

Elementos da Natureza e Propriedades do Solo

Atena Editora



Atena Editora

**ELEMENTOS DA NATUREZA E PROPRIEDADES DO
SOLO**

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. 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. 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. 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)	
A864e	Atena Editora. Elementos da natureza e propriedades do solo [recurso eletrônico] / Atena Editora. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. 10.500 kbytes – (Ciências Agrárias; v.1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web DOI 10.22533/at.ed.653182002 ISBN 978-85-93243-65-3 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 dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2018

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Sumário

CAPÍTULO I

A INTERAÇÃO ENTRE RIZÓBIOS E PASTAGENS CULTIVADAS

Rafael Goulart Machado, Enilson Luiz Saccol de Sá e Leandro Hahn 7

CAPÍTULO II

ACÚMULO DE N E PRODUTIVIDADE DO MILHO-DOCE EM FUNÇÃO DE MODOS E ÉPOCAS DO NITROGÊNIO EM COBERTURA

João Paulo de Moraes Oliveira, Bruna Santos de Oliveira, Dalton Ribeiro, Leandro Mariano da Silva, Jéssica Ferreira Silva e Adilson Pelá.....23

CAPÍTULO III

ADUBAÇÃO NITROGENADA COM UREIA CONVENCIONAL E REVESTIDA COM POLÍMEROS NA CULTURA DO MILHO

Weslei dos Santos Cunha, Osvaldo Fernandes Júnior, Tadeu Cavalcante Reis, Charles Cardoso Santana, Letícia da Silva Menezes e Adilson Alves Costa.....32

CAPÍTULO IV

AFERIÇÃO DE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS EM ÁREAS SOB RECUPERAÇÃO NA SERRA DA BODOQUENA, EM BONITO-MS

Izabelli dos Santos Ribeiro, Simone da Silva Gomes, Robison Yuzo Ono e Milton Parron Padovan.....40

CAPÍTULO V

ANÁLISE DA COBERTURA DO SOLO DA BACIA DO RIO DOS CACHORROS EM SÃO LUIS (MA) ENTRE OS ANOS DE 1988 E 2010 A PARTIR DE IMAGENS DE SENSORES ORBITAIS

Janilci Serra Silva e Marcelino Silva Farias Filho49

CAPÍTULO VI

ATIVIDADE DA ENZIMA B-GLICOSIDASE EM DIFERENTES CONFORMAÇÕES DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO CERRADO BRASILEIRO

Daniela Tiago da Silva Campos, Ana Carla Stieven, Willian Mesquita Mendes e Flávio de Jesus Wruck.....60

CAPÍTULO VII

ATRIBUTOS PARA MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS: O ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIBEIRÃO ARROJADO, MUNICÍPIO DE CRISTALINA – GOIÁS

Lucas Espíndola Rosa, Nicali Bleyer Ferreira dos Santos, Maximiliano Bayer, Selma Simões de Castro, Elizon Dias Nunes e Luís Felipe Soares Cherem68

CAPÍTULO VIII

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO COM DIFERENTES PREPAROS E DOSES DE FÓSFORO EM LATOSSOLO VERMELHO NO NOROESTE PAULISTA

Elvis Henrique Rocha da Silva, Renato Molina da Silva Junior e Paulo Roberto de Sousa Junior83

CAPÍTULO IX

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO COMO INSTRUMENTO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO

Alana Rayza Vidal Jerônimo do Nascimento e Karina Patrícia Vieira da Cunha.....91

CAPÍTULO X

AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO CULTIVADO COM MUSA SPP. CV. GRANDE NAINÉ EM MISSÃO VELHA-CE

Ruana Íris Fernandez Cruz, Sebastião Cavalcante de Sousa, José Valmir Feitosa, Antonia Julliana Sarafim Bezerra e Alyne Araújo da Silva..... 111

CAPÍTULO XI

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE SEDIMENTOS COMO CONDICIONANTE DE SOLO: ESTUDO DE CASO DA LAGOA DA URUSSANGA VELHA (BALNEÁRIO RINCÃO - SC)

Émilin de Jesus Casagrande de Souza, Fernando Basquioto de Souza e Marcos Back 118

CAPÍTULO XII

AVALIAÇÃO E TESTE DE UM MINI PENETRÔMETRO DINÂMICO PARA A DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO

Ludmila Gomes Ferreira, José Fernandes de Melo Filho, João Albany Costa, Ana Carolina Rabelo Nonato, Raquel Almeida Cardoso da Hora e Maria Magali Mota dos Santos 127

CAPÍTULO XIII

BIOMASSA MICROBIANA EM SOLOS DO CERRADO SOB DIFERENTES USOS PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO-EXTRAÇÃO

Verônica Alves Vieira, Maria Victória Ferreira Ribeiro, Liliane Mendes Gonçalves, Vinícius Santana Mota e Marco Aurélio Pessoa de Souza 146

CAPÍTULO XIV

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA FIBRA DE ALGODÃO SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES E FORMA DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE ELEMENTAR

Elias Almeida dos Reis, Liliane dos Santos Sardeiro, Tadeu Cavalcante Reis, Alberto do Nascimento Silva, Charles Cardoso Santana e Tatiana Cruz Amaral..... 154

CAPÍTULO XV

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ORGANOSSOLOS EM AMBIENTE ALTOMONTANO NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA

Paula Fernanda Chaves Soares, Lúcia Helena Cunha dos Anjos, Marcos Gervasio Pereira e Fernando Zuchello.....**Erro! Indicador não definido.**

CAPÍTULO XVI

COINOCULAÇÃO COM RIZOBACTÉRIAS EM ASSOCIAÇÃO COM ÁCIDOS HÚMICOS NA CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM

Érica de Oliveira Araújo, Juliana Guimarães Gerola, Juan Ricardo Rocha, Leandro Cecílio Matte e Kamila Cabral Mielke..... 174

CAPÍTULO XVII

COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO EM SOLO DEGRADADO EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO

Kellian Kenji Gonzaga da Silva Mizobata, Mayara Maggi, Adriana Avelino Santos e Kátia Luciene Maltoni 188

CAPÍTULO XVIII

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

Elaine Heberle, Daniela Vieira Chaves, José Alves Pessoa Neto, Joaquim Martins de Sousa Filho, Jonas Sousa Santana e Fabio Luiz Zanatta..... 197

CAPÍTULO XIX

DESRAMA ARTIFICIAL DE AZADIRACHTA INDICA A. JUSS EM RESPOSTA AO MÉTODO DE CULTIVO EM MACAÍBA, RN

Camila Costa da Nóbrega, Ciro de Oliveira Ribeiro, Luan Henrique Barbosa de Araújo, Jucier Magson de Souza e Silva, Gualter Guenther Costa da Silva e Ermelinda Maria Mota Oliveira 214

CAPÍTULO XX

EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CRESCIMENTO AÉREO E RADICULAR DE MIMOSA CAESALPINIIFOLIA BENTH

Luan Henrique Barbosa de Araújo, Gualter Guenther Costa da Silva, Camila Costa da Nóbrega, Ermelinda Maria Mota Oliveira, Priscila Lira de Medeiros e Daniel Nunes da Silva Junior 220

CAPÍTULO XXI

EFEITO DO ESTERCO DE GALINHA INCORPORADO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO

Glaudson Luiz Facas, Carlos Augusto Testa, Ana Paula Fiuza Ramalho e Rodrigo Merighi Bega..... 235

CAPÍTULO XXII

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO NA CULTURA DO SORGO

Izabel Maria Almeida Lima, Boanerges Freire de Aquino (*in memoriam*), Bruno Lucio Meneses Nascimento, Daniel Henrique de Melo Romano, Régis Santos Braz e Thiago Henrique Ferreira Matos Castañon..... 243

CAPÍTULO XXIII

ESTRUTURA FÍSICA EM LATOSSOLO AMARELO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO, NA REGIÃO DO CERRADO

Caíque Helder Nascentes Pinheiro, Bruno Oliveira Lima, Simone Rodrigues Miranda Câmara, Marcelo Barcelo Gomes, Hugo Alberto Murillo Camacho e Janne Louize Sousa Santos..... 252

CAPÍTULO XXIV

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE NA ACIDEZ DO SOLO E NA DENSIDADE DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES

Fernando Ramos de Souza, Ernandes Silva Barbosa, Oclizio Medeiros das Chagas Silva, Manoel Ramos de Menezes Sobrinho, Gean Corrêa Teles, Luiz Rodrigues Freire e Ricardo Luís Louro Berbara.....260

CAPÍTULO XXV

NITROGÊNIO EM COBERTURA E PRODUTIVIDADE DO MILHO DOCE

João Paulo de Moraes Oliveira, Bruna Santos de Oliveira, Dalton Ribeiro,
Leandro Mariano da Silva, Jéssica Ferreira Silva e Adilson Pelá..... 273

CAPÍTULO XXVI

TEOR DE MATÉRIA SECA E PROTEÍNA BRUTA DA PALMA MIÚDA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ADUBAÇÃO MINERAL

Jefferson Mateus Alves Pereira dos Santos, Maria Vitória Serafim da Silva,
Márcio Gleybson da Silva Bezerra, Iara Beatriz Silva Azevedo, Ermelinda Maria
Mota Oliveira e Gualter Guenther Costa da Silva 281

CAPÍTULO XXVII

TEORES FOLIARES DO ABACAXIZEIRO EM DECORRÊNCIA DO USO DE ESTERCO DE GALINHA

Glaudson Luiz Facas, Gabriel Henrique de Aguiar Lopes, Ana Paula Fiuza
Ramalho, Weber Pazeto dos Santos e Rodrigo Merighi Bega 289

Sobre os autores.....296

CAPÍTULO I

A INTERAÇÃO ENTRE RIZÓBIOS E PASTAGENS CULTIVADAS

**Rafael Goulart Machado
Enilson Luiz Saccol de Sá
Leandro Hahn**

A INTERAÇÃO ENTRE RIZÓBIOS E PASTAGENS CULTIVADAS

Rafael Goulart Machado

Emater/RS-ASCAR, Escritório Municipal de Coxilha

Coxilha – Rio Grande do Sul

Enilson Luiz Saccol de Sá

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Departamento de Solos

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Rio Grande do Sul

Leandro Hahn

Epagri

Caçador – Santa Catarina

RESUMO: Rizóbios são bactérias naturalmente encontradas em ambientes edáficos e são capazes de se associarem em relações simbióticas com leguminosas. Em estudos recentes é relatada a capacidade de rizóbios colonizarem o tecido de plantas não leguminosas, entre elas gramíneas que estejam associadas em sistemas de consorciação com leguminosas previamente inoculadas, como no caso em sistemas de consorciação de pastagens. O processo de infecção de gramíneas por rizóbios normalmente vem acompanhado do incremento no rendimento e desenvolvimento das gramíneas por meio de mecanismos diretos ou indiretos de promoção de crescimentos de plantas. Desta forma, é possível o incremento no rendimento de leguminosas e gramíneas inoculadas com rizóbios, o que permite em muitos casos a supressão do uso de adubos nitrogenados minerais, sem prejuízos no rendimento das culturas.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se proteger os recursos naturais em sistemas de produção agrícola aliada à necessidade de manutenção de elevadas produtividades e redução dos custos de produção, exige a adoção de sistemas integrados para a gestão de nutrientes no solo. Parte importante na gestão da fertilidade dos solos, e do manejo da adição de nutrientes e insumos na lavoura, reside na utilização de inoculantes microbianos. Tais inoculantes possuem potencial para reduzir a necessidade dos cultivos em certos nutrientes como o nitrogênio, em gramíneas e leguminosas, e também promover o crescimento das plantas, aumentando a exploração de maior volume de solo, melhorando o aproveitamento dos nutrientes e a eficiência no uso de fertilizantes.

As pastagens constituem a principal fonte de alimento para bovinos em sistemas de produção de carne e leite, principalmente devido ao baixo custo de produção e à facilidade no estabelecimento, devido ao hábito de crescimento ou à ressemeadura natural. Por outro lado, no intervalo entre o final do ciclo das pastagens de verão e o início da oferta de pastagens de inverno, há escassez na oferta de massa verde aos animais, havendo grandes dificuldades que acarretam

perda de peso dos animais e redução na produtividade. Dentre as possibilidades existentes para se reduzir as perdas inerentes a esta janela conhecida como vazio outonal, a utilização de organismos promotores de crescimento de plantas (PCP's) pode ser uma das estratégias a serem adotadas para se reduzir as perdas, na medida em que os PCP's são conhecidos por promoverem incrementos no rendimento de plantas cultivadas, mesmo no início ou no final do ciclo das culturas.

Os rizóbios são amplamente conhecidos pela capacidade promotora de crescimento de plantas. Este conhecimento é devido a estudos que se iniciaram no final da década de 90, com trabalhos onde foi comprovada a colonização de plantas de arroz por rizóbios oriundos da associação simbiótica com leguminosas forrageiras que eram cultivadas anteriormente ao arroz (Yanni et al., 1997; Bisws, 2000). Foi comprovado que os rizóbios penetram ao interior do tecido de gramíneas através de fissuras radiculares ou inserções de raízes secundárias, podendo migrar até as folhas (Reddy et al., 1997; Dobbelaere et al., 2003). Estas bactérias que colonizam raízes e folhas de gramíneas não fixam N₂ atmosférico em seu interior, mas são capazes de produzir uma ampla gama de substâncias fitoestimuladoras que estão diretamente associadas ao incremento no rendimento não só de arroz, mas de diversas gramíneas recomendadas para a composição de pastagens no estado do RS (Matiru & Dakora, 2004; Hahn, 2013; Machado et al., 2013). Desta forma, quando os rizóbios são inseridos em sistemas de cultivo de pastagens pelo emprego da prática de inoculação de plantas leguminosas, os benefícios ao rendimento das plantas são decorrentes da fixação biológica de nitrogênio (FBN) realizada nos nódulos das leguminosas e também pela produção de substâncias fito-estimuladoras, as quais podem aumentar a produção de forragem de leguminosas e gramíneas.

À medida em que o uso de organismos PCP's torna mais sustentável a utilização de pastagens na alimentação de ruminantes, a utilização destes organismos por meio de inoculações periódicas passa a constituir uma importante ferramenta para a redução dos prejuízos associados ao intervalo de vazio forrageiro. Desta forma, viabiliza econômica e ambientalmente a utilização de sistemas de rotação e sucessão de pastagens para oferta de energia e proteínas aos bovinos. Neste sentido, a inclusão de leguminosas nas dietas dos animais passa a ser fundamental não só para uma maior oferta de proteínas, mas também para promover o rendimento das gramíneas exploradas em sistema de sucessão e/ou consórcio de culturas devido ao aporte de N na rizosfera.

Por outro lado, apesar da grande importância das leguminosas e dos rizóbios para a composição de pastagens, de acordo com SHELTON et al. (2005), no Brasil apenas em torno de 2% dos 130 milhões de hectares de pastagens cultivadas possuem alguma participação de leguminosas. Entre os principais motivos que acarretam a baixa utilização de leguminosas na composição de pastagens estão o desconhecimento por agricultores e técnicos dos hábitos de crescimento, comportamento e fisiologia das leguminosas; e da especificidade da simbiose em leguminosas forrageiras, bem como das técnicas de inoculação inadequadas; a dificuldade de acesso a sementes ou outros materiais

propagativos, seja devido aos elevados custos, seja devido a barreiras comerciais ou divulgação ineficiente; o estabelecimento inicial lento da maior parte das leguminosas cultivadas, o que muitas vezes desanima o agricultor, principalmente quando se associa ao manejo inadequado; e o desinteresse comercial na divulgação de espécies que suprimam a utilização de adubos minerais.

Neste sentido, se faz muito importante o estudo e a divulgação dos grandes benefícios relacionados ao cultivo de leguminosas forrageiras inoculadas com rizóbios infectivos e efetivos, estudo este que vem sendo efetuado principalmente por instituições públicas de ensino e pesquisa, as quais visam a geração de conhecimento científico útil e de qualidade, sem necessariamente visar o lucro imediato.

Se faz necessário o estudo do efeito da inoculação de rizóbios eficientes nas leguminosas e gramíneas forrageiras mais amplamente cultivadas nos estados do RS e SC e a comparação destes rizóbios com outros organismos PCP's, como os do gênero *Azospirillum* para que se conheça o efeito das inoculações em cada espécie vegetal. Apenas com o estudo minucioso e a divulgação destas informações no meio científico, será possível que conclusões importantes relacionadas ao tema cheguem a técnicos de campo, e conseqüentemente sejam transmitidas aos agricultores.

2. ESTUDOS DE INTERAÇÕES ENTRE OS MICROORGANISMOS E AS PLANTAS CULTIVADAS

A população microbiana habitante da rizosfera consiste-se em uma ampla gama de organismos, que em conjunto interagem direta e indiretamente com as plantas cultivadas. Apenas com relação ao número de bactérias, estima-se que haja cerca de 2 bilhões de células por grama de solo (Gans et al., 2005). Estes microorganismos tornam-se interessantes à espécie humana, à medida em que interferem no rendimento das plantas cultivadas, por meio de diversos mecanismos.

Um micro-organismo é considerado promotor de crescimento de planta quando é capaz de incrementar o rendimento das culturas de interesse. Para se medir esta capacidade, a interação de determinado micro-organismo com alguma planta de interesse deve ser primeiramente avaliada em condições axênicas e em comparação com plantas testemunhas. É fundamental esta etapa inicial onde se estuda isoladamente a interação da planta com o organismo, para assim, isolando a interação de outros fatores como o clima, o ambiente e outros macro ou micro-organismos edáficos ou epiedáficos, se certificar que o efeito sobre o rendimento da planta de interesse é única e exclusivamente em decorrência do micro-organismo inoculado. Sem este *screening* inicial sob condições axênicas, seria impossível se certificar e comprovar que o efeito positivo observado na planta estudada seja em decorrência do micro-organismo avaliado.

Apenas depois de ter sido comprovado o efeito positivo do micro-organismo sobre a planta, esta interação passa a ser testada sob condições de maior interferência, como ambientes de casa de vegetação, adubação, ou solo com população microbiana original de campo (solo não esterilizado). Nestas condições, será testada a resistência da interação a diversos fatores de interferência. A última fase do teste da eficiência do micro-organismo é a campo, sob todas as condições naturais, de solo, clima e competição, e apenas micro-organismos aprovados em todos os estágios anteriores devem ser testado a este nível.

Diversos são os mecanismos pelos quais os micro-organismos agem sobre o rendimento das plantas, podendo atuar diretamente através da produção de hormônios (Bashan & Holguin, 1997) ou do suprimento de nutrientes, como o nitrogênio (Taiz & Zieger, 2004), ou ainda indiretamente, pela supressão de patógenos (Harman et al., 2000). O mais conhecido dos mecanismos é a fixação biológica de nitrogênio (FBN), onde bactérias simbióticas ou associativas conseguem capturar o nitrogênio atmosférico sob condições micro aeróbicas e por meio da enzima nitrogenase, desmembrá-lo a formas assimiláveis pelas plantas. Outros mecanismos conhecidos são a produção de substâncias fitoestimuladoras, como hormônios do grupo das auxinas (Biswas et al., 2000), citocininas (Persello-Cartieaux et al., 2003) e giberelinas (Erum & Bano, 2008).

A constante seleção e verificação do efeito de bactérias promotoras de crescimento de plantas sobre espécies de interesse agrônomo se faz necessário para a indicação de organismos infectivos e eficientes na composição de inoculantes microbianos. Deste modo, por meio de inoculações periódicas é possível se alterar a diversidade das populações microbianas que interagem com as plantas na rizosfera, favorecendo a infecção das raízes por micro-organismos eficientes e selecionados. Com relação à cultura da soja, por exemplo, a reinoculação da cultura induziu resultados positivos, comparativamente com as testemunhas não reinoculadas, sendo que em alguns experimentos, foram constatados incrementos de até 23% no rendimento e de até 25% no teor de N dos grãos (Hungria, 2001).

3. OS RIZÓBIOS E A SIMBIOSE COM LEGUMINOSAS

Os primeiros estudos de avaliação de bactérias fixadoras de N no Brasil datam de 1920 (Silva, 1948). Nas décadas de 60 e 70 foi dada à FBN sua devida importância, com a adoção generalizada ao uso de rizóbios eficientes na cultura da soja. De acordo com Graham & Vance (2003), são fixadas anualmente por leguminosas de importância agrícola em associação com rizóbios, de 44 a 66 milhões de toneladas de N, o que representa aproximadamente metade do N utilizado na agricultura. Este processo simbiótico tão importante é realizado por rizóbios, bactérias que recebem genericamente este nome por formarem nódulos em raízes de leguminosas. Quando não estão em associação com leguminosas, os rizóbios são bactérias de vida livre e hábito alimentar saprofítico.

A interação entre planta e bactéria começa quando a necessidade nutricional da planta é sinalizada aos rizóbios por meio de flavonóides exudados pelas raízes. Os flavonóides ativam os genes Nod dos rizóbios, que especificam a produção de um sinal simbiótico chamado fator Nod, excretado pelas bactérias. Os fatores Nod de diferentes espécies rizobianas contêm diferentes substâncias químicas e variações na estrutura de suas cadeias (Mulder et al., 2005). A variação no montante e na estrutura dos fatores Nod produzidos pelas espécies de rizóbios é um fator chave que determina a sua gama de hospedeiros (Perret et al., 2000). Assim, o estabelecimento da simbiose leguminosa-rizóbio envolve uma troca de sinais: os sinais da leguminosa (flavonóides) ativam a produção de fatores Nod rizobianos (LCOs) (Mulder et al., 2005).

Anteriormente à formação dos nódulos, os rizóbios induzem por meio de sinalizações bioquímicas, o encurvamento dos pêlos radiculares (Câmara, 2014). Subsequentemente, as bactérias atuam na divisão celular nas células normalmente quiescentes do interior do córtex radicular, que induz a uma formação de um meristema nodular (González & Marketon, 2003). As bactérias retidas no pelo radicular encurvado causam a formação de um cordão de infecção, um tubo de origem vegetal, que penetra as células radiculares enquanto as bactérias se proliferam em seu interior (González & Marketon, 2003). Conforme o nódulo se desenvolve, os processos de infecção se ramificam e penetram individualmente nos espaços intracelulares.

Na simbiose realizada com plantas da família Fabaceae, os rizóbios atuam em uma relação onde recebem carboidratos fotoassimilados pelas plantas e em troca, oferecem N (nitrogênio). O N é obtido pelo rizóbio simbiote, na forma de gás atmosférico (N_2) por meio da enzima nitrogenase e transformado em NH_3 . O complexo enzima nitrogenase é formado por duas unidades protéicas, a Ferro-proteína (Fe-proteína) e a Molibdênio-Ferro-proteína (MoFe-proteína) (Taiz & Zieger, 2004). Para isto, as trocas metabólicas entre rizóbio e planta ocorrem em estruturas denominadas nódulos, onde a enzima nitrogenase fica protegida do oxigênio atmosférico, devido à presença da heme proteína leg-hemoglobina, a qual está em altas concentrações em nódulos ativos, e se liga ao oxigênio.

4. A INTERAÇÃO ENTRE RIZÓBIOS E GRAMÍNEAS

Nas décadas de 90 e 2000, passou-se a identificar no âmbito científico que a interação entre rizóbios e gramíneas cultivadas não se limita apenas ao aporte de N residual proveniente da FBN em leguminosas. Especial destaque deve ser dado aos trabalhos de Noel et al., (1996); Webster et al., (1997); Yanni et al., (1997) e Antoun, (1998), os quais estiveram entre os precursores no estudo da inoculação de rizóbios em não leguminosas cultivadas.

Os primeiros estudos de rizóbios como promotores de crescimento de gramíneas foram motivados por constatações empíricas de que sob mesmas condições de clima, solo, adubação e manejo, determinadas plantas de arroz,

cultivadas em sucessão ao trevo produziam mais que outras que não estavam em sucessão à leguminosa e este incremento na produção não parecia ser apenas em decorrência do N residual (Yanni et al., 2001).

Foi possível comprovar que rizóbios são capazes de penetrar no interior do tecido de gramíneas por meio de fissuras e inserções radiculares (Reddy et al., 1997; Webster et al., 1997; Yanni et al., 1997). No ambiente intra-radicular, bem como na rizosfera, os rizóbios são capazes de produzir substâncias fitoestimuladoras como auxinas (Biswas et al., 2000; Erum & Bano, 2008), citocininas (Persello-Cartieaux et al., 2003) e giberelinas (Yanni et al., 2001; Erum & Bano, 2008), que vêm a favorecer diretamente o rendimento de espécies vegetais cultivadas.

Atualmente sabe-se que rizóbios atuam como promotores de crescimento de plantas em interações com plantas da família Poaceae, tais como o arroz (Yanni et al., 1997; Biswas et al., 2000; Osório Filho et al., 2014), a cevada (Miransari & Smith, 2009), o milho (Hahn et al., 2014), o capim Tanzânia e a pensacola (Machado et al., 2011). Deste modo, os rizóbios são capazes não só de fixar simbioticamente o nitrogênio atmosférico quando em associação com leguminosas, mas também um grande potencial a ser explorado como promotores diretos de incrementos no rendimento de gramíneas compatíveis, quando devidamente inoculados em sistemas de sucessão/rotação de culturas.

5. PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS FITOESTIMULADORAS POR RIZÓBIOS

Os rizóbios são reconhecidamente capazes de produzir substâncias fitoestimuladoras influenciando o crescimento e o desenvolvimento vegetal de não leguminosas (Biswas et al., 2000; Yanni et al., 2001). As principais substâncias fitoestimuladoras produzidas por rizóbios são os hormônios pertencentes ao grupo das auxinas (Biswas et al., 2000; Erum & Bano, 2008), citocininas (Persello-Cartieaux et al., 2003) e giberelinas (Yanni et al., 2001; Erum & Bano, 2008). Também há relatos de produção de ácido abscísico (Dangar & Basu, 1991), lipooligosacarídeos (LCOs) (Prithiviraj et al., 2003; Miransari & Smith, 2009), lumicromo (Volpin & Phillips, 1998), ácido carboxílico aminociclopropano deaminase (ACAD) (Ma, 2003), riboflavonas e vitaminas (Dakora, 2003) produzidos por rizóbios.

