nos dados do presente trabalho, que os valores de MAC são superiores a 0,10 m³ m⁻³, exceto no sistema Homogêneo na profundidade de 0-10 cm que foi de 0,07 m³ m⁻³ (Tabela 2), portanto para esse atributo tais valores sugerem que o sistema iLPF independentemente dos diferentes cultivos expressa condições satisfatórias ao desenvolvimento da maioria das plantas.

Com relação à microporosidade (MIC), os tratamentos iLPF 2,5 m, iLPF 10,0 m e Homogêneo não apresentaram diferenças entre as profundidades em estudo (Tabela 2). Quando comparados os tratamentos em relação a cada profundidade houve diferença significativa em relação aos tratamentos apenas na profundidade de 20-30 cm, variando de 0,30 a 0,37 m³ m⁻³ (Tabela 2).

De acordo com Silva (2011), macroporos predominam em solos arenosos, enquanto em solos argilosos a tendência é predominar microporos, em razão de solos argilosos possuírem microagregados pela partícula de argila, o que lhe conferem uma maior MIC, como observado neste estudo.

4-CONCLUSÃO

O sistema iLPF apresentou menor densidade do solo e maior volume total de poros do que o sistema Homogêneo e não indicou danos na estrutura do solo, apresentando valores dentro do nível considerado não restritivo ao

desenvolvimento do sistema radicular das plantas, ressaltando sua importância na recuperação de áreas degradadas.

5-AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, o Projeto iLPF, Projeto PECUS e ao Banco da Amazônia pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.46, n.10, p.i-xii, out. 2011.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: ASA, 1986.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. **Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.589- 602, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Manual de métodos de análises do solo. Centro Nacional de pesquisa em solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 2º ed. 212 p. 1997.

FORSYTHE, W. **Física de Suelos; manual de laboratório**. New Cork: University Press, 324p. 1975.

LIMA, R. P.; LEÓN, M. J. D; SILVA, A. R. **Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração**. Revista Ceres, v. 60, n. 04, p. 577-581, jul./ago. 2013.

LOSS, A.; RIBEIRO, E. C.; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M. **Atributos físicos e químicos do solo em sistemas de consórcio e sucessão de lavoura, pastagem e silvipastoril**

em santa teresa, ES. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, Sept./Oct. 2014.

MORAIS, T. P. S.; PISSARRA, T. C. T.; REIS, F. C. **Atributos físicos e matéria orgânica de um Argissolo Vermelho-Amarelo em microbacia hidrográfica sob vegetação nativa, pastagem e cana-de-açúcar.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 214-223, 2012.

OLIVEIRA, P. R; CENTURION, J. F; CENTURION, M. A. P. C; ROSSETI, K. V. FERRAUDO, A. S; FRANCO, H. B. J; PEREIRA, F. S; BÁRBARO JÚNIOR, L. S. **Qualidade estrutural de um latossolo vermelho submetido à compactação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 3, p. 604-612, maio/jun. 2013.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J & BRAIDA, J. A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas.** Ciência & Ambiente, 27:29-48, 2003.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M. BECQUER, T. **Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária.** Revista Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.46, n.10, p.1339-1348. 2011.

SILVA, C. A. **Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo vermelho cultivado com cana-de-açúcar em sistema de colheita mecanizada.** 75f. 2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Aquidauana, MS: 2011.

SILVA, V.; L.; B.; MARTINS, P. F. S. **Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cafeeiro, variedade conilon, sob diferentes espaçamentos.** Revista ciências Agrárias, v. 53, n. 1, p. 96-101, jan/jun. 2010.

TAYLOR, S. A.; ASHCROFT, G. L. **Physical edaphology: the physics of irrigated and nonirrigated soils.** San Francisco: W.H. Freeman, 532p. 1972.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. **Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, p. 213-223, 2011. doi: 10.1590/S0100-06832011000100020.

ABSTRACT: The agricultural activity is one of the main causes of soil disruption, and the search for alternatives to make it socially and environmentally more sustainable is necessary. The objective of this study was to evaluate the influence of African mahogany (*Khaya ivorensis*) on the physical attributes of a Yellow Latosol in the crop-livestock-forest integration system (iLPF) and Homogeneous system. For the purposes of this work, a completely randomized design was used, with three replications, where the study factors considered were the sampling site and depths. The values of the granulometric analysis of the experimental area indicated a soil

with a clayey texture. The highest value of soil density was found in the homogeneous treatment, which differed significantly from the other treatments. The treatments showed no difference in total pore volume and macroporosity between the study depths, however, indicating a significant difference between the treatments. In the microporosity, the iLPF and Homogeneous system presented difference only between the treatments in the layer 20-30 cm. The iLPF system presented lower soil density and higher total pore volume than the homogeneous system and did not present any damage to the soil structure.

KEYWORDS: soil compaction, *Khaya ivorensis*, integrated systems.

CAPÍTULO XXV

PRODUÇÃO DE VERMICOMPOSTO ASSOCIADO A *Trichoderma spp*

**Marília Boff de Oliveira
Cleudson José Michelin
Emanuele Junges
Lethícia Rosa Neto
Pâmela Oruoski
Caroline Castilhos Vieira**

PRODUÇÃO DE VERMICOMPOSTO ASSOCIADO A *Trichoderma* spp.

Marília Boff de Oliveira

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

Santa Maria – RS

Cleudson José Michelin

Instituto Federal Farroupilha *Campus* São Vicente do Sul

São Vicente do Sul – RS

Emanuele Junges

Instituto Federal Farroupilha *Campus* São Vicente do Sul

São Vicente do Sul – RS

Lethícia Rosa Neto

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

Santa Maria – RS

Pâmela Oruoski

Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Agronomia

Santa Maria – RS

Caroline Castilhos Vieira

Instituto Federal Farroupilha *Campus* Júlio de Castilhos

Júlio de Castilhos - RS

RESUMO: A intensificação da produção animal gera uma grande quantidade de resíduos e o seu descarte tem sido motivo de grande preocupação ambiental. A compostagem é uma alternativa para transformação desses resíduos em insumos, com elevado potencial na produção de hortaliças e com possibilidade de associação com organismos de controle biológico, possibilitando a produção de um substrato ecologicamente correto, rico em nutrientes e protetor da saúde das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a sobrevivência do fungo *Trichoderma* spp. durante o processo de vermicompostagem, as alterações físico/químicas ocasionadas no substrato e o crescimento e desenvolvimento de plantas de alface cultivadas. Foram avaliados, como substratos base, resíduos da criação de ovinos; cavalos e coelhos, com ou sem a adição de *Trichoderma* spp. Em todos os tratamentos foram adicionadas minhocas da espécie *Eisenia foetida*. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 3x2 e o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições. O fungo *Trichoderma* spp. sobrevive durante o processo de vermicompostagem dos diferentes resíduos. A utilização de *Trichoderma* spp. não teve efeito nos teores de fósforo, magnésio e matéria orgânica, reduziu os valores de cálcio, elevou os teores de potássio para o substrato a base de coelho, aumentou a densidade seca do substrato base de resíduos de coelho e reduziu do substrato base de resíduos de cavalos. O substrato que proporcionou o melhor crescimento e desenvolvimento de plantas de alface foi o de resíduos de criação de cavalos, sendo favorecido pela presença de *Trichoderma* spp no segundo ano de cultivo.

1. INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é conhecido pela intensificação dos sistemas de produção animal, necessitando de alternativas que minimizem os problemas ambientais decorrentes da atividade. Nesse sentido, a gestão e o tratamento adequado dos dejetos animais surgem como uma alternativa mitigadora desse processo.

A adoção de técnicas adequadas de gestão pode atenuar os riscos ambientais associados à produção de adubo de origem animal, estabilizando-o antes da sua utilização (LAZCANO et al., 2008). A vermicompostagem é um processo de degradação e estabilização do material orgânico, através da ação constante de minhocas e microrganismos (DOMINGUEZ, 2004). Em geral, ela é constituída por duas fases: (I) fase ativa das minhocas que processam o substrato, modificando seu estado físico e sua composição microbiana (LORES et al., 2006), e (II) fase de maturação, onde as minhocas se deslocam para camadas mais frescas de substrato não digerido, deixando os microrganismos assumirem o material processado pelas minhocas (AIRA et al., 2007). A duração da fase de maturação é influenciada pela composição do substrato e também pela densidade de minhocas que atuam sobre ele. Essa prática tem sido utilizada com muito sucesso para a estabilização desses materiais orgânicos ricos em nutrientes (BUSATO et al., 2012).

A horticultura também é uma atividade frequente em pequenas propriedades, na maioria dos casos complementando a produção de animais. Nesses casos, o armazenamento, para posterior reaproveitamento dos resíduos animais, é um recurso importante na diminuição de custos com a fertilização. Nesse aspecto a vermicompostagem é um processo que apresenta resultados positivos, utilizando a excelente capacidade que as minhocas possuem de transformar e reciclar os resíduos orgânicos. Esses benefícios se devem principalmente pela produção de húmus, que é um composto coloidal rico em nutrientes oriundo das dejeções das minhocas (AMORIM et al., 2005). Dessa maneira, a vermicompostagem produz um substrato mais evolutivo de mineralização e humificação e mais rico em nutrientes minerais (N, P e K) (COTTA et al., 2015).

Outra ferramenta que está sendo usada, associada ao substrato no cultivo de hortaliças, são os microrganismos benéficos, fungos e/ou bactérias, com destaque para algumas espécies do gênero de fungos *Trichoderma*. Alguns isolados de *Trichoderma* podem atuar no controle de fitopatógenos (BROTMAN et al., 2010) ou como estimuladores do crescimento vegetal, pela habilidade que possuem na solubilização de minerais, colocando-os disponíveis para as plantas, e também pela produção de análogos de auxinas (HARMAN, 2000; VINALE et al., 2008). De acordo com Altomare et al. (1999), os macro e os micronutrientes sofrem um equilíbrio dinâmico complexo de solubilização e insolubilização no solo,

fortemente influenciado pelo pH e pela microflora, os quais afetam sua acessibilidade para absorção pelas raízes das plantas.

Considerando que as propriedades do vermicomposto, associadas à ação do fungo *Trichoderma* spp., podem influenciar positivamente no crescimento e no desenvolvimento de plantas de alface, este trabalho teve como objetivo avaliar a sobrevivência do fungo *Trichoderma* spp., após o processo de vermicompostagem, e as alterações físico/químicas ocasionadas no substrato pela presença deste microrganismo e pela promoção do crescimento e do desenvolvimento em plantas de alface.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos anos de 2015 e 2016 na área experimental do Instituto Federal Farroupilha, *Campus* Júlio de Castilhos (29° 13' 37" S e 53° 40' 54" O), com altitude de 513 m. O processo de vermicompostagem e o tratamento dos resíduos com *Trichoderma* foi realizado em um minhocário de alvenaria composto por 24 repartições com dimensões de 1,0 m² e 0,50 m de altura, coberto com telhas de amianto.

Os resíduos orgânicos utilizados como substrato base (SB) foram: 1) resíduos da criação de ovinos, compostos por fezes e urina; 2) resíduos da criação de cavalos, compostos por fezes, urina e casca de arroz; 3) resíduos da criação de coelhos, compostos por fezes, urina e restos de pelagem.

As minhocas matrizes utilizadas para a produção do vermicomposto foram da espécie *Eisenia fétida*. Colocou-se 100 gramas de minhocas para cada 5 kg de substrato base. Para a inoculação foi utilizado um produto comercial a base *Trichoderma* spp., com concentração de 48 g de *Trichoderma* por litro. A proporção utilizada foi de 1 mL de inóculo diluído em cada 10 L de resíduos de substrato base. A inoculação do substrato com o fungo *Trichoderma* spp. foi realizada através da incorporação da solução ao substrato, juntamente com a liberação das minhocas matrizes.

Dessa forma, os tratamentos utilizados foram: T1: SB 1 sem inoculação de *Trichoderma* spp; T2: SB 1 com inoculação de *Trichoderma* spp; T3: SB 2 sem inoculação de *Trichoderma* spp; T4: SB 2 com inoculação de *Trichoderma* spp; T5: SB 3 sem inoculação de *Trichoderma* spp e T6: SB 3 com inoculação de *Trichoderma* spp.

Para a avaliação da sobrevivência de *Trichoderma* spp., durante os dois anos de avaliação, foram realizadas coletas em cinco diferentes pontos da pilha de material vermicompostado em cada compartimento do minhocário respectivo a cada tratamento. Dessas amostras foram realizadas diluições seriadas do vermicomposto para a determinação da presença de Unidades Formadoras de Colônia (UFCs) viáveis de *Trichoderma* spp. Para isso, 5 g de amostras do vermicomposto de cada tratamento foram diluídas em 95 mL de água destilada e esterilizada, acrescida de duas gotas de Tween 80®. Os frascos contendo a

suspensão foram colocados em agitador do tipo Fisher – Flexa Mix™ (USA) por 10 minutos e, a partir dessa suspensão, foram feitas diluições seriais até o fator 10^{-4} . Em seguida, 0,5 mL dessas diluições foram transferidas para placas de petri, com meio de cultura seletivo Martin, acrescido de 0,05 mg de estreptomicina/100 mL de meio, e incubadas por cinco dias a 25°C em fotoperíodo de 12 horas em incubadora do tipo BOD.

Foram realizadas análises física e química dos substratos produzidos, determinando-se as densidades úmida e seca e os teores de cálcio, de magnésio, de fósforo e de potássio, assim como de matéria orgânica. As densidades úmida e seca dos substratos foram determinadas pelo método de Hoffmann (1970), e as análises químicas, conforme Tedesco et al. (1995).

O substrato obtido foi acondicionado em embalagens plásticas de filme tubular (15 cm x 100 cm), para cultivo de alface semi hidropônico em bancadas. Para cada repetição foram colocadas três mudas de alface (*Lactuca sativa*) cultivar brisa. As plantas foram irrigadas por gotejamento de acordo com as necessidades hídricas da cultura.

Aos 45 dias após a semeadura, determinou-se a altura de plantas, o número de folhas por planta, o comprimento do sistema radicular e a massa verde e seca das plantas de alface. A altura de plantas foi obtida através da medida da base até o ápice de cada planta. Já o número de folhas, pela contagem das folhas de cada planta. A massa verde foi obtida através da pesagem das plantas e a massa seca após secagem em estufa de ventilação forçada à 65°C até massa constante. Para avaliação do comprimento de raiz, as embalagens plásticas foram abertas para retirada das plantas de forma cuidadosa, para que o máximo de raízes fosse preservado. Posteriormente o seu comprimento foi obtido por meio da medida do sistema radicular de cada planta. No ano seguinte, o experimento foi realizado novamente, preservando os mesmos substratos base, cultivar e época de cultivo, onde foram determinados a altura de plantas, o número de folhas por planta, o comprimento do sistema radicular ea massa seca de raízes e de folhas.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 3x2 (substrato base X inoculação de *Trichoderma* spp), com 4 repetições. Os dados foram analisados utilizando o software Sisvar, e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott (FERREIRA, 2011) a 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na determinação de sobrevivência de *Trichoderma* spp., foi observado que todas as placas apresentavam crescimento do fungo. Isso possibilitou determinar que Unidades Formadoras de Colônia permaneceram viáveis em todos os substratos base utilizados, mostrando a possibilidade de serem utilizados em grande escala para a produção de substrato para o cultivo de mudas. Kubicek et al.

(2008), afirmam que o gênero *Trichoderma* prevalece em diferentes ecossistemas e em uma ampla gama de zonas climáticas.

O vermicomposto oriundo de substrato base da criação de ovinos com *Trichoderma* spp. foi aquele que apresentou a maior densidade úmida (Figura 1 a). Para este vermicomposto, a utilização do fungo *Trichoderma* resultou em aumento de 7% na densidade úmida. Este resultado pode estar relacionado à composição do substrato (fezes + urina) e ao ambiente que ele proporcionou para o desenvolvimento do fungo. De acordo com Bucio et al. (2015), a inoculação de *T. harzianum* provocou aderência das hifas às raízes de tomate no meio líquido. Além disso, algumas espécies de *Trichoderma* liberam substâncias que podem contribuir para a estruturação de um substrato mais denso. No substrato a base da criação de coelho, houve uma redução de 12% da densidade úmida quando inoculado com *Trichoderma*, em relação ao não inoculado. Não houve efeito significativo da utilização do *Trichoderma* spp. na densidade úmida do substrato a base da criação de cavalos.

A combinação do fungo *Trichoderma* spp. e do vermicomposto resultou em um incremento de 15% na densidade seca do substrato base da criação de coelhos, com a adição de *Trichoderma* em relação ao tratamento sem o fungo e a redução de 46% na densidade seca do substrato base da criação de cavalos com adição de *Trichoderma* (Figura 1 b).

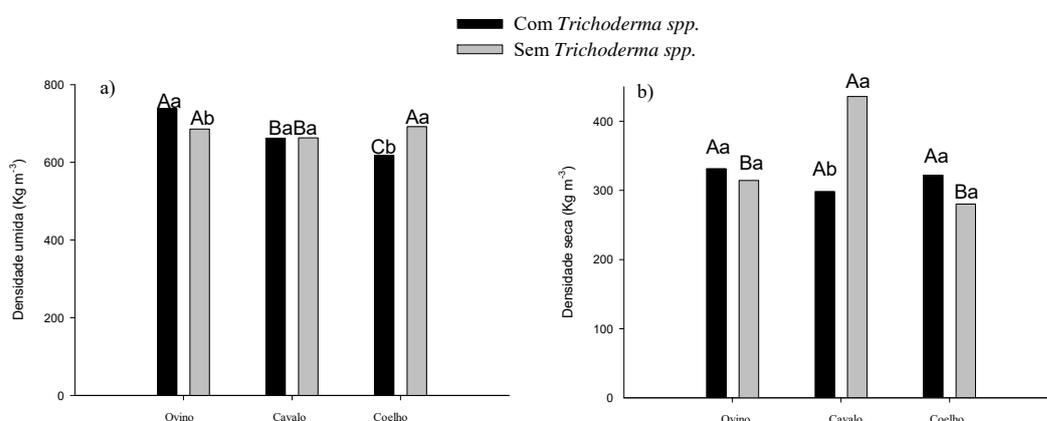


Figura 1 – Densidade úmida (a) e Densidade seca (b) dos substratos base da criação de ovinos, cavalos e coelhos, com e sem *Trichoderma* spp. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os diferentes substratos. Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si entre os tratamentos com e sem adição de *Trichoderma* spp. pelo teste de Scott Knott ($p < 0.05$).

Os resultados para os tratamentos com e sem *Trichoderma* não foram significativos para o substrato a base de ovinos. O menor valor de densidade seca encontrado no substrato a base da criação de cavalos possivelmente está associado a sua estrutura composta por fezes, urina e casca de arroz, a qual possui uma alta relação C/N e compostos recalcitrantes que permanecem por mais tempo no substrato, dificultando sua decomposição e favorecendo a porosidade dele.

Os resultados dos teores de cálcio (Ca) e potássio (K) apresentaram interação entre os substratos base e o fungo *Trichoderma* (Figura 2). Os teores de magnésio (Mg), fósforo (P) e matéria orgânica (MO) apresentaram significância apenas para os diferentes substratos estudados. A associação do substrato base da criação de coelhos com *Trichoderma* causou uma redução de 26% no teor de cálcio (Ca). Para os demais substratos base estudados, a associação com *Trichoderma* não influenciou os teores desse nutriente (Figura 2 c). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Wiethan (2015), que observou uma redução dos valores de Ca a medida que aumentava a concentração de *Trichoderma* spp. no substrato. De acordo com Silva & Aguiar (2001); Tamai et al. (2002); Gonzalez et al. (2009), alguns fungos decompositores e ectomicorrízicos, durante seu metabolismo, produzem ácido oxálico, que reage com o Ca, ocorrendo a formação de cristais de oxalato de cálcio. Com isso, ocorre a redução do teor de Ca trocável do meio.

O teor de K do substrato a base da criação de cavalos não foi influenciado pela associação com o fungo *Trichoderma* spp. (Figura 2 d). Entretanto observou-se um incremento de 38% e de 9% nos teores de K dos substratos base de coelho e de ovino, respectivamente, quando associados ao fungo *Trichoderma* spp. (Figura 2).