Entre as auxinas o ácido indol-acético (AIA) é o mais estudado e o mais produzido por bactérias (Radwan, et al. 2005). O AIA atua principalmente na formação de raízes laterais e de pêlos radiculares que aumentam a absorção de nutrientes pela planta (Biswas et al., 2000). Diferentes rotas metabólicas de biossíntese de AIA já foram identificadas em bactérias (Spaepen et al., 2007), sendo que duas das principais rotas metabólicas já descritas para a produção de AIA dependem de triptofano. São elas a rota da indole-3-acetamida (IAM) e indole-3-piruvato (IpyA) (Lambrecht et al., 2000). Osorio Filho (2009) inferiu que provavelmente a rota de biossíntese de AIA em rizóbios seja a rota do indole-3-

acetoneitrilo (IAN). No mesmo estudo, o autor inseriu o gene Gus nos rizóbios, e com a utilização destas bactérias marcadas, observou a sua capacidade de colonização de plantas de arroz, tanto no tecido radicular quanto nas folhas.

Teores de triptofano têm sido encontrados em exudados radiculares. Kravchenko et al. (2004) quantificaram a exudação de triptofano por raízes assépticas de tomate e rabanete. Plântulas de tomate liberaram diariamente de 2,8 a 5,3 ng de triptofano por planta, enquanto que em rabanete a liberação diária de triptofano variou de 190 a 390 ng por planta. No mesmo estudo, os autores conduziram experimentos em vasos com solo, onde inocularam ambas as culturas com uma rizobactéria promotora de crescimento de plantas do gênero *Pseudomonas*, e observaram que a massa radicular de rabanete foi incrementada em 36% nas plantas inoculadas, enquanto que a inoculação da mesma bactéria em tomate foi ineficiente. Os autores afirmam que o efeito benéfico da inoculação em plantas de rabanete pode ser explicado pelo fato de que a rizobactéria introduzida produziu o hormônio estimulador de crescimento vegetal AIA.

Em experimento conduzido em câmara de crescimento, Silveira (2008) estudou o efeito da inoculação de cinco estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* quanto à capacidade de promover o crescimento de arroz, cultivar IAC103, em solução nutritiva. Quanto ao acúmulo de massa seca, as plantas inoculadas com as estirpes SEMIA235 e SEMIA250 foram superiores ao tratamento controle em mais de 100%. A produção de AIA por estas estirpes foi menor em relação às demais estirpes, e isto pode ter sido a chave para o maior estímulo às plantas. Barazani & Friedman (1999) também relatam que rizobactérias deletérias produziram altos níveis de AIA, por outro lado, com rizobactérias promotoras de crescimento de plantas obteve-se menor produção durante o mesmo período de incubação.

Biswas et al. (2000) conduziram estudos em laboratório e em casa de vegetação para testar a capacidade de rizóbios em promover crescimento vegetal em duas cultivares de arroz. Os rizóbios estudados foram avaliados quanto à produção de AIA através de teste colorimétrico, o qual foi positivo para as culturas sobrenadantes de todos os rizóbios testados, variando de 1,6 a 2,8 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. As melhores respostas às inoculações foram obtidas com *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* estirpe E11 e *Rhizobium* sp. estirpe IRBG74, os quais estimularam precocemente o crescimento vegetal, resultando em incremento no rendimento de grãos e palhada, durante a maturidade das plantas.

Os rizóbios da espécie *Bradyrhizobium japonicum* isolados de raízes de soja, *Azorhizobium caulinodans*, isolados de *Sesbania rostrata*, *Rhizobium* NGR234 de *Lablab purpureus*, *Sinorhizobium meliloti* de *Medicago sativa*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* Cn6, e *R. leguminosarum* bv. *viceae* estirpe 30 de *Vicia faba* foram capazes de infectar e colonizar raízes de sorgo e/ou setária (Matiru & Dakora, 2004). Baseados no fato deste diverso grupo de rizóbios isolados de diferentes gêneros de leguminosas serem capazes de colonizar estas duas gramíneas, os autores sugerem que a infecção de não leguminosas por rizóbios é provavelmente mais ocorrente na natureza do que se imagina. Houve incremento

no crescimento das plantas de sorgo e setária inoculadas, bem como aumento na obtenção de fósforo (P) pelo sorgo. Segundo os autores, isto pode ter ocorrido devido à indução pelas bactérias de mudanças na atividade de transportadores de fosfato da membrana plasmática das células radiculares do sorgo.

Outros fitohormônios produzidos por rizóbios são as giberelinas (GAs) (Yanni et al., 2001; Erum & Bano, 2008), as quais são conhecidas por produzir estímulos no crescimento do caule, sendo que este efeito foi mais observado em gramíneas, hortaliças e plantas ornamentais (Weaver, 1972). Para Metieuer (1986), os efeitos mais notáveis das GAs aparecem no crescimento, especialmente no alongamento do caule, podendo o crescimento foliar ser aumentado em muitas espécies e também haver indução da diferenciação da zona cambial e do xilema. Segundo Anderson (1967), a um determinado teor de GA na planta, um nível mais alto ou mais baixo de AIA em relação ao nível ótimo, reduz o crescimento foliar, sendo essencial certo equilíbrio entre GA e AIA para uma taxa máxima de crescimento.

A produção de AIA e GA por rizóbios foi quantificada por Erum & Bano (2008) com o uso de cromatografia líquida de alta pressão (HPLC). Os rizóbios, isolados de solos do norte do Paquistão, localizados em altitudes de 940 a 3090 metros acima do nível do mar, produziram os fitohormônios e a produção de GA foi por volta de 10 a 30 vezes maior do que a produção de AIA. Houve correlação positiva e crescente entre a relação GA/AIA produzida e a altitude dos locais de coleta dos rizóbios. Segundo os autores, o gradiente na concentração de AIA e GA provavelmente representa um declínio nos recursos naturais como a intensidade da radiação, umidade do solo e nutrientes do solo.

Apesar de reconhecidamente produzidas por rizóbios (Persello-Cartieaux et al., 2003), a produção de citocininas tem sido pouco estudada devido à difícil detecção e quantificação. As citocininas estimulam a divisão celular (citocinese) e são produzidas nas raízes e transportadas através do xilema para todas as partes da planta. Os níveis de auxina e de citocinina são correlacionados inversamente na planta (Eklöf et al., 2000). Outros fitoestimuladores produzidos por rizóbios são os lipo-quitooligosacarídeos (LCOs), também conhecidos como fatores Nod. Os LCOs são moléculas responsáveis por mudanças morfogênicas nas raízes de leguminosas durante o processo de nodulação (Khan et al., 2008), porém também estimularam a germinação de milho, arroz, beterraba e algodão, sob condições de laboratório, casa de vegetação e à campo (Prithiviraj et al., 2003).

Apesar do papel chave dos LCOs produzidos por rizóbios na formação de nódulos ser bem esclarecido, foram observadas outras atividades morfogênicas nas plantas atribuídas aos LCOs, incluindo estímulo de genes envolvidos no ciclo celular de culturas celulares em suspensão e estímulo de divisões mitóticas em culturas de protoplasma de leguminosas e não leguminosas (Souleimanov et al., 2002).

Miransari & Smith (2009) testaram o efeito de LCOs extraídos de cultura de *Bradyrhizobium japonicum* e giberelina na germinação de sementes de cevada. No tratamento com 10^{-5} M de giberelina houve 18% de incremento na germinação das

sementes testadas comparativamente com o tratamento controle, enquanto no tratamento com 10^{-6} M de LCOs o incremento na germinação foi de 44%.

Alguns rizóbios têm a capacidade de diminuir o nível de etileno excretado pelas plantas, por formar o ácido carboxílico aminociclopropano deaminase (ACAD), uma enzima que quebra o ácido carboxílico aminociclopropano (ACA), precursor do etileno (Penrose & Glick, 2001). Esta enzima foi encontrada em bactérias rizosféricas dos gêneros *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Rhodococcus*, e *Rhizobium* (Belimov et al., 2001; Ma, 2003).

6. OS RIZÓBIOS EM SISTEMAS DE ROTAÇÃO OU CONSORCIAÇÃO DE PASTAGENS

As leguminosas forrageiras podem contribuir para aumentar a qualidade da forragem ingerida pelos animais de forma direta, quando consumidas, e indireta através do nitrogênio disponibilizado às gramíneas associadas e da melhoria da fertilidade do solo, que promove eficiência na ciclagem de nutrientes, já que a decomposição de resíduos de plantas é controlada principalmente pela disponibilidade de N (Pengelly & Conway, 2000; Lascano, 2002). Segundo Carvalho (1985), em pastagens consorciadas geralmente uma proporção do N fixado simbioticamente torna-se disponível para utilização pela gramínea associada, ou por outras plantas não leguminosas, componentes da pastagem.

Outro importante benefício da inserção de leguminosas em sistemas de consorciação ou rotação de culturas é que juntamente com as leguminosas, os rizóbios são inseridos na rizosfera. Devido aos benefícios empregados no crescimento e desenvolvimento de gramíneas e leguminosas por meio de diversos mecanismos (Antoun et al, 1998; Prithviraj et al., 2003; Perrine-Walker, 2007), os rizóbios têm sido estudados como potencial alternativa para o manejo de leguminosas e gramíneas cultivadas em sucessão e/ou consorciação (Yanni et al., 1997; Biswas et al., 2000; Yanni et al., 2001; Osorio Filho, 2009). Porém, sabe-se muito pouco sobre as possíveis interações entre rizóbios e gramíneas forrageiras, de modo que o que se supõem deve-se aos resultados obtidos com gramíneas produtoras de grãos.

Yanni et al. (2001) publicaram resultados de diversos estudos onde demonstraram o efeito de rizóbios sobre o rendimento da cultura do arroz, quando inserido em um bem implementado sistema de rotação de culturas com leguminosa forrageira. A área utilizada neste estudo está localizada no delta do rio Nilo, região conhecida por ser a maior produtora de arroz do norte da África, e desde a antiguidade ser cultivada sob sistema de rotação de culturas entre arroz e trevo alexandrino. Plantas de arroz foram amostradas em cinco diferentes localidades durante dois diferentes ciclos de rotação das culturas. Após desinfestação e maceração das raízes das plantas amostradas, estas foram inoculadas a sementes de trevo alexandrino, sob condições axênicas. Avaliando-se os resultados, verificou-se que todos os inóculos provenientes das cinco diferentes áreas de cultivo rotacionado continham rizóbios viáveis, os quais originaram

nódulos em plântulas de trevo alexandrino sob condições axênicas. Isto confirmou a hipótese dos autores de que os rizóbios noduladores das raízes de trevo colonizavam raízes de arroz nestas áreas do delta do Nilo. Adicionalmente, com resultados de experimentos conduzidos em laboratório, casa de vegetação e à campo, os autores demonstraram que alguns destes rizóbios endofíticos promoveram crescimento de plantas de arroz, possibilitando incrementos no rendimento de grãos na maturidade da cultura.

Em outro estudo, Rosenblueth & Martinez-Romero (2004) avaliaram perfis de plasmídeos de estirpes de *Rhizobium etli*, isoladas de raízes e do caule de milho, bem como da rizosfera. Quando reinoculadas em plântulas de milho, algumas das estirpes provenientes dos tecidos da planta foram mais infectivas que as isoladas da rizosfera ou de nódulos de feijão. Os autores sugerem que em áreas onde o milho é consorciado com feijão, parece haver uma seleção do milho a rizóbios endofíticos, semelhantemente ao visto com o arroz associado ao trevo alexandrino no trabalho de Yanni et al. (2001).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de inoculantes à base de rizóbios em sistemas de consorciação de pastagens é uma importante ferramenta para a promoção de crescimento de leguminosas e gramíneas, com incremento no rendimento das culturas. Para isto, são necessários estudos de prospecção, isolamento e seleção de rizóbios, com base em seus mecanismos de promoção de crescimento de plantas, os quais devem ser detalhadamente estudados. Os rizóbios inoculados à campo devem ter seus mecanismos de promoção de crescimento de plantas previamente prospectados e conhecidos, bem como deve ser feita a reinoculação periódica de estirpes adequadas a cada sistema de consorciação de pastagens. Desta forma, os sistemas de produção de pastagens serão ricos em organismos eficientes, o que proporcionará novos patamares de produtividade, qualidade ambiental e sustentabilidade da produção.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, I. C. Plant characteristic that affect yield. In: HYBRID CORN INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 22., 1967, [S.l.]. **Proceedings...** Washington, 1967. p. 71-73.

ANTOUN, H.; BEAUCHAMP, C.J.; GOUSSARD, N.; CHABOT, R.; LALANDE, R. Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: effects on radishes (*Raphanus sativus* L.) **Plant and Soil**, The Hague, v. 204, p. 57-67, 1998.

BARAZANI, O.; FRIEDMAN, J. Is IAA the major root growth factor secreted from plant-growth-mediating bacteria? **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 25, p. 2397-2406, 1999.

BASHAN, Y. & HOLGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationships: Environmental and physiological advances. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, p. 103-121, 1997.

BELIMOV, A. et al. Characterization of plant growth promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 47, p. 642-652, 2001.

BISWAS, J. C. et al. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 880-886, 2000.

CÂMARA, G.M.S. **Fixação biológica de nitrogênio em soja**. Piracicaba: IPNI. 2014. 9 p. (Informações Agronômicas, 147).

CARVALHO, M. M. Fixação biológica como fonte de nitrogênio para pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1986, Nova Odessa. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1986, p. 125-143.

DAKORA, F. D. Defining new roles for plant and rhizobial molecules in sole and mixed plant cultures involving symbiotic legumes. **New Phytologist**, Cambridge, v. 158, p. 39-49, 2003.

DANGAR, T. K.; BASU, P. S. Abscisic acid production in culture by some *Rhizobium* spp. of leguminous trees and pulses. **Folia Microbiologica**, Praha, v. 36, p. 527-532, 1991.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J. & OKON, Y. Plant growth-promotion effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 22, p. 107-143, 2003.

EKLÖF, S. et al. Transgenic tobacco plants co-expressing *Agrobacterium iaa* and *ipt* genes have wild-type hormone levels but display both auxin- and cytokinin-overproducing phenotypes. **Plant Journal**, Oxford, v. 23, p. 279-284, 2000.

ERUM, E.; BANO, A. Variation in phytohormone production in *Rhizobium* strains at different altitudes of north areas of Pakistan. **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, v. 10, p. 536-540, 2008.

GANS, J.; WOLINSKY, M & DUNBAR, J. Computational improvements reveal great bacterial diversity and high metal toxicity in soil. **Science**, Washington DC, v. 309, p.

1387-1390, 2005.

GONZÁLEZ, J. & MARKETON, M.M. Quorum sensing in nitrogen-fixing rhizobia. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington DC, v. 67, p. 574 – 592, 2003.

GRAHAM, P.H.; VANCE, C.P. Legumes: importance and constraints to greater use. **Plant Physiology**, Belmont, v. 131, p. 872-877, 2003.

HAHN, L. **Promoção de crescimento de plantas pela inoculação de rizóbios simbiotes em leguminosas e bactérias diazotróficas associativas**. 2013. 175 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

HAHN, L. et al. Growth promotion in maize with diazotrophic bacteria in succession with ryegrass and white clover. **American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science**, Dubai, v. 14, p. 11-16, 2014.

HARMAN, G.E. Myth and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 84, p. 377-393, 2000.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: EMBRAPA. 2011, 38 p. (EMBRAPA, Documentos 325).

KHAN, W.; PRITHIVIRAJ, B.; SMITH, D. L. Nod factor [Nod Bj V (C18:1, MeFuc)] and lumichrome enhance photosynthesis and growth of corn and soybean. **Journal of Plant Physiology**, Minneapolis, v. 185, p. 1342-1351, 2008.

KRAVCHENKO, L. V. et al. The effect of tryptophan present in plant root exudates on phytostimulating activity of rhizobacteria. **MAIK Nauka/Interperiodica - Microbiology**, Moscow, v. 73, p. 156-158, 2004.

LAMBRECHT, M. et al. Indole-3-acetic acid: a reciprocal signalling molecule in bacteria-plant interactions. **Trends in Microbiology**, Cambridge, v. 8, p. 298-300, 2000.

LASCANO, C. E. Caracterización de las pasturas para maximizar producción animal. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Mayaguez, v. 10, p. 126-132, 2002.

MA, W.; GUINEL, F.; GLICK, B. *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase promotes nodulation of pea plants. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, p. 4396-4402, 2003.

MACHADO, R.G. **Promoção de crescimento em azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), capim Tanzânia (*Panicum maximum*) e pensacola (*Paspalum sauriae* (Parodi) Parodi) inoculados com rizóbios selecionados para cornichão (*Lotus* sp.).** 2011. 58 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MACHADO, R.G. et al. Indoleacetic acid producing *Rhizobia* promote growth of Tanzania grass (*Panicum maximum*) and Pensacola grass (*Paspalum sauriae*). **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, 2013.

MATIRU, V.N.; DAKORA, F.D. Potencial use of rhizobial bacteria as promoters of plant growth for increased yield in landraces of African cereal crops. **African Journal of Biotechnology**. Nairobi, v. 3, p. 1-7, 2004.

METIVIER, J. R. Giberelinas. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. v. 2, São Paulo: EDUSP, 1986. p. 129-161.

MIRANSARI, M. & SMITH, D. Rhizobial lipo-chitooligosaccharides and gibberellins enhance barley (*Hordeum vulgare* L.) seed germination. **Biotechnology**, Faisalabad, v. 8, p. 270-275, 2009.

MULDER, L. et al. Integration of signaling pathways in the establishment of the legume-rhizobia symbiosis. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 123, p. 207-218, 2005.

NOEL, T. C.; SHENG, C.; YOST, C. K.; PHARIS, R. P.; HYNES, M. F. *Rhizobium leguminosarum* as a plant growth-promoting rhizobacterium: direct growth promotion of canola and lettuce. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v.42, p. 279-283, 1996.

OSORIO FILHO, B. D. **Rizóbios eficientes em Lotus em condições de estresse hídrico e promotores de crescimento em arroz irrigado.** 2009. 113 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

OSÓRIO FILHO, B.D. et al. Rhizobia enhance growth in rice plants under flooding conditions. **American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science**, Dubai, v. 14, p. 707-718, 2014.

PENGELLY, B. C.; CONWAY, M. J. Pastures on cropping soils: which tropical pasture legume to use? **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 34, p. 162-168, 2000.

PENROSE, D.; GLICK, B. Determination of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) to assess the effects of ACC deaminase-containing bacteria on roots of canola seedlings. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 47, p. 77-80, 2001.

PERRET, X.; STAEHELIN, C; BROUGHTON, W.J. Molecular basis of symbiotic promiscuity. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington DC, v. 64, p. 180-201, 2000.

PERRINE-WALKER, F. M. et al. Infection process and the interaction of rice roots with rhizobia. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, p. 3343-3350, 2007.

PERSELLO-CARTIEAUX, F.; NUSSAUME, L.; ROBAGLIA, C. Tales from the underground: molecular plant-rhizobacteria interactions. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 26, p. 189-199, 2003.

PRITHIVIRAJ, B. et al. A host-specific bacteria-to-plant signal molecule (Nod factor) enhances germination and early growth of diverse crop plants. **Planta**, Berlin, v. 21, p. 437-445, 2003.

RADWAN, T. S. D.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Aeração e adição de sais na produção de ácido indol acético por bactérias diazotróficas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 997-1004, 2005.

REDDY, P.M. et al. Rhizobial communication with rice roots: induction of phenotypic changes, mode of invasion and extent of colonization. **Plant and Soil**, The Hague, v.194, p. 81-98, 1997.

ROSENBLUETH, M.; MARTINEZ-ROMERO, E. *Rhizobium etli* maize populations and their competitiveness for root colonization. **Archives of Microbiology**, Berlin, v. 181, p. 337-344, 2004.

SHELTON, H.M.; FRANZEL, S.; PETERS, M. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. In: XX INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS: Grassland a global resource. Ireland, p.149-166, 2005.

SILVA, J.G. Estudos sobre a inoculação da soja. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 23, p. 365-378, 1948.

SILVEIRA, E. L. **Inoculações de bactérias promotoras de crescimento no cultivo de arroz em solução nutritiva**. 2008. 99 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

SOULEIMANOV, A.; PRITHIVIRAJ, B.; SMITH, D. L. The major Nod factor of *Bradyrhizobium japonicum* promotes early growth of soybean and corn. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, p. 1929-1934, 2002.

SPAEPEN, S. et al. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 31, p. 425-448, 2007.

TAIZ, L. & ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3° ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, 719 p.

VOLPIN, H.; PHILLIPS, D. A. Respiratory elicitors from *Rhizobium meliloti* affect intact alfalfa roots. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 116, p. 777-783, 1998.

YANNI, Y.G. et al. Natural endophytic association between *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* and rice roots and assessments of its potential to promote rice growth. **Plant and Soil**, The Hague, v. 194, p. 99-114, 1997.

YANNI, Y.G. et al. The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* with rice roots. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v. 28, n.9, p. 845-870, 2001.

WEAVER, R. J. **Plant growth substances in agriculture**. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1972. 594 p.

WEBSTER, G. et al. Interactions of rhizobia with rice and wheat. **Plant and Soil**, The Hague, v. 194, p. 115-122, 1997.

CAPÍTULO II

ACÚMULO DE N E PRODUTIVIDADE DO MILHO-DOCE EM FUNÇÃO DE MODOS E ÉPOCAS DO NITROGÊNIO EM COBERTURA

**João Paulo de Moraes Oliveira
Bruna Santos de Oliveira
Dalton Ribeiro
Leandro Mariano da Silva
Jéssica Ferreira Silva
Adilson Pelá**

ACÚMULO DE N E PRODUTIVIDADE DO MILHO-DOCE EM FUNÇÃO DE MODOS E ÉPOCAS DO NITROGÊNIO EM COBERTURA

João Paulo de Moraes Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo
Alegre – Espírito Santo

Bruna Santos de Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – Minas Gerais

Dalton Ribeiro

Universidade Estadual de Goiás
Ipameri – Goiás

Leandro Mariano da Silva

Universidade Estadual de Goiás
Ipameri – Goiás

Jéssica Ferreira Silva

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás

Adilson Pelá

Universidade Estadual de Goiás
Ipameri – Goiás

RESUMO: O nitrogênio apresenta alta mobilidade no solo, podendo ser facilmente perdido, pela imobilização, desnitrificação, lixiviação e volatilização. Diante destes agravantes, o presente estudo teve como objetivo avaliar o acúmulo do nitrogênio e a produtividade do milho-doce, em função dos modos e épocas de nitrogênio em cobertura. O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, em delineamento de blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por: testemunha; 100% de N a lanço após plantio; 100% de N a lanço em área total V₄; 50% N a lanço em área total V₄ e V₆; 100% N a lanço em área total V₆; 100% N em filete contínuo V₄; 100% N em filete contínuo V₆; 50% N em filete contínuo V₄ e V₆. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). A adubação nitrogenada em filete contínuo proporcionou maiores comprimento de espiga empalhada (CEE) e produtividade de espiga empalhada (PEE). A época de aplicação de nitrogênio influencia a absorção e o acúmulo de N na parte aérea do milho-doce. O modo de aplicação em filete contínuo permite maior acúmulo de N nos grãos se comparada à aplicação em área total.

PALAVRAS-CHAVE: Absorção; Métodos de aplicação; Nutrição.

1 INTRODUÇÃO

O milho-doce (*Zea mays* (L) convar. *saccharata* var. *rugosa*) é um produto de alto valor nutritivo, tendo elevado teor de açúcar no endosperma o que lhe confere sabor adocicado. A área mundial cultivada com milho-doce é de cerca de 900 mil hectares e a área cultivada no Brasil supera 41 mil hectares, sendo 90% da área plantada concentrada no estado de Goiás, com produtividade média em torno de 12 toneladas por hectares (TEIXEIRA et al., 2013).

O nitrogênio (N) é considerado o nutriente absorvido em maiores quantidades pela cultura do milho-doce, tendo maior influência na produtividade, com inúmeras funções relevantes nas suas atividades fisiológicas. A disponibilidade de N em muitos sistemas de produção é quase sempre um fator limitante, ao longo do ciclo da cultura, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente, por isso a adubação nitrogenada torna-se indispensável (CARMO et al., 2012). Além disso, o N apresenta alta mobilidade no solo, podendo ser facilmente perdido, principalmente pela imobilização, desnitrificação, lixiviação e volatilização. Por isso, tem-se procurado minimizar as perdas, maximizando a absorção e a metabolização do N no interior das plantas (ALMEIDA & SANCHES, 2012).

Diante destes agravantes, uma das opções para maximizar a eficiência dos adubos nitrogenados é determinar o modo de aplicação mais eficiente e realizar o parcelamento do N, de acordo com a época em que o adubo nitrogenado seja mais exigido pela cultura. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar o acúmulo do nitrogênio e a produtividade do milho-doce, em função dos modos e épocas de nitrogênio em cobertura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipameri, Goiás (Lat. 17° 43' 19" S, Long. 48° 9' 35" W, Alt. 773 m) no ano agrícola de 2014/2015. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é tropical úmido (Aw) com precipitação pluviométrica anual de 1.447mm, temperatura média de 21,9 °C, umidade relativa média do ar variando de 58 a 81%. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2006), cujos atributos físico-químicos são apresentados na Tabela 1.