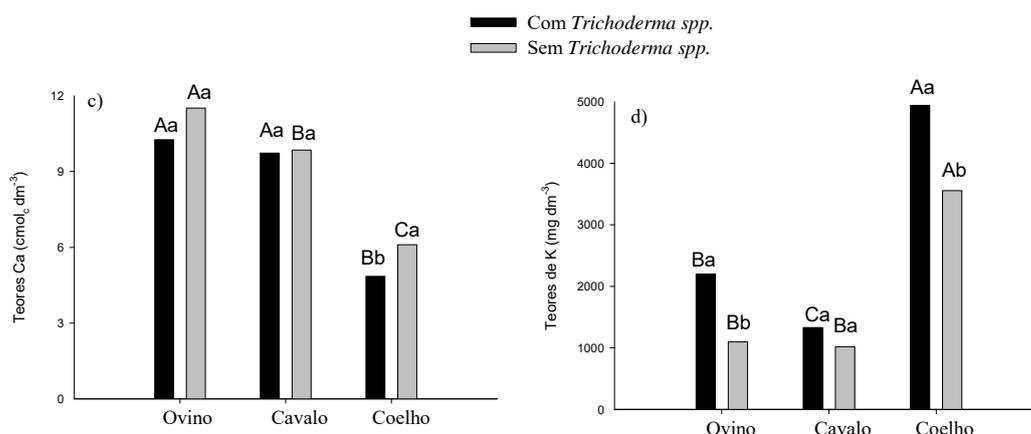


Figura 2 – Teores de Cálcio (Ca) (c), e de potássio (K) (d), dos substratos base da criação de ovinos, cavalos e coelhos, com e sem *Trichoderma* spp. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os diferentes substratos. Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si entre os tratamentos com e sem adição de *Trichoderma* spp. pelo teste de Scott Knott ($p < 0.05$).

Resultados semelhantes foram obtidos por Prates et al. (2007), que testaram a aplicação de *Trichoderma* spp. no substrato, a qual promoveu maior concentração de K nas folhas de mudas enxertadas de laranja. A associação do fungo com as minhocas pode ter influenciado de forma positiva a concentração de K no substrato.

Além disso, o maior teor de K no substrato a base da criação de coelho enriquecido com *Trichoderma* spp. pode estar associado à alta quantidade de K fornecida por este tratamento, pois este elemento é prontamente disponível às

plantas, quando fornecido através de adubos orgânicos (CQFS, 2004). Durigon et al. (2014), verificou que o *Trichoderma* causou um aumento significativo nos teores de K no tecido das plantas, sendo que houve um incremento de 58,7% em relação ao tratamento sem *Trichoderma* spp.

Para os teores de P e Mg, não houve efeito significativo do uso do *Trichoderma* spp. Em relação à concentração desses nutrientes, houve diferença apenas entre os diferentes substratos. As maiores concentrações de Mg resultaram dos substratos a base da criação de cavalos e coelho (Figura 3 e). Estes resultados corroboram os de Bassaco et al. (2014), que constataram que o vermicomposto a base de resíduos de coelhos foi aquele que apresentou os maiores teores de N, P, K, Ca e Mg.

Para o teor de P o substrato a base de criação de coelhos apresentou maior concentração, seguido do substrato base de criação de cavalos e ovinos (Figura 3 f). No entanto, em estudos realizados por Wiethan (2015), com *Trichoderma* spp. associado a esterco bovino na produção de alface, observou-se que a análise química da parte aérea das mudas de alface indicou maior porcentagem de P, K, Ca e Mg nos tratamentos em que se utilizou *Trichoderma* spp., quando comparados ao tratamento controle.

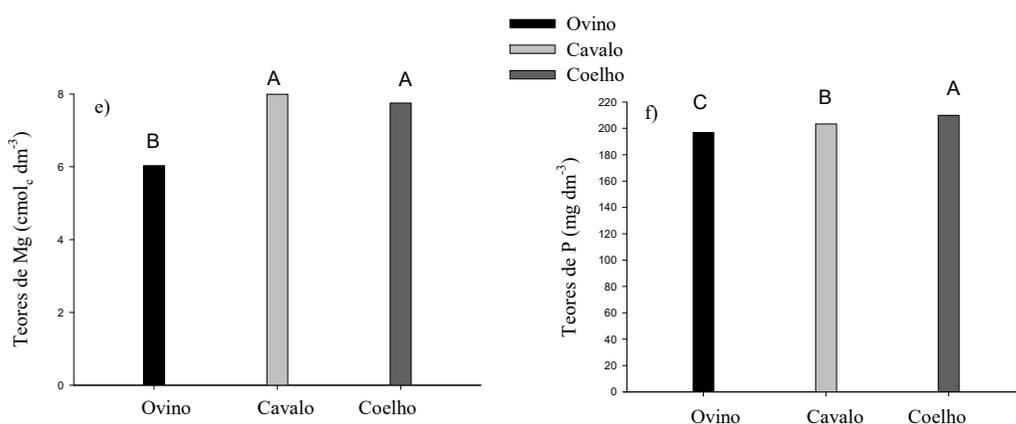


Figura 3 – Teores de Magnésio (Mg) (e), e de fósforo (P) (f), dos substratos base da criação de ovinos, cavalos e coelhos, com e sem *Trichoderma* spp. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0.05$).

A distinção dos níveis de P entre os diferentes substratos e a insignificância do efeito do *Trichoderma* neste parâmetro podem estar associadas a suplementação dada aos animais. De acordo com Maenz & Classen (1988), alguns animais, como porcos e galinhas, não utilizam, de forma eficiente, o P predominantemente armazenado em grãos de cereais, o que acarreta uma diminuição do P inorgânico, reduzindo a excreção de P para o ambiente (WANG et al., 2005). Esse resultado também pode estar relacionado à estrutura do substrato, alterado pela ação das minhocas, causando elevação na concentração de P, conforme verificado por Mansell et al., (1981). Satchell & Martein (1984), associaram esse comportamento à ação direta das enzimas intestinais das minhocas e, indiretamente, à estimulação da microflora e às bactérias com

capacidade de solubilizar fosfatos. Além disso, a microflora influencia o nível de potássio disponível (GARD et al., 2006); neste estudo os maiores níveis foram verificados no substrato base de criação de coelhos e ovinos, diferente do de origem de criação de cavalos, o qual continha casca de arroz que possivelmente prejudicou a atuação das minhocas.

Os teores de Matéria Orgânica não foram influenciados pelo uso do *Trichoderma*, sendo as maiores concentrações encontradas no substrato a base de criação de ovinos, quando comparado aos demais substratos (Figura 4). Diferente desse estudo, Bassaco et al. (2014), encontraram teor de carbono superior no substrato base da criação de coelhos em relação ao substrato base de criação de ovinos. No entanto, Souza et al. (2013), encontraram resultados semelhantes para a matéria orgânica do solo no tratamento em que se utilizou a relação 1:1:1 de esterco ovino, areia e solo.

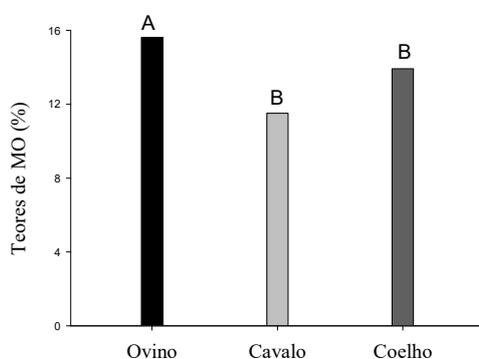


Figura 4 – Teor de matéria orgânica, dos substratos base da criação de ovinos, cavalos e coelhos, com e sem *Trichoderma* spp. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si teste de Scott Knott ($p < 0.05$).

O comprimento das raízes de plantas de alface apresentou comportamento distinto nos anos avaliados. No primeiro ano de execução do experimento, não houve interação entre os substratos base e o fungo *Trichoderma* spp. (Figura 5 g). As plantas que se desenvolveram no substrato base de criação de cavalos apresentaram sistema radicular 35% superior aos encontrados no substrato a base de criação de ovinos e 46% maior do que os encontrados na criação de coelhos. Tais resultados podem estar associados à composição do substrato (fezes + casca de arroz), onde a mistura dessa composição causou melhoria das características estruturais do composto, apresentando um valor intermediário de densidade úmida, proporcionado pela casca de arroz. A menor densidade do substrato favorece o desenvolvimento das plantas, melhorando a aeração e a drenagem e aumentando a capacidade de retenção de água (DINIZ et al., 2006).

No segundo ano de realização do experimento, houve interação entre os substratos base e o fungo *Trichoderma* spp. (Figura 5 h). A utilização dos substratos base de criação de ovinos e de cavalos, associados com o fungo *Trichoderma* spp, resultou em aumento de 48% e 228%, respectivamente, nas raízes de plantas de alface. Isso possivelmente se deve a melhor colonização do

substrato pelo fungo e às alterações físicas ocorridas nos substratos, em especial na densidade seca do substrato base de criação de cavalos, quando utilizado em associação com o fungo *Trichoderma* spp.

Ainda no segundo ano de experimento, a associação do substrato base de criação de coelhos com o fungo *Trichoderma* spp. não resultou em alteração no comprimento de raízes de alface, em comparação ao uso do substrato sem associação com o fungo. Tal resultado pode estar relacionado ao elevado valor de densidade seca apresentado pelo substrato, quando comparado aos outros substratos, que influencia o crescimento do fungo e o desenvolvimento do sistema radicular, devido à quantidade e ao tamanho das partículas que definem a aeração e a retenção de água (FERMINO, 2003).

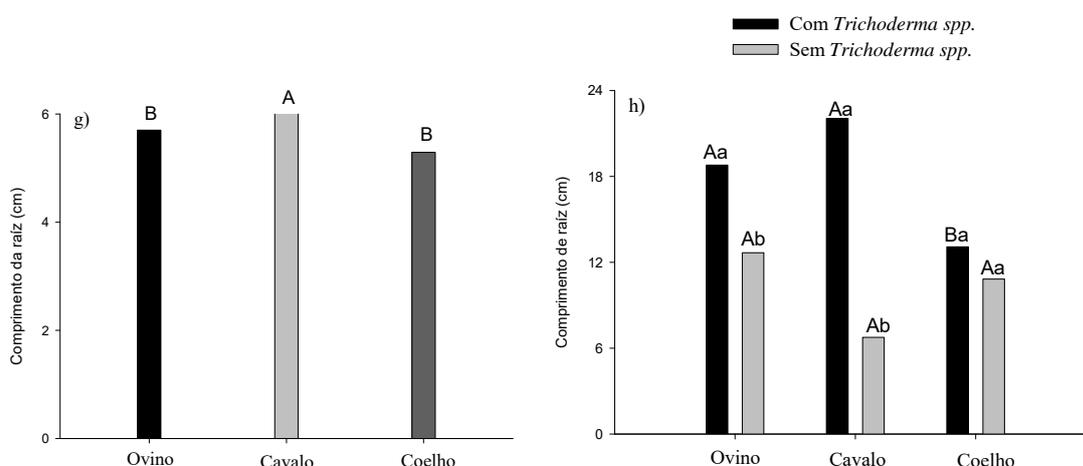


Figura 5 – Comprimento de raízes de plantas de alface cultivadas em substratos base da criação de ovinos, cavalos e coelhos, com e sem *Trichoderma* spp. no primeiro ano de experimento (2015) (g); e (h), no segundo ano de experimento (2016). Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os diferentes substratos. Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si entre os tratamentos com e sem adição de *Trichoderma* pelo teste de Scott Knott ($p < 0.05$).

Para a altura de plantas (Figura 6), houve interação significativa entre os substratos base e o fungo *Trichoderma* spp. nos dois anos de condução do experimento. A utilização do substrato base de criação de ovinos, associado com o fungo, resultou menor tamanho de plantas nos dois anos de condução do experimento. Essa redução foi de 32% no primeiro ano e de 20% no segundo ano.

A altura de plantas obtidas no substrato base de criação de coelhos, associado com o fungo *Trichoderma* spp. foi 25% menor no primeiro ano do experimento, quando comparada à altura de plantas conduzidas com o substrato base de criação de coelho sem o fungo (Figura 6 i). Os valores elevados de K, encontrados no esterco de coelho, possivelmente influenciaram nos menores valores de altura de plantas encontrados neste estudo, pois a alta concentração do nutriente ocasiona salinidade afetando o crescimento das plantas (ARAUJO NETO et al., 2009). No segundo ano de condução do experimento, a associação de substrato base da criação de coelho com o fungo *Trichoderma* spp. não influenciou no tamanho de plantas de alface. Essa mesma resposta foi observada para o

substrato base de criação de cavalos, nos dois anos de condução do experimento (Figura 6 j). Resultados semelhantes foram encontrados por Wiethan (2015), os valores de altura de plantas de alface com *Trichoderma* spp. após 28 dias da semeadura, foram inferiores ao controle. De acordo com Jones et al. (1988), algumas espécies de *Trichoderma* produzem fitotoxinas, como por exemplo o viridiol, o qual tem efeito retardante no desenvolvimento de mudas de alface.

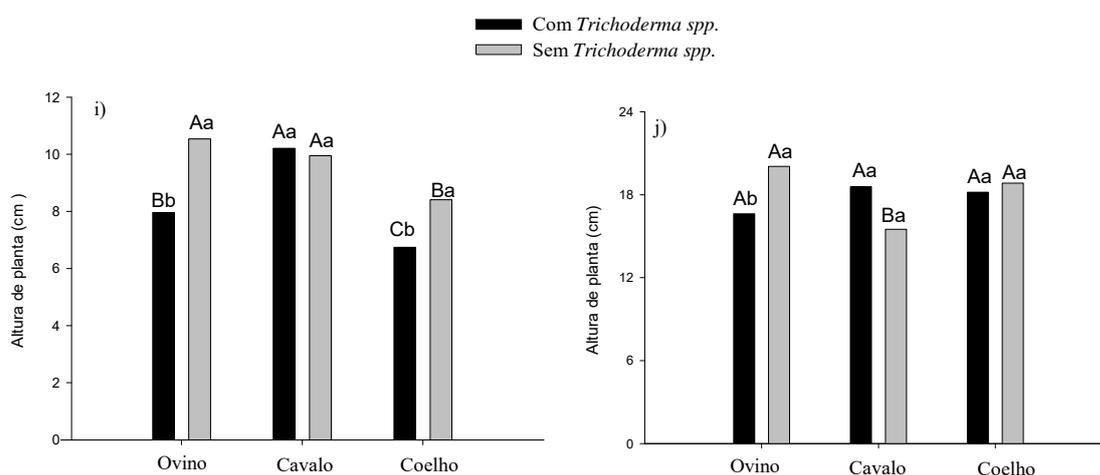


Figura 6 – Altura de plantas de alface cultivadas em substratos base da criação de ovinos, cavalos e coelhos, com e sem *Trichoderma* spp., no primeiro ano de experimento (2015) (i); e, no segundo ano de experimento, (2016) (j). Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os diferentes substratos. Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si entre os tratamentos com e sem adição de *Trichoderma* pelo teste de Scott Knott ($p < 0.05$).

O número de folhas por plantas apresentou comportamento distinto nos dois anos de condução do experimento. No primeiro ano, não houve interação entre os substratos base e fungo *Trichoderma* spp. O número de folhas por plantas foi 11% e 9% mais elevado nos substratos base da criação de cavalos e de ovinos, respectivamente, em comparação ao substrato base da criação de coelhos (Figura 7 k). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Morales et al. (2013), em que, ao utilizarem vermicomposto com incremento de casca de arroz em sua composição no cultivo de alface, obtiveram maior número de folhas, quando comparados aos tratamentos sem a presença deste material.

No segundo ano de condução do experimento, houve interação entre os substratos base e o fungo para o variável número de folhas por plantas (Figura 7 l). A associação do substrato base da criação de ovinos com o fungo resultou em diminuição de 37% no número de folhas por plantas. Peixoto & Peixoto (2009), afirmam que as folhas são a referência de produção de matéria seca através da fotossíntese, sendo o restante da planta dependente da exportação dessa fitomassa.

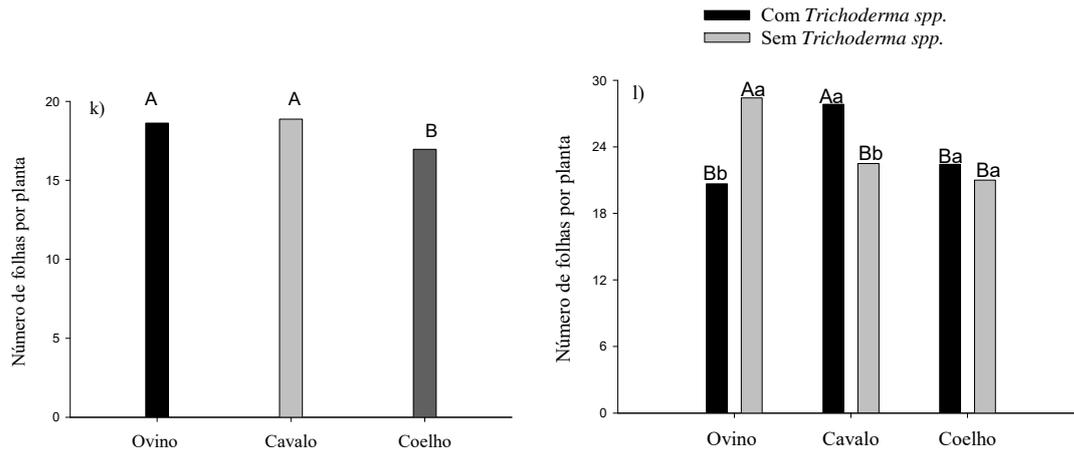


Figura 7 – Número de folhas por planta de alface cultivadas em substratos base da criação de ovinos, cavalos e coelhos, com e sem *Trichoderma* spp., no primeiro ano de experimento (2015) (k); e (l), no segundo ano de experimento (2016). Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os diferentes substratos. Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si entre os tratamentos com e sem adição de *Trichoderma* pelo teste de Scott Knott ($p < 0.05$).

Os resultados deste estudo estão de acordo com o autor, pois no segundo ano de experimento o substrato a base da criação de cavalos associado ao fungo *Trichoderma* spp., teve um incremento de 24% no número de folhas por planta, refletindo nos maiores valores encontrados para massa seca (Figura 8). O uso do substrato base da criação de coelhos, associado com o fungo, não influenciou no número de folhas por planta de alface. Inbar et al. (1994), observaram aumento de área foliar em plântulas cultivadas em substrato tratado com o isolado de *T. harzianum*.

No primeiro ano de condução do experimento, não houve interação significativa entre os substratos base utilizados e o fungo. A massa seca de folhas foi 53% maior no substrato base da criação de cavalos, em comparação ao substrato base da criação de ovinos, e 127% superior em comparação ao substrato base da criação de coelhos (Figura 8 m). No segundo ano de experimento, verificou-se que a utilização do fungo *Trichoderma* spp. reduziu a massa seca de folhas de alface em 29% (Figura 8 n).

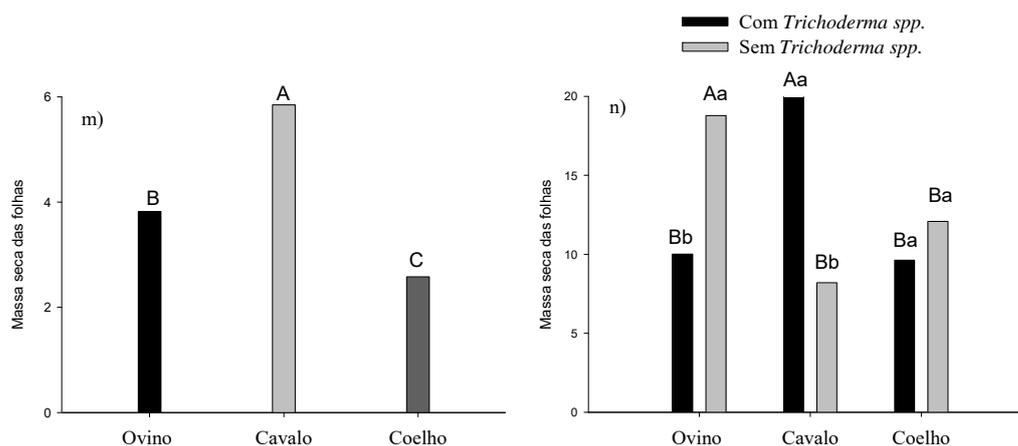


Figura 8 – Massa seca das folhas de alface cultivadas em substratos base da criação de ovinos, cavalos e coelhos, com e sem *Trichoderma* spp., no primeiro ano de experimento (2015) (m); e (n), no segundo ano de experimento (2016). Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os diferentes substratos. Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si entre os tratamentos com e sem adição de *Trichoderma* pelo teste de Scott Knott ($p < 0.05$).