Profundidade	pH em CaCl ₂	M.O. (g.dm ⁻³)	P-Mehlich (mg.dm ⁻³)	Complexo Sortivo (cmol.dm ⁻³)						V%	
				K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB		CTC
0 a 20	4,8	2,9	5,6	0,12	1,2	0,4	0,10	3,80	1,73	5,53	31

M.O. = Matéria orgânica; V% = saturação de bases; SB = Soma de bases.

Tabela 1. Características químicas do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, amostrado antes da instalação do experimento

O plantio do milho doce (Agroceres 1051) foi realizado no dia 17/12/2014 em plantio direto, com auxílio de uma semeadora de tração tratorizada, com oito linhas individuais espaçadas de 0,80 m, colocando sete sementes por metro.

O delineamento experimental foi em blocos casualizado (DBC), com oito tratamentos e quatro repetições. A parcela experimental foi composta por quatro fileiras (2,0 m por fileira), com espaçamento entre linhas de 0,80 m e 0,20 m entre plantas.

Os tratamentos foram compostos por: Testemunha (sem aplicação de N em cobertura); aplicação de 100% de N a lanço em área total, após o plantio; aplicação de 100% de N a lanço em área total, no estádio V₄; aplicações de 50% de N a lanço em área total, no estádio V₄ e V₆; Aplicação de 100% de N a lanço em área total, no estádio V₆; aplicação de 100% de N em filete contínuo, no estádio V₄; aplicação de 100% de N em filete contínuo, no estádio V₆; aplicações de 50% de N em filete contínuo, no estádio V₄ e V₆.

A adubação de base foi efetuada utilizando-se o formulado NPK 05-25-15, sendo aplicado 55,5 kg de N ha⁻¹, 277,8 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 166,7 kg de K₂O ha⁻¹ em todos os tratamentos. As adubações nitrogenadas de cobertura foram efetuadas de acordo com os tratamentos mencionados, utilizando-se como fonte de N a uréia. O manejo de plantas daninhas foi realizada pelas aplicações de Atrazine® em pré-emergência e Tembrotona® em pós-emergência. O controle das pragas foi efetuado com aplicação do inseticida de contanto e ingestão Premio® com concentração de 125 ml/ha e do inseticida de regulador de crescimento Intrepid 240SC com concentração de 180 ml/ha.

Durante a fase reprodutiva no estádio R₁ (pendoamento) foi avaliado altura de planta (AP) em m: medida com o auxílio de uma trena, a partir do coleto até ao ponto de inserção da lâmina foliar mais alta, utilizando medidas de oito plantas por parcela aleatoriamente. No estádio R₃ (grão pastoso) as espigas foram colhidas manualmente seguindo as avaliações de: Comprimento da espiga empalhada (CEE), foi obtido medindo-se a distância entre a base e o ápice da espiga em cm; Produtividade de espiga empalhada (PEE) em Mg.ha⁻¹, obtida com a massa das espigas com palhas colhidas e extrapolada para 1 ha.

Para a realização do teste de teor de N, foram coletadas a parte aérea de quatro plantas por parcela, nos estádios V₁₂ e R₃. Posteriormente, as plantas foram lavadas e pesadas para determinar a massa úmida, em seguida foram armazenadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação

de ar forçado mantendo-se a temperatura na faixa de 65 a 70 °C, até as amostras atingirem peso constante. Posteriormente, as amostras foram moídas e submetidas às análises químicas, para determinação das concentrações de N no Laboratório de Fertilidade do Solo na Universidade Estadual de Goiás (UEG), Câmpus Ipameri, segundo o procedimento descritos por Malavolta et al. (1997). De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades acumuladas desse nutriente por planta e a quantidade obtida extrapolada para 1 ha ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), de acordo com os tratamentos.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 de probabilidade e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com auxílio do programa estatístico Sistema para Análise de Variância - SISVAR®.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a característica altura de planta (AP), as épocas e modo de aplicação de N em cobertura não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, com média de altura de 2,03 m (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Rodrigues et al. (2011), quando estimaram os parâmetros genéticos e fenotípicos, para as características relacionadas com a produção do milho-doce, apresentando média de altura de plantas de 1,85 m. Segundo Kumar & Singh (1999), a altura de planta ideal para facilitar a colheita do milho-doce varia de 2 a 2,5 m.

O comprimento de espiga empalhada (CEE) é um requisito muito importante na comercialização do milho-doce, quando é destinada para feiras livres e quitandas. Para esta característica avaliada, observa-se que houve diferença significativa e todos os tratamentos foram superiores a testemunha, exceto o tratamento com 100% de N a lanço após o plantio. Porém a maior média de CEE foi com aplicação de 100% de N em filete contínuo no estágio V₄, com 22,85 cm. Resultados semelhantes foram obtidos por Cardoso et al. (2011) quando avaliaram a performance de cultivares de milho-doce no Município de Teresina, Piauí, classificando espigas verdes empalhadas com comprimentos de 26,4 cm, como adequadas para comercialização *in natura*.

A produtividade de espiga empalhada (PEE) é um parâmetro importante a ser considerado na comercialização do milho doce, devido à maior conservação dos grãos. Para PEE houve diferença significativa e cinco tratamentos foram superiores a testemunha. O tratamento com 100% de N em filete contínuo, no estágio V₄, destacou-se com maior PEE, 32,7 mg ha^{-1} , sendo 30% superior a testemunha. Essas produtividades foram superiores aos de Freire et al. (2010), que com o fornecimento de uréia em cobertura obtiveram produtividade máxima de 14,8 mg ha^{-1} de espigas verdes com palha.

Modo e época de aplicação de N em cobertura	AP (m)*	CEE (cm)*	PEE (mg ha ⁻¹)*
Testemunha	1,90a	18,98c	22,97b
100% de N a lanço após plantio	1,98a	20,17bc	28,33ab
100% de N a lanço em área total V ₄	2,08a	22,32ab	27,34ab
50% N a lanço em área total V ₄ e V ₆	2,15a	22,17ab	30,30a
100% N a lanço em área total V ₆	2,09a	21,69ab	28,66a
100% N em filete contínuo V ₄	2,00a	22,85a	32,70a
100% N em filete contínuo V ₆	2,06a	21,70ab	29,64a
50% N em filete contínuo V ₄ e V ₆	2,04a	22,38ab	29,64a
CV(%)	6,92	5,12	8,25

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 2. Valores médios de altura de planta (AP), comprimento da espiga empalhada (CEE) e produtividade de espiga empalhada (PEE)

Para a variável acúmulo de N na parte área do milho-doce no estádio V₁₂, observa-se na Tabela 3 que houve diferença significativa e três tratamentos foram superiores a testemunha. Os tratamentos com: 50% de N a lanço nos estádios V₄ e V₆; 100% de N a lanço após o plantio; e 100% N em filete contínuo no estádio V₄, se destacaram e apresentaram as maiores medias de N acumulado com 143,66, 133,49 e 129,75 kg ha⁻¹, respectivamente. Desse modo, a época de aplicação de N logo após o plantio e no estádio V₄ promoveram maiores absorção e acúmulo de N no estádio V₁₂, provavelmente em função deste nutriente estar disponível para as plantas por um maior período de tempo.

O acúmulo de N no estádio R₃ para as diversas partes das plantas de milho-doce (parte aérea sem os grãos, grãos e parte aérea total) foram significativos e todos os tratamentos diferiram estatisticamente da testemunha, como pode ser observado na Tabela 3.

Modo e época de aplicação de N em cobertura	Nitrogênio acumulado			
	Parte aérea (V ₁₂) (kg ha ⁻¹)*	Parte aérea sem grãos (R ₃) (kg ha ⁻¹)*	Grãos (R ₃) (kg ha ⁻¹)*	Parte aérea total (R ₃) (kg ha ⁻¹)*
Testemunha	74,27b	136,45b	35,54b	171,99b
100% de N a lanço após plantio	133,49a	266,38a	68,53a	334,91a
100% de N a lanço área total V ₄	124,59ab	258,48a	66,65a	325,13a
50% N a lanço área total V ₄ e V ₆	143,66a	245,74a	64,15a	309,89a
100% N a lanço área total V ₆	115,82ab	286,59a	66,27a	352,86a
100% N em filete contínuo V ₄	129,75a	254,32a	79,77a	334,09a
100% N em filete contínuo V ₆	120,37ab	301,89a	68,81a	370,70a

50% N em filete contínuo V ₄ e V ₆	118,59ab	274,62a	70,62a	345,24a
CV(%)	19,46	17,85	18,46	16,02

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3. Quantidade acumulada de N nas plantas de milho doce, em função do modo e época de aplicação de nitrogênio em cobertura

Os maiores valores médios de N acumulado na parte aérea sem os grãos e na parte aérea total, foram observados para os tratamentos com: 100% de N em filete contínuo e 100% de N a lanço em área total no estádio V₆, com média de 301,89 e 286,59 kg ha⁻¹, para o N acumulado na parte aérea sem os grãos, e 370,70 e 352,86 kg ha⁻¹, para a parte aérea total, respectivamente. A época de aplicação do N no estádio V₆ foi determinante e proporcionou os maiores acúmulos de N no estádio R₃, tanto para a parte aérea sem os grãos como para a parte aérea total, na cultura do milho-doce.

Os resultados deste trabalho não correspondem com os resultados obtidos por Borin et al. (2010), quando avaliaram a absorção e acúmulo de nitrogênio na cultura do milho-doce cultivado em condições de campo, cuja a extração total de nitrogênio pela parte aérea foi de 123,05 kg ha⁻¹.

Os tratamentos com: 100% N em filete contínuo no estádio V₄; 50% N em filete contínuo nos estádios V₄ e V₆; e 100% N em filete contínuo no estádio V₆, apresentaram os maiores valores médios de N acumulado nos grãos com 79,77, 70,62 e 68,81 kg ha⁻¹, respectivamente. Quando o nitrogênio foi parcelado e aplicado em filete contínuo proporcionou maiores acúmulos de N nos grãos em relação a aplicação em área total.

4 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada em filete contínuo na cultura do milho doce proporcionou maiores comprimento de espiga empalhada e produtividade de espiga empalhada.

A época de aplicação de nitrogênio influencia a absorção e o acúmulo de N na parte aérea do milho-doce.

O modo de aplicação em filete contínuo permite maior acúmulo de N nos grãos se comparada à aplicação em área total.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. F.; SANCHES, B. C. **Fertilizantes nitrogenados com liberação lenta e estabilizada na agricultura**. Revista Verde, Mossoró, RN, v. 7, n. 5, p. 31-35, 2012.

BORIN, A. L. D. C.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S. **Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, p. 1591-1597, 2010.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B. **Performance de cultivares de milho-verde no município de Teresina, Piauí.** Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico 227, p 1-4, 2011.

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. **Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*).** *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, p. 223-231, 2012.

EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p., 2006.

FREIRE, F. M.; VIANA, M. C. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; PEDROSA, M. W.; COELHO, A. M.; ANDRADE, C. L. T. **Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada.** *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 9, n. 3, p. 213-222, 2010.

KUMAR, T. V.; SINGH, V. S. **Genetic variability studies for baby corn in maize (*Zea mays* L.).** *Agricultural Science Digest*, Karnal, v.19, n. 1, p. 67-71, 1999.

MALAVOLTA, E.; MOREIRA, A. **Nutrição e adubação do cafeeiro adensado.** Piracicaba: Informações Agronômicas, n. 80, p. 1-7, 1997.

RODRIGUES, F.; PINHO, R. G. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, É. V. R. V. **Índice de seleção e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para características relacionadas com a produção de milho-verde.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 2, p. 278-286, 2011.

TEIXEIRA, F. F.; GAMA, E. E. G.; PAES, M. C. D.; COSTA, F. M. **Aspectos agronômicos e de qualidade de espiga em famílias endogâmicas de milho-doce.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 121, p. 6, 2009.

ABSTRACT: Nitrogen is one of the nutrients required in large amounts by plants and mostly influences corn yield. With the objective of evaluating the best timing and methods of N fertilizer application in topdressing on corn, this experiment was carried out in Ipameri County, State of Goiás, Brazil, on a Red Yellow Latossol (Ferralsol). The treatments were distributed in a randomized complete block design with four replications. The applied treatments were: control: 100% N applied on the surface after planting; 100% N applied on the surface in V4 phase; 50% N applied on the surface at V4 and 50% N applied on the surface at V6 phases; 100% N

applied on the surface in V6 phase; 100% N applied in continuous fillet at V4 phase; 100% N applied in continuous fillet at V6 phase; 50% N in continuous fillet applied at V4 and 50% N in continuous fillet applied at V6 phases. The data were subjected to variance analysis by test 'F' and the means were compared by Tukey test ($P < 0.05$). The nitrogen fertilization increased the length of ears with and without husk, the diameter of ear without husk, ears green yield with and without husk, number of grains per row and grain yield. The N application mode in continuous fillet provided greater averages for the characteristics evaluated. The N application time influences the absorption and accumulation of N in the shoots of corn.

KEYWORDS: Absorption; Application Methods; Nutrition.

CAPÍTULO III

ADUBAÇÃO NITROGENADA COM UREIA CONVENCIONAL E REVESTIDA COM POLÍMEROS NA CULTURA DO MILHO

**Weslei dos Santos Cunha
Osvaldo Fernandes Júnior
Tadeu Cavalcante Reis
Charles Cardoso Santana
Letícia da Silva Menezes
Adilson Alves Costa**

ADUBAÇÃO NITROGENADA COM UREIA CONVENCIONAL E REVESTIDA COM POLÍMEROS NA CULTURA DO MILHO

Weslei dos Santos Cunha

Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Departamento de Ciências Humanas
Barreiras – Bahia

Oswaldo Fernandes Júnior

Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Departamento de Ciências Humanas
Barreiras – Bahia

Tadeu Cavalcante Reis

Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Departamento de Ciências Humanas
Barreiras – Bahia

Charles Cardoso Santana

Universidade Federal do Oeste da Bahia, Centro das Ciências Biológicas e da Saúde
Barreiras – Bahia

Letícia da Silva Menezes

Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Departamento de Ciências Humanas
Barreiras – Bahia

Adilson Alves costa

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Agrárias
Areia – Paraíba

RESUMO: A cultura do milho exige grandes quantidades de nitrogênio, requerendo assim, o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, para obtenção de produtividades satisfatórias. Diante disso, objetivou-se estudar o comportamento da cultura do milho, utilizando ureia polimerizada comparada a ureia convencional. O experimento foi desenvolvido na área experimental da Universidade do Estado da Bahia, utilizando o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois tipos de ureia: convencional e polimerizada com quatro formas de parcelamento: 100% no plantio; 50% no plantio + 50% aos 20 dias após o plantio; 50% no plantio + 50% aos 40; e 50% no plantio + 50% aos 60. O milho da Variedade Bandeirante foi semeado no espaçamento de 100 cm entre linha, com média de 5 plantas por metro linear, sendo aplicada no solo uma quantidade equivalente de 100 kg de N ha⁻¹ das fontes de N. As variáveis analisadas foram: Alturas de plantas, diâmetro de colmo, comprimento de espigas, massa de cem grão e produtividade. A adição da ureia polimerizada não apresentou alterações significativas nas variáveis vegetativas na cultura do milho, quando comparadas com uréia convencional, porem para as variáveis produtivas observou-se valores maiores para o comprimento de espigas. Não houve indicativos da necessidade de parcelamento em nenhuma das duas formas de ureia nas condições climáticas apresentas no presente trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, nutrição, nitrogênio.

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é um elemento essencial para a cultura do milho, porém, em solos arenosos sua perda por lixiviação e volatilização são elevadas. Sendo que a deficiência desse nutriente é um dos principais fatores mais limitante para a produtividade de grãos, pois exerce importante função nos processos bioquímicos da planta, como constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila (FORNASIERI FILHO, 2007).

De acordo com Lara Cabezas et al. (2000) o N aplicado ao solo na forma de fertilizantes minerais segue três destinos: uma parte é absorvida pelas plantas, outra parte é perdida por volatilização, erosão, desnitrificação e lixiviação, já o restante permanece no solo, que é predominantemente, na forma orgânica como afirma (SILVA et al., 2006).

Assim, o parcelamento visando o aumento da eficiência da adubação nitrogenada, constitui uma prática recomendada. Portanto o uso de polímeros no revestimento da ureia vem sendo apresentado, como uma nova opção na redução da volatilização do N, porém por se tratar de um produto em início de utilização, demanda-se de mais pesquisas.

Mediante o exposto, objetivou estudar o comportamento da cultura do milho utilizando ureia polimerizada comparada a ureia convencional em solos de textura arenosa no Oeste da Bahia.

2. MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no campo experimental da Universidade do Estado da Bahia, Campus IX / Barreiras – BA. O clima do município de Barreiras se caracteriza como quente seco. A pluviosidade anual varia no sentido leste-oeste de 800 a 1.600 mm, concentrando-se nos meses de novembro a março Batistella et al. (2002) e solo caracterizado como Latossolo Amarelo franco – arenoso segundo a classificação da Embrapa, (1999).

O solo foi preparado com duas gradagens, com grade mista, procurando atingir a profundidade de 30 cm. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,2 m, e submetidos à análise química para fins de fertilidade, a qual revelou os seguintes valores: pH (H₂O) = 5,9; P = 15,8 mg dm⁻³; K = 148,80 mg dm⁻³; Ca = 1,80 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,60 cmol_c dm⁻³; (H + Al) = 2,0 cmol_c dm⁻³; SB = 2,78 cmol_c dm⁻³; CTC = 4,78 cmol_c dm⁻³; MO (%) = 1,80; e V (%) = 57,17.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados (DBC) num esquema fatorial 2 x 4 sendo dois tipos de ureia (U1- ureia convencional e U2- ureia polimerizada) com quatro formas de parcelamento (P), sendo P1 (100% no plantio), P2 (50% no plantio + 50% aos 20 dias após o plantio – DAP), P3 (50% no plantio + 50% aos 40 DAP), P4 (50% no plantio + 50% aos 60 DAP), com três repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Foi utilizada uma área total de 496 m² com

parcelas de 15m² de (5 x 3 m) afastadas 1 metro umas das outras, com área útil de 6 m² de (2 x 3 m). O milho da Variedade Bandeirante foi semeado em um espaçamento de 100 cm entre linha e com uma média de 0,5 plantas por metro linear, sendo aplicada no solo uma quantidade equivalente de 100 kg de N ha⁻¹ das duas ureias. A ureia polimerizada utilizada apresenta 41% de N, e 2% Ca.

O experimento foi conduzido no sistema de sequeiro no período de 14 de dezembro de 2013 a 05 de abril de 2014. As variáveis analisadas foram: Alturas de plantas (m), obtido por meio da medição de 10 plantas da parcela de forma aleatória a partir da base da planta (colo) até a inserção do pendão; diâmetro do colmo (mm), obtido com o auxílio do paquímetro, medindo o diâmetro de 10 plantas da parcela de forma aleatória a partir de 5 cm do solo; comprimento (cm) de espiga, obtido com o auxílio do paquímetro realizando da base para o ápice; e produtividade (kg ha⁻¹) calculada da área útil coletada e produtividade da massa de cem grãos, pesados em uma balança de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativa as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos resultados apresentados, pode se observar na Tabela 1, o resumo da análise de variância com os valores de probabilidade de significância, que não houve diferença significativa para as variáveis de altura de planta, diâmetro de colmo, massa de cem grãos e produtividade, ocorrendo apenas diferença significativa para a variável comprimento de espiga entre os tipos de ureias.

Fontes de variação	Alt pl/ ¹	diam C/ ¹	com E/ ¹	100 gr/ ¹	Prod/ ¹
Tipos de Ureia	0,9707 ns	0,4205 ns	0,023 *	0,5621 ns	0,4824 ns
Épocas de Aplicação	0,7139 ns	0,3019 ns	0,3705 ns	0,5562 ns	0,6479 ns
T. Uréia x E. Aplicação	0,608 ns	0,9136 ns	0,8662 ns	0,7069 ns	0,9969 ns
Bloco	0,5575 ns	0,5279 ns	0,3959 ns	0,6897 ns	0,591 ns
CV %	17,22	9,57	5,25	16,47	28,24

¹ Variáveis: altura de planta (Alt pl), diâmetro de colmo (dim C), comprimento de espiga (com E) massa de cem grãos (100gr) e produtividade por hectare (Prod).

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores de probabilidade de significância (p<0,05) com as características vegetativas e produtivas do milho

Os resultados das variáveis de altura de planta e diâmetro de colmo, assemelham se com os obtidos por Civardi et al (2011), estudando o comportamento da ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho onde a forma e as doses

aplicadas da ureia convencional (comum) e da ureia revestida com polímeros não influenciaram os componentes altura de planta, diâmetro do colmo. No presente trabalho o valor médio para altura de planta ficou em torno de 1,58 m para os dois tipos de ureia.

Já para o diâmetro de colmo o valor médio ficou em torno de 17,19 mm para ureia convencional e 17,75 mm, para ureia polimerizada, como todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de N 100 kg ha⁻¹ observou-se uma igualdade no diâmetro de colmo e na altura de plantas para os dois tipos de ureia (Tabela 2).

Tratamentos		Variáveis – Valores Médios				
		Prod100 gr	Com E	Diam C	Alt pl	
Tipos de Ureia	Convencional	4368,00a	29,48a	16,01b	17,19a	1,58a
	Polimerizada	4747,17a	30,68a	16,91a	17,76a	1,58a
Épocas (DAP)	0	5049,92a	31,95a	16,66a	17,52a	1,58a
	20	4591,58a	30,22a	16,73a	18,43a	1,69a
	40	4088,84a	27,79a	15,91a	16,75a	1,53a
	60	4500,00a	30,35a	16,54a	17,45a	1,54a
CV (%) ^{/2}		28,24	16,47	5,25	9,57	17,22

^{/1} Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. ^{/2} CV- coeficiente de variação.

Tabela 2. Produtividade (Prod), em kg.ha⁻¹; Peso de 100 grãos (100 gr), em g; Comprimento de espiga (com E) em cm; Diâmetro de colmo (Diam C), em mm; e Altura de plantas (Alt pl), em cm, para a variedade AL Bandeirante, avaliado em função de diferentes tipos de ureias aplicadas em diferentes épocas

Em resultados observados por Meira et al.(2009) estudando fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho também não foi encontrada diferença significativa para as fontes e combinações de doses de N, verificando que as médias obtidas nos diferentes tratamentos variaram de 20 a 22 mm.

Para a variável massa de cem grãos os resultados não apresentaram diferenças significativas visto que no mês de março houve um baixo índice de chuvas o que poder ter influenciado nessa variável, tabela 2. Para Ohland et al. (2005) massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e condições climáticas, durante o enchimento de grãos.

Estudado comportamento da variável comprimento de espiga na tabela 2, verifica-se que houve diferença significativa entre os tipos de ureia, onde a polimerizada mostrou superior em relação à ureia convencional. Sendo que o valor médio das espigas para ureia convencional foi de 16,01 cm, e de 16,91 cm para ureia polimerizada, mostrando que o N influencia diretamente a divisão e expansão celular e o processo fotossintético da planta.

Os resultados encontrados por Guareschi et al. (2013) avaliando produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros, foram de similares aos encontrados no presente trabalho onde foi observado 15,2

cm para a dose de 75 kg de N/ha e 16,8 cm para dose de 150 kg de N/ha o sendo o comprimento de espigas na utilização da ureia revestida por polímeros em relação a ureia convencional, independente da dose utilizada.

Esses resultados de comprimento de espiga podem estar relacionados com a maior disponibilidade de N que a ureia polimerizada forneceu a planta, proveniente das suas menores perdas de N.

Quanto aos valores de produtividade, não foi observado diferenças significativas, no entanto os resultados diferiram-se numericamente no uso da ureia polimerizada, onde o maior valor de produtividade 5338,83 kg ha⁻¹ foi obtido no tratamento quando se fez uso dessa toda no plantio kg de N/ha, cerca de 10,82% a mais que o tratamento que fez uso da ureia convencional toda no plantio. Visando assim que quando se for fazer uso desse tipo de fertilizante recoberto por polímeros, despeça-se parcelamento, visto que produtividades elevadas podem ser alcançadas, além desse tipo de fertilizante vir a reduzir custos da produção agrícola, reduzindo a mão de obra e o tráfego de máquinas no momento de novas aplicações.

Silva et al. (2012), também não encontrou diferenças significativas na produtividade de milho, quando comparou fontes de ureia protegida e convencional, aplicadas em cobertura, porém constatou acréscimo de produtividade em função do aumento da dose de N, no qual o maior valor de produtividade, (6720 kg ha⁻¹) foi observado no tratamento de ureia protegida, na dose de 120 kg N ha⁻¹ e o menor valor além da testemunha, foi de 4080 kg ha⁻¹, no tratamento ureia convencional, dose de 40 kg /ha de N.

O fato de não ter ocorrido diferenças estatísticas entre as ureias e as épocas de aplicação pode ser explicado pelo baixo índice de chuvas, principalmente no período de enchimento de grãos vindo a ser prejudicial para alguns parcelamentos consequentemente reduzindo assim a eficiência da adubação.

4. CONCLUSÕES

A adição da ureia polimerizada não apresentou alterações significativas nas variáveis vegetativas na cultura do milho.

Para as variáveis produtivas a adição da ureia polimerizada incrementou valores maiores para o comprimento de espigas.

Não houve indicativos da necessidade de parcelamento em nenhuma das duas formas de ureia nas condições climáticas apresentas no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

BATISTELLA, M. et al. **Monitoramento da expansão agropecuária na região Oeste da Bahia**. Campinas, SP. Monitoramento por satellite, 2002, 39p.

CIVARDI, E.A et al. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Revista de pesquisa agropecuária**, Goiânia, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, 1999. 412 p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funesp, 2007.

GUARESCHI, R. F, PERIN, A, GAZOLLA, P. R. Produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 06, n. 02, p.31 – 37, mai/ago. 2013.

LARA CABEZAS, W. A. R.; et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2000.

MEIRA, F. A; et al. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, abr./jun. 2009.

OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

SILVA, A. A. et al. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 104-111, Mar. 2012

SILVA, E. C.; et al. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, n.3, p.477-486, mar. 2006.

ABSTRACT: The corn cultivation requires large amounts of nitrogen, thus requiring the use of nitrogen fertilization in the cover to complement the amount supplied by the soil, to obtain satisfactory yields. The objective of this research was to study the behavior of maize culture, using polymerized urea compared to conventional urea. The experiment was carried out in the experimental area of the State University of Bahia, using 2 x 4 factorial scheme, two types of urea: conventional and polymerized with four forms of subdivision: 100% at planting; 50% at planting + 50% at 20 days after plan; 50% at planting + 50% at 40 days; and 50% at planting + 50% at 60 days. The Bandeirante maize variety was sown in a spacing of 100 cm between the lines, with an average of 5 plants per linear meter. In the soil was

applied a quantity equivalent of 100 kg of N ha⁻¹ of N sources. The following variables were analyzed: Plant height, stem diameter, cobs length, weight of one hundred grain and productivity. The addition of polymerized urea did not significant changes in vegetative variables in the maize crop, when compared to conventional urea, but for the productive variables, larger values were observed for cobs length. There were no indications of the need for subdivision in either of the two forms of urea under the climatic conditions presented in the present study.

KEYWORDS: *Zea mays*, nutrition, nitrogen.

CAPÍTULO IV

AFERIÇÃO DE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS EM ÁREAS SOB RECUPERAÇÃO NA SERRA DA BODOQUENA, EM BONITO-MS

**Izabelli dos Santos Ribeiro
Simone da Silva Gomes
Robison Yuzo Ono
Milton Parron Padovan**

AFERIÇÃO DE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS EM ÁREAS SOB RECUPERAÇÃO NA SERRA DA BODOQUENA, EM BONITO-MS.

Izabelli dos Santos Ribeiro

Mestre em Biologia Geral/Bioprospecção, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS.

Simone da Silva Gomes

Doutoranda em Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita (UNESP), Jaboticabal- SP.

Robison Yuzo Ono

Graduado em Biotecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS.

Milton Parron Padovan

Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados- MS.

RESUMO: Diversos atributos têm sido considerados como indicadores de qualidade do solo e, entre eles destacam-se as avaliações dos microrganismos do solo, como a biomassa microbiana. O objetivo do trabalho consistiu no monitoramento de parâmetros microbiológicos, incluindo a biomassa microbiana do solo, sua atividade e índices derivados (quocientes metabólicos e microbianos), para aferição da qualidade do solo, visando identificar as práticas de manejo mais conservacionistas em áreas sob recuperação na Serra da Bodoquena, no Município de Bonito, MS. As áreas estão sendo recuperadas sob dois métodos: Sistemas Agroflorestais e Plantio Adensado de Mudanças ("Ilhas de Anderson"). Foram coletadas amostras de solo na camada de 10 cm de profundidade, em três tratamentos (mata, recuperação e pastagem) em diferentes locais da Serra da Bodoquena, em Bonito-MS. Para determinação do C da biomassa microbiana (C-BMS), foi utilizado o método da fumigação-extração. A atividade microbiana foi realizada pelo método da respirometria (C-CO₂). O quociente microbiano (q_{MIC}) foi expresso pela relação $C-BMS / (C-organico\ total) \times 100$, e o quociente metabólico (q_{CO_2}) foi obtido pela razão entre os valores da respiração basal e do carbono microbiano. Os sistemas mais adensados de produção de mudas favorecem o crescimento microbiano. A maior densidade de plantio de mudas arbóreas estimula a dinâmica da matéria orgânica do solo, indicando uma perspectiva de incorporação de C à médio e longo prazos.

PALAVRAS-CHAVE: biomassa microbiana do solo, recuperação de áreas degradadas e indicadores de qualidade do solo.

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios do homem é retirar da natureza os meios para seu sustento e desenvolvimento, utilizando, de forma equilibrada, os recursos naturais. Contudo, a história está repleta de exemplos de degradação de ecossistemas em diferentes áreas do Mundo.

O aumento de áreas degradadas em regiões anteriormente produtivas tem sido constatado em diferentes regiões do Brasil. A consequência é a perda de produção, o empobrecimento dos agricultores, o assoreamento e a contaminação dos corpos hídricos e o desmatamento para abertura de novas áreas de produção, causando perda da biodiversidade nos diferentes biomas brasileiros (ANDRADE et al., 2010). A sustentabilidade ambiental depende do adequado funcionamento do solo, isso porque as principais relações e interações bióticas e, conseqüentemente, a regulação dos ecossistemas ocorrem no solo. O funcionamento adequado do solo conduz à sua capacidade de sustentar a produtividade de plantas e animais, manutenção ou aumento a qualidade do ar e da água, e promoção da saúde das plantas, dos animais e dos homens, o que caracteriza o nível da Qualidade do Solo, conforme definida por Doran & Parkin (1994).

A mensuração desses benefícios permite monitorar a qualidade dos solos manejados de forma a discriminar sistemas sustentáveis daqueles não sustentáveis (CHAER, 2010). Segundo Pezarico et al. (2009), os indicadores mais recomendados para avaliação da qualidade do solo em função do seu uso e manejo são aqueles que respondem às variações ambientais e podem sofrer mudanças em curtos e médios prazos. Diversos atributos têm sido considerados como indicadores de qualidade do solo e, entre eles destacam-se as avaliações dos microrganismos do solo, como o carbono da biomassa microbiana (MATSUOKA et al., 2003). A biomassa microbiana do solo é definida como a parte viva da matéria orgânica e, além de armazenadora de nutrientes, pode servir como um indicador rápido de mudanças no solo, revelando a sensibilidade da microbiota a interferências no sistema (GRISI, 1995). Sua avaliação dá indicações sobre a ciclagem de nutrientes, podendo atuar como fonte e dreno de nutrientes, por meio de processos de mineralização e imobilização. A vegetação influencia diferentemente a biomassa microbiana e, por isto, a sua eliminação ocasiona uma drástica queda da biomassa microbiana, como revelam estudos envolvendo desmatamentos.

Sendo uma região de práticas intensivas de ecoturismo, Bonito-MS está susceptível à degradação ambiental, principalmente pelas grandes alterações causadas pelo desmatamento do Cerrado e domínios de Mata Atlântica nas vegetações ripárias (SILVA, 2000). Verifica-se que tal degradação tem ocorrido em função, principalmente, da substituição da vegetação nativa pelo cultivo de pastagens, o que vem afetando drasticamente os rios e córregos do município. Algumas iniciativas estão sendo conduzidas pelos setores governamentais e não-governamentais, visando a recuperação de áreas degradadas e a conservação das matas ciliares. O objetivo do presente estudo consistiu no monitoramento de parâmetros microbiológicos, incluindo a biomassa microbiana do solo, sua atividade e índices derivados (quocientes metabólicos e microbianos), para aferição da qualidade do solo, visando identificar as práticas de manejo mais conservacionistas em áreas sob recuperação na Serra da Bodoquena, no Município de Bonito, MS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Município de Bonito, que localizado na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, possui como referência as coordenadas 21°07'16"S e 56°28'55"O (Figura 1). Foram avaliados dois métodos de recuperação, em cinco propriedades localizadas na Serra de Bodoquena, no Município de Bonito-MS. Estes métodos de recuperação incluem Sistemas agroflorestais (SAFs) e Sistemas de plantio adensados de mudas (PMA).

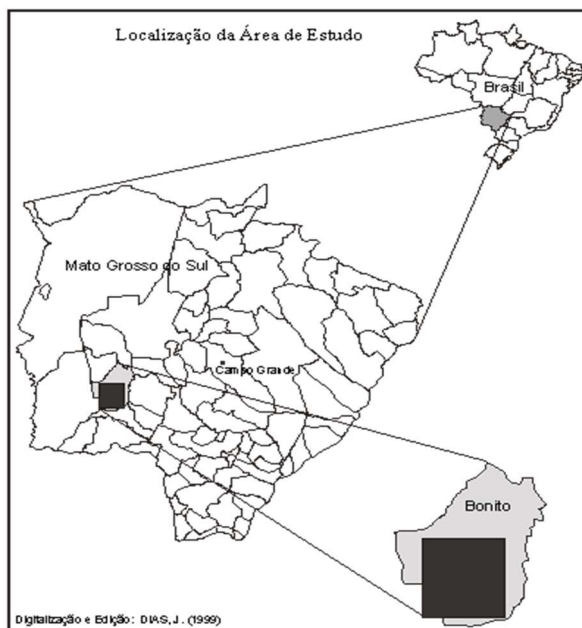


Figura 1. Mapa com a localização do Estado de Mato Grosso do Sul e do Município de Bonito.

Os sistemas agroflorestais (SAF's), que visam a obtenção de cobertura vegetal similar à floresta, sendo o aspecto da diversificação a essência e seu fundamento. Os SAFs podem recuperar áreas degradadas devido às melhorias que promovem nas condições do solo e pelas interações positivas entre seus componentes. A recuperação de áreas degradadas através de SAFs pressupõe a potencialização da regeneração natural e da sucessão de espécies. De acordo com Götsch (1995), para que isso ocorra é fundamental a compreensão do funcionamento do ecossistema original e a replicação dos processos que ocorrem naturalmente.

Plantio de espécies arbóreas em grupos de Anderson é baseado no modelo de plantio de mudas adensadas em grupos espaçados de Anderson. Os grupos, são compostos mudas de árvores plantadas em formato de "+", sob espaçamento 0,5 x 0,5m, com mudas nas bordas e uma central. Bechara (2006) mostrou que os grupos de mudas tendem a eliminar espécies, como a *Brachiaria* sp. em núcleos, e provavelmente funcionam como "nurse plants" (CASTRO et al., 2004), pois parecem compor microclimas facilitadores para a chegada de outras espécies.

É importante salientar que este modelo de plantio admite atividades de "limpeza" apenas dentro dos grupos de mudas, e não em área total o que permite

a expressão da regeneração natural nos espaços entre os grupos, locais que receberam ainda a ação das demais técnicas nucleadoras. Para o plantio de mudas de espécies arbóreas, é interessante o uso de espécies ocorrentes na região, porém privilegiando aquelas que possuem menores chances de chegar na área em restauração, através de vetores naturais (BECHARA, 2006).

Os diferentes sistemas de recuperação (SAFs e PMA) constituíram-se de cinco áreas, conforme descritas abaixo:

- Plantio adensado de mudas arbóreas "A" (PMA_A): Este sistema é composto por 1000 mudas, formado por 17 espécies arbóreas, plantadas ao longo da mata ciliar do Rio Formoso, em 2014, no Parque ecológico Rio Formoso (21°10'30"S e 56°27'02"W). Foram plantadas cinco espécies, de forma heterogênea, em cada espaçamento; durante o plantio utilizou-se hidrogel nas mudas.

- Sistema Agroflorestal "A" (SAF_A): Sistema formado por 330 plantas arbóreas, composto por 21 espécies, implementadas no ano de 2008, para recuperar 0,1 hectare de mata ciliar do Córrego Barranco, na Chácara Ouro Verde (21°04'22"S e 56°28'19"W).

- Plantio adensado de mudas arbóreas "B" (PMA_B): Sistema implementado em 2011, com o plantio de 386 plantas arbóreas, compostas por 20 espécies, em um área de 0,3 hectare para recuperar um trecho de mata ciliar do Rio Mimoso, na propriedade denominada Sítio Santa Rita (21°04'10"S e 56°22'40"W).

- Sistema Agroflorestal "B" (SAF_B): Sistema implantado em 2007, sendo plantadas 330 plantas de 18 espécies arbóreas, em uma área de 0,2 hectare, na propriedade denominada Sítio Santa Cruz. (21°02'02"S e 56°27'37"W).

- Plantio Adensado de Mudas Arbóreas "C" (PMA_C): Sistema implantado com 240 mudas de 22 espécies, para recuperar 0,6 hectare de mata ciliar do córrego Bonito, na propriedade Chácara Paraíso (21°08'06"S e 56°27'36"W), no ano de 2011. No momento do plantio, foi adicionada palha de arroz na cobertura do solo.

- Vegetação Nativa (VN): Área adjacente aos sistemas estudados, com vegetação típica da região formada por Floresta Estacional Semi decidual, sendo utilizada como referencial da condição inicial do solo.

- Pastagem (PAST): Área destinada à criação de gado bovino, próxima às áreas sob recuperação.

A coleta de solo para as análises microbiológicas foram realizadas no mês de dezembro/ 2014, no período chuvoso na região. As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-10 cm de profundidade, em todos os tratamentos nas diferentes propriedades, utilizando-se cinco repetições, sendo cada amostra composta de sete subamostras. Posteriormente, foram realizadas análises do carbono da biomassa microbiana (C-BMS), utilizando-se o método da fumigação-extração, proposto por Vance et al. (1987). A atividade microbiana foi realizada pelo método da respirometria (C-CO₂), modificado segundo De-Polli & Guerra (1997). O quociente microbiano (qMIC) foi expresso em porcentagem, calculado pela fórmula (C-BMS/C-orgânico total) × 100, e o quociente metabólico (qCO₂) foi obtido pela razão entre os valores da respiração basal e do carbono microbiano. Os

resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto ao C-BMS, o sistema de plantio com maior densidade de mudas (PMA_A), composto por 1000 mudas, formado por 17 espécies arbóreas, plantadas ao longo da mata ciliar do Rio Formoso mostrou-se superior ($p < 0,05$) a ambos os SAFs (A e B), conforme apresentado na Tabela 1.

Sistemas de manejo	C-BMS ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)	C-CO ₂ ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia ⁻¹)	qCO ₂ ($\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g}^{-1}$ C-BMS h ⁻¹)	qMIC (%)
PMA _A	515,82 a	31,54 a	27,15 b	3,42 a
SAF _A	164,02 c	36,24 a	97,05 a	0,65 b
PMA _B	356,92 ab	30,70 a	36,64 b	1,33 ab
SAF _B	319,91 bc	31,63 a	41,59 b	1,05 b
PMA _C	374,49 ab	24,39 a	27,95 b	1,19 b
VN	486,44	33,42	29,03	2,08
PAST	282,56	26,10	41,70	1,36

*Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, contrastam pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tabela 1. Valores médios de carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO₂) e quociente microbiano (qMIC) de diferentes Sistemas de Manejo de recuperação de áreas degradadas, em Plantio de Mudanças Adensado (PMA_A, PMA_B e PMA_C), em Sistema Agroflorestais (SAF_A e SAF_B), Vegetação Nativa (VN) e Pastagem (PAST). Bonito, MS.

Contudo, mostrou-se similar ($p < 0,05$) aos sistemas de plantio de mudas com menores densidades, compostos por 386 unidades/ 0,3 ha e 240 plantas/ 0,6 ha (PMA_B e PMA_C, respectivamente). Em média, os sistemas sob PMA apresentaram maior crescimento microbiano que a PAST e os SAFs, sendo similares VN (Tabela 1).

Os resultados da respiração basal (C-CO₂) não demonstraram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sistemas (Tabela 1). Deve-se salientar que uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como uma característica desejável, visto que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas (ROSCOE et al., 2006). Entretanto, também pode ser indicativo de estresse sobre a biomassa microbiana, pela perturbação no solo (MATIAS et al., 2009)

Os valores elevados de qCO₂ (Tabela 1) indicam maiores perdas de Carbono (C) no sistema, na forma de CO₂ por unidade de C microbiano. O SAF_A apresentou as maiores perdas de matéria orgânica do solo quando comparado aos demais sistemas. O pisoteio do gado nesta área e o consequente adensamento do solo antes da coleta de solo pode ter proporcionado um estresse neste sistema, estimulando as populações de microrganismos de crescimento rápido e interromper bruscamente a sucessão de ecossistemas por ciclos naturais, gerando

uma biomassa microbiana qualitativamente alterada e imatura e um solo longe de apresentar a desejada qualidade do solo (BARETTA et al., 2005).

Os valores de q_{MIC} resultantes dos sistemas de plantio de mudas adensados PMA_A e PM_{AB} e mostraram-se similares ($p < 0,05$) entre si, sendo que o sistema com maior densidade de mudas (PMA_A) mostrou-se superior ($p < 0,05$) aos demais sistemas (Tabela 1). Estes resultados sugerem que o carbono orgânico está mais disponível para a biomassa microbiana, indicando uma tendência de que os teores de matéria orgânica do solo sejam incrementados ao longo do tempo neste sistema com maior densidade (SAMPAIO et al., 2008). De acordo com Anderson & Domsch, (1990), um maior q_{MIC} representa maior ciclagem de nutrientes e, portanto, menor acúmulo de carbono; enquanto que um menor q_{MIC} representa menor ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, maior acúmulo de carbono. O q_{MIC} tem sido considerado como bom indicador das alterações dos processos no solo. Solos que exibem valores maiores ou menores poderiam expressar a ocorrência, respectivamente, de acúmulo ou perda de C do solo, conforme mencionado por Jenkinson & Ladd (1981).

4. CONCLUSÃO

Os sistemas mais adensados de produção de mudas favorecem o crescimento microbiano.

A maior densidade de planto de mudas arbóreas estimula a dinâmica da matéria orgânica do solo, indicando uma perspectiva de incorporação de C à médio e longo prazos.

5. AGRADECIMENTOS

A FUNDECT-CAPEs, pela bolsa de mestrado concedida. À EMBRAPA pelo apoio logístico. Ao Instituto de Águas da Serra da Bodoquena (IASB), por permitir o estudo nas áreas onde estão sendo constituídas as recuperações. A Fábio Martins Mercante (*in memoriam*) por todos os ensinamentos, com o qual muito pude aprender e obter elementos para este artigo.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients (q_{CO_2} and q_D) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, 22: 251-255, 1990.

ANDRADE, G. A.; FREITAS, P. B.; LANDERS. Aspectos gerais do manejo e conservação do Solo e da Água e as mudanças ambientais. In: PRADO, R. B. et al,

ed. Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais. Rio de Janeiro, Embrapa, p.25-40, 2010.

BARETTA, D. et al. **Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29:715-724, 2005.

BECHARA, F. C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga.** Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Recursos Florestais, ESALQ-USP, Piracicaba. 2006.

CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A.; GÓMEZ J.M.; GÓMEZ-APARICIO, L. **Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study.** Estoration Ecology 12: 52-358, 2004.

CHAER, G. M. **Métodos de integração de indicadores para avaliação da qualidade do solo.** In: PRADO, R. B. et al, ed. Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais. Rio de Janeiro, Embrapa, p.309-324, 2010.

DE-POLLI, H. & GUERRA, J.G.M. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método da fumigação-extração.** Seropédica: Embrapa-CNPAB, 13p, 1997.

DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. **Defning and assessing soil quality.** In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. Defning soil quality for a sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America, p.1-20, 1994.

GÖTSCH, E. **O Renascer da Agricultura.** Rio de Janeiro: AS-PTA. 1995. 22p.

GRISI, B. M. **Biomassa e atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica.** Revista Nordestina de Biología, 10:1-22, 1995.

JENKINSON, D. S. & LADD, J. N. **Microbial biomass in soil: Measurement and turnover.** In: PAUL, E.A. & LADD, J.M., eds. Soil Biology & Biochemistry, 5:415-471, 1981.

LACERDA L.; FASSINI, D. **Sistemas agroflorestais como alternativa de recuperação de matas ciliares e geração de renda em pequenas propriedades no rio Mimoso, Bonito/MS.** Revista Brasileira de Agroecologia - Vol. 3 - Suplemento especial, 5p, 2008.

MATIAS, M. C. B. S. et al. **Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí.** Acta Scientiarum Agronomy, 31: 517-521, 2009

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. **Biomassa microbiana e a atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT)**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, MG, v. 27: 425-433, 2003

PEZARICO, C. R. et al. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais**. Revista de Ciências Agrárias 56: 40-47, 2013

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. **Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo**. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. B.; SALTON, J. C. (Ed.). Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 17-42, 2006.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. **Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas**. Ciência e Agrotecnologia, 32:353-359, 2008.

SILVA, M. F. **Diagnóstico Sócio-Ambiental da Bacia do Rio Formoso**. Bonito: Projeto de Médio Porte GEF/Banco Mundial, 2000. 66 p.

VANCE, E. D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D. S. **Na extraction method for measuring soil microbial biomass C**. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, 19: 703-707, 1987.

ABSTRACT: Several attributes have been considered as indicators of soil quality, among them the evaluations of soil microorganisms, such as microbial biomass. The objective of this work was to monitor microbiological parameters, including soil microbial biomass, its activity and derived indices (metabolic and microbial quotients), for soil quality assessment, aiming to identify the most conservationist management practices in areas undergoing Serra da Bodoquena, in the Municipality of Bonito, MS. Areas are being reclaimed under two methods: Agroforestry Systems and Seedling Seedling ("Anderson Islands"). Soil samples were collected in the 10 cm deep layer, in three treatments (forest, recovery and pasture) in different locations of the Serra da Bodoquena, in Bonito-MS. To determine the C of the microbial biomass (C-BMS), the fumigation-extraction method was used. The microbial activity was performed by the respirometry method (C-CO₂). The microbial quotient (q_{MIC}) was expressed by the total C-BMS / C-organic ratio) $\times 100$, and the metabolic quotient (q_{CO_2}) was obtained by the ratio between basal respiration and microbial carbon values. The more dense systems of seedling production favor microbial growth. The higher plantation density of tree seedlings stimulates the soil organic matter dynamics, indicating a perspective of incorporating C in the medium and long term.

KEY WORDS: soil microbial biomass, recovery of degraded areas and soil quality indicators.

CAPÍTULO V

ANÁLISE DA COBERTURA DO SOLO DA BACIA DO RIO DOS CACHORROS EM SÃO LUIS (MA) ENTRE OS ANOS DE 1988 E 2010 A PARTIR DE IMAGENS DE SENSORES ORBITAIS

**Janilci Serra Silva
Marcelino Silva Farias Filho**

ANÁLISE DA COBERTURA DO SOLO DA BACIA DO RIO DOS CACHORROS EM SÃO LUIS (MA) ENTRE OS ANOS DE 1988 E 2010 A PARTIR DE IMAGENS DE SENSORES ORBITAIS

Janilci Serra Silva

Doutoranda em Geografia pelo programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas - São Paulo.

Marcelino Silva Farias Filho

Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís - Maranhão.

RESUMO: As técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, são ferramentas fundamentais no monitoramento das alterações do uso e cobertura do solo, pelo fato de proporcionar análises consistentes, próximas do real, agilidade no processamento e viabilidade econômica. Compreende-se que o mapeamento é um recurso muito utilizado para tornar mais evidentes os padrões de uso e ocupação do solo, seja ele urbano ou rural. Esta pesquisa, teve como objetivo principal, fazer a análise multitemporal do uso e cobertura do solo entre os anos de 1988 a 2010, na bacia do rio dos Cachorros localizada no município de São Luís (MA), para identificar o processo de alteração da paisagem local. Para atingir o objetivo do estudo, foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, referente as datas: 2 de agosto de 1988 e 10 de setembro de 2010. Foram aplicadas técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), a exemplo da classificação supervisionada de máxima verossimilhança, utilizando o classificador Maxver, do software Spring 5.2, e posteriormente foi estimado o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS), para melhor caracterizar as alterações da cobertura do solo na área estudada. Através das técnicas aplicadas, foi possível mapear as classes de uso e ocupação do solo, e identificar as principais alterações da paisagem, no local analisado nesta pesquisa. Por meio dos resultados obtidos, observou-se que área está intensamente degradada, necessitando de ações de planejamento e gestão por parte das instâncias governamentais.

PALAVRAS-CHAVE: Análise multitemporal; Processamento Digital de Imagens (PDI), Uso e Ocupação

1. INTRODUÇÃO

A influência do homem sobre o ambiente, vem resultando, progressivamente, em transformações cada vez mais amplas na organização do espaço geográfico, tornando até mesmo irreversíveis as possibilidades de recuperação determinados ambientes.

Sebusiani e Bettine (2011) esclarecem que as normas de usos e ocupação de bacias hidrográficas no meio urbano restringem-se aos zoneamentos urbanos e delineiam-se segundo tendências político-administrativas de expansão territorial, ressaltam ainda que este fato ocasiona conflitos de ordem ambiental e, em muitos

casos, a ocupação ocorre de modo desordenado. Os diagnósticos obtidos destas regiões de microbacia permitem a desenvolver prognósticos e indicadores de melhoria da qualidade de vida das pessoas que vivem nessas localidades.

Collares (2000), observa que com o uso do sensoriamento remoto é possível adquirir informações sobre a Terra e obtenção de dados mais precisos. O autor considera ainda que com os avanços geotecnológicos dos últimos tempos, os estudos de uso e ocupação do solo estão se tornando cada vez mais precisos, demandando desta maneira menor tempo para realização de tais estudos. Além disso, o uso de imagens de satélite é promissor devido ao baixo custo, ou até mesmo de obtidas de maneira gratuita, facilidade de aquisição e periodicidade de mapeamento

Em conformidade com Jensen (2009), a utilização de índices de vegetação facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho. A estimativa dos índices de vegetação estão baseadas no comportamento da reflectância da vegetação na região do visível, assim, quanto maior a densidade vegetal, menor é a reflectância em função da absorção da radiação pelos pigmentos fotossintetizantes e quanto maior a densidade vegetal, maior a reflectância devido ao espalhamento nas diferentes camadas das folhas.

A partir das medidas espectrais, os índices de vegetação fornecem informações para avaliação qualitativa e quantitativa de diferentes fatores da alteração do uso da e ocupação da terra diretamente relacionados com a cobertura vegetal. A bibliografia apresenta uma infinidade de índices de vegetação para análise da cobertura do solo, salienta-se que nesta pesquisa, foi utilizado o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS).