A associação do substrato base da criação de ovinos com o fungo reduziu em 87% a massa seca de folhas de plantas de alface. Para o substrato base da criação de cavalos, a associação com o fungo representou um incremento de 147% na massa seca de folhas. A associação do substrato base da criação de coelhos com o fungo não interferiu na massa seca de folhas de alface. De acordo com Bucio et al. (2015), o efeito do isolado do fungo não contribuiu para uma maior produtividade das plantas. Pesquisas recentes sugerem que algumas combinações do *Trichoderma* com outros microrganismos podem melhorar o crescimento das plantas (COLLA et al., 2015). Uma combinação de *T. atroviride* e *Bacillus subtilis* promoveu melhor desenvolvimento de feijão em termos de massa seca de plantas, com 43% sobre o controle, 2% sobre o *Trichoderma* isolado e 34% para *B. subtilis* isolado (YOBO et al., 2011).

4. CONCLUSÕES

O fungo *Trichoderma* spp. sobrevive durante o processo de vermicompostagem de resíduos de criação de animais, tendo efeito sobre a densidade úmida e seca dos substratos a base da criação de ovino, de coelhos e de cavalos.

A utilização de *Trichoderma* spp. não teve efeito nos teores de fósforo, magnésio e matéria orgânica. Reduziu o teor de Cálcio dos substratos testados e aumentou os teores de Potássio, sendo mais responsiva no substrato a base da criação de coelhos.

Os dados obtidos mostram que o substrato que proporcionou o melhor crescimento e desenvolvimento de plantas de alface foi a base de resíduos de

criação de cavalos, sendo favorecida pela presença de *Trichoderma* spp. no segundo ano de cultivo.

REFERÊNCIAS

AIRA M; MONROY, F; DOMÍNGUEZ, J. *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *Microbial Ecology*, v. 54, p. 662–671, 2007.

ALTOMARE C.; NORVELL, W. A.; BJÖRKMAN, T; HARMAN, G. E. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growthpromoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 65, p. 2926-2933, 1999.

AMORIM A. C.; De LUCAS, J. J.; RESENDE, K. T. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. *Engenharia Agrícola*, v. 25, p. 57-66, 2005.

ARAUJO NETO S. E. A.; AZEVEDO, J. M. A.; GALVÃO, R. O.; OLIVEIRA, E. B. L., FERREIRA, R. L. F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. *Ciência Rural*, v. 39, p. 1408-1413, 2009

BROTMAN Y.; KAPUGANTI, G. J.; VITERBO, A.. *Trichoderma*. *Current Biology*, v. 20, p. 390-391, 2010.

BUCIO J. L.; FLORES, R. P.; ESTRELLA, A. H. *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia Horticulturae*, v.196, p. 109-123, 2015

BUSATO J. G.; LIMA, L. S.; AGUIAR, N. O.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. *Bioresource Technology*, v. 110, p. 390-395, 2012.

COLLA G.; ROUPHAEL, Y.; Di MATTIA, E.; EI NAKHEL, C.; CARDARELI, M. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as abiostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 95, p. 1706–1715, 2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre: SBCS, p. 400, 2004.

COTTA J. A. O.; CARVALHO; N. L. C.; BRUM; T. S.; REZENDE; M. O. O. **Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v.20, p. 65-78, 2015.

DINIZ K. A.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; LUZ, J. M. Q. **Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface.** Bioscience Journal, v.22, p.63-70, 2006.

DOMINGUEZ J. **State of the art and new perspectives on vermicomposting Research.** In: EDWARDS CA. Earthworm ecology. Florida: CRC Press, p. 401-424, 2004.

DURIGON, M. R.; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; MILANESI, P. M.; SANTOS, R. F.; HECKLER, L. I.; CERINI, J. B. **Adubações orgânicas e mineral e controle biológico sobre a incidência de podridões de colmo e produtividade de milho.** Semina: Ciências Agrárias, v.35, p. 1249-1256, 2014.

FERMINO, M. H. 2003. **Métodos de análises para caracterização física de substratos para plantas.** Tese. (Doutorado em Fitotecnia). Porto Alegre: UFRGS. 104p.

FERREIRA D. F. 2011. **Sisvar: a computerstatisticalanalysis system.** Ciência e Agrotecnologia 35: 1039-1042.

GARD P.; GUPTA, A.; SATYA, S. **Vermicomposting of different types of waste using *Eiseniafoetida*: A comparative study.** Bioresource Technology, v.97, p. 391-395, 2006.

GONZALEZ J. A. Z.; COSTA, M. D.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; BORGES, A. C. **Acúmulo de ácido oxálico e cristais de cálcio emectomicorrizas de eucalipto: II – formação de cristais de oxalato de cálcio induzida por fungos ectomicorrízicos em raízes laterais finas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, p. 555-562, 2009.

HARMAN G. E. 2000. **Myth and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum*T- 22.** Plant Disease, v.84, p.377-393, 2000.

INBAR M. J.; ABRAMSKY, M.; COHEN, D.; CHET, I. **Plant growth enhancement and disease control bay *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions.** European Journal of Plant Pathology, v.100, p. 337-346, 1994..

JONES R. W.; LANINI, W. T. and HANCOCK, J. G. Plant growth response to the phytotoxin viridiol produced by the fungus *Gliocladiumvirens*. Weed Science, v.36, p. 683-687, 1988.

KUBICEK C. P.; ZELAZOWSKA, M. K.; DRUZHININA, I. S. Fungal genus *Hypocrea/Trichoderma* from barcodes to biodiversity. J. Zhejiang Univ. Sci, v.9, p. 753-763, 2008.

LAZCANO, C.; BRANDÓN, M. G.; DOMÍNGUEZ, J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. Chemosphere, v.72, p. 1013-1019, 2008.

LORES M.; BANDÓN, M. G., DÍAZ, D. P.; DOMINGUEZ, J. Using fame profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. Soil Biology and Biochemistry, v.38, p. 2993-2996, 2006.

MAENZ, D. D & CLASSEN, H. L. Phytase activity in the small intestinal brush border membrane of the chicken. Poultry Science, v. 87, p.557-563, 1998.

MORALES, D. A.; SANTANA, N. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J.; KIRST, G. P.; STEFFEN, R. B. Utilização dos Diferentes Vermicompostos Produzidos a Partir de Resíduos da Estação de Tratamento de Efluentes como Substrato para Produção de Mudanças de Alface. Ciência e Natura, v.35, p. 55-63, 2013.

PEIXOTO, C. P & PEIXOTO, M. F. S. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. In: CARVALHO CAL et al. Tópicos em ciências agrárias. Cruz das Almas: Nova Civilização. p. 37-53, 2009.

PRATES, H. S. Composição mineral de mudas cítricas com aplicações de *Trichoderma spp*. São Paulo: International Plant Nutrition Institute, p. 118, 2007.

SATCHELL, J. E. & MARTEIN, K. Phosphate activity in earthworm faeces. Soil Biology and Biochemistry, v.16, p. 191-194, 1984.

SILVA, A. C. & AGUIAR, I. J. A. Micromorfologia da degradação de madeira da espécie amazônica *Huracrepitans* L. por fungos lignolíticos pertencentes a classe Hymenomycetes. Acta Amazônica v.3, p. 397-418, 2001.

SOUZA, E. G. F.; BARROS, A. P.; SILVEIRA, L.M.; SANTOS, M. G.; SILVA, E. F. Emergência e desenvolvimento de mudas de tomate IPA 6 em substratos, contendo esterco ovino. Ceres, v.60, p. 902-907, 2013.

TAMAI, M. A.; ALVEZ, S. B.; ALMEIDA, J. E. M.; FAION, M. Avaliação de fungos entomopatogênicos para o controle de *Tetranychusurticae*Koch (Acari:

Tetranychidae). Arquivo do Instituto Biológico, v. 69, p. 77-84, 2002.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 174, 1995.

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L; MARRA, R.; SHERIDAN, L.; LORITTO, M. **Trichoderma-plant-pathogen interactions**. Soil Biology & Biochemistry, v.40, p.1-10, 2008.

WANG, Y.; YUANG, Z.; ZHU, H.; FAN, M. D. **Effect of cyadox on growth and nutrient digestibility in weanling pigs**. South African Journal of Animal Science, v. 35, p. 117-125, 2005.

WIETHAN, M. M. **Vermicompostagem e desenvolvimento inicial de alface em doses superiores de *Trichoderma***. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) Santa Maria: UFSM, p.53, 2015.

YOBO, K. S.; LAING, M. D.; HUNTER, C. H. **Effects of single and combined inoculations of selected *Trichoderma* and *Bacillus* isolates on growth of drybean and biological control of *Rhizoctonia solani* damping-off**. African Journal of Biotechnology, v.10, p. 8746–8756, 2011.

ABSTRACT: The intensification of animal production generates a large amount of waste and its disposal has been of great environmental concern. Composting is an alternative for the transformation of these residues into inputs, with high potential in the production of vegetables and with possibility of association with organisms of biological control, allowing the production of an ecologically correct substrate, rich in nutrients and protector of plant health. The objective of this work was to evaluate the survival of the fungus *Trichoderma* spp. During the vermicompost process, as the physical / chemical development caused not substrate and the growth and development of lettuce plants grown in the different treatments used. Basal substrates were obtained from the creation of three different animals: sheep; Horses and rabbits, whether or not containing added *Trichoderma* spp. In all treatments, worms of *Eisenia foetida* were added. Evaluations of fungus survival, physical and chemical analyzes of the substrate produced and evaluation without growth and development of lettuce plants were carried out. The treatments were arranged in a 3x2 factorial scheme and the experimental design was completely randomized, with 4 replicates. Data were analyzed using Sisvar® software, and as means averages compared by Scott Knott's test at 5% error probability. *Trichoderma* spp. It survives the vermicompost process by improving the development of lettuce plants when associated with farms residue. The use of *Trichoderma* spp. It reduced the calcium values of all substrates, raised a dry density of the base substrate of rabbit residues, and reduced the base substrate of farmyard residues. The substrate that provided the best growth and development of

lettuce plants was the residues of rearing of horses, being favored by the presence of *Trichoderma* spp in the second year.

KEYWORDS:organicfertilizers, *Eiseniafoetida*,Composting.

CAPÍTULO XXVI

SISTEMA DE ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA: RELAÇÃO OFERTA/DEMANDA, QUALIDADE E CAMPANHA DE CONSCIENTIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CARANGOLA, MINAS GERAIS

**Michel Barros Faria
Marianna Catta Preta Tona Gomes Cardoso**

SISTEMA DE ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA: RELAÇÃO OFERTA/DEMANDA, QUALIDADE E CAMPANHA DE CONSCIENTIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CARANGOLA, MINAS GERAIS

Michel Barros Faria

Universidade do Estado de Minas Gerais Unidade Carangola

Marianna Catta Preta Tona Gomes Cardoso

Universidade do Estado de Minas Gerais Unidade Carangola

RESUMO: No intuito de entender a relação disponibilidade de água e consumo humano do município de Carangola, este trabalho teve como objetivo analisar os dados do Serviço Municipal de Saneamento Básico e Infra-estrutura (SEMASA) dos anos de 2003 a 2013 e realizar campanha de conscientização do uso da água. Foi realizada uma estimativa sobre o consumo da população e a quantidade de água tratada no período de vinte anos. A parte da conscientização da população foi realizada com a distribuição de panfletos educativos. O resultado das análises de dados da microbiologia e da qualidade físico-química mostrou-se de acordo com as especificações estabelecidas pela Portaria Federal 2914 do Ministério da Saúde. Quanto à relação oferta/demanda as análises apontam para um aumento crescente do consumo de água ao longo dos anos, estimando em falta de água no município de Carangola a partir do ano de 2035, ou seja, o volume de água disponível não será capaz de atender a demanda da população. Conclui-se que, se não houver maior controle sobre as perdas de água e também sobre seu consumo a estação de tratamento de água e seus reservatórios terão que ser reformados para atender a toda demanda.

PALAVRAS-CHAVE: água potável, oferta/demanda, qualidade da água.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei nº 9433/1997 (Brasil, 1997) a água é um recurso natural que é essencial à manutenção da vida e do meio ambiente, é um bem de domínio público e dotado de valor econômico. O planeta Terra tem 70% de sua superfície ocupada por água, desta, 97% é salgada, e 3% doce, na forma de geleiras, lençóis subterrâneos, rios e lagos, distribuídos de forma desigual pela Terra (Moraes e Jordão, 2002). O Brasil possui a vantagem de dispor de abundantes recursos hídricos e tem posição privilegiada no mundo, aproximadamente 12% da disponibilidade mundial, porém, é detentor do título de país com maior índice de desperdício de água (Marengo, 2008).

O município de Carangola está situado ao leste do estado de Minas Gerais, pertencendo à mesorregião da Zona da Mata brasileira. Sua população é de aproximadamente 33.350 habitantes, e se divide em quatro distritos: Carangola, Alvorada, Lacerdinha e Ponte Alta de Minas. Também possui importantes localidades rurais, como: Barroso, Papagaio, São Manoel do Boi, entre outras

(IBGE, 2010). Geomorfologicamente Carangola e seus distritos apresentam relevo fortemente dissecado com predomínio de vales e colinas estreitos, que se caracterizam por uma sucessão de cristais, e algumas serras, mostrando variações fisionômicas e altimétricas, com altitudes podendo variar de 500 a 1000 metros. Quanto à hidrografia, o município está inserido na Bacia do Rio Paraíba do Sul, sendo os rios Glória e Carangola os mais importantes canais fluviais que o drenam (SEMASA, 2013). O clima predominante do município é, de acordo com a classificação de Köppen, o Aw (tropical), com duas estações bem marcadas: a de outubro a março, com temperaturas elevadas e maiores precipitações; e outra de abril a setembro, correspondente ao período de estiagem e inverno (Simões et al., 2006). A pluviometria varia em média de 1.047,00 mm, o período chuvoso vai de novembro a janeiro e a seca de maio a setembro (SEMASA, 2013).

Visando assegurar a qualidade da água, o Ministério da Saúde estabeleceu os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade através da Portaria Federal do Ministério da Saúde Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 (Brasil, 2011). Para atender as exigências do Ministério da Saúde, a Estação de Tratamento de Água (ETA) de Carangola é do tipo convencional, com uma capacidade final de tratamento para 150 Litros por segundo (l / s) e é coordenada pelo Serviço Municipal de Saneamento Básico e Infra-estrutura (SEMASA) que é uma autarquia municipal criada pela Lei 734 de 10 de Setembro de 1968, alterada pela Lei 3.941 de 19 de Dezembro de 2008 (SEMASA, 2013).

No presente trabalho foi avaliado se a ETA de Carangola e seus distritos atendem aos padrões exigidos pelo Ministério da Saúde e concomitante foi realizado um projeto de conscientização do uso da água na área urbana do município. Dessa forma o objetivo geral desse estudo foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água disponível para consumo no município de Carangola - MG, fazer uma relação oferta/demanda do consumo e volume tratado, bem como realizar uma campanha de conscientização sobre o consumo excessivo de água. Com base neste objetivo foram seguidos os seguintes objetivos específicos: (i) analisar os dados referentes às análises da água, seu volume tratado e consumo da população dos últimos dez anos; (ii) realizar uma relação da oferta/demanda de água potável disponível, quanto ao volume tratado e consumo; (iii) levantar os dados sobre a qualidade físico-química e microbiológica, da água utilizada; (iv) efetuar uma estimativa dos próximos vinte anos da demanda de água potável para o município de Carangola; (v) realizar uma campanha de conscientização sobre o consumo excessivo de água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação de Tratamento de Água - ETA de Carangola e distritos (Alvorada, Ponte Alta de Minas e São Manoel do Boi). A coleta

de dados ocorreu através de pesquisa documental nos arquivos da SEMASA de Carangola, Minas Gerais entre os anos de 2003 a 2013.

Foram realizadas análises referentes à qualidade do abastecimento de água e a relação oferta/demanda do município a partir dos dados de relatórios anuais da ETA. Para a avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água disponível para consumo foram estudados os dados dos relatórios de conta d'água do SEMASA de 2009 a 2013 que avaliam os parâmetros de qualidade da água. De acordo com o artigo 5º do decreto número 5440 de 04/05/2005, os parâmetros avaliados são: coliformes totais que indicam a presença de bactérias na água e não necessariamente representam problemas a saúde, coliformes fecais que indicam a possibilidade da presença de microorganismos causadores de doenças, turbidez, cor aparente, pH, cloro residual e flúor.

Para a realização da relação oferta/demanda foram gerados gráficos de consumo real e volume de água tratada a fim de realizar uma média anual para análise e uma estimativa futura destes relacionando com a população do município. Também foram realizadas campanhas de conscientização com alunos do ensino fundamental da Escola Estadual João Belo de Oliveira e Moradores do município de Carangola. Foram impressos duzentos panfletos (Figura 1) com informações e dicas sobre o consumo consciente da água.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Sistema de Abastecimento de Água do município de Carangola inicia-se pela captação da água bruta do meio ambiente através de uma barragem de nível de concreto localizada no Rio Carangola, na cachoeira do Emboque. A adução é feita por gravidade tendo duas adutoras que podem atingir até 150 l/s de adução de água bruta. Depois esta água é tratada de forma adequada para torná-la potável, onde é direcionada aos reservatórios e por último, há a distribuição até os consumidores (SEMASA, 2013). O tratamento é realizado seguindo a Portaria Federal do Ministério da Saúde (Nº 2914 de 12/12/2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e consiste em: mistura rápida, floculação, decantação, filtração, cloração, fluoretação e correção de pH.

A Estação de Tratamento de Água (ETA) de Carangola possui dois completos laboratórios instalados. Um físico-químico onde é feito o controle da água distribuída à cidade, através dos resultados de análises de alcalinidade, pH da água, CO², determinação da turbidez e cor aparente da água tratada, filtrada e crua, cloro residual e teor de flúor da água tratada e um microbiológico onde são efetuadas as análises para o controle de qualidade da água servida à população com análises quinzenais de água crua, vinda da captação para a ETA, e filtrada. Duas vezes por semana é realizada análise de água tratada do sistema de abastecimento, proveniente do reservatório de água da ETA, e pontas de rede e

distritos, coletadas em bairros específicos da cidade. Os métodos utilizados são de acordo com a Portaria Federal do Ministério da Saúde N° 2914 de 12/12/2011.

O principal reservatório de distribuição está situado em um ponto de altitude no centro da cidade e possui capacidade de armazenamento de 2.000 m³ de água, sua localização permite o abastecimento por gravidade da maior parte da cidade. Nos bairros Aeroporto e Alterosa o reservatório armazena 50 m³ de água. O bairro Village do Campo possui reservatório em concreto armado e o bairro Panorama em alvenaria, ambos com capacidade para 30m³. A rede de distribuição de água apresenta uma extensão de distribuição em 2011 de 47.350 m. em Carangola e 68.211 m. envolvendo todo o município, abrangendo 100% da área.

Devido ao crescimento da cidade e principalmente aos novos loteamentos, houve a necessidade de construção de elevatórias de água tratada, onde é feito o bombeamento por adutoras até os reservatórios, situados em pontos elevados da cidade (Comunicação pessoal, 2014a).

Como mencionado, além da estação da cidade de Carangola este trabalho também abordou os distritos que estão ligados ao sistema de abastecimento da cidade, todos com embasamento no Relatório anual do SEMASA de 2013. No distrito de Alvorada o sistema de abastecimento de água é formado por: captação, adução por gravidade, estação de tratamento de água convencional, casa de química, reservatório e rede de distribuição que atende a totalidade da população. A ETA é do tipo compacta, em chapa de aço e composta de floculação, decantação acelerada, filtração rápida descendente, desinfecção e fluoretação. O controle da qualidade da água fornecida à população é periódico e realizado através do laboratório na própria ETA do distrito e também nos laboratórios da ETA de Carangola. Em Ponte Alta de Minas o sistema água é composto por: captação, adução por gravidade, tratamento de água através de filtro lento, laboratório de química, reservação e rede de distribuição que atende a todos os imóveis. Possui também, um poço artesiano que produz em média 16.000 litros/hora, fornecendo água para a população. O Abastecimento de São Manoel do Boi é formado por poço artesiano que produz em média 16.000 litros/hora, possui reservatório de distribuição de água em chapa de aço e capacidade de 50.000 litros e apresenta água de excelente qualidade, tendo apenas a adição de flúor e cloro.