Esta pesquisa, teve como objetivo principal, fazer a análise multitemporal do uso e cobertura do solo entre os anos de 1988 e 2010, na Bacia Hidrográfica do rio dos Cachorros localizada no município de São Luís (MA), para identificar o processo de alteração da paisagem local.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio dos Cachorros está localizada na zona rural do município de São Luís, porção sudoeste da Ilha do Maranhão, estando situada entre as coordenadas 2° 39' 52,16" e 2° 38' 45" de latitude sul e 44° 21' 21" e 44° 16' 03" (Figura 1). Conforme a Agência Nacional das Águas, a bacia está inserida Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental (ANA, 2005) e possui uma área de aproximadamente 43,5 km².

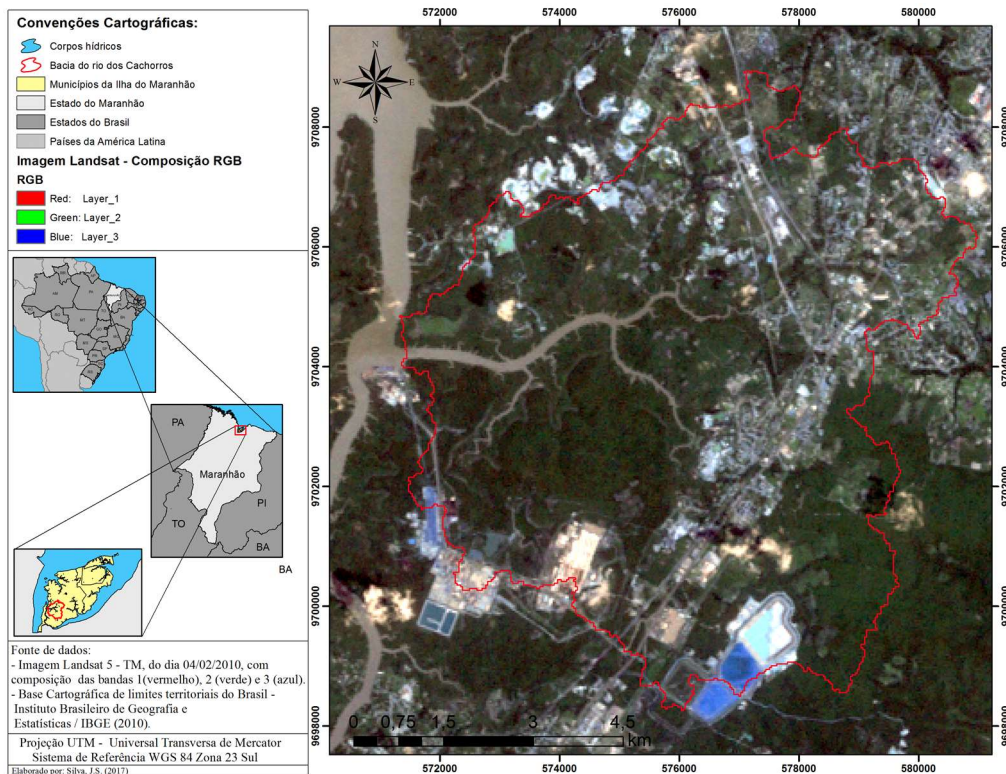


Figura 1: Localização da bacia do rio dos Cachorros na Ilha do Maranhão.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Conforme Maranhão (1998), a área de estudo apresenta elevadas temperaturas que lhe proporciona alta pluviosidade, com médias de 2.400 mm a 2.800 mm/ano, e ocorrência de dois períodos climatológicos distintos: um chuvoso e outro de estiagem, originando paisagens diferenciadas, com variedade ecobiótica e umidade relativa do ar anual em torno de 82%.

A área é caracterizada por intensas atividades industriais e extração de minerais (laterita e areia), sendo estas atividades as principais causas da degradação ambiental e transformações da paisagem local. Conforme Castro e Santos (2012, p. 4):

O processo de uso e ocupação do solo na área da bacia ocorreu de forma gradual ao longo das três últimas décadas. Observa-se através da interpretação visual de imagens de satélites que em meados dos anos 80 a região da bacia era predominantemente rural, com uma grande área verde e extenso manguezal. Entretanto, nessa época já se iniciava a instalação das primeiras industriais, principalmente na região estuarina e ao longo da BR 135, ao sul do território. Atualmente os espaços ocupados por inúmeras empresas e indústrias tem se tornado maior na região da bacia e está em plena expansão. (CASTRO e SANTOS, p. 4, 2012)

3- MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat-5, sensor TM (Thematic Mapper), órbita 220, ponto 62, obtidas em 2 de agosto de 1988 e 10 de setembro de 2010, resolução espacial 30m x 30m, disponibilizadas pelo *United States Geological Survey*, disponível no endereço eletrônico <http://glovis.usgs.gov>. As cenas escolhidas são do segundo semestre de cada ano analisado, pois este é o período com a menor presença de nuvens na região da área de estudo, fator esse que possibilita uma análise mais consistente

Para a análise proposta, fez-se uso de dois softwares: Spring 5.2.6, para o georeferenciamento e classificação do uso e cobertura do solo, e ArcGIS 10.1®, para estimativa do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS).e composição dos mapas de classificação de uso e ocupação do solo.

3.2 Métodos

Composição das bandas espectrais

Foi definida a composição para as bandas espectrais: Banda 3 (Azul=B), Banda 4 (Verde=G) e Banda 5 (Vermelho=R). Tal composição está relacionada ao espectro visível (vermelho) e do infravermelho próximo e médio.

Coleta das amostras

Foram selecionadas amostras representativas de cada uma das classes de interesse que foram criadas para treinar o algoritmo de classificação supervisionada. Para cada classe foram coletadas 15 amostras representativas do comportamento espectral das imagens em análise.

No procedimento de classificação, foram detectadas as seguintes classes: água, área urbana, solo exposto, vegetação arbórea/arbustiva e mangue.

Classificação das amostras representativas das classes de análise

Para a classificação supervisionada das amostras foi utilizado o classificador Maxver, com limiar de aceitação de 100%. Conforme Shiba et al. (2005), “nas classificações em que se usa o algoritmo Maxver, cada classe é determinada por um modelo de classes gaussiano e multivariado, capaz de descrever a distribuição das classes no espaço de atributos”.

Medidas das classes

As medidas das classes, foi a etapa onde se adquiriu os valores correspondentes a cada uma das classes em km², cálculo de áreas/comprimento por geo-classe (kmxkm/km). Automaticamente foi gerado um relatório no Spring quantificando os valores adquiridos e, após essa etapa, foi possível fazer a interpretação dos dados das classes temáticas fundamentando o estudo e interpretação dos índices de transformações das classes mapeadas.

Estimativa do índice de vegetação ajustado ao solo (ivas)

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS), foi obtido através da seguinte equação, proposta por Huete (1988):

$$IVAS = \frac{(1+L)(\rho_{IV} + \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)}$$

onde: ρ_{IV} = é a banda espectral no infravermelho próximo (banda espectral 4 do satélite landsat 5) e ρ_V = é a banda espectral do vermelho (banda espectral 3 do satélite landsat 5).

A constante L pode apresentar valores de 0 a 1, variando segundo a biomassa. De acordo com Huete (1988), os valores de L são: L = 1 (para baixas densidades de vegetação), L = 0,5 (para médias densidades de vegetação) e L = 0,25 (para altas densidades de vegetação). Neste estudo utilizou-se L = 0,5.

Composição dos produtos cartográficos

Foram elaborados mapas temáticos acerca da "Cobertura do Solo da bacia do rio dos Cachorros" e "Índice de Vegetação Ajustado ao Solo", referente a análise multitemporal dos anos de 1988 e 2010, utilizou-se o software ArcGIS 10.1®. Esses produtos cartográficos permitiram gerar informações sobre a dinâmica, no tempo e no espaço.

4-RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Classificação do uso e ocupação do solo da bacia do rio dos cachorros

A partir da classificação supervisionada, foi possível quantificar o percentual de uso e ocupação do solo, referente a cada classe mapeada. Identificou-se cinco

classes de uso e ocupação, são elas: água, urbano, solo exposto, vegetação arbórea/arbustiva e mangue.

Com relação à distribuição das classes, observou-se que no ano de 2010, houve avanço da área de solo exposto (esta foi a classe que teve o maior crescimento) e da área urbanizada, em comparação com a classificação do uso e ocupação do solo da bacia do rio dos Cachorros do ano de 1988 (Tabela 1 e Tabela 2). Salienta-se, que nesta área existem intensas atividades de extração de minerais (laterita e areia), estas atividades se intensificaram na bacia nos últimos anos, principalmente, em decorrência da grande demanda destes recursos minerais para a atividade de construção civil nos municípios da Ilha do Maranhão.

CLASSES	Área (kmxkm/km)	
	1988	%
Água	2.210.400	3,49
Urbano	5.994.900	9,46
Solo exposto	6.098.400	9,63
Vegetação arbórea/arbustiva	42.057.900	66,39
Mangue	6.987.600	11,03

Tabela 1: Cálculo de Áreas/Comprimento por Geo-classe (kmxkm/km) - ano de 1988.

CLASSES	Área (kmxkm/km)	
	2010	%
Água	2.538.000	4,01
Urbano	8.595.000	13,57
Solo exposto	12.149.100	19,18
Vegetação arbórea/arbustiva	33.860.000	53,45
Mangue	6.207.100	9,80

Tabela 2: Cálculo de Áreas/Comprimento por Geo-classe (kmxkm/km) - ano de 2010.

Na comparação entre os dois anos analisados, o percentual de vegetação da classe arbustiva/arbórea, foi significativamente reduzido (19,48%), e também houve redução de 11,17% de área de mangue. O resultado da classificação mostrou a redução de uma parcela significativa das áreas verdes (Figura 2 e Figura 3), torna-se evidente a expansão da malha urbana e áreas de solo exposto sobre as áreas de cobertura vegetal, em toda a área da região, constatou-se que a área urbanizada cresceu 43,37.

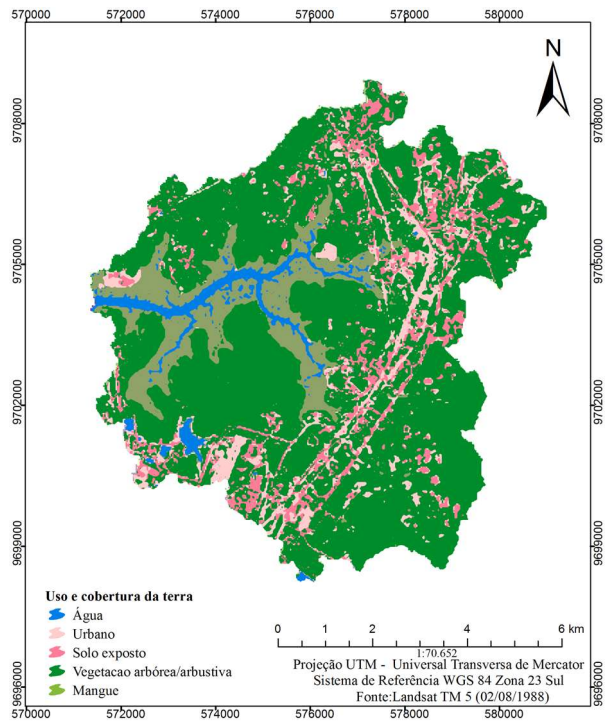


Figura 2: Mapa de uso e cobertura do solo da bacia do rio dos Cachorros (02/08/1988).
 Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

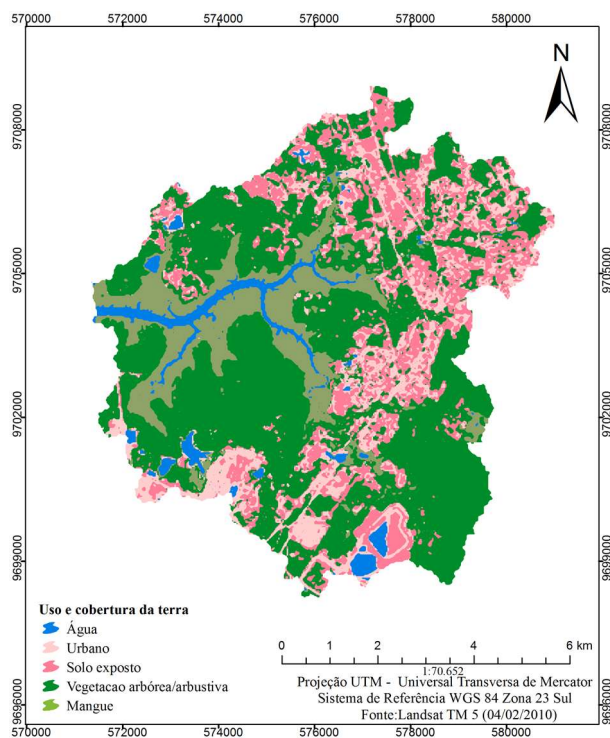


Figura 3: Mapa de uso e cobertura do solo da bacia do rio dos Cachorros (04/02/2010).
 Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

4.2 Estimativa do ivas da bacia do rio dos cachorros

A Figura 4, apresenta os mapas referente ao IVAS, para as duas cenas

analisadas (02/08/1988 e 04/02/2010). O IVAS da bacia do rio dos Cachorros variou entre -0,2 a 0,7. Os valores dos índices foram divididos em cinco classes.

Nesta classificação, as áreas em tonalidade mais clara, representam regiões com presença de corpos hídricos, os valores variaram entre -0,2-0,3. As classes com valores entre 0,3-0,5, representam as áreas de solo exposto (com destaque para a atividade da extração de minerais (laterita e areia) ou mancha urbana. A classe com valores do IVAS variando entre 0,5-0,6 representam áreas com presença de vegetação de arbustiva. A classe com valores entre 0,6-0,7, valor máximo do índice, representam áreas com vegetação densa e áreas com presença de manguezal.

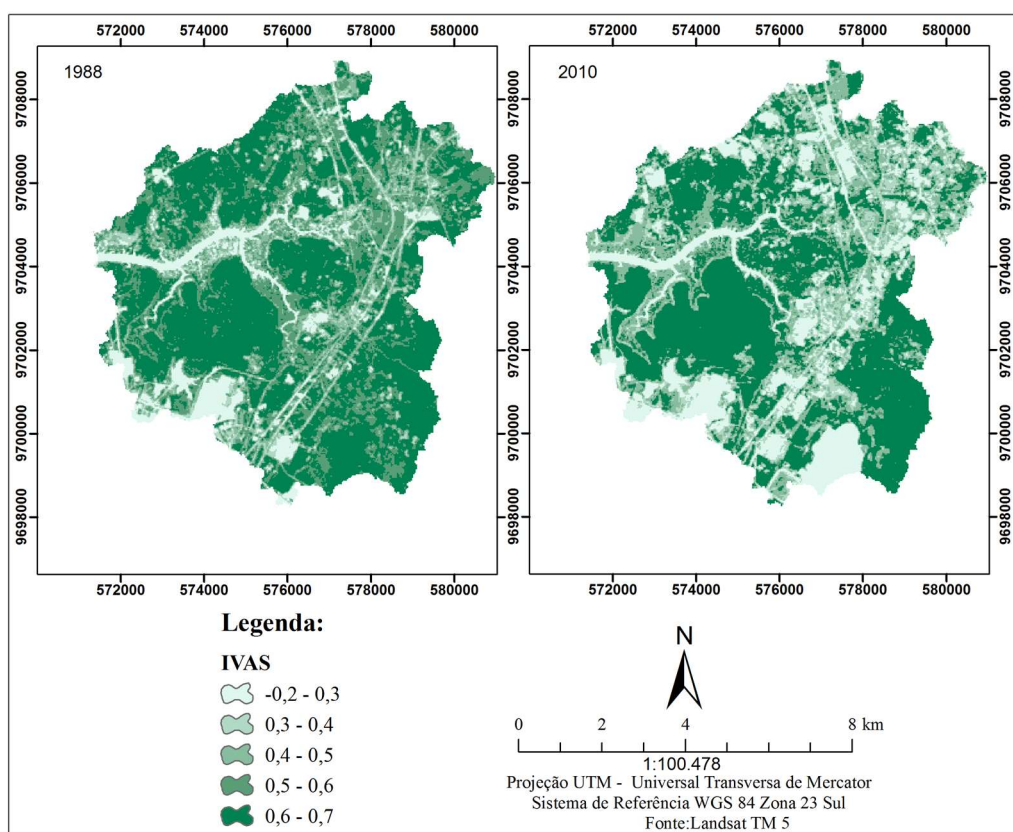


Figura 4: Mapa do IVAS da bacia do rio dos Cachorros, referente as datas de 02/08/1988 e 04/02/2010.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Analisando as duas cenas (02/08/1988 e 04/02/2010), observa-se que na cena do dia 04/02/2010 houve decréscimo da quantidade de pixels com valores máximos (áreas de vegetação densa). Em contrapartida, houve crescimento significativo da classe com os valores intermediários do IVAS, que representam áreas com presença de solo exposto e área urbanizada.

A Tabela 1, apresenta a estatística descritiva do IVAS. Nela são apresentados os valores mínimo, máximo, média, moda e desvio padrão.

Anos	Estatísticas	SAVI
02/08/1988	Mínimo	-0,2
	Máximo	0,7
	Média	0,5
	Moda	0,6
	Desvio padrão	0,1
04/02/2010	Mínimo	-0,2
	Máximo	0,6
	Média	0,4
	Moda	0,5
	Desvio padrão	0,1

Tabela 2: Estatística descritiva do IVAS nas datas de 02/08/1988 e 04/02/2010

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processamento das imagens obtidas pelo Landsat 5, sensor TM, permitiu o mapeamento das alterações do processo de uso e ocupação do solo, entre os anos de 1988 e 2010, e forneceu um banco de dados da área em estudo.

A partir dos resultados obtidos é possível inferir que a expansão urbana na bacia do rio dos Cachorros, somado ao desenvolvimento de atividades de mineração, são os principais fatores responsáveis pela redução da biomassa na área de estudo. Tal resultado mostrou também que é possível inferir que houve fragmentação da paisagem natural, e isto implica em alterações da dinâmica ambiental local. Em vista disso, ressalta-se a necessidade de elaboração de um plano de manejo sustentável para a bacia do rio dos Cachorros, uma vez que este espaço possui importantes áreas verdes município de São Luís (MA).

O estudo revelou ainda a eficiência e aplicabilidade da metodologia, mostrando que o uso das geotecnologias, se configura como ferramenta importante para análises ambientais em bacias hidrográficas. Salienta-se que as análises aplicadas neste estudo são importantes para o monitoramento espaço-temporal do uso e ocupação da terra, e constitui-se em um importante instrumento de gestão ambiental e planejamento territorial.

REFERÊNCIAS

ANA (Agência Nacional de Águas). **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental**. Brasília, 2005.

CASTRO, T. C. S.; SANTOS, F. R. B. Diagnóstico ambiental da atividade de extração mineral classe 2 na bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, São Luís-MA, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 67-76, 2013. Agência Nacional de Águas

COLLARES, EG. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari – SP** [tese]. São Carlos – SP: Escola de Engenharia de São Carlos, USP; 2000.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, Elsevier Science Publishing Co., New York, USA. v. 25, p. 295-309, 1988.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, p. 604.

MARANHÃO/Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Diagnóstico ambiental da microrregião da aglomeração urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário**. São Luís, 1998.

SEBUSIANI, H. R. V.; BETTINE, S. do C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté-SP, v. 7, n. 1, p. 256-285, jan-abr/2011.

SHIBA, M.H., SANTOS, R.L., QUINTANILHA, J.A., KIM, H.Y.. Classificação de imagens de sensoriamento remoto pela aprendizagem por árvore de decisão: uma avaliação de desempenho. **Anais do XII Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, p.4319-4326, 2005

ABSTRACT: The geoprocessing techniques and remote sensing, are fundamental tools in the monitoring of changes in the use and soil coverage, by the fact of providing consistent analyzes, near the real, agility in processing and economic viability. It is understood that the mapping is a Wayof become more evident the patterns of land use and occupation, whether urban or rural. This survey had as its main objective, to make the multitemporal analysis of use and soil cover between the years of 1988 to 2010, in the basin of the river of Cachorros located in the municipality of São Luís (MA), to identify the process of amendment of the local landscape. To achieve the objective of the study, were used two images of the Landsat 5 satellite sensor, TM, concerning the dates: 2 August 1988 and 10 September 2010. Were applied techniques of Digital Image Processing (DIP), such as the maximum likelihood monitored classification, using the Spring 5.2 software, Maxver classification, and later the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) was estimated to better characterize the changes in soil cover in the studied area. Through the applied techniques, it was possible to map the classes of land use and occupation, and to identify the main changes of the landscape, in the place analyzed in this research. By means of the results obtained, it was observed that the area is intensely degraded, requiring planning and management actions by governmental organization.

KEYWORDS: Multitemporal analysis; Digital Image Processing (DIP), Use and Occupation.

CAPÍTULO VI

ATIVIDADE DA ENZIMA B-GLICOSIDASE EM DIFERENTES CONFORMAÇÕES DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA- FLORESTA NO CERRADO BRASILEIRO

Daniela Tiago da Silva Campos

Ana Carla Stieven

Willian Mesquita Mendes

Flávio de Jesus Wruck

ATIVIDADE DA ENZIMA B-GLICOSIDASE EM DIFERENTES CONFORMAÇÕES DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO CERRADO BRASILEIRO

Daniela Tiago da Silva Campos

Ana Carla Stieven

Willian Mesquita Mendes

Flávio de Jesus Wruck

RESUMO: Os sistemas de produção que integram agricultura, pecuária e floresta (iLPF) são práticas de manejo que buscam elevar ao máximo a utilização da área, integrando grandes culturas, como milho, soja, feijão e arroz, com pastagem e espécies florestais. São uma alternativa para o aumento da biodiversidade, para a conservação dos recursos naturais, bem como para a conservação da microbiota do solo. A microbiota do solo é responsável, por meio da produção de enzimas específicas pela degradação dos resíduos vegetais gerados no sistema e consequentemente pelo retorno de nutrientes ao sistema. O objetivo deste trabalho foi quantificar a atividade da β -glicosidase em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico sob três diferentes conformações com eucalipto (linha simples, dupla e tripla), de um sistema de integração lavoura pecuária floresta (iLPF) e diferentes distâncias do pé da planta perene, em solo da região Norte de Mato Grosso, durante os anos de 2012 e 2013. As amostras de solo foram coletas em abril de cada ano e feita a determinação da atividade da enzima β -glicosidase. Para as três diferentes conformações de iLPF, linhas simples, dupla e tripla, não se observou diferenças estatísticas significativas, além disso as distâncias de coleta, do pé da planta também não influenciaram a atividade da enzima. Por outro lado, no ano de 2012 apresentou maior atividade desta enzima, comparado ao ano de 2013. Conclui-se que as conformações e as distâncias do pé da planta perene, em relação a cultura utilizada, não altera, estatisticamente, a atividade da enzima β -glicosidase.

PALAVRAS-CHAVE: enzimas, microbiologia do solo, sistemas integrados.

1- INTRODUÇÃO

A microbiota do solo é a principal responsável pela degradação de compostos orgânicos, ciclagem de nutrientes, respiração basal, produção primária e fluxo de energia neste ambiente (Oliveira, 2006; Spera et al., 2009).

A biomassa microbiana e sua atividade têm sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo (Mercante et al., 2008), causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (Trannin et al., 2007; Cardoso et al., 2009).

As enzimas são essenciais para a ciclagem dos nutrientes no solo. Esses processos são regidos, principalmente, por enzimas sintetizadas pelos organismos do solo e condições que favorecem a microbiota do solo, tal como a presença de vegetação constante (rizosfera), também favorecem a atividade enzimática.

A β -glicosidase é uma enzima envolvida na degradação da celulose, em oligossacarídeos com a liberação de açúcar (glicose), uma fonte de energia para os microrganismos, desempenha um papel importante no ciclo do carbono orgânico do solo. A celulose é o mais abundante composto na biosfera, de modo que um produto da sua hidrólise enzimática é importante fonte de energia para os microrganismos do solo. Uma vez que a β -glicosidase é muito sensível a diferentes fatores, a determinação de sua atividade pode ser útil no monitoramento da qualidade do solo (KOPER e PIOTROWSKA, 2010).

A qualidade do solo tem chamado atenção, e a quantificação de alterações nos seus atributos, decorrentes da intensificação de sistemas de uso e manejo, têm sido amplamente realizadas para monitorar a produção sustentável desses ambientes (Neves et al., 2007).

No estado de Mato Grosso, em especial a região Norte e Médio Norte, devido à exploração agrícola e pecuária, com o uso intensivo do solo associado a manejos inadequados, levou à degradação do mesmo, perda do potencial produtivo e elevados custos de produção, além de gerar sérios problemas tanto econômicos como ambientais, e a necessidade de abertura de novas áreas na região.

Frente a esta realidade, busca-se alternativas viáveis para utilização sustentável dos recursos naturais, baseadas em conservação de solo e ambiente, maximizando o uso de recursos e a produção agropecuária. Nesse contexto, podem-se destacar práticas agropecuárias, tais como o sistema de plantio direto na palha e a diversificação das atividades, por meio da integração Lavoura-Pecuária (ILP) e integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). A inclusão de pastagens e floresta em áreas agrícolas pode ser uma ferramenta útil na recuperação de áreas degradadas, bem como um meio para garantir a sustentabilidade deste sistema.

A integração de plantas e pecuária é uma estratégia de produção sustentável, que integra as atividades agrícolas e pecuária, em uma mesma área, seja em cultivo consorciado, sucessão ou rotacionado (Alvarenga et al., 2007), e que busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema (Leite et al., 2010).