Os dados levantados indicam que houve um aumento no consumo de água ao longo dos anos juntamente com o aumento do volume de água que é tratado e encaminhado aos reservatórios. A figura 2 mostra esse aumento, porém observa-se uma grande diferença entre o valor do volume de água tratado e o seu consumo real, isso se deve as perdas de água que correspondem aos volumes não contabilizados. As perdas de água podem ser perdas físicas, que representam a parcela não consumida, bem como perdas não físicas, que correspondem à água consumida e não registrada. De acordo com Silva (1998) as perdas físicas originam-se de vazamentos no sistema, envolvendo a captação, a adução de água, o tratamento, a reservação, a adução de água tratada e a distribuição, além de procedimentos operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede, quando estes provocam consumos superiores ao estritamente necessário para operação.

As perdas não físicas originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou fraudes em hidrômetros e outras. São também conhecidas como perdas de faturamento, uma vez que seu principal indicador é a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado.

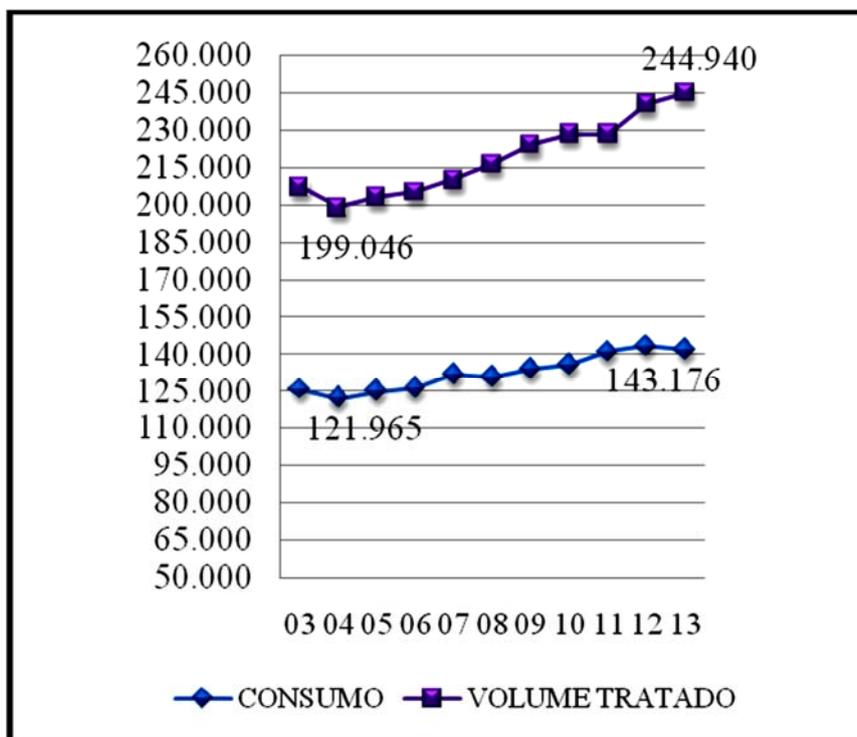


Figura 1. Média de volume de água tratado e consumo em m³ - 2003 a 2013. O eixo X representa os anos entre 2003 a 2013 e o eixo Y o volume de água.

O aumento da demanda por água é consequência direta do crescimento populacional e da ampliação dos níveis de consumo per capita (Adasa, 2014), o uso indiscriminado e a acelerada taxa de crescimento populacional têm conduzido ao aumento da demanda de água, o que vem ocasionando, problemas de escassez desse recurso (Setti et al., 2001). Para Carmo et al. (2014), considerando o consumo de água nas áreas urbanas, a tendência tem sido de crescimento da demanda em termos de volume. Esse aumento ocorre pela conjunção de dois fatores: ampliação do número de domicílios a serem atendidos, e aumento do consumo per capita, que está relacionado principalmente com a maior capacidade econômica das famílias. Outros fatores que podem contribuir para o aumento do consumo de água podem ter relação com a transição urbana, tais como aumento da população, ampliação do número de domicílios, aumento relativo de famílias, aumento de pessoas residindo sozinhas e aumento dos padrões de consumo da água em consequência do aumento de renda (Carmo et al., 2014; Brasil, 2014).

Entre os anos de 2000 e 2013 estima-se que a população de Carangola tenha aumentado aproximadamente em 1.437 habitantes (IBGE, 2013), que consequentemente houve maior demanda por água, e a necessidade de construir mais reservatórios, pois o seu principal deixou de abastecer todo crescimento demográfico (Howe, 2001; Comunicação pessoal, 2014b). O consumo de água nos

dez anos pesquisados aumentou em 21.211 m³ de água e o volume de água tratado em 45.894 m³ de água. O Ministério da Saúde, estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano, também estabelece que a água produzida e distribuída para o consumo humano deve ser controlada e define também a quantidade mínima, a frequência em que as amostras de água devem ser coletadas e os limites permitidos (Brasil, 2005).

Quanto a quantidade da água, o percentual de cloro residual livre entregue ao consumidor está de acordo com o Ministério da Saúde, a uma concentração mínima de 0,2 mg/l (miligramas por litro). Quanto a cor aparente da água que indica o grau de coloração o valor máximo permitido (VMP) é de 15,0 uH – unidade de Hazen. A quantidade de Flúor não traz riscos sanitários e a faixa recomendada de pH na água distribuída é de 6,0 a 9,5. A turbidez é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, e o valor máximo permitido de turbidez na água distribuída é de 5,0 Ut – unidade de turbidez (Higgins et al. 2002).

A Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde relata que amostras destinadas ao consumo humano não podem apresentar coliformes totais e termotolerantes que são microrganismos do grupo coliforme sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* (Brasil, 2011).

Os valores médios mostrados nas tabelas de média anual que foram avaliados nas contas de água de Carangola de 2009 a 2013 se mostram de acordo com os padrões determinados pela Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Média dos parâmetros avaliados de 2009 a 2013 na cidade de Carangola – MG.

TIPO DE ANALISE	N° DE ANALISES EXIGIDAS PELA PORTARIA N° 2914	N° DE ANALISES REALIZADAS PELA MS	AMOSTRAS ATENDEM LEGISLAÇÃO	QUE A
Cloro Residual	327	648	648	
Cor Aparente	327	320	320	
Flúor	327	320	320	
Turbidez	327	648	648	
Coliformes Totais	43	47	47	
Coliformes Termotolerantes	43	47	47	

Fonte: Conta d'água do Município de Carangola (SEMASA).

Tabela 2. Análises de qualidade da água do mês de dezembro de 2013.

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	TOTAL DE ANÁLISES REALIZADAS	DE VALOR MEDIO DETECTADO
Coliformes Totais	NMP/1000ml	0	53	0,0
Turbidez	uT	5	672	0,32
Coraparente	uH	15	336	2,1
Ph	-	9,5	672	7,3

Cloro Residual	Mg/l	2	672	0,98
Ion Fluoreto	Mg/l	1,5	336	0,72

Fonte: Conta d'água do Município de Carangola (SEMASA).

A estimativa futura foi feita baseada na média dos dez anos com a linha de tendência de previsão linear do Microsoft Excel 2007 com uma estimativa de vinte anos. Observa-se no gráfico que a média do consumo e do volume tratado se mantém crescente. Em 2013 a média anual de consumo e volume tratado foi de 143.176 m³ e 244.940m³ de água, respectivamente. O valor estimado para 2033 é de 185.000m³ de água para o consumo e 335.000m³ para o volume tratado, aproximadamente (Figura 3). De acordo com (Barros, 1995), o abastecimento de água é entendido como uma ação que vise prioritariamente à proteção à saúde humana, podendo ser compreendido como o conjunto dos sistemas de redes hidráulicas e instalações empregadas para o fornecimento de água à população de uma determinada cidade.



Figura 2. Panfletos sobre conscientização distribuídos.

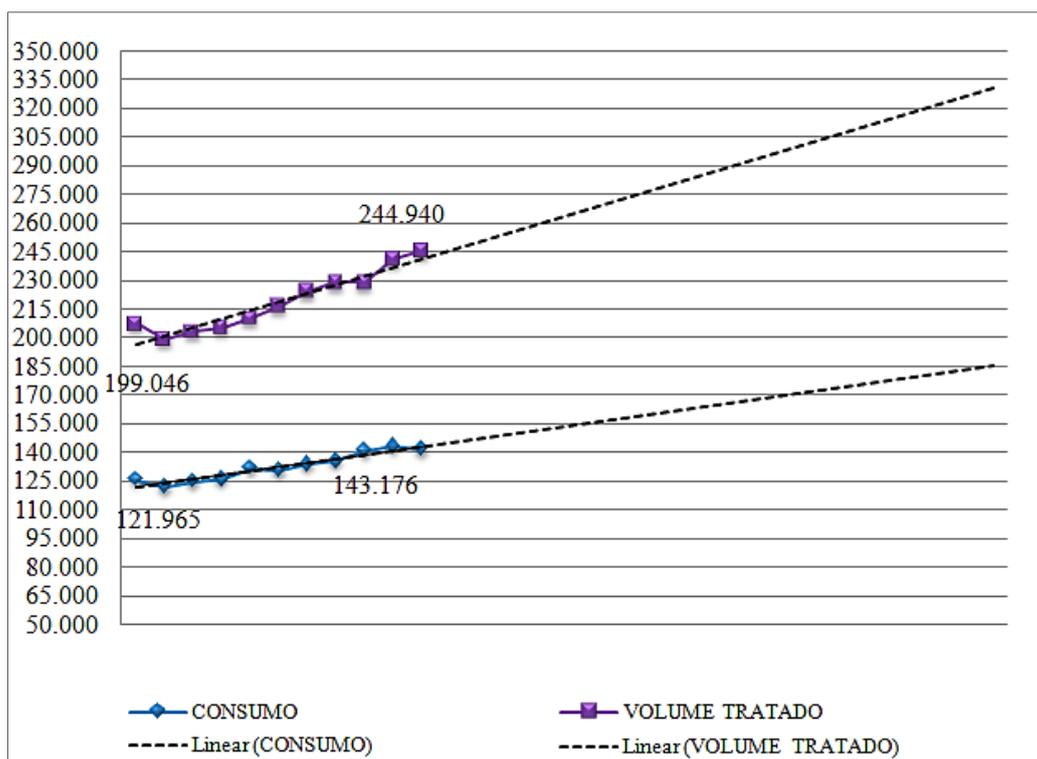


Figura 3. Estimativa futura para os próximos 20 anos em m³ de água.

Nesta última década, com as crises de escassez de água, as secas prolongadas e o tamanho uso e desperdício dos recursos hídricos, começa-se a perceber a falta d'água não como um fato localizado ou emergencial e, sim, como resultante de ações humanas (Carvalho e Filho, 2004; Freitas, 2014).

Foi realizada também uma campanha com a população do Bairro Triângulo onde os panfletos foram entregues as pessoas de forma aleatória de casa em casa. Também foram distribuídos quando as pessoas estavam desperdiçando a água na calçada com conversas sobre seu uso racional.

Sendo assim, faz-se necessário o uso de campanhas educacionais sobre seu consumo consciente, torna-se essencial falar sobre economia de água na escola, na rua e em casa, e o momento atual se mostra oportuno para discutir a respeito do seu uso adequado, tendo em vista o valor da água para a vida na terra e a importância de seu uso racional.

A campanha do uso da água foi realizada com o intuito de mostrar para a população de Carangola o quão importante e finito é esse recurso hídrico. Com os jovens a preocupação e conscientização sobre o assunto se mostraram mais eficaz, alguns adultos comentaram as formas que usam em casa para economizar, porém outros não se interessam pelo assunto, e deixam o panfleto informativo de lado.

Foi trabalhado o problema da escassez de água no planeta, começando por atos rotineiros, mas que devem ser feitos com o máximo de consciência como, evitar passar muito tempo jogando água nas calçadas, deixar a torneira aberta sem necessidade, evitar vazamentos e outros.

4. CONCLUSÃO

De acordo com as análises de água observadas nos relatórios da ETA em relação à qualidade físico-química e microbiológica todos os parâmetros estão de acordo com a Portaria Federal do Ministério da Saúde Nº 2914 de 12/12/2011, ou seja, são apropriadas para o consumo humano.

Quanto à análise da oferta/demanda, faz-se necessário maior monitoramento das perdas de água físicas que provocam consumo superior ao necessário, e não físicas, que são provenientes de ligações clandestinas.

A estimativa realizada mostra que em vinte anos o volume tratado pela estação e o consumo possuem uma linha linear crescente, e, provavelmente a ETA nos próximos anos terá que ser aumentada e a quantidade de reservatórios também, para suportar a demanda de água, pois o crescimento demográfico e a transição urbana são crescentes, o que provoca o maior consumo de água pela população e também seu maior uso. Quanto à estimativa para o volume tratado essas perdas de água físicas ou não físicas só tendem a aumentar, o que mostra a necessidade de um controle maior sobre elas.

A campanha de conscientização, com relação aos alunos, eles se mostraram interessados e participativos. Com a população do bairro triangulo, a campanha foi de grande valia, já que os panfletos eram entregues na hora em que acontecia o desperdício, e por isso alguns habitantes do bairro se mostraram abnegativos, porém, a maioria se mostrou interessado no assunto ou já faz algo para diminuir o uso da água.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade do Estado de Minas Gerais Unidade Carangola, também aos funcionários da Estação de Tratamento de Água de Carangola (ETA) e do Serviço Municipal de Saneamento Básico e infra-estrutura SEMASA, pelos dados disponibilizados.

REFERÊNCIAS

ADASA. **Abastecimento de água - conceito.** Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=comcontent&view=article&id=128&Itemid=288>>. Acesso em: 30 de setembro de 2014.

BARROS, R. T. V.; HELLER, L.; COSTA, A. M. L. M. **O saneamento e o município.** In: Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. 3° ed. Belo Horizonte, 1995.

BRASIL. Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005. Controle da qualidade da água: sistemas de abastecimento e mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Ministério da Saúde, 2005

BRASIL. **Mananciais.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/aguas-urbanas/mananciais>> Acesso em: 22 de Outubro de 2014. Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL, Lei nº 9.433, 8 de janeiro de 1997. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente, 1997.

BRASIL, Portaria Federal nº 2.914, 12 de dezembro de 2011. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, 2011

CARMO, R. L.; DAGNINO, R. S.; JOHANSEN, I. C. **Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil.** Revista brasileira de Estudos de População. Rio de Janeiro. p. 169-190, 2014.

CARVALHO, F.; FILHO, W. P. **O uso domiciliar da água: uma investigação com Alunos da escola adventista.** Santa Maria, Rio Grande do Sul. Revista Vydia. v. 24, n. 42, p. 191-209, 2004.

COMUNICAÇÃO PESSOAL. Jeferson da Silva Reis. Laboratorista da Estação de tratamento de água – ETA. Carangola, Minas Gerais, 2014a.

COMUNICAÇÃO PESSOAL. Job Hilário Singulane. Responsável químico da Estação de tratamento de água – ETA. Carangola, Minas Gerais, 2014b.

FREITAS, E. DE. **Água potável.** Brasil Escola, 2014. Disponível em: <<http://www.daevg.com.br/noticia/364/>>. Acesso em: 27 de outubro de 2014.

HIGGINS, J., WARNKEN, J., SHERMAN, P. P. & TEASDALE, P. R. **Survey of users and providers of recycled water: quality concerns and directions for applied research.** Water Research, 36:5045-5056. 2002

HOWE, C. W. **The Impact of Price on Residential Water Demand.** Water Resources Research, 33(14):44-57. 2001.

IBGE, **Infográficos: evolução populacional e pirâmide etária de Carangola, Minas Gerais.** Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=311330&searc>>

[h=minas-gerais|carangola|info%20gr%20-%E1ficos:-evolu%20-%E3o-populacional-e-pir%20mide-et%20-%E1ria>](#). Acesso em: 22 de Outubro de 2014.

MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas**. Revista Estudos Avançados [online]. 2008, vol.22. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-401420080002000006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 20 de novembro de 2014.

MORAES, D. S. DE L.; JORDÃO B. Q. **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana**. Revista Saúde Pública. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2002.

SEMASA - Serviço Municipal de Saneamento Básico e Infra-estrutura. Relatório de informações anuais. Carangola, Minas Gerais, 2013.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. DE M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Agência Nacional de Águas - ANA, 2ª Edição, 2001. Disponível em: <http://www.comitespcj.org.br/images/Download/livro_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf>. Acesso em: 22 de Outubro de 2014.

SILVA, R. T. **Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água**. Ministério do Planejamento e Orçamento - Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1998.

ABSTRACT: In order to understand the relationship water availability and human consumption in the city of Carangola, this study aimed to analyze the data of the Municipal Service Sanitation and Infrastructure (SEMASA) the years 2003-2013 and conduct awareness campaign use of water. An estimate of domestic consumption and the amount of water treated in the twenty year period was performed. Part of the awareness of the population was carried out with the distribution of educational pamphlets. The results of the microbiology data analysis and physicochemical quality was found to be in accordance with the specifications established by the Federal Ordinance 2914 of the Ministry of Health. As the supply / demand analysis point to a growing increase in water consumption over the years, resulting in lack of water in the city of Carangola from the year 2035, the volume of water available will not be able to meet the demand of the population. that if there is no conclusion greater control over water loss and also about their consumption of water treatment plant and its reservoir will have to be reformed to meet every demand.

KEYWORDS: drinking water, water quality, supply / demand.

CAPÍTULO XXVII

TEORES DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E VEGETAÇÃO NATIVA NO CERRADO PIAUIENSE

**Wesley dos Santos Souza
Jenilton Gomes da Cunha
Manoel Ribeiro Holanda Neto
Taiwan Carlos Alves Menezes
Patricia Carvalho da Silva
Ericka Paloma Viana Maia
Mireia Ferreira Alves
Jessica da Rocha Alencar Bezerra de Holanda**

TEORES DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E VEGETAÇÃO NATIVA NO CERRADO PIAUIENSE

Wesley dos Santos Souza

Universidade Federal do Ceará - UFC
Fortaleza - CE

Jenilton Gomes da Cunha

Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF
Petrolina - PE

Manoel Ribeiro Holanda Neto

Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Corrente - PI

Taiwan Carlos Alves Menezes

Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Corrente - PI

Patricia Carvalho da Silva

Universidade de Brasília - UnB
Brasília - DF

Ericka Paloma Viana Maia

Universidade Federal do Ceará - UFC
Fortaleza - CE

Mireia Ferreira Alves

Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Corrente - PI

Jessica

Secretaria de Estado da Educação do Piauí - SEDUC-PI
Corrente-PI

RESUMO: Os solos do cerrado apresentam uma qualidade química muito baixa, necessitando assim a correção da sua fertilidade e adição de nutrientes ao solo. objetivou-se com o presente trabalho a determinação dos teores de fósforo e potássio em diferentes sistemas de manejo do solo e vegetação nativa no cerrado piauiense, para verificar a influência do manejo do solo nos teores desses atributos. O trabalho foi realizado na Fazenda Guajuvira, Município de Uruçuí-PI. Foram estudados um sistema de plantio direto com 8 anos de implantação (SPD8), um sistema de plantio convencional (SPC) e uma área sob Vegetação Nativa de Cerrado (VNC). Em cada tratamento foram abertas quatro mine trincheiras e retiradas amostras de cinco profundidades, posteriormente os atributos químicos fósforo e potássio foram determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi Inteiramente Casualizado, todos os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. O sistema SPD8 apresentou os maiores teores de fósforo nas camadas mais superficiais do solo. Foram observados maiores teores de potássio nos sistemas SPD8 e SPC. A área de VNC,

por não haver nenhum tipo de manejo e devido as condições naturais do solo obteve os menores teores fósforo e potássio.

PALAVRA-CHAVE: fertilidade do solo, atributos químicos, Plantio Direto

1-INTRODUÇÃO

Os solos do Cerrado caracterizam-se por ter um baixo aproveitamento agrícola, em virtude desses solos apresentarem baixa fertilidade natural e ainda por serem solos geralmente ácidos. Porém, o fato da região apresentar relevos relativamente suaves que favorecem a mecanização agrícola constitui um atrativo para sua ocupação (PURCENA, 2014). O manejo intensivo e inadequado do solo pode resultar em diminuição de sua qualidade, com consequências ambientais, sociais e econômicas, assim, é necessário concentrar esforços na gestão dos recursos do solo, visando garantir o seu uso racional, com vistas a satisfazer as necessidades atuais e das gerações futuras. Para isso, é necessário estabelecer estratégia de uso do solo que respeite sua capacidade de oferta de recursos, manejando-o de modo a manter ou melhorar sua qualidade (GOEDERT; OLIVEIRA, 2007).

Devido a isso, o Sistema de Plantio Convencional está sendo substituído pelos sistemas conservacionistas de manejo, como o plantio direto, que preconiza o não revolvimento do solo mantendo a sua estrutura preservada, promovendo um aumento nos teores de atributos químicos em decorrência da manutenção da cobertura permanente desse solo, por meio da utilização de técnicas como a rotação de culturas.

Segundo Almeida et al. (2005), a maior concentração de fósforo e potássio na superfície dos solos sob sistema de Plantio Direto deve-se, principalmente, ao modo de aplicação dos adubos dos dois sistemas. No Plantio Direto, a distribuição ocorre a lanço ou incorporados na linha, próxima às sementes durante a semeadura, concentrando assim esse nutriente nas camadas mais superficiais do solo. No preparo convencional eles são incorporados antes de cada semeadura e homogeneizados na camada arável do solo, neste caso favorecendo até mesmo a lixiviação desses nutrientes. Visto isso a integração do manejo da fertilidade do solo ao processo produtivo permite conciliar a elevação constante da produtividade das culturas com a preservação dos recursos naturais. Para isso, é preciso identificar os fatores limitantes e avaliar a disponibilidade dos nutrientes no solo, uma vez que estes diferem em função de vários fatores, tais como: material de origem, condições climáticas, relevo e principalmente de sistemas de manejo adotados, os quais podem atuar positiva ou negativamente, conduzindo a ganhos ou perdas de fertilidade (MUZILLI, 2004).

Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho a determinação dos teores de fósforo e potássio em diferentes sistemas de manejo do solo e vegetação nativa no cerrado piauiense, para verificar a influência do manejo do solo nos teores desses atributos.

2-MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Guajuvira, Município de Uruçui, a 8°07'53" S, 44°35'92" W, a 560 m de altitude, na região de cerrado da Serra da Nova Santa Rosa, no sudoeste piauiense, Nordeste do Brasil. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, quente e semiúmido. A temperatura média anual é de 27 °C, com precipitação pluvial média anual de 1.200 mm e estação chuvosa de outubro a abril, com o trimestre mais chuvoso de janeiro a março, com ocorrência de veranicos. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, de classe textural argilo-arenosa (SANTOS et al., 2013).

2.1 Tratamentos e amostragens

Foram estudados três tratamentos, sendo dois sistemas de manejo do solo, o Sistema de Plantio Direto (SPD8) com oito anos de adoção e rotação de culturas com soja e milho nos últimos seis anos, e um Sistema de Plantio Convencional (SPC) com uso de aração e gradagem e monocultivo de soja, implantado após oito anos de plantio direto com rotação de culturas com soja e milho nos últimos seis anos. Além disso também foi estudado uma área sob vegetação nativa de Cerrado (VNC), como referência de um sistema em estado de equilíbrio. A área do SPC fazia parte do SPD8, na qual a quantidade de calcário aplicado no último ano foi de 2.000 Kg/ha de média em taxa variável, para ambas as áreas. O plantio foi feito com aplicação de MAP (11-54-00) na dose de 230 Kg/ha e potássio na fórmula de Cloreto (60%) na dose de 220 Kg/ha, totalizando, N-25 Kg, P₂O₅-124 Kg e K₂O-132 Kg/ha. Em cada tratamento foram abertas quatro trincheiras (Repetições) com 0,80 m de largura, 0,80 m de comprimento e 0,40 m de profundidade. Foram retiradas amostras de cinco profundidades (0,0–0,05 m; 0,05–0,10 m; 0,10–0,15 m; 0,15–0,20 m; e 0,20–0,30 m), fracionando-se a camada arável, totalizando 20 amostras por tratamento. Para cada área em estudo a amostragem foi realizada no mês de novembro.

Logo após a coleta, as amostras de solo foram levadas para o laboratório e secas ao ar, destorroadas, maceradas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha, para a determinação dos atributos químicos fósforo (P) e potássio (K⁺) na qual foram extraídos com Mehlich 1 e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente (DONAGEMA et al., 2011).

2.2 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi Inteiramente Casualizado (DIC) com parcelas subdivididas, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAEG versão 9.1 (SAEG, 2007).

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os resultados contidos na (Tabela 1), os valores referentes ao atributo fósforo (P) diferiu estatisticamente entre si apenas na última profundidade avaliada para Sistema de Plantio Direto (SPD8) e Sistema de Plantio Convencional (SPC), no entanto houve diferença estatística em relação a Vegetação Nativa de Cerrado (VNC) quando comparado com os demais tratamentos em todas as profundidades.

Profundidade (m)	Tratamentos		
	SPD8	SPC	VNC
		P (mg dm⁻³)	
0,0-0,05	7.73 aA	5.60 aA	0.17 bA
0,05-0,10	5.76 aAB	2.25 aB	0.18 bA
0,10-0,15	6.99 aAB	3.54 aB	0.15 bA
0,15-0,20	5.09 aB	4.84 aA	0.13 bA
0,20-0,30	3.03 abC	5.23 aA	0.17 bA
Média	5.73	4.29	0.16
		K⁺ (mg dm⁻³)	
0,0-0,05	71.10 aA	77.36 aA	7.97 bA
0,05-0,10	62.99 aA	74.37 aA	8.30 bA
0,10-0,15	45.20 aB	55.45 aB	4.64 bA
0,15-0,20	29.45 aC	34.53 aC	2.04 bA
0,20-0,30	21.43 aC	21.91 aC	2.99 bA
Média	46.03	52.72	5.18

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas, nas colunas, e minúsculas, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. SPD8= Sistema de Plantio Direto 8 anos; SPC= Sistema de Plantio Convencional; VNC= Vegetação Nativa de Cerrado.

Tabela 1. Valores das médias dos atributos fósforo e potássio nas profundidades de 0,0–0,05; 0,05–0,10 e 0,10– 0,15; 0,15-0,20; 0,20-0,30 m, sob diferentes sistemas de manejo do solo

O SPD8 obteve os maiores teores de Fósforo na camada arável do solo, na qual esses teores foram decrescendo à medida que se aprofundava no perfil do solo. Isso ocorre em função da manutenção de resíduos de plantas na superfície do solo, neste sistema, o que favorece a ciclagem de fósforo, contribuindo para o incremento e disponibilidade dos estoques de fósforo, ao longo do tempo de plantio direto. Além disso a adoção do processo de rotação das culturas soja/milho, o acúmulo da palhada principalmente do milho propiciou uma alta relação C/N, formando uma grande quantidade de matéria orgânica nas primeiras profundidades favorecendo o acúmulo de P nas camadas superficiais do solo. De acordo com Sá (2004), o não revolvimento do solo, no sistema plantio direto, promove a formação de sítios de fósforo em espaçamentos e profundidades diferentes, devido à adubação fosfatada no sulco de semeadura.

Comparando os teores de fósforo apresentados na tabela 1, houve diferença estatística entre as profundidades em estudo no SPC, isto se deve principalmente, pela inversão de camadas, quando se revolve o solo, pela aração e

gradagem, praticada neste sistema de preparo do solo, favorecendo a mobilidade do P para camadas mais profundas. Já para o tratamento de VNC, os baixos teores de P obtidos, justifica-se, uma vez que em solos sob VNC de cerrado há uma indisponibilidade de fósforo pela sua baixa mobilidade associada a elevada adsorção deste nutriente aos coloides do solo, devido também a agentes condicionantes de acidez como os óxidos de ferro e alumínio, característica predominante em solos de regiões tropicais como nos Latossolos de cerrados, e além disso a inexistência de práticas de calagem e adubações corretivas e de reposição.

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 1), os maiores valores de K^+ foram observados nos tratamentos de SPD e SPC. Em relação ao SPD esses valores podem ser explicados, devido a este atributo estar associado ao contínuo aporte de resíduos vegetais, que promoveram incremento na CTC neste sistema favorecendo a retenção do mesmo, além da ausência de revolvimento do solo. Os teores de K^+ variaram com as profundidades de amostragem, mostrando condições mais favoráveis às plantas na camada superficial e redução desta condição à medida que se aprofundou no perfil. Resultados semelhantes foram obtidos em alguns estudos, em que as maiores concentrações encontravam-se na camada superficial do solo (MARIA et al., 1999; SANTOS e TOMM, 2003; SIQUEIRA NETO, 2006)

O SPC apresentou teores de K^+ superiores ao SPD (Tabela 1), o que pode ser justificado pela inversão de camadas, quando se revolve o solo, pela aração e gradagem, praticada neste sistema de preparo do solo, favorecendo a incorporação e mineralização da palhada de cobertura predominante no sistema SPD8, praticado nesta área anterior a implantação do SPC, e conseqüentemente promovendo a distribuição e principalmente a lixiviação do K^+ na camada arável do solo proveniente das adubações. A lixiviação das bases trocáveis, como o potássio ocorre devido à combinação de diversos fatores, dentre eles a precipitação pluviométrica, o manejo do solo, o tipo e a forma de adubação.

Os teores de K^+ na VNC, foram menores quando comparados com o SPD e SPC (Tabela 1), isso remete-se ao fato de que para os outros dois sistemas em estudo ocorreu a ação antrópica, a prática da adubação verde e a fertilização química nessas áreas com manejo do solo, na qual essas técnicas promovem um aumento nos teores desse atributo no solo, disponibilizando-o para as plantas em maiores quantidades.

4-CONCLUSÕES

O Sistema de Plantio Direto 8 anos apresentou os maiores teores de fósforo e de potássio nas camadas mais superficiais do solo, muito em decorrência do maior aporte de matéria orgânica nessas camadas e do não revolvimento do solo.

A área de vegetação nativa de cerrado, por não haver nenhum tipo de manejo ou ação antrópica e devido as condições naturais do solo que apresenta elevado intemperismo, obteve-se teores muito menores de fósforo e potássio que

os encontrados nos sistemas de manejo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. A.; BERTOL, I.; LEITE, D. et al. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 437-445, mai./jun. 2005.

DONAGEMMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B. et al. (Org.). Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. rev. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

GOEDERT, W.J.; OLIVEIRA, S.A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.991-1017.

MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.703-709, 1999.

MUZILLI, O. **Fundamentos para o manejo do solo no sistema plantio direto**. In: COUTO, E. G.; BUENO, J. F. (orgs.). REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, 2004. Os (DES) caminhos do uso da água na Agricultura Brasileira. p. 299-336. 482p.

PURCENA, L. L. A. **Prospecção de enzimas de solo de Cerrado sob cultivo de cana-de-açúcar**. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2014. 106p. Tese Doutorado.

SÁ, J. C. M. **Adubação fosfatada no sistema plantio direto**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e (Eds.). SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2003, São Pedro. Anais... Piracicaba: Potafos, 2004. p. 201-222.

SAEG - **Sistema de Análises Estatísticas**, versão 9.1. Viçosa: UFV, 2007.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função dos sistemas de cultivo e manejo do solo. **Ciência Rural**, v.33, p.477-486, 2003.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. et al. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

SIQUEIRA NETO, M. **Estoque de carbono e nitrogênio do solo com diferentes usos no cerrado em Rio Verde**. 2006. 159p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ABSTRACT: Cerrado soils are of low quality, thus requiring a correction of their fertility and addition of nutrients to the soil. The objective of this work was to determine the phosphorus and potassium contents in different management systems of the soil and native vegetation without Piauí cerrado, to verify the influence of soil management on the contents for the attributes. The work carried out at farm Guajuvira, Municipality of Uruçuí-PI. A direct planning system with 8 years of implementation (SPD8), a conventional planning system (SPC) and an area under Cerrado Native Vegetation (VNC) were studied. In each treatment with four openings trenches and samples taken at five depths, in addition to the chemical attributes phosphorus and potassium were determined by colorimetry and flame photometry, respectively. The experimental design was completely randomized, all data were submitted to analysis of variance and as averages compared by the Tukey test at 5% probability. The SPD8 system presents the highest levels of phosphorus in the most superficial layers of the soil. Higher levels of potassium were observed in the SPD8 and SPC systems. An area of VNC, because there was no type of management and due to natural soil conditions, obtained the lowest phosphorus and potassium contents.

KEYWORDS: soil fertility, chemical attributes, no-tillage

CAPÍTULO XXVIII

UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE SOLOS BRASILEIROS PARA VALIDAÇÃO DOS ATRIBUTOS DA ORDEM DOS LATOSSOLOS.

**Eliane de Paula Clemente
Humberto Gonçalves dos Santos
Jeronimo Guedes Pares**

UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE SOLOS BRASILEIROS PARA VALIDAÇÃO DOS ATRIBUTOS DA ORDEM DOS LATOSSOLOS.

Eliane de Paula Clemente

Embrapa Solos; Rio de Janeiro, RJ

Humberto Gonçalves dos Santos

Embrapa Solos; Rio de Janeiro, RJ

Jeronimo Guedes Pares

PUC Rio; Rio de Janeiro, RJ

RESUMO: Este trabalho constitui uma contribuição ao aprimoramento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Foram realizadas análises de dados oriundos de levantamentos de solos de todo o Brasil para a Ordem dos Latossolos. Estes dados estão armazenados no “Sistema de Informação de Solos Brasileiros”, sendo que, na ocasião foi possível analisar 504 perfis de Latossolos. As variáveis escolhidas foram Textura (Argila, Relação Textural e Relação Areia Grossa/Areia Fina), Densidade (Solo e de Partícula), Nitrogênio, Teor de Carbono, Alumínio (Al³⁺), Óxido de Ferro (Fe₂O₃), pH (H₂O e KCl), Óxido de Alumínio (Al₂O₃), Valor T, Ki e Kr. A análise estatística foi feita utilizando o programa SAS. Os resultados mostraram que os valores encontrados nos perfis analisados condizem com os valores pré-estabelecidos no SiBCS estimados no passado, quando não se dispunha de tantos dados de perfis, na quantidade e qualidade que atualmente está disponível. Sabendo-se da grande quantidade de perfis que o “Sistema de Informação de Solos Brasileiros” possui atualmente (9.138), pretende-se aprimorar estas validações e com isso estabelecer limites mais precisos para as variáveis estudadas.

PALAVRAS CHAVE: base de dados, classificação de solos, BDSOLOS

1. INTRODUÇÃO

Os Latossolos são classes de solos predominantes em nosso país, ocupando aproximadamente 38% do território brasileiro. Eles estão presentes praticamente em todas as regiões do Brasil, em diferentes áreas climáticas, condições de relevo e de material de origem. Diferenciam-se entre si principalmente pela coloração e teores de óxidos de ferro, que determinaram a sua separação em quatro classes distintas ao nível de subordem no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999), que são elas: Latossolos brunos, Latossolos amarelos, Latossolos vermelhos e Latossolos vermelho-amarelos. Apresenta normalmente baixa fertilidade, exceto quando originados de rochas mais ricas em minerais essenciais às plantas, acidez e teor de alumínio elevados. Possuem boas condições físicas para o uso agrícola, boa permeabilidade por serem solos bem estruturados e muito porosos. Porém, devido aos mesmos aspectos físicos, possuem baixa retenção de umidade, principalmente os de textura arenosa ou média em climas mais secos.

Segundo Ker (1999), os Latossolos são considerados poligenéticos. Experimentaram diferentes situações climáticas ao longo de sua formação. Isso tende a homogeneizar características químicas, morfológicas e mineralógicas. O conceito central dos Latossolos, prevê o domínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio, com menores proporções de outros componentes na fração argila.

Embora já exista uma descrição para a classe Latossolos, feita pela Embrapa Solos em 1999 e atualizada em 2006 e 2013, há poucos trabalhos que façam uma relação entre os valores obtidos em campo e os dados considerados definidores de Latossolos. Portanto é fundamental o desenvolvimento de um sistema detalhado e preciso para a classificação dos Latossolos. Este trabalho tem como objetivo refinar a nova classificação de solos feita pela Embrapa Solos (2006 e 2013), por meio de novas informações obtidas de análises estatísticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As informações dos Latossolos foram provenientes de um banco de dados da Embrapa Solos, (Sistema de Informação de Solos Brasileiros) de livre acesso no link http://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html, englobando perfis de solos de todo o Brasil. Este banco conta com vários levantamentos e possui, atualmente, 9138 perfis, sendo que destes, 2347 foram classificados como Latossolos. Na ocasião deste trabalho o banco contava com apenas 2672 perfis, sendo 504 da ordem dos Latossolos, devido a carga no banco de dados ainda estar em processo inicial.

O banco de dados está disposto em horizontes, o que significa que os valores de argila, pH, teor de MO, etc. foram analisados ou calculados para os horizontes. Como o objetivo é analisar as variáveis essenciais à classificação em termos de perfis, foi necessário realizar médias simples entre os valores dos horizontes. Assim foi possível transformar os dados relacionados aos horizontes e analisar as variáveis em todo o perfil. Em algumas variáveis foi feito a média simples de todos os horizontes, mas para outras apenas alguns horizontes foram necessários para obter os dados importantes. As variáveis analisadas foram: Textura (Argila, Relação Textural e Relação Areia Grossa/Areia Fina), Densidade (Solo e Partícula), Nitrogênio, Teor de Carbono, Alumínio (Al³⁺), Óxido de Ferro (Fe₂O₃), pH (H₂O e KCl), Óxido de Alumínio (Al₂O₃), Valor T, Ki e Kr (Embrapa, 1997). Algumas variáveis foram calculadas para o perfil inteiro, outras apenas certos horizontes e, ainda, certas variáveis foram calculadas para ambos.

As informações foram analisadas pelo programa de estatística SAS onde se verificou a distribuição e o comportamento das variáveis preditoras das classes de solos. Isto pôde validar e aprimorar os parâmetros classificatórios conhecidos e os limites quantitativos em todos os níveis hierárquicos do SiBCS para a classe de Latossolo do Brasil.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da relação Areia Grossa/Areia Fina, realizada por horizontes, foram obtidos os seguintes valores:

Horizonte A: 444 perfis com valor mínimo de 0 e máximo de 10,4; média de 1,45.

Horizonte B: 471 perfis com valor mínimo de 0 e máximo de 7,07; média de 1,25.

Horizonte C: 38 perfis com valor mínimo de 0 e máximo de 5,86; média de 1,82. Como pode ser visto na **Figura 1**.