O objetivo principal deste trabalho foi quantificar a atividade da β -glicosidase em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico sob três diferentes conformações de um sistema de iLPF, na região Norte de Mato Grosso, durante os anos de 2012 e 2013.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido em uma Unidade de Referência Tecnológica da Embrapa Agrossilvipastoril, implantada em dezembro de 2008 na Fazenda Gamada, município de Nova Canaã do Norte, MT, situada entre a latitude S 10°33'29" e a longitude W 55°57'11". O solo da propriedade é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd) com textura argilosa, de acordo

com SEPLAN – MT (2014). O clima da região é classificado Manual de Köppen como Aw, com temperaturas médias anuais entre 4 e 40 °C e precipitação média anual de 2.500 mm.

2.1. Tratamentos e amostragens

Os arranjos florestais avaliados foram: eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) linha simples, dupla e tripla, nos seguintes esquemas: linha simples com 2 m de distância cada planta e 20 m de distância cada renque; linha dupla 2 m cada planta, 3 m cada linha e 20 m cada renque, e linha tripla com o mesmo esquema, 2 m cada planta, 3 m cada linha e 20 m cada renque. No espaçamento de 20 m, entre os renques, há implantado, desde março de 2011, *Brachiaria ruzizinesis* sob pastejo, com lotação de 3,7 animais/hectare. Os esquemas estão dispostos em 5 ha, totalizando 15 ha sob integração com eucalipto.

As amostras de solo foram coletadas em abril dos anos de 2012 e 2013. A coleta foi feita na profundidade de 0-20 cm, no sentido transversal aos renques de eucalipto em sete diferentes distâncias do pé da planta perene, sendo elas 0, 3, 6 e 10 m a leste e oeste da planta (**Figura 1**). Cada amostra de cada distância foi composta por três subamostras de pontos próximos.

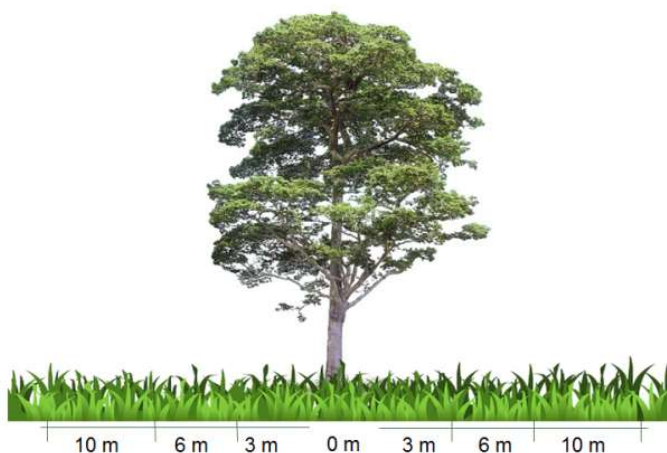


Figura 1. Descrição esquemática das distâncias de coletas de amostras nas áreas sob Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Unidade de Referência Tecnológica – Embrapa, Nova Canaã do Norte, MT.

2.2. Análise enzimática

Para a determinação da atividade da enzima β -glicosidase foi utilizado o método descrito por Tabatabai e Bremner (1969), com adaptações. Esse método baseia-se na determinação colorimétrica das soluções resultantes da ação desta enzima quando o solo é incubado com solução tamponada de substrato específico.

O substrato utilizado na reação desta enzima foi o p-nitrofenil- β -D-glucopiranosídeo 0,05 mol L⁻¹ e uma solução tampão MUB pH 6. Amostras de 0,5 g

solo foram colocadas em tubos de ensaio separadamente, utilizando três repetições para cada repetição de campo. Três tubos sem solos passaram pelos mesmos procedimentos para servirem de amostras testemunhas (brancos).

A intensidade da coloração amarela do filtrado foi determinada em espectrofotômetro a 400 nm de absorvância. A quantidade de p-nitrofenol formada em cada amostra foi determinada com base em curva padrão preparada com concentrações conhecidas de p-nitrofenol (0, 1, 2, 3, 4, 5 mg de p-nitrofenol para solução em total de 5 mL, aferidos com água destilada).

3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

A análise estatística se deu em um experimento fatorial, com 2 períodos de coleta, 5 tratamentos e 4 distâncias do pé da planta perene (2x5x4).

Os dados foram submetidos à análise não paramétrica de Kruskal-Wallis, utilizando-se o programa Assistat, versão 7.6, beta 2011 (Silva e Azevedo, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados em médias a partir da investigação nas diferentes distâncias da planta perene, uma vez que não foram obtidas diferenças significativas no teste de médias com relação às direções avaliadas, leste e oeste.

As três diferentes conformações não apresentaram grandes variações para a atividade da β -glicosidase, dentro de cada ano (**Tabela 1**).

Observa-se que, para o ano de 2012, a iLPF linha simples apresentou a maior atividade, nas quatro distâncias. Os resultados obtidos ficaram entre 326,54 e 609,08 $\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g solo seco}^{-1}$, entretanto não apresentaram diferenças estatísticas, e o aumento da atividade ocorreu de forma aleatória de acordo com a distância do pé da planta perene. A menor atividade foi observada a 0 m, 326,54 $\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g solo seco}^{-1}$, acréscimo para 3 m, 404,19 $\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g solo seco}^{-1}$, decréscimo para 6 m, 347,47 $\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g solo seco}^{-1}$, e aumento significativo a 10 m, 609,08 $\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g solo seco}^{-1}$, com a maior atividade registrada para a enzima, nos dois anos. Para as demais conformações, linha dupla e tripla de iLPF, ocorreu o mesmo resultado estatístico e a mesma dinâmica observada para linha simples.

Essa mudança, de acordo com a distância, pode ser justificada pela interação entre as raízes da planta perene e o pasto presente na área, uma vez que ambas são ambientes de maior presença de micro-organismos, entretanto com trabalho reduzido. Visto que com menor interação, ou seja, maior distância, pode ocorrer alteração da comunidade e esta ser forçada a intensificar a atividade. Além disso, vale lembrar as trocas entre rizosferas, como água e nutrientes o que beneficia a comunidade microbiana como um todo.

Coletas	Tratamentos	β -glicosidase ^{ns}			
		$\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g solo seco}^{-1}$			
		Distância da planta perene			
		0 m	3 m	6 m	10 m
2012	iLPF linha simples	326,54 abB	404,19 aB	347,47 aB	609,08 aA
	iLPF linha dupla	398,40 aAB	354,84 aB	352,47 aB	461,44 aA
	iLPF linha tripla	247,58 bB	319,44 aAB	394,58 aA	412,75 abA
2013	iLPF linha simples	48,56 cA	49,54 bA	41,03 bA	45,35 cA
	iLPF linha dupla	38,57 cA	46,51 bA	41,73 bA	37,86 cA
	iLPF linha tripla	40,44 cA	54,25 bA	39,77 bA	44,53 cA

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis

^{ns} – Teste de média não significativo para interação entre os três fatores: coletas, tratamentos e distância da planta perene

Tabela 1. Atividade da β -glicosidase de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, coletas de 0-0,20 cm de profundidade, para três diferentes conformações de integração Lavoura-Pecuária-Floresta – iLPF e 2 anos de avaliação.

Por outro lado, com relação aos anos de avaliação, observa-se drástica queda na atividade enzimática no segundo ano de avaliação, 2013. Enquanto os resultados do primeiro ano, 2012, estão em casa centesimais, observa-se atividades no segundo ano, 2013, com casa decimais. A atividade da β -glicosidase variou entre 37,86 e 54,25 $\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g solo seco}^{-1}$, nas três conformações e distâncias avaliadas no segundo ano, 2013.

Essa queda pode ser atribuída ao histórico de rotação e sucessão de culturas nos anos anteriores a coleta. Até o ano de 2011 fazia-se rotação entre soja-milho-braquiária, sem pastejo; dessa forma, os resíduos das demais culturas, bem como a matéria orgânica mais diversificada, podem justificar os maiores valores encontrados.

A enzima β -glicosidase é uma das mais comuns encontradas no solo, ela atua na etapa final do processo de decomposição da celulose. Essa enzima é responsável pela hidrólise dos resíduos de celobiose formando o açúcar simples B-D-glucose, ou seja, libera glicose como fonte de energia para os micro-organismos (Tabatabai, 1994; Makoi e Ndakidemi, 2008).

5. CONCLUSÕES:

Para as condições de solo e clima onde o experimento foi conduzido, as diferentes conformações e distâncias do pé da planta perene em relação à cultura utilizada entre renques não altera, estatisticamente, a atividade da enzima β -glicosidase.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Agrisus, pelo apoio financeiro a este projeto, e a Capes, pela bolsa de doutorado da primeira autora.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; RAMALHO, J.H.; GARCIA, J.C.; VIANA, M.C.M.; CASTRO, A.A.D.N. **Sistema de Integração Lavoura- Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA, 2007. (Circular técnica 93).

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S.; CURI, N. **Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.44, n.6, 632p., jun. 2009.

LEITE, F. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. de A.; BARCELLOS, A. de O.; BALBINO, L. C. **O potencial de seqüestro de carbono em sistemas de produção integrados: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 2010, Foz do Iguaçu. Tecnologia que mudou a visão do produto: Resumos. Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2010. 60p.

MAKOI, J. H. J. R.; NDAKIDEMI, P. A. **Selected soil enzymes: examples of their potential roles in the ecosystem**. African Journal of Biotechnology, v. 7, p. 181-191, 2008.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. **Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca**. Acta Scientiarum Agronomy, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

PIOTROWSKA, A., KOPER, J. **Soil β -glucosidase activity under winter wheat cultivated in crop rotation systems depleting and enriching the soil in organic matter**. Journal of Elementology, v.15, n. 3, p.593-600, 2010.

NEVES, C. M. N. das; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. S. de. **Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvipastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais**. Scientia Florestais, v. 74, p. 45-53, 2007.

OLIVEIRA, A. S. de. **Qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Alta Floresta, MT.** 2006, 59f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Departamento de Solos – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa - MG, 2006.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. **Versão do programa computacional Assisat para o sistema operacional Windows.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 4, p. 71-78, 2002.

SEPLAN-MT - Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso. **Mapa A001.** Mapa de Solos do Estado de Mato Grosso. 2014

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMMM, G. O. **Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, p.130, 2009.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. **Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity.** Soil Biology and Biochemistry, v. 1, p. 301-307, 1969.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In WEAVER, R.W.; ANGLE, J.S.; BOTTOMLEY, P.S. **Methods of soil analysis microbiological and biochemical properties.** Madison Soil Science, Society of America, p.775-833, 1994.

TRANNIN, I.C.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. **Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de bio sólido industrial e cultivo de milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1173-1184, 2007.

ABSTRACT: Production systems that integrate agriculture, livestock and forest are management practices that seek to maximize use areas, integrating large crops, such as corn, soybeans, beans and rice, with pasture and forest species. They are an alternative to increase the biodiversity, for natural resources conservation, as well as for ground microbiology conservation. The soil microbiology is responsible for specific enzymes production of that degrade plant residues generated in the system, and consequently, nutrients return to the system. The objective of this work was to quantify the activity of β -glycosidase in a Red-Yellow Latosol under three different conformations with eucalyptus (single, double and triple line), a crop-livestock-forest integrated system (iCLF) and different foot distances of the perennial plant in soil from the northern region of Mato Grosso, during the years of 2012 and 2013. The soil samples were collected in April of each year and the activity of the β -glucosidase enzyme was determined. For the three different iCLF conformations, single, double and triple lines, no significant statistical differences were observed, in addition the collection distances plant foot also did not influence the enzyme activity. On the other hand, at 2012 presented greater enzyme activity, compared to the year 2013. It is concluded that the conformations and distances of the perennial plant, in relation to the culture used, does not statistically difference the enzyme β -glucosidase activity.

KEY-WORDS: enzymes, soil microbiology, integrated systems.

CAPÍTULO VII

ATRIBUTOS PARA MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS: O ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIBEIRÃO ARROJADO, MUNICÍPIO DE CRISTALINA – GOIÁS

**Lucas Espíndola Rosa
Nicali Bleyer Ferreira dos Santos
Maximiliano Bayer
Selma Simões de Castro
Elizon Dias Nunes
Luís Felipe Soares Cherem**

ATRIBUTOS PARA MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS: O ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIBEIRÃO ARROJADO, MUNICÍPIO DE CRISTALINA – GOIÁS

Lucas Espíndola Rosa

Universidade Federal de Goiás - UFG, Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia – Goiás.

Nicali Bleyer Ferreira dos Santos

Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC - GO, Goiânia – Goiás.

Maximiliano Bayer

Universidade Federal de Goiás - UFG, Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia – Goiás.

Selma Simões de Castro

Universidade Federal de Goiás - UFG, Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia – Goiás.

Elizon Dias Nunes

Universidade Federal de Goiás - UFG, Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia – Goiás.

Luís Felipe Soares Cherem

Universidade Federal de Goiás - UFG, Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia – Goiás.

RESUMO: O entendimento da relação entre a topografia e os solos tem melhorado bastante com a utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, a partir das imagens de radar, com a consequente geração de diferentes modelos numéricos (MN), tornando assim, uma ferramenta eficaz no mapeamento digital de solos em escalas de semidetalhe e detalhe. A partir deste pressuposto, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a distribuição dos sistemas pedológicos na porção experimental da bacia do ribeirão Arrojado, município de Cristalina, estado de Goiás, na escala de trabalho de 1:50.000, com auxílio das técnicas de Mapeamento Digital de Solos, acompanhadas de verificação em campo. A partir da correlação de diferentes atributos morfométricos, mapeamentos pré-existentes, material geológico de origem, bem como acompanhamentos de campo constatou-se na bacia a predominância de Associação de Cambissolos + Latossolos Vermelhos-Amarelos com cerca de 52% da área avaliada, seguidos de Associação de Latossolos Vermelho-Amarelos + Latossolos Vermelhos com cerca 20%, dentre outros. Destaca-se que estes resultados apresentam grande relação com os atributos geológico-geomorfológicos.

PALAVRAS-CHAVE: MDE, mapeamento digital de solos, pedometria, bacia hidrográfica.

1-INTRODUÇÃO

No Brasil são escassas as informações com maior detalhe a respeito da variação dos solos nas vertentes, uma vez que a maioria dos levantamentos

pedológicos sistematizados são disponibilizados em escalas esquemáticas e de reconhecimento (IBGE, 2015).

Dentre os poucos realizados em nível nacional, o Projeto RADAMBRASIL (1975-1985) se destaca pela utilização de imagens de radar, que possibilitaram o reconhecimento de unidades geológicas, superfícies geomórficas e classes de solos com base nas nomenclaturas e classificações pedológicas da época.

A interpretação da dinâmica das vertentes com base em imagens de radar e atributos usuais em geomorfologia, pedologia e geologia, formam a base para diversos mapeamentos aplicados à análise ambiental. As relações entre o relevo e os solos são muito próximas, sobretudo, para auxiliar na compreensão dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais, na evolução das pedoformas, na origem dos materiais e na distribuição dos solos na paisagem (TORRADO et al., 2005; QUEIROZ NETO, 2011).

Ademais, o levantamento e compreensão de algumas características morfométricas do relevo, como: altimetria, declividade e curvaturas da vertente, por exemplo, podem ser constituídos a partir do auxílio das Modelos Numéricos (MN), em diferentes resoluções espaciais. A título de exemplo, no Brasil são disponibilizadas imagens *raster* gratuitamente pelo INPE – TOPODATA, bem como pela EMBRAPA – Monitoramento por Satélite, que apresentam uma coleção das imagens *SRTM – Shuttle Radar Topography Mission*. A nível internacional, tem-se a ocorrência de portais de divulgação do *United States Geological Survey – USGS*, que disponibilizam uma série de dados matriciais gratuitos, bem como a *ASTER – GDEM – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – Global Digital Elevation Model*.

Convém destacar algumas diferenciações e particularizações conceituais em relação a aplicação dos Modelos Numéricos (MN), que apesar de não apresentarem consenso científico, em linhas gerais representam o comportamento da superfície de uma determinada área de análise, visando a sua consequente representação (LI et al., 2005; FITZ, 2008). Assim, os MN são constituídos especificamente por outros modelos, a saber, o Modelo Digital de Terreno (MDT), o Modelo Digital de Elevação (MDE), bem como o Modelo Digital de Superfície (MDS).

O Modelo Digital de Terreno (MDT) considerado também como Modelo Numérico de Terreno (MNT) contém em sua representação aspectos estritamente relacionados a superfície terrestre, podendo contar com informações de aspectos geológicos, geomorfológicos, batimétricos, entre outros (FELGUEIRAS, CÂMERA, 2001).

O Modelo Digital de Elevação (MDE) são matrizes determinadas pelo espaçamento horizontal e pela precisão vertical, de modo que são representadas exclusivamente por dados de altitude, além do georreferenciamento de sua posição, a partir das coordenadas X, Y, comum em todos os MN. Cabe destacar, que assim como os MDT estes modelos não levam em consideração os dosséis das árvores, bem como os efeitos da altura de estabelecimentos de construção civil, sendo considerados por vezes estas características como ruídos (LI et al., 2005; CHEREM, 2008).

O Modelo Digital de Superfície (MDS) não leva em consideração somente a superfície e seus consequentes atributos métricos, mas também as informações presentes no terreno como os dosséis das árvores e os efeitos da construção civil (MIKHAIL *et al.* 2001; GALINDO, 2008).

Ressalta-se que tanto o MDE, bem como o MDT, constitui-se de uma importante ferramenta para o Mapeamento Digital dos Solos, sendo que, de modo geral, o MDT apresenta-se adequado para escalas de maior detalhe enquanto os MDE para as médias escalas (NUNES, 2015; ROSA, 2016).

Acerca do Mapeamento Digital de Solos trata-se de uma técnica que, em síntese, estabelecem a relação entre distintos atributos morfométricos, materiais geológicos existentes, as coberturas pedológicas já mapeadas, bem como os devidos acompanhamentos de campo, podendo apresentar um melhor detalhamento dos contornos poligonais das classes de solo já mapeadas, otimizando o tempo para levantamento e diminuindo custos para elaboração do mapa de solos (MCBRATNEY *et al.*, 2003; IPPOLITI *et al.*, 2005; EMBRAPA, 2013a; NUNES, 2015).

Na oportunidade, convém destacar a diferença entre o Mapeamento Digital de Solos e Pedometria, que por vezes gera confusão entre alguns pesquisadores. O primeiro revela a importância da utilização de informações morfométricas a partir dos diferentes modelos já mencionados, no mapeamento dos solos de uma determinada área, enquanto o segundo, refere-se a modelagem de processos de formação do solo e não necessariamente a sua espacialização (McBRATNEY, 2003; EMBRAPA, 2013a; ROSA, 2016).

A utilização de imagens satelitárias também melhoram a eficiência dos mapeamentos de solos, visto a possibilidade de cobertura visual de grandes áreas por meio de fotointerpretação, que auxiliam na determinação da cor do solo por meio da observação da refletância das imagens, que podem estar associadas a características como a mineralogia e umidade, por exemplo.

A avaliação destes produtos deve prescindir de uma concisa averiguação por fotointerpretação, visto que o intérprete deve estar familiarizado com os produtos a serem trabalhados, bem como extrair as variáveis-resposta que correspondem ao entendimento do local de trabalho. Ressalva-se que a verificação em campo ainda é imprescindível para obtenção de um produto cartográfico que seja fiel à realidade, sendo esta etapa insubstituível.

Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a distribuição dos sistemas pedológicos na porção experimental da bacia do ribeirão Arrojado, município de Cristalina, estado de Goiás, na escala de trabalho de 1:50.000, com auxílio das técnicas de Mapeamento Digital de Solos, acompanhadas de verificação em campo. Para tanto, o trabalho exhibe como objetivo específico realizar uma caracterização geológico-geomorfológica, a fim de corroborar na compreensão da disposição e distribuição dos solos na paisagem da bacia.

2- MATERIAIS E MÉTODO

Área de estudo

A bacia do Ribeirão Arrojado situa-se no centro-leste do município de Cristalina, na divisa entre Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais, com cerca de 412 km², sendo que o referido ribeirão é afluente da margem direita do Rio São Marcos, conforme Figura 1.

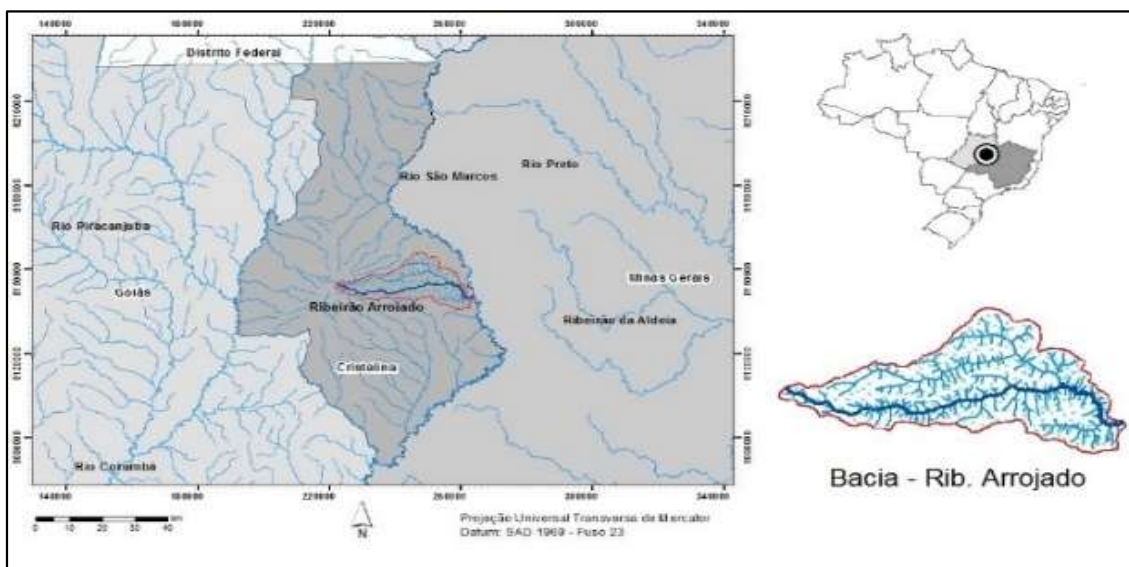


Figura 1: Localização da bacia do Ribeirão Arrojado.

Fonte: Rosa et al., (2015).

Em termos geológicos a área está inserida na Província Tocantins, posicionada entre os crátons do São Francisco e Amazônico, com idades que se estendem do Arqueano ao Neoproterozóico. A bacia do ribeirão Arrojado apresenta rochas dos grupos Paranoá, Ibiá e Canastra de idade Meso/Neoproterozóico, constituídas por metamorfitos de baixo grau de metamorfismo, como: filito, clorita-sericita xisto, quartizitos micáceos, bem como outras rochas. Sobreposta a estas unidades encontram-se as coberturas detrítico-lateríticas do Terciário-Quaternário (LACERDA FILHO et al., 2008), conforme Figura 2.

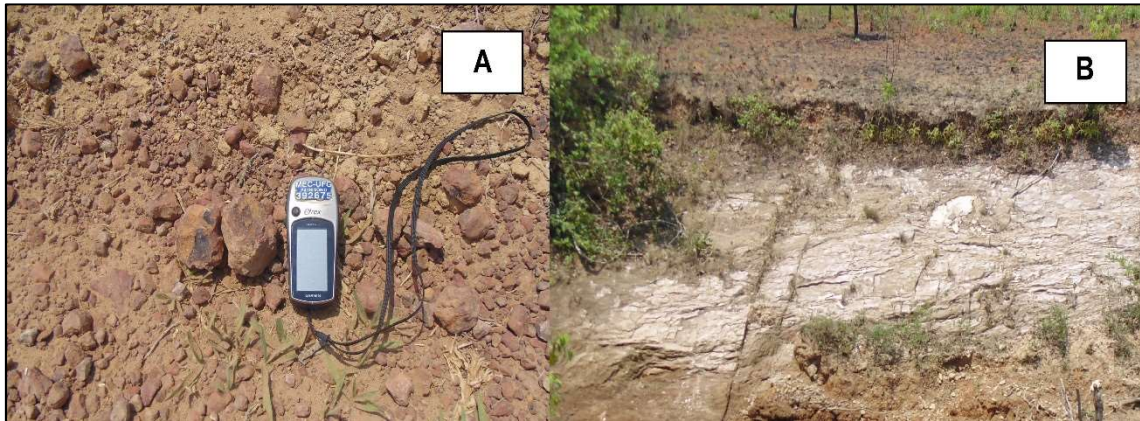


Figura 2: Materiais geológicos observados na bacia do ribeirão Arrojado,

Onde na Figura “A” constata-se as lateritas das Coberturas Terciárias – Quaternárias, enquanto na Figura “B” as cloritas-sericita xistos pertencentes ao Grupo Canastra.

A referida bacia é dominada por uma extensa Superfície Regional de Aplainamento (SRA), com dissecação muito fraca, baixas declividades, baixa densidade de drenagem e amplos interflúvios (cimeiras), sustentada pela cobertura detrito-laterítica que evoluíram para latossolos, em geral argilosos e ocupados principalmente por culturas anuais. As principais cabeceiras de drenagem derivam de uma estrutura dômica, compondo padrão radial típico. A jusante, os cursos d’água apresentam maior largura, vazão e encostas mais altas, caracterizando-se por uma Zona de Erosão Recuante na borda da SRA (LATRUBESSE *et al.*, 2005), conforme Figura 3.



Figura 3: Relevo observado na área de estudo, diferenciado entre Superfície Regional de Aplainamento e Zona de Erosão Recuante, pela linha de ruptura marcada em cor preta.

Quanto aos solos foram observadas as classes até ao segundo nível categórico (EMBRAPA, 2013b, IBGE, 2015). Deste modo, foram observados: Associação de Latossolo Vermelho - Amarelo + Latossolo Vermelho, nas cimeiras sustentadas pelas coberturas detrito-lateríticas; Associação de Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico, na ombreira das encostas; Associação de Cambissolo Háplico + Latossolo Vermelho - Amarelo; bem como Associação de Latossolos Vermelho-Amarelos + Amarelos, ambos situados a meia-encosta; e por fim, a Associação de Neossolo Flúvico + Gleissolo margeando os principais canais, como ribeirão Arrojado, nível de base da bacia (RADAMBRASIL, 1982).