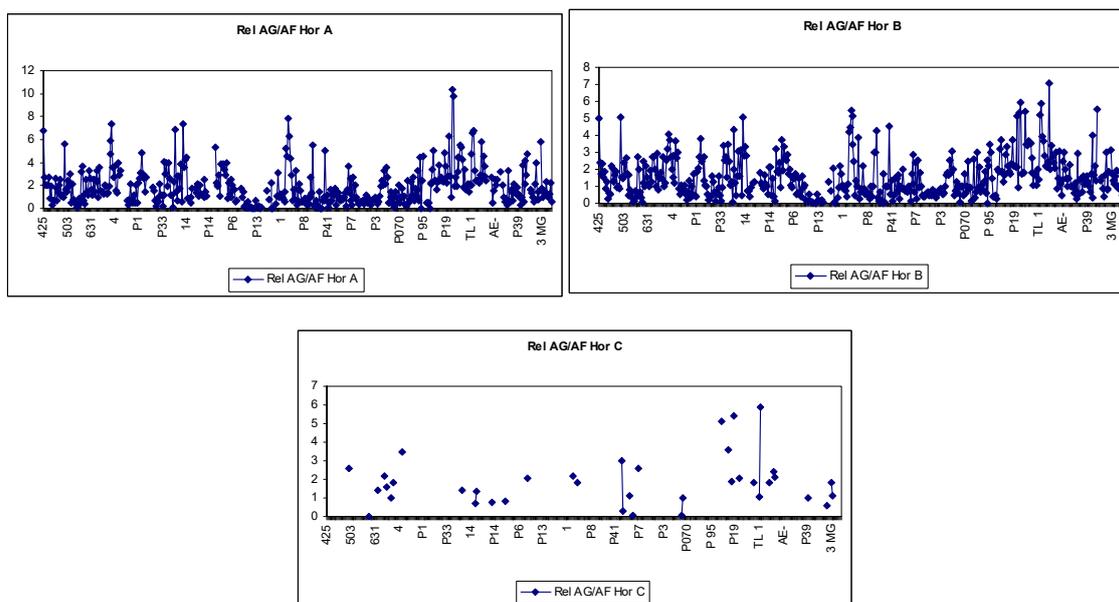
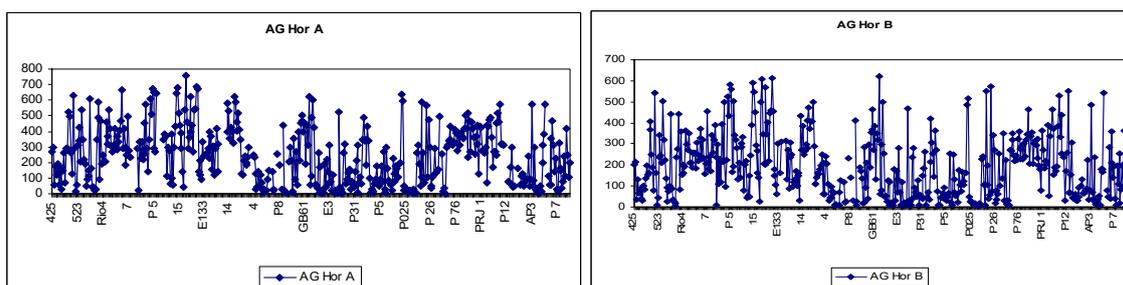
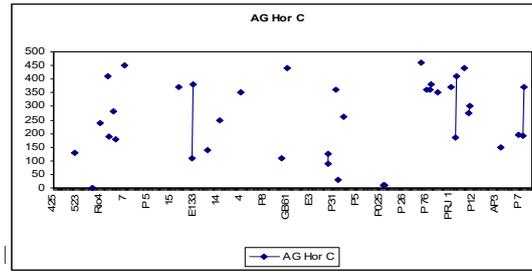


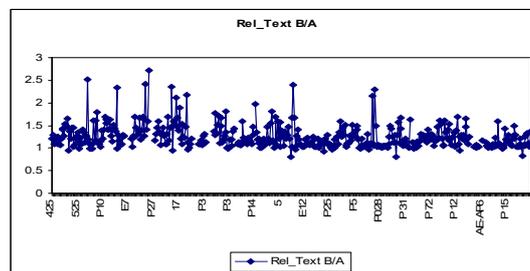
Figura 1. Relação Areia Grossa/Areia Fina em diferentes horizontes

Na análise do conteúdo de Argila o horizonte A foram considerados 455 perfis com valor mínimo de 60 e máximo de 935; a média de 445, conforme **Figura 2**. A distribuição dos perfis, com relação à argila no horizonte A, mostra que os valores são muito bem distribuídos entre o mínimo e o máximo, não apresentando nenhuma concentração significativa da argila. Apenas nos limites da distribuição que se vê um número menor de amostras (próximos de 0 e de 1000). O valor 445 para a média da distribuição é um bom indicativo disto. Já para o horizonte B foram 483 perfis com valor mínimo de 130 e máximo de 937,5; a média foi de 535,6. A distribuição da argila no horizonte B é bem semelhante ao comportamento da argila no horizonte A, com uma média de 535,6.

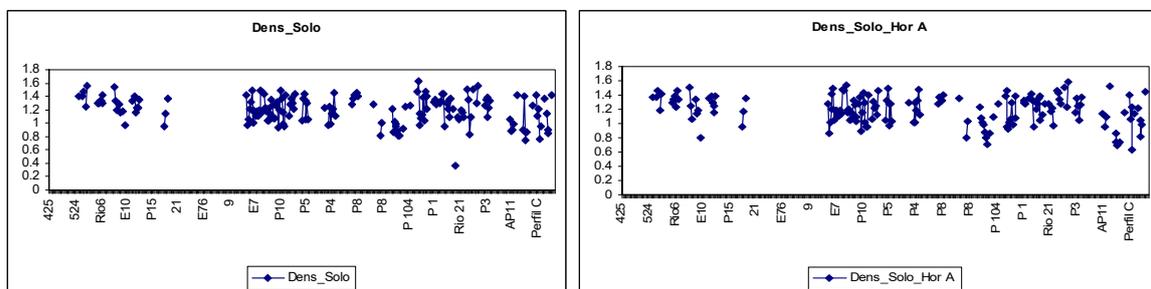




Para a relação textural foi considerado 449 perfis com valor mínimo de 0,8 e máximo de 2,72; a média de 1,19 (Figura 3). O valor médio de 1,19 indica que a maioria dos perfis possuem relação textural baixa (mais próxima do valor mínimo de 0,8). A concentração maior de perfis se encontra entre 1 e 1,5.



Para a densidade foram calculadas a densidade do Solo (g/cm³) e densidade da Partícula (g/cm³) (Figura 4), considerando 169 perfis com valor mínimo de 0,35 e máximo de 1,62; sendo a média de 1,21. No Horizonte A foram 165 perfis com valor mínimo de 0,62 e máximo de 1,58 e a média de 1,22. As densidades do solo para perfil e para o horizonte A possuem comportamento semelhante: a grande parte dos perfis está situada entre os valores 1 e 1,5. A média da densidade do solo em ambos os casos mostra a tendência para perto dos valores mais altos. Destaca-se os números quase iguais para as médias de ambas as densidades. Obteve-se para a densidade da partícula, 171 perfis com valor mínimo de 0,64 e máximo de 3,48 e média de 2,62.



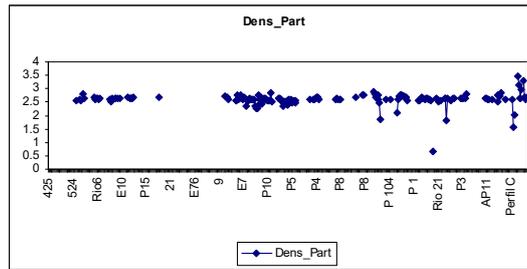


Figura 4. Densidade do solo e densidade partículas

Para avaliação do teor de Carbono foram considerados 457 perfis, com valor mínimo de 0,25 e máximo de 53, sendo a média de 8,2, conforme Figura 5.

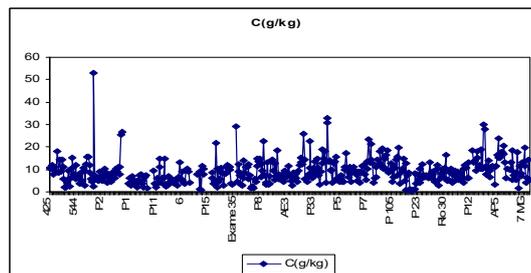
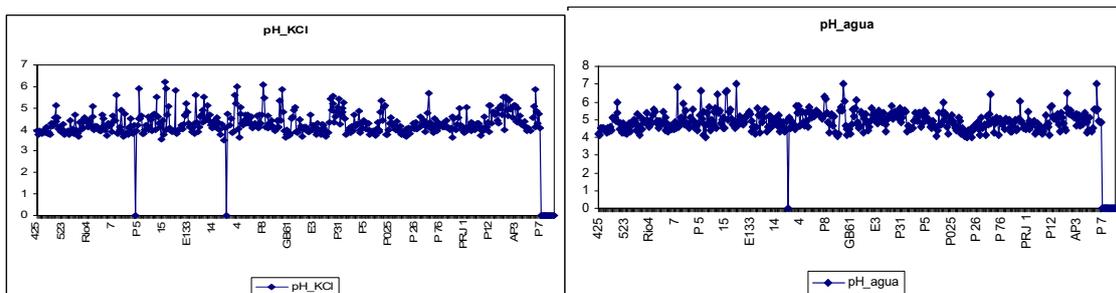
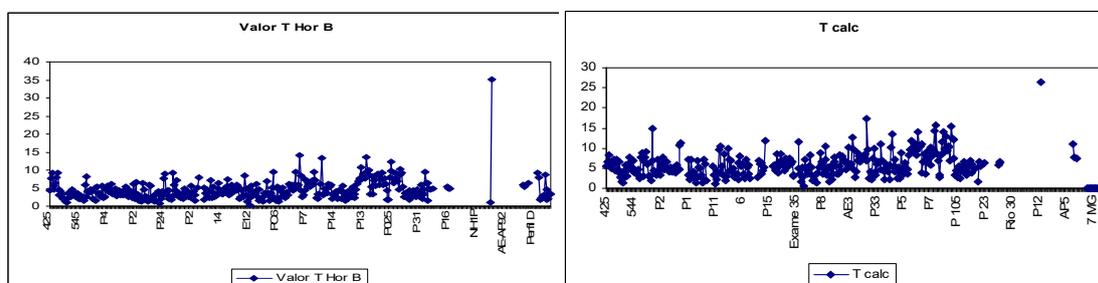


Figura 5. Teor de carbono

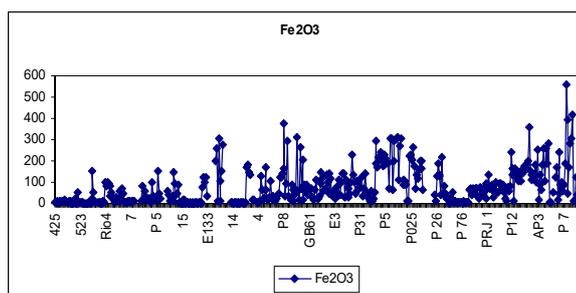
O pH foi medido em H₂O e KCl. No primeiro, 476 perfis o valor mínimo foi 3,98 e máximo 7 e a média 4,85. Em KCl 470 perfis com valor mínimo de 3,52 e máximo de 6,2; a média 4,1 (Figura 6). Nos perfis selecionados de Latossolos notou-se que os valores de pH são medianos tanto para pH em água quanto para pH em KCl; entre 4 e 7 para H₂O e 3,5 e 6,2 para KCl.



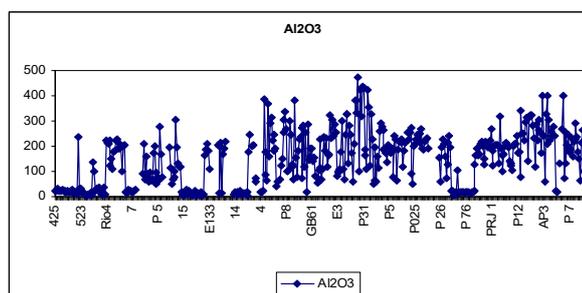
Para o valor T foram considerados 350 perfis, onde o valor mínimo foi 0,43 e máximo 26,43 e a média de 5,5. No horizonte B, 391 perfis com valor mínimo de 0,32 e máximo de 35,2 e a média de 3,99. Percebe-se que tanto no perfil quanto no horizonte B os valores se concentram perto do mínimo. A diferença entre as médias e os valores máximos de ambos é grande; mais de 20 para o perfil e mais de 30 para o horizonte B, conforme a **Figura 7**.



No ataque sulfúrico o Ferro apresentou grande variação nos perfis analisados (de 0,8 a 561,33). A média de 51,36 mostra que a grande maioria deles se situa próximos dos valores baixos (**Figura 8**).

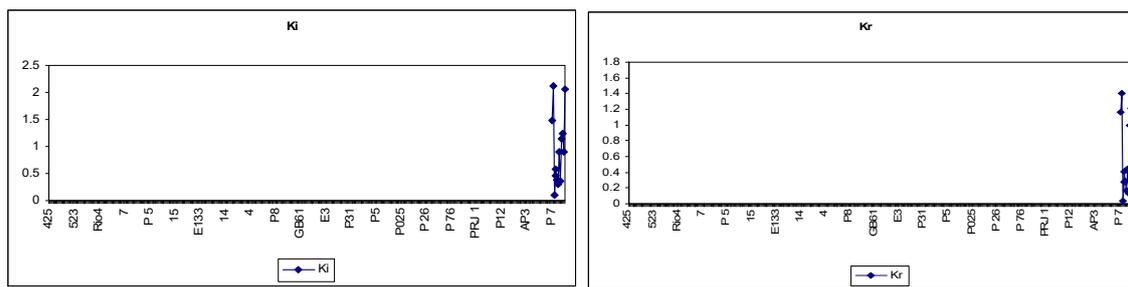


Nos valores de Alumínio trocável a grande maioria dos pontos se encontram próximos de 0, sendo que muitos perfis possuem valor 0 nesta variável. O que puxou a média para próxima de 0, conforme a **Figura 9**.



O Ki e Kr foram as variáveis que apresentaram o menor número de amostras (apenas 13) dentre todos os perfis de Latossolos. Para ambos as variáveis os valores tiveram distribuições parecidas, a média baixa indica que a maioria dos pontos estão próximos dos valores mínimos (**Figura 10**). Os valores de Ki obtidos nos perfis selecionados correspondem com os descritos no Sistema

Brasileiro de Classificação de Solos, com valores máximos não ultrapassando 2,2 (referência do trecho do livro).



4. CONCLUSÕES

O “Sistema de Informação de Solos Brasileiros” é uma boa base de dados para a verificação de valores de atributos dos solos para fins taxonômicos, podendo assim, no futuro, ser amplamente utilizado para o aprimoramento do Sistema Brasileiro de Classificação de solos. O acesso está aberto para consulta pública em http://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html ou www.sisolos.cnptia.embrapa.br

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rev.ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 212 p.
- KER, João Carlos, 1998. **Latosolos do Brasil**: Uma revisão. Geonomos, 5:17-40.
- SAS Institute. 2005. **JMP Start Statistics**, Version 6. Cary, NC, 1989-2005. Sall, John, Ann Lehman, and Lee Creighton. Pacific Grove, CA: Duxbury Press.

ABSTRACT; This work contributes to the improvement of the Brazilian Soil Classification System (SiBCS). Data analysis was extracted from soil surveys of all

Brazil to the Order of the Oxisols. These data are stored in the "Brazilian Soils Information System", and at the present time was possible to analyze 504 profiles of Oxisols. Nitrogen, Carbon Content, Aluminum (Al³⁺), Iron Oxide (Fe₂O₃), pH (H₂O and KCl), Aluminum Oxide (Al₂O₃), Value T, Ki and Kr. Statistical analysis was performed using the SAS program. The results showed that the values found in the analyzed profiles are in agreement with the previously estimated values in the SiBCS, when there was not enough data available on the amount and quality that is currently available. Knowing the large number of profiles that the "Brazilian Soil Information System" currently has (9,138), it is intended to improve these validations and thus establish more precise limits for the studied variables.

KEYWORDS: *SiBCS, Brazilian Soil Classification, Database, BDsolos.*

Sobre os autores:

ADÁLIA CAVALCANTI DO ESPÍRITO SANTO MERGULHÃO Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco; Grupo de pesquisa: Microbiologia do Solo, Biotecnologia, Genética de Microorganismos e Plantas, Micologia, Fungos Micorrízicos Arbusculares, Genética Molecular de Fungos.

ADILSON ALVES COSTA Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal da Paraíba (2004), mestrado em Manejo de Solo e Água pelo PPGMS/UFPB (2007) e doutorado em Ciência do Solo pelo PPGCS/UFPB. Atua como professor Assistente, nível B, dedicação exclusiva, na Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo, Fertilidade do Solo e Adubação, Sistema de Produção e Ciclos Biogeoquímicos, desenvolvendo projetos de pesquisas sobre uso do solo, estoque de carbono e nitrogênio no bioma Cerrado e modelagem da matéria orgânica do solo através do modelo Century4.5. E-mail: adalves@uneb.br

ADRIANA AVELINO SANTOS Eng. Agrônoma, Doutora em Agronomia, pela UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira – SP.

ADRIANO SILVA ARAÚJO Graduação em Engenharia Agrônoma pelo IFTM- Campus Uberaba; Grupo de pesquisa: Manejo e conservação do solo e água no Cerrado; E-mail para contato: adriano.silva1994@hotmail.com

AGUINALDO JOSÉ FREITAS LEAL Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2003) e doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2008). Atuou como professor adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul, no período de Março de 2010 a Janeiro de 2016, onde foi Tutor do Programa de Educação Tutorial (PET), de Dezembro de 2010 a Fevereiro de 2015. Atualmente é professor adjunto na Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM, Campus Universitário de Iturama - MG. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fertilidade do Solo e Adubação, sistemas de produção conservacionistas, conservação e recuperação do solo atuando principalmente nos seguintes temas: Sistema plantio direto, adubação em região de cerrado, adubação nitrogenada, recuperação e conservação do solo.

AGUST SALES Engenheiro Florestal pela Universidade do Estado do Pará (2016). Atualmente é Mestrando em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Engenheiro Florestal Trainee pelo Grupo Arboris. Atua em diversos ramos do

setor agroflorestal, desde o manejo florestal e reflorestamento até tecnologia e industrialização de produtos madeireiros, e também no cultivo de grãos.

ALEXANDRA DE ANDRADE SANTOS Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE; Mestrado em Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE; Doutorado em Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE; Grupo de pesquisa: Biologia do Solo- Instituto Agrônômico de Pernambuco-IPA; E-mail para contato: xandaxandrades@gmail.com

ALEXANDRE DOS SANTOS Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) - Campus Cáceres; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Lavras; Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras; Mestrado em Entomologia pela Universidade Federal de Lavras; Doutorado em Entomologia pela Universidade Federal de Lavras; Pós-Doutorado em Entomologia pela Universidade Federal de Lavras; Grupos de pesquisa: Manejo Integrado de Pragas Florestais/UFLA e Floresta e Uso dos Solos Tropicais - FUST - (IFMT); Bolsista Produtividade em Pesquisa pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT); E-mail para contato: alexandre.santos@cas.ifmt.edu.br

ALINE AZEVEDO NAZÁRIO Professor do Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP) – Campus Engenheiro Coelho; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES); Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES); Doutorado em Engenharia Agrícola (Área de concentração: Água e Solo) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); Pós Doutorado em andamento em Engenharia Agrícola (Área de concentração: Água e Solo) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); Grupo de pesquisa: Engenharia de Água e Solo e Meio Ambiente – Coordenadora – UNASP. TEIMA: Tecnologia de Irrigação e Meio Ambiente – UNICAMP. E-mail para contato: alineanazario@gmail.com

ANA MARIA SOUZA DOS SANTOS MOREAU Professora da Universidade Estadual de Santa Cruz; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade Estadual de Santa Cruz; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Bahia; Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Bahia; Doutorado em Agronomia (Solos e nutrição de plantas) pela Universidade Federal de Viçosa; Grupo de pesquisa: PET Solos; Email: amoreau@uesc.br

ANDERSON CRISTIAN BERGAMIN Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Rondônia - UNIR (2007), Mestrado (2009) e Doutorado (2012) em Agronomia pela Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD. Atualmente é professor Adjunto da Universidade Federal de Rondônia. Foi

Tesoureiro do Núcleo Regional Amazônia Ocidental ligado a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) gestão 2011-2013 e Coordenador da Divisão "Processos e Propriedades do Solo" na gestão 2013-2015. Também Coordenou a Divisão "Solo no Espaço e no Tempo" do Núcleo Regional Noroeste ligado a SBCS no período de 2015-2017. Têm experiência na área de Agronomia, com ênfase em Gênese e Física do Solo, atuando principalmente com Manejo do solo em sistemas sustentáveis de produção.

ANDERSON PRATES COELHO Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Atualmente é mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), pela mesma instituição, atuando no tema "Irrigação da aveia branca sob níveis de efluente de esgoto tratado e lâminas de irrigação". Foi bolsista de iniciação científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), desenvolvendo o projeto intitulado "Irrigação suplementar em cinco variedades de cana-de-açúcar plantadas por mudas pré-brotadas", durante o período de janeiro de 2015 a junho de 2016.

ANDRÉ LUÍS DE FRANÇA DIAS Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco (UPE) e Mestrado em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Servidor Público do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE – (Técnico de Laboratório).

ANDREY LUAN MARQUES MELO Acadêmico de Licenciatura em Química no Instituto Federal do Maranhão Campus São Luís - Monte Castelo, Participante ativo do CALQ (Conselho Acadêmico de Licenciatura em Química), membro do NEA (Núcleo de estudos em Agroecologia), bolsista no projeto de sementes crioulas 2016-2018 e voluntário do PIBID.

ANDRISLEY JOAQUIM DA SILVA Professor Assistente no do Curso de Agronomia na UNIFIMES - Centro Universitário de Mineiro; Aluno especial do Programa de Doutorado em Agronomia no IFG, Rio Verde - GO, na área de concentração: Sistemas de Produção; Graduado pela UNIFIMES (Fundação Municipal de Ensino Superior de Mineiros), Mineiros- GO; Mestre pela UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), Câmpus de Chapadão do Sul, em Agronomia, na área de concentração: Produção Vegetal; NEPEEF; Núcleo de Estudos e Pesquisa e Extensão em Engenharia Florestal, Departamento de Silvicultura; NEROM; Núcleo de Estudos em Resíduos Orgânicos e Minerais; Departamento de Agronomia; Email: andrisley@fimes.edu.br.

ANTÔNIO CLEBSON CAMELI SANTIAGO Técnico da Secretaria de Estado de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar do Governo do Acre – SEAPROF; E-mail para contato: camelisantiago@yahoo.com.br

ARNÓBIO GONÇALVES DE ANDRADE Professor aposentado da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Possui Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Mestrado em Agronomia (Solos e nutrição de plantas) pela Universidade de São Paulo (USP), Doutorado em Agronomia (Solos e nutrição de plantas) pela Universidade de São Paulo (USP) e pós-doutorado pela Georgia State University.

ARYSTIDES RESENDE SILVA Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (2001), mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Lavras (2003) e doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Lavras (2006). Atualmente é Pesquisador A da EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, atuando na área de Solos, com ênfase em Física do Solo, Manejo e Conservação do Solo e na área de Recursos Florestais e Engenharia Floresta em Sistemas de Produção como Integração lavoura-Pecuária-Floresta e Plantio Direto.

AURILÉIA PEREIRA DA SILVA; Membro do corpo discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba; Mestranda em Ciência do Solo pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela Universidade Federal da Paraíba; Bolsista CNPq; Grupo de pesquisa: Ciclos Biogeoquímicos/CNPq;

AUSTRELINO SILVEIRA FILHO Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de Brasília (1971), mestrado em Agronomy pela University Of The Philippines At Los Baños (1980) e doutorado em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo (1992). Atualmente é Pesquisador A da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Pesquisador da Embrapa. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia. Atuando principalmente nos seguintes temas: Plantas Daninhas, Controle Químico, Controle Manual.

BÁRBARA MAIA MIRANDA Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado do Pará. Atualmente é Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Amazônia Oriental. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal.

CAMILA FEDER DO VALLE Graduada em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Profissional liberal de assistência e extensão rural; Produtora rural; Técnico habilitado para auditoria e assistência em PIMo - Brasil Certificado; E-mail para contato: camila.feder@gmail.com

CARLOS HENRIQUE AZEVEDO FARIAS Possui Graduação em Engenharia agrônoma pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mestrado em Engenharia agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Doutorado em Recursos naturais (engenharia de água e solo) pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

CARLOS ALBERTO COSTA VELOSO Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (1974), mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa (1978) e doutorado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1993). Atualmente é pesquisador-A da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, atuando principalmente nos seguintes temas: correção da acidez do solo, avaliação de deficiências minerais em plantas, manejo da fertilidade do solo, sistema plantio direto e lavoura pecuária floresta, arroz, caupi, milho, soja citrus, café, piper nigrum, macronutrientes, nutrição mineral e fertilizantes.

CAROLINE CASTILHOS VIEIRA Graduação: Tecnóloga em Produção de Grãos pelo Instituto Federal Farroupilha *Campus* Júlio de Castilhos;

CASSIANO GARCIA ROQUE Professor doutor Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul, curso de Agronomia; Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela UNEP, Câmpus de Jaboticabal; Mestrado em Agronomia (Sistemas de produção) pela UNESP, Câmpus de Ilha Solteira; Graduação em Agronomia Universidade Estadual de Maringá (UEM); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul; Grupo de pesquisas: Engenharia de Biossistemas da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul; Grupo de pesquisa em Desenvolvimento Agrícola no Cerrado sul-mato-grossense, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Grupo de pesquisa GENPLANT (Grupo de Estudos em Nutrição de Plantas da UNESP/FCAV); cassiano.roque@ufms.br.

CHARLES CARDOSO SANTANA Possui graduação em Biologia pela Faculdade de Tecnologia e Ciências - FTC. Atualmente é graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia - UNEB, e estudante bolsista de mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agroclimatologia, Agricultura de Precisão, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Manejo e Conservação do Solo. E-mail: santana.agr@hotmail.com

CHRISTIANE ABREU DE OLIVEIRA PAIVA Professor do Centro Universitário de Sete Lagoas-Unifemm; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia do Centro Universitário de Sete Lagoas-Unifemm; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (sub área Interação Microrganismo-Planta) pela Universidade Federal de Minas Gerais; Doutorado em Interação Planta-Microrganismos pela Universidade Federal de Minas Gerais; Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Grupo De Pesquisa: Biotecnologia e Agroindústria; Microrganismos Promotores Do Crescimento De Plantas Visando à Sustentabilidade Agrícola e à Responsabilidade Ambiental

CLEUDSON JOSÉ MICHELON Professor do pelo Instituto Federal Farroupilha *Campus* São Vicente do Sul; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria; Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria; Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria; Grupo de pesquisa: Produção vegetal; E-mail: cleudson.michelon@iffarroupilha.edu.br

DANYLLO DENNER DE ALMEIDA COSTA: Graduação em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) – Campus Uberaba; Mestrando em Agronomia (Solos) pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) – Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Grupo de pesquisa: Manejo e conservação do solo e água no Cerrado; E-mail para contato: danyllo.denner@hotmail.com

DENISE PACHECO DOS REIS Graduação em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Sete Lagoas-Unifemm; Mestrado em Bioengenharia (Bioengenharia Ecológica) pela Universidade Federal de São João del Rei; Doutoranda em Bioengenharia (Bioengenharia Ecológica) pela Universidade Federal de São João del Rei;

DENIZARD ORESCA Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba; Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Grupo de pesquisa: Fertilidade do solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco; Email para contato: dndhaiti@gmail.com

DIEGO ALVES MONTEIRO DA SILVA Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba; Email para contato: diegoalves1903@gmail.com

DJANIRA RUBIM DOS SANTOS Possui graduação em Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão (2017). Atualmente é professora substituta no Colégio Batista Ludovicense. Membro no Núcleo de Estudos em Agroecologia – NEA (IFMA – Campus São Luís – Monte Castelo). Membro no Grupo de Resíduos Sólidos e Químicos – GERSQ (IFMA – Campus São Luís – Monte Castelo). Atual principalmente na área de educação em química com ênfase em HQ, em química com ênfase em alimentos, agroecologia e resíduos químicos.

EDSON EJI MATSURA Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade de São Paulo (1980), mestrado em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo (1987) e doutorado em Hidráulica Agrícola - Universite de Montpellier II (Scien. et Tech Du Languedoc) (1992). Atualmente é professor Titular da Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Conservação de Solo e Água, atuando principalmente nos seguintes temas: aplicações da técnica da TDR em solos irrigados, manejo de água e nutrientes na irrigação, plantio direto e a irrigação.

EDUARDO AUGUSTO AGNELLOS BARBOSA Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Lavras - UFLA. Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical pelo Instituto Agronômico de Campinas - IAC. Doutor em Engenharia Agrícola, área de Água e Solo, pela Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas - FEAGRI/UNICAMP. Atualmente é professor na área de Planejamento e Manejo da Água na Agricultura para o curso de Agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Possui experiência na área de Água e Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Irrigação e Drenagem, Relação da água no sistema solo-planta-atmosfera, Agrometeorologia e Hidrologia agrícola.

EDUARDO JORGE MAKLOUF CARVALHO Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (1978), mestrado em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa (1984) e doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz (1995). É pesquisador A da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária desde 1979. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Física do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Sistemas Integrados de Produção ILPF e Plantio Direto, Manejo e Física de Solos, solos, adubação e manejo.

EDUARDO PRADI VENDRUSCOLO Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Catarina (2012) e Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (2015). Atualmente é Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás (Produção Vegetal), com período sanduíche no Department of Food Science da Aarhus University em Årslev, Dinamarca, desenvolvendo estudos acerca do manejo de culturas de interesse comercial, utilização de tecnologias para amenização de estresses bióticos e abióticos, produção de mudas, utilização de produtos bioestimulantes, inoculação de bactérias diazotróficas e cultivo em ambiente protegido.

ELIANE DE PAULA CLEMENTE Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (1999), mestrado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2001) e doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa (2006). Tem experiência na área de Engenharia Florestal, principalmente em Solos Florestais, Silvicultura e Meio Ambiente. Em agronomia, com ênfase em Morfologia e Classificação dos Solos, Pedologia, Relação Solo/ambiente. Pesquisadora da Embrapa Solos.

EMANOEL GOMES DE MOURA Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (1978), mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1990) e doutorado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1995). Atualmente é Professor do Curso de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão e do Doutorado da Rede

BIONORTE. Atua principalmente na área de intensificação ecológica da agricultura do trópico úmido, com ênfase no aumento da disponibilidade e da eficiência do uso de nutrientes em solos de baixa fertilidade natural.

EMANUELE JUNGES Professor do pelo Instituto Federal Farroupilha *Campus* São Vicente do Sul; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria; Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria; Doutorado em Agronomia do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria; Grupo de pesquisa: Produção vegetal; E-mail: emanuele.junges@iffarroupilha.edu.br

EPITÁCIO JOSÉ DE SOUZA Possui graduação em Engenharia Agrônômica em (2011) pela Universidade Estadual de Goiás / UEG, Unidade Universitária de Palmeiras de Goiás-GO. Mestrado em Agronomia (2014), com área de concentração em Produção Vegetal, pela Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / UFMS, Campus Chapadão do Sul -MS. Atualmente é doutorando em agronomia, especialidade sistemas de produção, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia (UNESP/FEIS).

ERICKA PALOMA VIANA MAIA Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual do Piauí – UESPI, campus Corrente – PI. Atualmente Mestrando em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. E-mail: erickapaloma.agronomia@gmail.com.

ERLANE SOUZA DE JESUS Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia – UNEB. Atualmente é bolsista de Iniciação Científica, tem experiência na área de Agronomia, desenvolve projetos voltados à Ciência do Solo. Atualmente, é membro do Grupo de Pesquisa Solos e Meio Ambiente – SOMA, atuando como pesquisadora com ênfase em Estoques de carbono e nitrogênio do bioma Cerrado, Formas de Uso do Solo e Substâncias Húmicas. E-mail: lannysouzadj@hotmail.com

FABÍOLA ESQUERDO DE SOUZA Discente do Curso de Pós-Graduação em Saneamento Ambiental pela Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica - FUCAPI; Graduação em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário do Norte - UNINORTE; E-mail para contato: fabiolaesquerdodesouza@gmail.com

FALBERNI DE SOUZA COSTA Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre – Embrapa Acre;

FLÁVIO HIROSHI KANEKO Professor da Universidade: Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Campus Iturama, Iturama, MG; Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Pós-Doutorado em Agronomia (Fitotecnia)

pela Universidade Federal de Goiás; E-mail para contato: fhkaneko@hotmail.com

FRANCISCO DE ASSIS CORREA SILVA Analista da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia – Embrapa Rondônia; Graduação em Administração de Empresas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS; Mestrado em Administração de Empresas-Marketing pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio; E-mail para contato: francisco.correa@embrapa.br

GABRIEL VALERIANO ALVES BORGES: Graduação em Engenharia Agrônoma pelo IFMT – Campus Uberaba; Grupo de pesquisa: Manejo e conservação do solo e água no Cerrado. E-mail para contato: gabrielvaborges@gmail.com

GALILEU MEDEIROS DA SILVA Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba; E-mail para contato: diegoalves1903@gmail.com

GEORGIANA EURIDES DE CARVALHO MARQUES Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (2003), mestrado em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (2006) e doutorado em BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA - REDE BIONORTE pela Universidade Federal do Amazonas (2017). Atualmente é professor do Instituto Federal de Ciência e tecnologia do Maranhão. Tem experiência na área de Química e Agroecologia, com ênfase em Bioquímica, atuando principalmente nos seguintes temas: extrativismo vegetal, biomoléculas, ensino de química, educação ambiental, impactos ambientais, sementes crioulas.

GEOVANA GOMES DE SOUSA Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); E-mail: geovanagomes_2806@hotmail.com.

GILVAN COIMBRA MARTINS Pesquisador II da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental, Embrapa Amazônia Ocidental; Coordenador de Projeto do Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas e Pesquisador do Banco da Amazônia Basa; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas; Especialista em Estatística e Métodos Quantitativos pela Universidade de Brasília; Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras; E-mail para contato: Gilvan.martins@cpaa.embrapa.br

GIZELIA BARBOSA FERREIRA: Atua como educadora no Instituto Federal de Pernambuco - IFPE, atuou como assessora técnica no Programa Uma Terra e Duas Águas na Associação Programa Um Milhão de Cisternas, atuou também na coordenação do Projeto Cisternas em em Projetos de ATER da Cooperativa de Assistência a Agricultura Familiar Sustentável do Piemonte, Jacobina, BA. Mestre em Agroecologia: um enfoque para a sustentabilidade rural pela Universidade Internacional de Andalucia - Espanha e Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural pelo PPGADR, UFSCar, Araras, SP. Graduada em Engenharia Agrônoma pela

Universidade do Estado da Bahia. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agroecologia, atuando principalmente nos seguintes temas: agroecologia, agricultura familiar, avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas, captação e armazenamento de água de chuva, convivência com o semiárido e sistemas de produção de base ecológica.

GLAUCIA AMORIM FARIA Prof. Adjunto, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Departamento de Matemática, Ilha Solteira - SP. Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC; Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC; Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS; E-mail para contato: falberni.costa@embrapa.br

HUMBERTO GONÇALVES DOS SANTOS Possui graduação em Agronomia pela Escola Nacional de Agronomia (ENA, 1964) atual Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro mestrado em Soil Science - Cornell University (1977) e Doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1987). Tem experiência na área de Ciência do Solo, com ênfase em Pedologia, atuando principalmente nos seguintes temas: mapeamento de solos, classificação de solos, avaliação do potencial de uso da terra.

IAN VICTOR DE ALMEIDA Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba; Grupo de Pesquisa: Fertilidade do Solo - Universidade Federal Rural de Pernambuco; E-mail para contato: ianvictoragro@gmail.com

ISABEL CAROLINA DE LIMA SANTOS: Pesquisadora; Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavra; Mestrado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras; Doutorado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras; Grupos de pesquisa: Floresta e Uso dos Solos Tropicais - FUST - (IFMT); E-mail para contato: isabelcarolinadelima@yahoo.com.br

IVANILDO EVÓDIO MARRIEL Professor da Universidade Universidade Federal de São João del Rei e Centro Universitário de Sete Lagoas; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação Ciências Agrárias e Bioengenharia da Universidade Federal de São del Rei e do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia do Centro Universitário de Sete Lagoas-Unifemm; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Mestrado em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade de São Paulo; Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Grupo de pesquisa: Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; BiosBrasil; Biotecnologia e Agroindústria; Biotecnologia; Genética e Ecologia Molecular de microrganismos do ambiente; Grupo de Manejo da Antracnose do Sorgo (Colletotrichum graminicola); Microrganismos Promotores Do Crescimento De Plantas Visando à Sustentabilidade Agrícola e à Responsabilidade Ambiental; Rede de Estudos para o Desenvolvimento de Novos Inibidores de Urease; Rede

Glomeronet - cultivo e aplicação de fungos micorrízicos arbusculares; E-mail para contato: ivanildo.marriel@embrapa.br

IVO ZUTION GONÇALVES Agronomy Engineer and Masters in Plant Production (Planning and Management of Water Resources) by the Federal University of Espírito Santo (CCA - UFES), PhD in Agricultural Engineering (Water and Soil) by the State University of Campinas (FEAGRI - UNICAMP). Currently is researcher at the Water for Food Global Institute (post-doctoral position) by the University of Nebraska - Lincoln (UNL) working on remote sensing field for Improving irrigation water management (basal crop coefficient, water requirements and biomass modeling, water productivity), with experience in subsurface drip irrigation, water reuse, gas exchange and water quality.

JEFERSON DA SILVA ZUMBA Mestre em Produção Agrícola pela UFRPE/UAG, Garanhuns - PE. Graduação em Engenharia Agrônômica pela UFRPE/UAG, Garanhuns - PE.

JENILTON GOMES DA CUNHA Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual do Piauí - UESPI, campus Corrente - PI. Atualmente Mestrando em Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE. E-Mail: jeniltongomes@hotmail.com.

JERONIMO GUEDES PARES Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro Grupo de pesquisa: mapeamento digital de solos, classificação de solos, banco de dados, estoque de carbono, caracterização ambiental e pedometria.

JESSICA DA ROCHA ALENCAR BEZERRA DE HOLANDA Graduada no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí- IFPI. Possui pós-graduação a nível de Especialização na área de Ecologia - CEAD-UFPI. Atua profissionalmente como Bióloga junto à Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural do município de Corrente-PI e Professora de Biologia junto à Secretaria de Estado da Educação do Piauí- SEDUC. E-mail: jessicalencarbio@hotmail.com.

JÉSSYCA DELLINHARES LOPES MARTINS Doutora em Agronomia-Agricultura pela Universidade Estadual Paulista (UNESP); Departamento de Melhoramento e Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu - SP. Mestre em Produção Agrícola pela UFRPE/UAG, Garanhuns - PE. Graduação em Engenharia Agrônômica pela UFRPE/UAG, Garanhuns - PE.

JOÃO PAULO FERREIRA DE OLIVEIRA Mestre em Produção Agrícola pela UFRPE/UAG, Garanhuns - PE. Graduação em Engenharia Agrônômica pela UFRPE/UAG, Garanhuns - PE.

JOÃO PAULO FERREIRA Professor da Universidade: Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva-SP; Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); E-mail para contato: ferreirajpferreira@gmail.com

JOSÉ AMINTHAS DE FARIAS JÚNIOR Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Mestrado em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); E-mail para contato: aminthas@gmail.com.

JOSÉ DE PAULA OLIVEIRA Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Mestrado em Forragicultura pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Doutorado em Biotecnologia pela Rede Nordeste de Biotecnologia – RNORBIO; Grupo de pesquisa: Biologia do Solo- Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA; E-mail para contato: Jose.paula@ipa.br

JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES: Professor Titular do IFTM – Campus Uberaba; Membro do corpo docente do PPGA do ICIAG – UFU; Graduação em Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela UFRRJ; Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela UNESP-Jaboticabal; Pós-doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) pela UFRRJ; Coordenador do grupo de pesquisa: Manejo e conservação do solo e água no Cerrado; E-mail para contato: jlrtorres@iftm.edu.br

JOSEMIR FERREIRA DA SILVA JUNIOR Graduação em teologia pela Faculdade de teologia Integrada – FATIN; Especialista em psicopedagogia Institucional – FATIN; Graduando em filosofia pela Faculdade Santa Fé; Grupo de pesquisa: Biologia do Solo- Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA ; E-mail para contato: josemir.junior@ipa.br

JOSIAS DIVINO SILVA DE LUCENA Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Mestrando em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); Grupo de pesquisa: Biometria e Manejo Florestal; E-mail: josiaslucenaeng@gmail.com.

JULIANA MONTEIRO DE MATOS Acadêmica de Licenciatura em Química no Instituto Federal do Maranhão, Campus São Luís – Monte Castelo. Bolsista pesquisadora do IFMA. Tem experiência na área de química com ênfase em alimentos.

KALLINE DE ALMEIDA ALVES CARNEIRO; Membro do corpo discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba; Graduação em Licenciatura plena em Química pela Universidade Estadual da Paraíba; Especialista em Educação Ambiental pela Faculdade Integrada de Patos; Mestrado em Ciência do Solo pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

pela Universidade Federal da Paraíba; Doutoranda em Ciência do Solo pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela Universidade Federal da Paraíba; Bolsista Capes; Grupo de pesquisa: Ciclos Biogeoquímicos/CNPq; Email para contato: email para contato, somente se for da vontade do autor: kallinequimica2014@gmail.com.

KARLA NASCIMENTO SENA Doutoranda em Agronomia na UNESP de Ilha Solteira, na área de concentração: Sistemas de Produção; Graduada pela UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), Câmpus de Chapadão do Sul; Mestre pela UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, em Agronomia, na área de concentração: Sistemas de Produção; DEFERS UNESP Ilha Solteira, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; E-mail: karlla_senna@hotmail.com.

KÁTIA LUCIENE MALTONI Prof. Adjunto, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Departamento Fitossanidade, Eng. Rural e Solos, Ilha Solteira - SP.

KENIO BATISTA NOGUEIRA Técnico Administrativo na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS; Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Goiás -UEG- Campus Ipameri-GO; Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS- Campus Chapadão do Sul-MS; E-mail para contato: engenheiro_4@hotmail.com.

LAÉRCIO SANTOS SILVA Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE (2014), mestrado (2016) em agronomia (Ciência do solo) pela Unesp Câmpus de Jaboticabal. Atualmente é doutorando no programa de pós-graduação em agronomia (Ciência do Solo) da Unesp Jaboticabal. Integrante do Grupo de Pesquisa CSME (Caracterização do Solo para Fins de Manejo Específico), com foco de pesquisa voltado na relação solo-paisagem . Atua na área de agronomia com ênfase em Gênese, morfologia, mineralogia, classificação do solo, pedometria e mapeamento digital de solos.