A observação visual da cobertura e uso do solo da bacia também facilitou a compreensão da distribuição das classes de solo na paisagem, pois a agricultura se associa predominantemente ao latossolo situados aos topos. Nas áreas preservadas como as Veredas, consideradas um bom bioindicador de conservação, foi constatada a ocorrência de gleissolo. Já o cambissolo, foi observado em uma cobertura alternada entre pastagem e vegetação remanescente em posição intermediária entre as cimeiras e os fundos de vale.

3- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Iniciou-se o trabalho pela compilação dos mapas e respectivos relatórios do Projeto RADAMBRASIL (1982), os quais foram atualizados pelo mapeamento de solos do estado de Goiás em escala de 1:500.000, mas com informações em escala de 1:250.000, disponíveis no Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás – SIEG e trabalhados em ambiente SIG com auxílio do programa ArcMap 10 (ESRI, 2015).

Em seguida, procedeu-se à utilização da imagem de radar SRTM com pixel de 30m e imagens satelitárias ALOS PALSAR AVNIR-2 do ano de 2010 com pixel de 10m, em cor verdadeira, com vistas ao reconhecimento e o estabelecimento dos polígonos. Assim, empiricamente, como uma chave de classificação para mapeamento de cobertura e uso do solo, em que se pode reconhecer as fitofisionomias, bem como os usos antrópicos do solo, a observação de imagens de satélite de alta e altíssima resolução podem facilitar a distinção dos sistemas pedológicos na área de estudo, conforme Quadro 1:



Latossolo: Apresentam-se localizadas nas porções mais altas das vertentes, destacadas por amplos interflúvios, que indicam menores declividades. Quanto a cor, destaca-se por apresentar uma coloração avermelhada. Neste caso apresentam como matriz geológica fonte as coberturas detrito-lateríticas.



Cambissolos e Neossolos Litólicos: Podem se apresentar nas porções mais altas como nas intermediárias, mas devendo obrigatoriamente indicar maiores declividades, comumente maiores que 20%, visto que apresentam interflúvios mais dissecados. Exibem uma textura ligeiramente arenosa, devido à presença de matriz geológica-fonte na área de estudo ser rica em quartzo.



Neossolos Flúvicos e Gleissolos: Devem se apresentar nas porções mais rebaixadas no terreno, indicando assim, o nível de base local e/ou regional. São comuns em ambientes ripários e que apresentam matas ciliares e/ou de galerias.



Linhas de ruptura: É uma feição geomorfológica que indica a passagem de uma superfície geomórfica para outra, devendo apresentar obrigatoriamente uma mudança de declividade. A observação destas feições pode ser importante na definição dos polígonos para o mapeamento de solos.

Quadro 1: Exemplos de reconhecimento por fotointerpretação com vistas a mapeamento dos solos na área de estudo

Após observado estes aspectos, procedeu-se ao refinamento do mapeamento, inicialmente com base na declividade (%) e depois nas formas das vertentes.

Para tanto, foram consideradas as declividades: 0-3 (relevo plano); 3-8 (relevo suave ondulado); 8-20 (relevo ondulado); 20-45 (relevo forte ondulado); >45 (relevo escarpado ou montanhoso) (EMBRAPA, 1979). Já as formas observadas foram: retilínea-côncavo; retilínea-convexa; retilínea-retilínea; côncavo-côncavo; côncavo-convexa; côncavo-retilínea; convexa-côncavo; convexo-convexo e convexo-retilínea. Tais variáveis foram produzidas a partir do MDE de 30m.

A observação destas geoformas torna-se importante, pois os latossolos, por exemplo, são comumente encontrados em curvaturas convexas-convexas de declividades, planas (0-3%), suaves onduladas (8-20%) e até onduladas (geralmente inferiores a 13%), enquanto os argissolos são comumente observados em segmentos de vertente côncavas de declividade suave ondulado (RESENDE *et al.*, 2007; NUNES, 2015).

O mapeamento manteve as considerações de associação, visto que se

constituem de combinações de duas classes de solos distintos e ocorrendo em padrões repetidos na paisagem, que por vezes ser nitidamente diferentes ou pouco diferenciados (IBGE, 2015). Assim, preferiu-se manter as classes observadas no Projeto RADAMBRASIL, entretanto, melhorando o contorno dos polígonos.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre as informações do MDE como a altimetria, a declividade, as formas das vertentes (ou curvaturas), associados aos aspectos geológicos, os mapeamentos pré-existent, com um conseqüente acompanhamento de campo propiciou uma boa correlação entre os fatores geológico-geomorfológicos na distribuição destes sistemas pedológicos, sintetizados conforme perfil esquemático a seguir:



Figura 4: Perfil esquemático do ribeirão Arrojado.

Constata-se que os latossolos na região de estudo estão situados predominantemente nas cotas mais altas e intermediárias, sustentadas pelas coberturas detrito-lateríticas de período Terciário-Quaternário. Estas lateritas testemunham um comportamento de flutuação climático-freática, em que especificamente no Terciário foi induzida à sua formação uma condição climática quente e úmida (BRAUCHER, *et al.*, 1998). A diferenciação de cor entre estes latossolos, sejam eles: vermelho, vermelho-amarelo e amarelo, conforme Figura 5, em termos gerais, podem indicar uma diferenciação na sua condição de drenagem e mineralogia, sendo os avermelhados com melhor drenagem ante aos amarelados, que exibem uma drenagem menos eficiente (DEMATTÊ, 1994; IBGE, 2015).



Figura 5: Latossolos observados na área de estudo.

Na figura a esquerda é observada um Latossolo Vermelho, situado na porção mais alta e central da bacia, enquanto na figura a direita é observada um Latossolo Amarelo em um patamar mais rebaixado.

O perfil esquemático, na Figura 4, ainda corrobora com a fotointerpretação indicando que a Associação de Cambissolos Háplicos + Neossolos Litólicos se situam nas áreas mais acidentadas, geralmente próximas e maiores que 20%, com maior dissecação das redes de drenagem e que se posicionam sobre as rochas pré-cambrianas, com destaque as do Grupo Canastra.

A observação das curvaturas das vertentes a partir do MDE constatou o predomínio das curvaturas retilíneas, localizadas nas cimeiras e em patamares planos rebaixados de relevo suave ondulado, correspondendo a cerca de 72,4% da área total, seguidas pelas curvaturas convexa com 18,7% e côncava com 8,9%. A predominância de curvatura retilínea-convexa em área aplainada pode explicar o predomínio dos Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos (RESENDE *et al.*, 2007).

Em relação a declividade, foi possível constatar a predominância de relevo suave ondulado (52,5%), seguido de relevo ondulado (28,49%) e relevo plano (17,61%). As declividades mais fortes correspondentes ao relevo forte ondulado e representaram apenas 1,41% e o escarpado/ montanhoso não foi constatado, sendo ambos estatisticamente desprezíveis, visto o baixo percentual na bacia. Assim, a bacia apresenta 70,11% de relevo plano à suave ondulado, relevo este que pode condicionar a presença de latossolo na bacia.

Ippolti *et al.*, (2005) observaram que na bacia do córrego Ipiúna, município de Viçosa - (MG), os Latossolos Vermelho-Amarelos podem ser encontrados nos topos aplainados, concomitante aos Latossolos Amarelos (matriz mais clara de 2,5YR na Carta de Munsell), fato esse também observado na bacia do ribeirão Arrojado, mas neste caso em um patamar mais rebaixado. Ademais, o exame das geoformas também mostraram resultados interessantes, em que os latossolos associam-se geralmente a curvaturas convexas e as retilíneas semelhante ao observado pelos referidos autores.

Desta forma, pode-se reconhecer que a Associação de Cambissolo Háplico + Latossolo Vermelho-Amarelo representam 52% da bacia, conforme Figura 6:

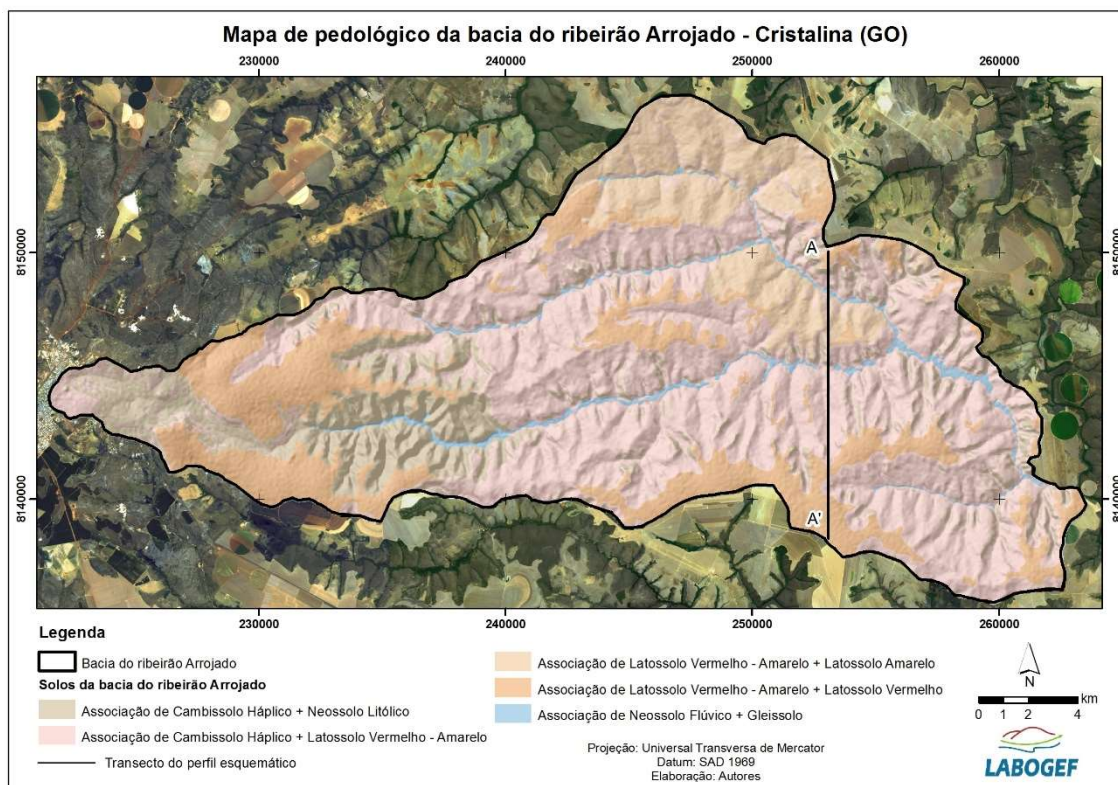


Figura 6: Mapa de solos da bacia do ribeirão Arrojado.

A observação destas classes de solo pode ser explicada pela relação direta entre vertentes retilíneas-convexas e as convexas-convexas, as cotas altimétricas intermediárias, bem como o predomínio das declividades situadas entre o relevo suave ondulado e ondulado, esta última entorno de 13%. Assim, trata-se de ambientes bastante propensos à formação de tanto de latossolos em ambientes de menor declividade, quanto de cambissolos em ambientes de maior declividade, sendo estes últimos posicionados em declividades entre 13%-20%. Constata-se ainda que a maior incerteza no mapeamento refere aos solos de relevo ondulado (8%-20%) que pela variação de 12% na amplitude desta classe de declividade podem condicionar a ocorrência de cambissolos, bem como latossolos, embora menos profundo aos observados nas cimeiras.

Em relação a estes ambientes, nas cimeiras observa-se a predominância da Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo + Latossolo Vermelho, com cerca de 20% da área, posicionado nos topos mais altos da bacia, estruturados sobre os platôs residuais em que as declividades predominantes não superam 3%.

Já ambientes com curvatura côncava-côncava, retilínea-côncava, baixas cotas altimétricas, representadas pelo nível de base local, bem como relevo plano favorecem presença de solos hidromórficos, de ambientes redutores e perfizeram cerca de 2 % da área da avaliada.

Quanto à observação da Associação dos Cambissolos Hápticos + Neossolos Litólicos, que perfizeram cerca de 16% da bacia, se posicionam predominantemente nas declividades acima de 20%, em áreas mais dissecadas,

geomorfologicamente situada na transição entre o domo de Cristalina (GO) e a SRA, que por estar assentada em rochas mais friáveis exibem grande efeito da incisão fluvial.

Por fim, constatou-se também a ocorrência da Associação de Latossolos Vermelho – Amarelos + Latossolos Amarelos em patamares mais rebaixados, mas com declividade suave ondulada predominantemente, perfazendo cerca de 10% da área avaliada.

A ocorrência de Latossolos Amarelos na região é corroborada por Ker (1997) que afirma ser observado estes tipos de solo na região do Distrito Federal, mas que apresentam maior expressividade nos platôs litorâneos e amazônicos. Ainda segundo o autor são comuns nesses solos o caráter de coesão, o alto índice de intemperismo (Ki) geralmente maior que 1,5, bem como grandes quantidades de caulinita.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os limites dos solos puderam ser melhor distinguidos a partir da associação de diferentes materiais, com destaque para o uso do Mapeamento Digital de Solos, que foi importante na geração de polígonos para representá-los adequadamente na escala de trabalho adotada, a partir do auxílio dos produtos derivados do MDE, imagens de satélite e informações geológicas, geomorfológicas e de solos pré-existentes acerca da área, seguidas de um acompanhamento de campo. Este mapeamento demonstrou-se mais preciso, embora tenha sido considerado, em alguns casos, aspectos do micro relevo que podem ocasionar confusão de representação dos dados representados, caso não sejam bem manipulados e interpretados.

A maior observação deste mapeamento de Associação de Latossolos Vermelho-Amarelos + Latossolos Amarelos, ante os mapeamentos do Projeto RADAMBRASIL tornam-se como um dos resultados mais significativos deste trabalho, haja visto a estreita relação entre estes solos e os platôs residuais observados na bacia. Contudo, observa-se como maior dificuldade a distinção por este tipo de mapeamento a Associação de Cambissolos Háplicos + Latossolos Vermelho-Amarelos, que por apresentarem as lateritas como material fonte, inclusive observadas em superfície, e que se encontram situadas nos relevos ondulados (8-20%) dificultam a distinção em classes únicas. Ademais, pode haver nesta bacia a ocorrência de Plintossolos, sobretudo próximo aos canais fluviais, mas que na devida escala de trabalho apresentada não exibe representatividade, bem como não foram constatados em campo nos momentos de avaliação.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL: levantamento de recursos naturais, Folha SE.23. Rio de Janeiro: v. 29. 1982.

BRAUCHER, R.; BOURLÈS, D.L.; COLIN, F.; BROWN, E.T.; BOULANGÉ, B. Brazilian laterite dynamics using in situ-produced ^{10}Be . **Earth and Planetary Science Letters**. v. 163 p.197–205, 1998.

CHEREM, L.F.S. **Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG**. Belo Horizonte: Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) UFMG. 2008. p.111.

DEMATTÊ, J.A.M. Sequência Latossolo Amarelo – Podzólico Amarelo – Areias Quartzozas sob material da Formação Barreiras na região de Tucuruí, estado do Pará. Piracicaba (SP): **Revista Sociedade Agrícola**. v.51, ed.2, p 345-356 mai/ago. 1994.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.

_____a **Mapeamento de Solos do Tradicional ao Digital**. Planaltina: Documentos 316, 2013. 28p.

_____b **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 2013.

FELGUEIRAS, C.A., CÂMARA, G. Modelagem numérica de terreno. In: CÂMARA, G. DAVIS, C., MONTEIRO, A.M.V (Org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008.

GALINDO, J.R.F. **Análise da reconstrução 3D a partir de um par estereoscópio HR-CCD/CBERS-2 usando dois modelos matemáticos**. Presidente Prudente: Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) UNESP. 2008. 108p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: 3ª edição, 2015.

IPPOLITI, G.A.; COSTA, L.M. Da.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; GAGGERO, M.R. Análise Digital do Terreno: Ferramenta na Identificação de Pedofomas em Microbacia na região de “Mar de Morros” (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 29:269-276, 2005.

KER, J.C. Latossolos no Brasil: Uma revisão. Belo Horizonte: **Revista Geonomos**. v.5, ed.1, p.17-40. 1997.

LACERDA FILHO, J. M., (Coord). GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: 2008.

LATRUBESSE, E. M., (Coord). GOIÁS (Estado). Goiânia: Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás. Goiânia: Relatório Final, 2005.

LI, Z; ZHU, Q., GOLD, C. **Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology**. Florida, USA. Editora CRC Press, 2005. 318p.

MCBRATNEY, A. B.; SANTOS, M.L.M.; MISANY, B. On digital soil mapping. *Geoderma*, v.17, p.3-52, 2003.

MIKHAIL, E. M.; BETHEL, J.; McGLONE, J. C. **Introduction to Modern Photogrammetry**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001. 479p.

NUNES, E.D. **Modelagem de processos erosivos hídricos lineares no município de Mineiros – GO**. Goiânia: Tese (Doutorado em Geografia) UFG. 2015. 244 p.

QUEIROZ NETO, J. P. De. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de Conceitos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v.12 n° 3, p.15-24, 2011.

RESENDE, M; CURTI, N; REZENDE, S.B De. CORRÊA, G.F. **Pedologia, Base para Distinção de Ambientes**. Viçosa: 5ª Edição, Editora UFLA, 2007.

ROSA, L.E. **Interfaces entre unidades de conservação e bacias hidrográficas na região de Terra Ronca**. Goiânia: Dissertação (Mestrado em Geografia). UFG. 2016. 146p.

TORRADO, P.V.; LEPSCH, I.F.; CASTRO, S.S. De. Conceitos e Aplicações das Relações Pedologia-Geomorfologia em regiões tropicais úmidas. **Tópicos Ciência do Solo**. Piracicaba: ed.4. p.145-192, 2005.

ABSTRACT: The understanding of the relationship between topography and soils has been greatly improved by the use of geoprocessing and remote sensing techniques from the radar images, with the consequent generation of different numerical models (NM), thus making it an effective tool in the digital mapping of soils in semidetalhe and detail scales. Based on this assumption, the present work has as general objective to evaluate the distribution of the pedological systems in the experimental portion of the Arrojado river basin, in the city of Cristalina, state of Goiás, in the 1:50.000 scale, with the aid of Mapping Digital of Soil and techniques of field verification. From the correlation of different morphometric attributes, pre-

existing mappings, geological material of origin, as well as field follow-ups, it was observed in the basin the predominance of the Association of Cambisols + Red Latosols-Yellow with about 52% of the evaluated area, followed of Association of Red-Yellow Latosols + Red Latosols with about 20%, among others. It should be emphasized that these results present a great relation with the geological-geomorphological attributes.

KEYWORDS: MDE, mapping digital of soil, pedometric, watershed.

CAPÍTULO VIII

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO COM DIFERENTES PREPAROS E DOSES DE FÓSFORO EM LATOSSOLO VERMELHO NO NOROESTE PAULISTA

**Elvis Henrique Rocha da Silva
Renato Molina da Silva Junior
Paulo Roberto de Sousa Junior**

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO COM DIFERENTES PREPAROS E DOSES DE FÓSFORO EM LATOSSOLO VERMELHO NO NOROESTE PAULISTA

Elvis Henrique Rocha da Silva

Centro Universitário de Rio Preto (UNIRP).

São José do Rio Preto - SP

Renato Molina da Silva Junior

Centro Universitário de Rio Preto (UNIRP).

São José do Rio Preto - SP

Paulo Roberto de Sousa Junior

Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Jaboticabal - SP

RESUMO: O preparo do solo visa a melhoria das condições físicas e químicas para garantir a brotação, o crescimento radicular e o estabelecimento da cana-de-açúcar. O presente trabalho visa buscar melhores métodos de preparo em relação a realidade local da indústria canavieira. O campo experimental foi instalado no município de Onda Verde, com delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, as parcelas foram constituídas por modos de preparo (arado e subsolador) e as subparcelas por diferentes doses de P₂O₅ (0, 100 e 200 kg ha⁻¹) em área total. As doses em área total não diferiram entre si, exceto para o fósforo. Os modos de preparo se mostraram eficientes quanto à incorporação e distribuição no perfil do solo, não havendo interações entre si.

PALAVRAS-CHAVE: subsolagem. *Saccharum* spp. Cana-de-açúcar.

1. INTRODUÇÃO

O papel fundamental das operações de preparo do solo é criar condições ideais para o desenvolvimento das raízes e, conseqüentemente, maiores produções (Vasconcelos, 2002; Carvalho Filho, 2007). Na cana-de-açúcar, este manejo inicial pode influenciar consideravelmente a produção entre os demais cortes, quando as operações de preparo não são conduzidas com tecnologia adequada para cada tipo de solo (Silva Junior & Carvalho, 2010; Oliveira Filho, 2015).

Todas as etapas do preparo do solo são importantes (Carvalho, 2011). As práticas que visam a correção do solo como calagem, gessagem e fosfatagem, que propiciam boas condições para o crescimento radicular e colaboram para o sucesso do plantio, do estabelecimento e da produtividade da cultura (Santiago & Rosseto, 2015).

Segundo Freitas, (1987) o preparo do solo não se limita somente às operações que afetam diretamente a sua estrutura física, mas também envolve aquelas ligadas aos fatores que determinam o pH e o ambiente. Fatores estes ligados diretamente a absorção eficiente de nutrientes (Malavolta, 2006).

Em solos com teores muito baixos de fósforo (P em resina < 10 mg dm⁻³), são indicadas aplicações em área total (fosfatagem), principalmente em solos arenosos ou com teor de argila menor que 30%, minimizando assim a fixação do elemento (Dinardo–Miranda et. al. 2010). Essa aplicação traz uma série de benefícios entre as quais se destaca a maior quantidade de fósforo em contato com o solo, maior volume de solo explorado pelas raízes, maior absorção de água e outros nutrientes (Rosseto et al. 2010).

Devido a grande diversidade de solos e as políticas gerenciais nas áreas produtoras de cana-de-açúcar, há muitas variações no preparo do solo, sempre buscando melhor adequação da operação a realidade local (Barbosa, 2012).

Sabe-se que o fósforo possui interação sinérgica com outros nutrientes e disponibilidade dos mesmos, portanto o presente trabalho visa analisar os atributos químicos do solo em relação a preparo de solo e incorporação deste em diferentes doses.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O campo experimental foi instalado no município de Onda Verde - SP, em área de Latossolo Vermelho Distrófico de textura média, os atributos químicos e físicos, previamente à instalação são expressos na **tabela 1**.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por aração, (arado tipo aivecas, largura de trabalho de 1,60 m, profundidade de 0,40 m) e subsolagem, (subsolador com rolo destorroador de sete hastes, largura de trabalho de 2,60 m, profundidade de 0,45 m), enquanto as subparcelas correspondem a aplicação em área total de P (fosfatagem) nas doses de 0, 100, e 200 kg ha⁻¹ de P₂₀₅ perfazendo um total de seis tratamentos e 24 unidades experimentais. Utilizou-se como fonte de P o fosfato monoamônico (MAP), com 52% de P₂₀₅ e 11% de nitrogênio. As parcelas foram compostas de cinco linhas de cana-de-açúcar, com 10 metros de comprimento, espaçadas de 1,5 metros, totalizando 75 m².

Anteriormente ao preparo do solo, a área recebeu calcário dolomítico em dosagem determinada pelo método de saturação por bases (V%), para elevar a mesma a 70%, na dose 2,2 Mg ha⁻¹, e recebeu também gessagem na dose de 1,5 Mg ha⁻¹ com base em (NG) necessidade de gessagem, os corretivos foram incorporados por uma grade intermediária (com 28 discos de 28”) e posteriormente pelos tratamentos (arado e subsolador).

A adubação de plantio constou de fósforo, potássio e nitrogênio. A adubação fosfatada foi feita com MAP (52% de P₂₀₅) na dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂₀₅, a aplicação de potássio foi feita com a utilização de 170 kg ha⁻¹ de K₂₀, na forma de cloreto de potássio (56% de K₂₀), a aplicação de nitrogênio foi de 60 kg ha⁻¹ de N, na forma de nitrato de amônio (33% de N).

Após a colheita da cana-de-açúcar foram coletadas nove subamostras de solo por parcela, em outubro de 2013, com utilização de trado tipo holandês, para compor uma amostra composta por tratamento, na profundidade de 0,0 – 0,20 m e 0,21 – 0,40, na entrelinha não considerando nas amostras a adubação de plantio. As amostras foram submetidas às análises químicas para fins de fertilidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2003). Quando o resultado foi significativo a 5% de probabilidade, as médias foram submetidas à análise pelo teste de Tukey, de acordo com o modelo descrito em Banzatto & Kronka (1989).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de fósforo no solo apresentaram-se em valores mais elevados nas condições de aração **Tabela 2** e **Tabela 3**, devido a melhor incorporação pelo arado concentrando-se nas camadas de 0,0 – 0,20m do solo. Já o subsolador mostrou-se mais eficiente quanto à distribuição no perfil do solo, mas com baixas condições de disponibilidade, essa não alterada pelo pH, já que este não se mostrou significativo.

O potássio não apresentou nenhuma mudança estatisticamente **Tabela 2** e **Tabela 3** quanto ao preparo e as doses de fósforo, mas em observação os teores aumentaram na aração quanto a análise preliminar, e percebe-se que não houve lixiviação quanto ao preparo considerando a alta mobilidade deste nutriente no solo.

Quanto ao Cálcio, este só se mostrou significativo somente em aração, **Tabela 2**, concentrando sua maior parte na camada superior, na subsolagem este também se encontrou melhor distribuído no perfil.

Para o Magnésio a subsolagem se mostrou melhor na distribuição, fazendo com que o nutriente escoasse junto à água nos sulcos abertos pelas hastes, já que se encontrou em melhor disponibilidade na camada de 0 – 0,21 a 0,40m. O calcário dolomítico se mostrou eficiente quanto a adubação de Mg, elevando o teor de níveis baixos a médios.