LAURO JOSÉ MOREIRA GUIMARÃES Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa; Pesquisador da Embrapa Milho; Grupo de pesquisa: Programa Milho UFV; Bolsista Produtividade em Pesquisa pelo CNPq; Pesquisador da Embrapa milho e Sorgo.

LEONARDO NAZÁRIO SILVA DOS SANTOS Concluiu Graduação em Agronomia e Mestrado em Produção Vegetal na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e doutorado em Engenharia Agrícola na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP). Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Rio Verde desde 2015. É vinculado ao quadro permanente de professores do Programa

de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade (PPGEAS) do IF Goiano, Campus Rio Verde. Possui publicações inéditas em periódicos, congressos e resumos, além de revisões publicadas em capítulos de livro. Tem experiência na área de agronomia, com ênfase em recursos hídricos; engenharia de água e solo; uso e manejo de água; uso de água com qualidade inferior na agricultura.

LETHÍCIA ROSA NETO Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria; Graduação: Tecnóloga em Produção de Grãos pelo Instituto Federal Farroupilha *Campus* Júlio de Castilhos; Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria; E-mail: lethiciarosaneto@hotmail.com

LETÍCIA DA SILVA MENEZES cursou ensino médio e técnico profissionalizante em Agropecuária pelo Centro Territorial de Educação Profissional do Oeste Baiano (2012). Atualmente é graduanda em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia – UNEB. Durante 02 anos foi bolsista de Iniciação Científica da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia. Atualmente participa do Grupo de Agrometeorologia da UNEB (GAMU) e é bolsista de Iniciação Científica do Programa PICIN da UNEB. E-mail leticia-menezes@live.com

LÍVIA MARIA FERRAZ DA FONSECA Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Ciências Agrárias (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de São João de Rei;

LUCIANO NASCIMENTO DE ALMEIDA Graduação em andamento em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia - UNEB, estagiário do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA. É orientado de Iniciação Científica, desenvolve projetos voltados à Ciência do Solo, atuando como pesquisador do Grupo Solos e Meio Ambiente - SOMA, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo, Fertilidade e Nutrição de Plantas e estoques de carbono e nitrogênio do solo no bioma cerrado e modelagem da matéria orgânica do solo através do modelo Century4.5. E-mail: lnalmeida.engagro@gmail.com

LUCINA ROCHA SOUSA Professora da Universidade Federal da Paraíba – Departamento de Química e Física; Graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/UNESP; Doutorado em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/UNESP;

MÁCIO FARIAS DE MOURA Professor Adjunto da IV da UFRPE/UAG, Garanhuns – PE. Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

MANOEL DELSON CAMPOS FILHO Técnico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre – Embrapa Acre;

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Acre - UFAC; E-mail para contato: delson.campos@embrapa.br

MANOEL RIBEIRO HOLANDA NETO Professor Efetivo Dedicção Exclusiva - D.E da Universidade Estadual do Piauí - UESPI. Coordenador do Laboratório de Análises de Solos - LASO/UESPI, Campus de Corrente - PI. Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Piauí - UFPI. Mestre em Solos, PPGA pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel, RS. E-mail: mrholandaneto@hotmail.com.

MARCELO ANDRÉ KLEIN Analista da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - Embrapa Trigo; Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; Especialista em Educação Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; E-mail para contato: marcelo.klein@embrapa.br

MÁRCIA DO VALE BARRETO FIGUEIREDO Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Mestrado em Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Doutorado em Ciências (Microbiologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Pós Doutorado em Soil Microbiology pela University of British Columbia - UBC - Vancouver - Canada. Grupo de pesquisa: Líder do grupo de Biologia do Solo do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA). Bolsista Produtividade em Pesquisa pelo CNPq.

MÁRCIA MOURA MOREIRA: Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia (2007). Tem experiência na área de Agronomia, atuando principalmente nos seguintes temas: agroecologia, agricultura familiar, biomassa microbiana, antropização e desenvolvimento local sustentável. Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

MARCOS DE OLIVEIRA Mestre em Produção Agrícola pela UFRPE/UAG, Garanhuns - PE. Graduação em Engenharia Agrônômica pela UFRPE/UAG, Garanhuns - PE.

MARIA DO CARMO SILVA BARRETO Possui Graduação em Ciências Biológicas (Bach.) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Mestrado em Ciências Biológicas pelo Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Doutorado em Ciências Biológicas pelo Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), área de Biotecnologia. Grupo de Pesquisa: Biologia do Solo do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA); Lipídeos e aplicações de biomoléculas em doenças prevalentes e negligenciadas (UFPE).

MARIA JOSÉ SIPRIANO DA SILVA: Técnica em Agropecuária pelo IFPE - Campus Belo Jardim, graduanda em bacharelado em agronomia pelo IFPE - Campus Vitória de Santo Antão. Bolsista em iniciação científica e tem experiência em agronomia,

nas áreas, agroecologia, agricultura familiar, avaliação da sustentabilidade e respiração basal do solo.

MARIA JULIA BETIOLO TROLEIS Doutoranda em Agronomia na UNESP de Ilha Solteira, na área de concentração: Sistemas de Produção; Graduada pela UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), Câmpus de Chapadão do Sul; Mestre pela UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), Câmpus de Chapadão do Sul, em Agronomia, na área de concentração: Produção Vegetal; DEFERS UNESP Ilha Solteira, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; Grupo de pesquisa em Desenvolvimento Agrícola no Cerrado sul-mato-grossense, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Grupo de Estudos em Geoestatística da UNESP de Ilha Solteira (GeolSA), da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Email: julia_troleis@hotmail.com.

MARIA SONIA LOPES DA SILVA: Possui graduação em Agrônoma pela Universidade Federal de Alagoas (1984), mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1989) e doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000). Atualmente é pesquisadora A da Embrapa Solos UEP Recife. Tem experiência na área de Ciência do Solo, atuando principalmente nas linhas de pesquisas: manejo agroecológico do solo e em captação, armazenamento e manejo da água de chuva em áreas de escassez hídrica.

MARIA VANILDA DOS SANTOS SANTANA Graduação em Licenciatura plena em química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE; Grupo de pesquisa: Biologia do Solo- Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA; E-mail para contato: vanildabaiana@gmail.com

MARIANNA CATTI PRETA TONA GOMES CARDOSO Bióloga formada pela Universidade do Estado de Minas Gerias

MARIANNE NASCIMENTO Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT (2015). Atuou em projetos de pesquisa sobre nutrição e fertilidade de solos, no laboratório de solos da UFMT unidade do Araguaia, com experiência na área de análises laboratoriais de fertilidade de solos e nutrição mineral de plantas, atuando principalmente com: fósforo, nitrogênio, pastagem e adubação. Endereço para CV: <http://lattes.cnpq.br/0267534998998726>. E-mail: marianne.ns@hotmail.com.

MARÍLIA BOFF DE OLIVEIRA Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria; Graduação: Tecnóloga em Produção de Grãos pelo Instituto Federal Farroupilha *Campus* Júlio de Castilhos; E-mail: marilia.boffdeoliveira@gmail.com

MARINA OLIVEIRA PARAÍSO MARTINS Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Santa Cruz; E-mail: marinaparaisom@gmail.com

MARIVALDO VIEIRA GONÇALVES Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), Garanhuns – PE.

MARLENE CRISTINA ALVES Professora Titular da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Graduada em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (1982), Mestrado em Solos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (1986), Doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade de São Paulo (USP) (1992) e Pós-doutorado na área de Edafologia e Química do Solo na Facultad de Ciencias, da Universidade da Coruña, Espanha (2001, 2004, 2005), na McGill University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Montreal, Canadá (2008) e no Eastern Cereal and Oilseed Research Centre (ECORC), Ottawa, Canadá (2013). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Física do Solo, atuando nos temas: atributos físicos do solo, manejo e conservação do solo, recuperação de solos. Participa dos Grupos de Pesquisas: Arroz irrigado por aspersão/feijão de inverno (UNESP/FE) e Micromorfologia e qualidade estrutural do solo (UNICAMP/FEAGRI).

MARTA RIBEIRO BARBOSA Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Mestrado em Química em Química agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e Doutorado em Agronomia em Melhoramento Genético de Plantas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

MATHEUS DUARTE DA SILVA CRAVO: Graduação em Engenharia Agrônômica pelo IFTM – Campus Uberaba; Grupo de pesquisa: Manejo e conservação do solo e água no Cerrado; E-mail para contato: matheusduarte81@hotmail.com

MAURICIO DA SILVA SOUZA: Graduando em bacharelado em agronomia pelo IFPE – Campus Vitória de Santo Antão. Bolsista em iniciação científica e tem experiência em agronomia, nas áreas, agroecologia, agricultura familiar, e atributos físicos do solo em agroecossistemas.

MICHEL BARROS FARIA Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado de Minas Gerais Unidade de Carangola-UEMG (2004). É Mestre em Biologia Animal pela Universidade Federal de Viçosa-UFV (2008), Doutor em Genética pela Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ (2013). Tem Pós Doutorado em Biodiversidade e Saúde pela Fundação Oswaldo Cruz do Rio de Janeiro (Fiocruz 2014-2015). É professor do curso de Ciências Biológicas nas disciplinas de Genética Básica Genética Molecular e Zoologia dos Vertebrados, onde também é Curador do Museu de Zoologia MZNB e Chefe do departamento de Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Minas Gerais Unidade Carangola-UEMG. Também é membro do conselho e da câmara de pesquisa do Parque Nacional do Caparaó, e vice presidente do Centro de Estudos Ecológicos e Educação Ambiental-CECO. Tem experiência em coordenação de estudos de

inventários de campo (consultorias) nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Amazonas.

MICHELLE TRAEETE SABUNDJIAN Professor da Universidade: Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva-SP; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras - UFLA; Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); E-mail para contato: michelletraete@hotmail.com

MILANY CRISTINA BARBOSA ALENCAR: Graduanda em Engenharia Florestal pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) – *Campus Cáceres*.

MILTON CÉSAR COSTA CAMPOS Possui Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (2004), Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Estadual Paulista (2006), Doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2009) e Pós-Doutorado em Engenharia de Água e Solo pela Universidade Estadual de Campinas (2013). É Editor Assistente da Revista Brasileira de Ciência do Solo. É Professor Associado I do IEAA/UFAM. Orienta no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Agronomia Tropical/UFAM. Foi Diretor do Núcleo Regional Amazônia Ocidental ligado a SBCS gestão 2011-2013. Tem ênfase em Ciência do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Gênese e Morfologia do Solo; Relação Solo-Paisagem e Mineralogia do Solo.

MIREIA FERREIRA ALVES Graduanda em Agronomia pela Universidade Estadual do Piauí – UESPI, campus Corrente – PI. E-mail: mireia_ferreira042@hotmail.com.

MONICA CRISTINA REZENDE ZUFFO BORGES Técnica de Laboratório UNIVASF (Universidade Federal do Vale do São Francisco); UNIVASF, Petrolina/PE , Campus de Ciências Agrárias (CCA); Graduada pela UFV (Universidade Federal de Viçosa), Câmpus de Chapadão do Sul; Mestre pela UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), Câmpus de Chapadão do Sul, em Agronomia, na área de concentração: Produção Vegetal; email: monica.zuffo@univasf.edu.br.

MONNA LYSA TEIXEIRA SANTANA Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Santa Cruz; Mestranda em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras; E-mail: monnalysa@gmail.com

NILSON GOMES BARDALES Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional (DCR) CNPq/Fapac; Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Acre - UFAC; Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa - UFV; Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa - UFV; E-mail para contato: nilsonbardales@gmail.com

ORIVALDO ARF Professor da Universidade: Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Graduação em Agronomia pela UNESP Jaboticabal; Mestrado em Agronomia pela UNESP Jaboticabal; Doutorado em Agronomia pela UNESP Jaboticabal; Grupo de pesquisa: Arroz irrigado por aspersão/feijão de inverno Bolsista Produtividade em Pesquisa 1D do CNPq; E-mail para contato: arf@agr.feis.unesp.br

OSVALDO HENRIQUE GUNTHER CAMPOS Técnico em agropecuária, bacharel em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT (2014). Trabalhou como voluntário em projetos de pesquisa sobre mangabeiras. Foi bolsista do CNPq em pesquisas sobre fertilidade dos solos e nutrição de plantas. Atualmente é representante da empresa Produquímica pertencente ao grupo Compass Minerals. Endereço para CV: < <http://lattes.cnpq.br/0742089353899348>>;E-mail: osvaldo.campos@produquimica.com.br

PÂMELA ORUOSKI Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria;

PATRICIA CARVALHO DA SILVA Graduada em Agronomia pela Universidade Estadual do Piauí – UESPI, campus Corrente – PI. Atualmente mestranda em Produção Sustentável do programa de pós-Graduação em Produção Sustentável da Universidade de Brasília – UnB, Brasília – DF. E-Mail: patriciacarvalhoagro@gmail.com.

PAULO RICARDO TEODORO DA SILVA Professor da Universidade: Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS); Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); E-mail para contato: pauloteodoro@agronomo.eng.br

RAFAEL RENAN DOS SANTOSTécnico em agropecuária, bacharel em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT (2015). Participou como bolsista de projetos de extensão universitária, nas áreas de extensão rural e apicultura. Atuou em projetos de pesquisa sobre nutrição e fertilidade de solos, no laboratório de solos da UFMT unidade do Araguaia. Atualmente compõem o quadro de funcionários da Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER). Endereço para CV: <http://lattes.cnpq.br/4865939122597426>; E-mail: rafaelrenan25@gmail.com

RENNAN SALVIANO TERTO Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Mestrando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (UFC); E-mail: rennansalviano@yahoo.com.br.

RICARDO LUIZ LOURO BERBARA Reitor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Professor titular da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Mestre em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; PhD em Biologia do Solo pela University of Dundee; E-mail para contato: berbara@ufrj.br

RIVALDO VITAL DOS SANTOS Professor Titular na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB); Mestrado em Agronomia pela Universidade de São Paulo (USP – CENA); Doutorado em Agronomia pela Universidade de São Paulo (USP – ESALQ); Grupo de pesquisa: Ciência ambiental, Recuperação de áreas e Solos; E-mail: vitalivaldo@gmail.com.

ROMÁRIO PIMENTA GOMES Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação Agricultura e Ambiente-IEAA. Campus de Humaitá (2016). Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / Jaboticabal, SP (2017), onde atualmente faz o doutoramento. Em 2013 recebeu menção honrosa como melhor bolsista de PIBIC em Ciências Agrárias pelo IEAA. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do solo, trabalhando principalmente nos seguintes temas: geoestatística, influência da compactação nos atributos do solo e estudos de terra preta arqueológica. Membro do Grupo de Pesquisa Caracterização do Solo para fins de Manejo Específico (CSME) desde Março de 2016.

ROSEILTON FERNANDES DOS SANTOS Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba; Mestrado em Manejo do Solo e Água pela Universidade Federal da Paraíba; Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Pós-Doutorado pela Universidade Federal de Viçosa; Professor Adjunto II da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia-PB; Grupo de Pesquisa: Gênese, Morfologia e Classificação dos Solos; E-mail para contato: roseilton@cca.ufpb.br

SAEL SÁNCHEZ ELIAS Trabalha com patentes de adubos orgânicos e prospecção tecnológica, matéria orgânica e fungos basidiomicetos comestíveis; Foi professor na Universidad Agraria de la Havana de 2003 a 2013; Graduado em Microbiologia do solo pela Universidad Agraria de la Habana; Mestre pela Universidad Agraria de la Habana; Doutor pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ. CPGA_CS, Ciências do Solo; E-mail para contato: sael537@yahoo.com

SEBASTIANA RENATA VILELA AZEVEDO Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) Engenharia Florestal UFCG; E-mail: renatavilela77@gmail.com.

SEBASTIÃO NILCE SOUTO FILHO Possui graduação em Engenharia Agronomia pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (2009), mestrado em Agronomia - Produção Vegetal pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2012) e doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2016). Atualmente é docente, professor convocado da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade do solo, phaseolus vulgaris L., plantio direto, adubação nitrogenada e manejo de irrigação.

SUZANA PEREIRA DE MELO Professor da Universidade Federal de Mato Grosso; Graduação em 1999 pela Universidade Federal de Uberlândia; Mestrado em Solos pela Universidade Federal de Uberlândia; Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo - ESALQ; – Pós Doutorado em 2007 pela Universidade Federal de Uberlândia; Grupo de pesquisa: Estudos Agrônômicos no Médio Araguaia; E-mail para contato: spmelo@gmail.com

TAIWAN CARLOS ALVES MENEZES Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia pela Universidade Estadual do Piauí – UESPI, campus Corrente – PI. E-mail: taiwanallves@hotmail.com.

TALITA COELI D'ANGELIS DE APARECIDA RAMOS Graduação em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Sete Lagoas-Unifemm; Mestrado em Ciências Agrárias (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de São João de Rei;

THAÍS SOTO BONI Bióloga, Doutoranda em Agronomia, pela UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira – SP.

VAGNER DO NASCIMENTO Professor da Universidade: Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina; Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); Pós-Doutorado em Agronomia (Fitotecnia e Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE); E-mail para contato: vagnern@gmail.com

VANESCA KORASAKI: Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade Frutal.

VÂNIA DA SILVA FRAGA; Professora da Universidade Federal da Paraíba - Departamento de Solos e Engenharia Rural; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba; Graduação em Química Industrial pela Universidade Católica de

Pernambuco; Mestrado em ciência do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Doutorado em Técnicas Energéticas e Nucleares - Radiogramia pela Universidade Federal de Pernambuco; Grupo de pesquisa: Ciclos Biogeoquímicos/CNPq;

VEGNER HIZAU DOS SANTOS UTUNI; Graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/UNESP; Mestrado em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho ”/UNESP; Doutorado em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/UNESP

VENÂNCIO RODRIGUES E SILVA: Graduação em Engenharia Agrônoma pelo IFTM – Campus Uberaba; Mestrando em Agronomia (Solos) pelo PPGA do ICIAG – UFU; Grupo de pesquisa: Manejo e conservação do solo e água no Cerrado; Bolsista CAPES/CNPq; E-mail para contato: venanciorodrigues1994@hotmail.com

VERA LÚCIA DIVAN BALDANI Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia em Microbiologia do Solo; Graduada em Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Especialização em Gestão Estratégica em Recursos Humanos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Mestre em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; E-mail para contato: vera.baldani@embrapa.br

VINICIUS AUGUSTO FILLA Graduando em Engenharia Agrônoma pela UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal. Foi membro do Grupo de Pesquisa Caracterização do Solo para Fins de Manejo Específico (CSME) da FCAV e bolsista de Iniciação Científica pela da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) desde 2013. Atuou na área de Agronomia com ênfase em Agricultura de Precisão, trabalhando principalmente nos seguintes temas: mineralogia, emissão de CO₂ do solo, variabilidade espacial e técnicas de quantificação indireta de atributos do solo. Atuou como estagiário na área de Pesquisa e Desenvolvimento da Stoller do Brasil, com ênfase em Nutrição e Fisiologia de Plantas.

WANDERSON BENERVAL DE LUCENA :Técnico em segurança do trabalho, já atuou com como professor de inglês da Wizard em nível iniciante e básico 1 e 2, vinculado ao Programa Ganhe o Mundo da Secretaria de Educação de Pernambuco. Graduando em Bacharelado em Agronomia e bolsista em iniciação em pesquisa pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Vitória de Santo Antão. Tem experiência em agronomia nas áreas de: manejo ecológico do solo, carbono da biomassa microbiana e respiração basal do solo, avaliação de atributos químicos e físicos em solos do semiárido e da mata atlântica, captação e armazenamento de água de chuva, convivência com o semiárido e sistemas de produção de base ecológica. Atualmente desenvolve

trabalhos com manejo de sais em solos do nordeste e os efeitos da transição agroecológica nos atributos do solo, além de estudos com qualidade química da água potável.

WESLEI DOS SANTOS CUNHA Graduação em andamento em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia – UNEB, estagiário da Agência de Defesa Agropecuária da Bahia- ADAB. Atuou como bolsista de Iniciação Científica na modalidade PICIN/UNEB. Atua como pesquisador do Grupo Solos e Meio Ambiente- SOMA. Apresenta experiência na área de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. E-mail: wsc.agronomo@gmail.com

WESLEY DOS SANTOS SOUZA Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual do Piauí – UESPI, campus Corrente – PI. Atualmente Mestrando em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. E-mail: agrowesley95@gmail.com.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-66-0



9 788593 243660