Os teores de Enxofre **Tabelas 2** e **3** não diferiram entre si quanto ao tipo de preparo e doses de P₂O₅, a gessagem serviu como uma maneira eficiente de S, elevando os teores a altos níveis.

O Alumínio difere significativamente na camada de 0,21 a 0,40m (**Tabela 3**), com teores mais elevados nesta camada, o calcário se mostrou eficiente quanto a sua neutralização, mas o preparo com arado se mostrou ineficaz a incorporação deste nas camadas mais profundas, concentrando-se na camada de 0,0 – 0,20m (**Tabela 2**), já o subsolador mostrou maior eficiência quanto à neutralização em profundidade. O H + Al não se mostrou significativo estatisticamente **Tabelas 2** e **3**.

Considerando que a aração não foi eficiente em profundidade o pH ainda se encontrou baixo nesta camada, encontrando uma menor acidez na subsolagem.

Quanto à superfície ambos os tratamentos se mostraram eficiente quanto a neutralização da acidez, mas não diferindo entre si.

Os teores de matéria orgânica **Tabela 4 e Tabela 5** não foram alterados pelos preparos, não havendo oxidação da M.O., o estudo não visa a liberação de gás carbônico quanto ao tipo de preparo, mas recentemente lamaguti, (2015), constatou que as perdas de CO₂ para o ambiente são maiores em preparos convencionais, considerando menores perdas a subsolagem.

A Saturação por Bases se comportou igualmente a Soma de Bases **Tabelas 4 e 5**, já que o V% é o cálculo da porcentagem na CTC ocupada pelas bases, considerando isto, ambas as variáveis se concentraram nas camadas de 0,0 – 0,20m devido ao calcário se manter nas camadas mais superficiais, e devido a melhor incorporação do arado, como já constatado com a fosfatagem o preparo que mostrou melhores níveis das variáveis foi à aração.

4. CONCLUSÃO

A aração se mostrou mais eficiente em termos de incorporação dos corretivos, há necessidade de mais estudos quanto à disponibilização de nutrientes em respeito à aração, considerando que o revolvimento do solo proporcionou aumento no teor de potássio.

A subsolagem em alguns casos se mostrou mais eficiente quanto a distribuição no perfil de alguns nutrientes, evidenciou-se ao final do presente trabalho que agregaria valor ao estudo a abertura de trincheiras para observar tal comportamento.

Quanto a fosfatagem está se mostrou somente significativa aos teores de P, não mostrando relação com outros nutrientes.

É evidente a avaliação continua do experimento, levando em conta a longevidade do canavial e os efeitos da fosfatagem e preparo nos anos consequentes.

REFERENCIAS

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247p.

BARBOSA, V. F. A. M. Plantio. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C.; **Cana-de-Açúcar, bioenergia, açúcar e etanol**. 2. ed. Viçosa: folha, 2012. p. 51-72.

CARVALHO FILHO, A. et al. **Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo**. Rev. bras. eng. agríc. 27, 1 : 229-237 . 2007.

CARVALHO, L. A. et al. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no centro-oeste do Brasil. Rev. de Ciências Agrárias. 34, 1 : 199-211. 2011.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, 6 : 36-41. 2008.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. Cana-de-Açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. 882p.

IAMAGUTI, J. L. et al. Preparo do solo e emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em área canavieira. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 19, 5: 497 – 504. 2015.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

OLIVEIRA FILHO, F. X. et al. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 19, 2: 186 – 193. 2015.

ROSSETO R. et. al. Fósforo. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. p. 271 – 288.

SANTIAGO A. D.; ROSSETO, R. Preparo do solo. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_20_711200516716.html>. Acesso em 20. Mar. 2015.

SILVA JUNIOR, C.A. e CARVALHO, L.A. Alterações nos atributos físicos do solo relacionados a diferentes métodos de preparo no plantio da cana-de-açúcar. Revista Alcoolbrás, 129, 1: 42-45. 2010.

VASCONCELOS, A.C.M. O sistema radicular da cana-de-açúcar e a expressão do potencial de produção. STAB - Açúcar Subprod., 21: 20. 2002.

Tabela 1 – Análise química de rotina na caracterização da área.

Profundidade (cm)	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	V
	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³				mmol _c /dm ³			%
00 - 20	4,5	16	7	0,3	12	3	33	3	17,3	36
21 - 40	4,3	14	7	0,4	7	2	27	4	10,3	24

Tabela 2 - Atributos químicos do solo na camada de 0,0 – 0,20 m do solo.

Tratamentos		Variáveis						
Preparo	Fosfatagem	P	K	Ca	Mg	S	Al	H+Al
AR	0	10 a	2,02 a	28,25 b	6,5 a	12,50 a	1,75 a	17,5 a
AR	100	14,25 ab	2,32 a	20,0 a	5,5 a	13,75 a	3,25 a	24,5 a
AR	200	19,25 b	2,50 a	22,75 a	6,25 a	17,25 b	1,75 a	21,75 a
SB	0	7,75 a	1,85 a	18,25 a	5,0 a	10,25 a	2,25 a	23,75 a
SB	100	8,50 a	1,70 a	14,0 a	5,0 a	10,25 a	4,0 a	30,5 a
SB	200	12,25 a	1,92 a	15,50 a	4,25 a	11,25 a	2,0 a	23,25 a
CV 1 (%)		40,54	7,14	40,22	40,35	8,56	85,89	30,77
CV 2 (%)		37,88	35,38	24,25	24,25	24,59	60,18	20,20
Interação A x S		0,58 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,36 ^{NS}	0,49 ^{NS}	1,50 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,63 ^{NS}

Legenda- Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
NS- Não significativo (P < 0,05). AR- aração. SB- subsolagem.

Tabela 3 - Atributos químicos do solo na camada de 0,21 – 0,40 m do solo.

Tratamentos		Variáveis						
Preparo	Fosfatagem	P	K	Ca	Mg	S	Al	H+Al
AR	0	6,10 a	1,40 a	11,0 a	3,0 a	22,75 a	6,25 b	29,5 a
AR	100	6,75 a	1,77 a	10,25 a	3,75 a	22,12 a	7,25 b	29,25 a
AR	200	9,0 a	0,92 a	15,25 a	4,0 a	21,75 a	5,75 b	28,5 a
SB	0	6,75 a	1,47 a	14,5 a	5,25 b	15,25 a	2,25 a	22,5 a
SB	100	6,5 a	0,82 a	13,25 a	4,25 ab	16,75 a	5,0 ab	33,75 a
SB	200	11,0 b	0,95 a	15,75 a	4,25 ab	21,50 a	2,25 a	25,5 a
CV 1 (%)		29,0	49,35	48,61	37,41	30,95 a	50,34	33,02
CV 2 (%)		37,0	59,07	35,27	29,29	29,12 a	46,34	24,29
Interação A x S		0,31 ^{NS}	1,50 ^{NS}	0,23 ^{NS}	1,66 ^{NS}	0,82 ^{NS}	0,33 ^{NS}	1,45 ^{NS}

Legenda- Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
NS- Não significativo (P > 0,05). AR- aração. SB- subsolagem.

Tabela 4 – Atributos químicos do solo na camada de 0,0 – 0,20 m do solo.

Tratamentos		Variáveis				
Preparo	Fosfatagem	pH	M.O.	SB	CTC	V%
AR	0	5,45 a	17,5 a	36,77 b	54,27 b	67,0 b
AR	100	4,87 a	19 a	27,82 a	52,32 ab	52,75 ab
AR	200	4,95 a	19,25 a	31,50 ab	53,25 ab	58,75ab
SB	0	5,05 a	17,25 a	24,1 a	48,85 a	49,25 a
SB	100	4,65 a	17,5 a	20,7 a	51,20 ab	39,5 a
SB	200	4,12 a	19,0 a	21,67 a	44,9 a	46,75 a
CV 1 (%)		11,37	15,28	36,86	15,97	29,75
CV 2 (%)		5,78	9,88	22,96	10,28	15,98
Interação A x S		0,33 ^{NS}	0,32 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,96 ^{NS}	0,26 ^{NS}

Legenda- Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
NS- Não significativo (P > 0,05). AR- aração. SB- subsolagem.

Tabela 5 – Atributos químicos do solo na camada de 0,21 – 0,40 m do solo.

Tratamentos		Variáveis				
Preparo	Fosfatagem	pH	M.O.	SB	CTC	V%
AR	0	4,42 a	14,25 a	15,40 a	44,9 a	33,5 a
AR	100	4,30 a	13,75 a	15,77 a	45,02 a	34,25 a
AR	200	4,60 a	15,25 a	21,17 a	49,67 a	42,5 a
SB	0	5,05 b	15,25 a	21,22 a	43,72 a	48 a
SB	100	4,57 a	16,5 a	18,32 a	52,07 a	35,5 a
SB	200	4,9 b	15,7 a	21,22 a	43,72 a	41,75 a
CV 1 (%)		9,15	19,83	42,61	19,89 a	36,2 a
CV 2 (%)		5,42	14,13	32,31	12,82 a	30,48
Interação A x S		1,32 ^{NS}	0,61 ^{NS}	0,49 ^{NS}	1,63 ^{NS}	0,96 ^{NS}

Legenda- Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.NS- Não significativo ($P > 0,05$). AR- aração. SB- subsolagem.

CAPÍTULO IX

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO COMO INSTRUMENTO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO

**Alana Rayza Vidal Jerônimo do Nascimento
Karina Patrícia Vieira da Cunha**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO COMO INSTRUMENTO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO

Alana Rayza Vidal Jerônimo do Nascimento

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Natal - Rio Grande do Norte

Karina Patrícia Vieira da Cunha

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Natal - Rio Grande do Norte

RESUMO: A atividade de mineração altera a paisagem e a qualidade do solo original. A ausência de medidas de proteção sanitária e ambiental contribui para o aumento do risco de degradação não apenas na área de lavra, mas em toda a extensão da área de influência da mineração. Esta revisão bibliográfica objetivou avaliar as alterações na qualidade do solo em áreas mineradas, bem como em minas abandonadas ou em processo de recuperação, destacando os procedimentos necessários à mitigação da degradação ambiental nessas áreas a fim de restabelecer os processos essenciais do solo e dos ecossistemas alterados. De modo geral, solos de áreas mineradas apresentam perda de fertilidade do solo, contaminação por metais pesados e compactação. Nos âmbitos nacional e internacional, estudos desenvolvidos nas áreas mineradas focam na mobilização de metais pesados para o solo, culturas alimentares e mananciais, evidenciando, assim, a escassez de estudos que investigam as alterações nos atributos físicos e químicos do solo decorrentes da atividade de mineração. Em minas recuperadas ou em processo de recuperação, a avaliação de qualidade se restringe ao solo construído nas áreas de lavra, sem investigar as alterações nas propriedades do solo da área de influência da mineração. Solos construídos em áreas de mineração geralmente apresentam elevada densidade do solo e quantidade de fragmentos grosseiros, baixa taxa de infiltração de água, falta de estrutura, aumento do pH e condutividade elétrica, e perda nas concentrações de carbono orgânico e nitrogênio.

PALAVRAS CHAVE: degradação ambiental; contaminação ambiental; propriedades do solo.

1- INTRODUÇÃO

A atividade de mineração provoca mudanças visíveis na paisagem, alterando significativamente a estética e a biodiversidade local, por isso é tão veementemente criticada por conservacionistas e caracterizada como de elevado potencial de degradação. A mineração subterrânea ou a céu aberto promove a remoção da vegetação, do solo e das camadas geológicas, sobrejacentes ou intercaladas ao minério de interesse, o que muda a topografia permanentemente e interrompe o regime hidrológico superficial e subsuperficial (SHRESTHA & LAL, 2011). Além disso, a inexistência de gerenciamento e de controle de poluentes

eficazes em todas as etapas da mineração contribui para a redução da qualidade do solo (FU *et al.*, 2011).

A supressão da cobertura vegetal, que corresponde ao primeiro passo para a abertura das lavras e das estradas, facilita o arraste direto de rejeitos e de partículas de solo por processos erosivos, aumentando o risco de assoreamento dos corpos hídricos e do transporte de contaminantes responsável pela difusão da contaminação no ambiente (BARROS *et al.*, 2011).

Além da retirada da vegetação, os desmontes, escavações, tráfego de maquinário pesado, deposição do estéril (solo ou rocha) removido, que corresponde ao material não aproveitável economicamente, e do rejeito proveniente dos processos de beneficiamento do minério também contribuem para a deflagração de intensos processos erosivos e de movimentação de massa. Como resultado, vastas áreas podem se tornar potencialmente instáveis ou inadequadas para posterior utilização (SOBREIRA & FONSECA, 2001).

A grande quantidade de estéréis e rejeitos gerada, juntamente com a produção de água residuária, torna-se fonte de contaminação por metais pesados e de poluição do ambiente quando sua disposição não atende às medidas de proteção sanitária e ambiental (PRATAS *et al.*, 2005). Nas áreas de disposição inadequada das pilhas de estéril e rejeito, é comum a ocorrência da Drenagem Ácida de Mina (DAM) resultante da oxidação de sulfetos em presença de água (ROMERO *et al.*, 2007). A DAM tem sido reconhecida como um dos mais graves impactos ambientais associados à atividade de mineração tendo em vista que pode atingir rios e o lençol freático e, geralmente, contém elevadas concentrações de elementos dissolvidos potencialmente tóxicos, ou seja, a acidificação pode aumentar a dissolução de metais pesados, tais como cádmio, cobre e zinco (MONCUR *et al.*, 2005; ROMERO *et al.*, 2007; NAVARRO *et al.*, 2008).

Ademais, a deposição no solo de materiais atmosféricos particulados, provenientes de poeiras e fumaças liberadas durante as operações de lavra e de beneficiamento do minério, ocasiona intensa poluição (ANDRADE *et al.*, 2009b).

Vale salientar que a exposição das pilhas de estéril e rejeito aos processos de erosão hídrica e eólica e à lixiviação de contaminantes para o lençol freático desencadeia progressivo grau de contaminação de áreas circunvizinhas (ANDRADE *et al.*, 2009a). Isto é, a deterioração da qualidade do solo não se restringe à área de lavra, mas pode atingir toda a extensão da área de influência da mineração.

Neste contexto, o objetivo desta revisão é avaliar as principais alterações na qualidade do solo em áreas de extração de minério, bem como nas minas abandonadas ou em processo de recuperação, destacando os procedimentos necessários à mitigação da degradação ambiental a fim de restabelecer os processos essenciais do solo e dos ecossistemas alterados.

2-AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO COMO INSTRUMENTO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Diante do potencial de degradação ambiental da atividade de mineração, a legislação brasileira, conforme o Decreto nº 97.632 de 10 de abril de 1989 (BRASIL, 1989), estabelece a obrigatoriedade da elaboração do plano de recuperação da área degradada (PRAD) a ser apresentado juntamente com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) exigidos para o processo de licenciamento de empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais (CONAMA, 1986). Assim, a recuperação de áreas mineradas deve ser planejada antes da implantação do empreendimento e executada simultaneamente à mineração, prosseguindo com o monitoramento até muito tempo depois de a atividade ter sido completada. Contudo, a dificuldade de fiscalização e a ausência de diagnósticos prévios dos resíduos gerados e da qualidade do solo, que orientem as medidas necessárias à redução de impactos, conduzem à prática de processos deficientes de recuperação das áreas mineradas. No cenário internacional, a situação é semelhante e minas simplesmente são abandonadas após o esgotamento das reservas de minérios (NAVARRO *et al.*, 2008; IAVAZZO *et al.*, 2012).

Estudos têm sido realizados a fim de investigar o potencial de contaminação do solo e dos mananciais de abastecimento humano e de dessedentação animal por metais pesados decorrente da atividade de mineração (IAVAZZO *et al.*, 2012; PETTA *et al.*, 2014). Entretanto, faz-se necessário também a realização de estudos que investiguem as alterações nos atributos físicos e químicos do solo, e conseqüentemente a redução de sua qualidade, causadas por atividades de mineração. Tais informações são úteis no sentido de subsidiar o planejamento voltado para a redução dos impactos durante a fase de extração e a gestão criteriosa das atividades de recuperação pós-mineração (SHRESTHA & LAL, 2011).

A qualidade do solo é definida como a capacidade de um tipo específico de solo funcionar, dentro de limites dos ecossistemas naturais ou manejados, sustentando a produtividade das plantas e animais, mantendo ou melhorando a qualidade da água e do ar, e dando suporte a saúde humana e habitação (KARLEN *et al.*, 1997). A avaliação da qualidade do solo tem sido sugerida como uma importante ferramenta para a avaliação da sustentabilidade dos ecossistemas e o monitoramento ambiental, principalmente em programas de recuperação de áreas degradadas. Para quantificar a qualidade do solo, os principais desafios encontrados são a seleção dos atributos do solo, que servirão como indicadores de qualidade de solo, bem como os níveis críticos desses atributos, que devem levar em conta as peculiaridades de cada região.

Avaliar as alterações nos atributos do solo provocadas pelo seu uso é fundamental para que se possa empregar um manejo mais adequado e contornar possíveis processos de degradação ambiental, principalmente, em locais que apresentam ecossistemas naturalmente frágeis nos quais são desenvolvidas atividades com elevado potencial de contaminação, como a mineração e suas

diversas etapas. Neste contexto, percebe-se que a degradação pode ser associada à própria definição de qualidade do solo, ou seja, à medida que as características que determinam a qualidade de um solo forem alteradas, estabelece-se um processo de degradação (DIAS & GRIFFITH, 1998).

A associação entre degradação e um determinado status de qualidade requer que primeiramente sejam estabelecidas quais características definem a qualidade de um solo, o que pode ser alcançado pela avaliação dos atributos do solo. Os atributos do solo mais sensíveis ao nível de degradação podem servir como ferramentas da avaliação da qualidade do solo denominadas de indicadores de qualidade. Bons indicadores de qualidade do solo são quantitativos, sensíveis a pequenas variações, reduzidos em número e simples de medir (NORTCLIFF, 2002). Selecionados esses atributos/indicadores, o segundo passo e não menos importante que o primeiro, é a determinação de valores de referência para a qualidade desse solo. Tendo em vista o caráter dinâmico do solo, sempre que possível, não se devem usar padrões fixos para a comparação e tomada de decisão, e sim fazê-la adotando-se valores obtidos a partir de uma área adjacente em condição natural, ou seja, em que não tenha havido a intervenção antrópica.

Além dos atributos físicos e químicos do solo utilizados com eficiência como indicadores de qualidade do solo, como, por exemplo: pH, disponibilidade de nutrientes, teor de matéria orgânica, saturação por alumínio, CTC, condutividade elétrica, estabilidade de agregados, porosidade do solo (DIAS *et al.*, 2007); atualmente, contaminantes, tais como metais pesados, advindos dos resíduos das atividades antrópicas começaram a ser incluídos na lista de indicadores, pois podem alterar as concentrações naturais e prejudicar a funcionalidade dos ecossistemas (CUNHA *et al.*, 2008; CUNHA & NASCIMENTO, 2009).

A avaliação da qualidade do solo, quanto à presença de substâncias químicas, como os metais pesados, deve ser realizada com base nos Valores Orientadores de Referência de Qualidade (VRQs), de Prevenção (VPs) e de Investigação (VIs) (CONAMA, 2009). Tais valores dão suporte às diretrizes de gerenciamento de áreas contaminadas em decorrência de atividades antrópicas. Encontram-se estabelecidos na Resolução CONAMA nº. 420/2009 apenas os VPs e VIs, assim, cumpre destacar que, em virtude das peculiaridades regionais, da diversidade geológica e de solos, bem como, de clima, relevo e vegetação, é exigência desta resolução que cada Estado estabeleça seus próprios VRQs.

Tendo em vista a progressiva acentuação dos problemas ambientais, fica evidente o quanto é necessário investir na construção de referências e definir atributos sensíveis ao manejo e uso do solo e de fácil determinação para serem utilizados como indicadores de qualidade do solo em programas de monitoramento ambiental, com a finalidade de evitar e/ou reverter a degradação do meio ambiente.

3-QUALIDADE DO SOLO EM MINAS ATIVAS

Embora o conhecimento das alterações nos atributos físicos e químicos do solo resultantes da mineração seja de suma importância para a adoção das medidas de correção das áreas mineradas mais adequadas e consequente sucesso do programa de recuperação ambiental, observa-se, na realidade, uma lacuna na literatura de estudos que avaliem a condição de qualidade do solo durante o desenvolvimento da atividade.

De maneira geral, solos de áreas mineradas apresentam perda drástica dos teores de matéria orgânica, carbono orgânico e nitrogênio do solo, assim como o aumento do pH, condutividade elétrica, densidade do solo e das concentrações de metais pesados (SHRESTHA & LAL, 2011; IAVAZZO *et al.*, 2012). Além disso, a remoção das camadas superiores do solo provoca perda de estrutura e funcionalidade, com consequente redução da biodiversidade (MENTA *et al.*, 2014).

Em uma mina de magnesita, localizada na China, a emissão de poeiras e geração de resíduos com grandes quantidades de magnésio resultaram na degradação da qualidade do solo refletida pelo aumento do pH, da relação Mg^{2+}/Ca^{2+} na solução do solo, da densidade do solo e da dispersibilidade da argila, e pela redução da porosidade do solo e do fósforo disponível (FU *et al.*, 2011). O estudo concluiu também que os indicadores de degradação mais sensíveis, dentre 14 atributos do solo analisados, de acordo com a análise de discriminante foram os teores de magnésio total, de cálcio solúvel e de fósforo disponível. Logo, a utilização desses atributos facilitaria o monitoramento da qualidade do solo em minas de magnesita, permitindo a redução dos recursos e tempo requeridos.

Recentemente um estudo demonstrou que W, Mo, Cu, Sn e, de forma menos significativa, Zn, são disponibilizados a partir das pilhas de rejeito descobertas em minas de scheelita localizadas no semiárido tropical (PETTA *et al.*, 2014). Os autores desse estudo concluíram que caso sejam disponibilizadas maiores quantidades desses metais e se as condições de transporte permanecerem constantes ou tornarem-se mais eficientes, a qualidade da água do reservatório Gargalheiras, importante reservatório de abastecimento de água para a região, pode ser deteriorada no futuro.

O foco dos estudos no aporte de metais pesados em áreas de minas ativas justifica-se pela notável preocupação acerca da contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas e das culturas alimentares por tais elementos. Os metais pesados podem ser bioacumulados na vegetação, a qual é via de entrada na cadeia trófica, e em altas concentrações podem se tornar prejudiciais à saúde humana e dos animais (MAIGA *et al.*, 2005). Se os metais pesados são apontados como cancerígenos, seu acúmulo em vegetais e frutas pode aumentar o risco de câncer em pessoas que consomem esses alimentos (PERALTA-VIDEA *et al.*, 2009).

Populações residentes nas proximidades de minas têm sido afetadas pela contaminação por metais pesados conforme demonstram alguns estudos (LACATUSU *et al.*, 1996; PRUVOT *et al.*, 2006; KEDE *et al.*, 2008). LACATUSU *et al.* (1996) relataram que o solo e vegetais contaminados com Pb e Cd em Copsa Mica

e Baía Mare, na Romênia, contribuíram significativamente para a redução da expectativa de vida nas áreas afetadas, reduzindo a idade da mortalidade média em 9-10 anos. Na antiga área de mineração Metaleurop Nord, localizada na França, o número de doenças (p. ex., câncer e malformações) é cerca de dez vezes superior à média nacional e mais de 10% das crianças que vivem em seus arredores têm níveis de chumbo superiores a $100 \mu\text{g L}^{-1}$ no sangue (PRUVOT *et al.*, 2006), limite máximo de segurança recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

4-QUALIDADE DO SOLO EM MINAS ABANDONADAS

Após o encerramento das atividades, o abandono das minas resulta, frequentemente, em ambientes susceptíveis a processos erosivos e com extensas áreas de disposição de resíduos, os quais podem tornar-se uma importante fonte de contaminação do ambiente através da dispersão eólica e da erosão hídrica (MENDEZ & MAIER, 2008). Na mina abandonada Kettara, em Marrocos, as pilhas de rejeito cobrem uma área de 37 ha, que corresponde a aproximadamente 22% da área total de mineração (EL AMARI *et al.*, 2014). Em Podljubelj, na Eslovênia, estima-se que a quantidade total de resíduos gerados na mina de mercúrio, que esteve em operação de 1557 a 1902, seja de aproximadamente 170.000 toneladas (TERŠIČ *et al.*, 2008).

Em vista disso, não é de se admirar que muitos casos de contaminação química têm sido descritos em antigas áreas de mineração, onde quantidades significativas de vários elementos foram mobilizadas pelo intemperismo e lixiviação dos resíduos das minas abandonadas (FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2006; NAVARRO *et al.*, 2008; TERŠIČ *et al.*, 2008). Assim, este abandono expõe uma maior área de influência aos efeitos negativos da mineração, devendo sempre ser evitado.

A maioria dos locais de disposição de resíduos da mineração é desprovida de vegetação e a atividade microbiana é escassa (MOYNAHAN *et al.*, 2002; MENDEZ *et al.*, 2007), visto que rejeitos de minas apresentam condições físico-químicas inadequadas: elevadas concentrações de metais pesados fitodisponíveis (KELLY *et al.*, 2014), baixos teores dos nutrientes que suportam o crescimento biológico (N, P, K), seu pH varia desde muito ácido (pH 2) até alcalino (pH 9) dependendo do teor de carbonato ou do potencial de geração de ácido, são compostos, principalmente, por silte ou areia, quase não contêm matéria orgânica e apresentam baixa capacidade de retenção de água (MENDEZ & MAIER, 2008). Areia e matéria orgânica estão intrinsecamente relacionados com a capacidade do solo de liberar ou conter compostos químicos, respectivamente (FERNANDES *et al.*, 2003). Logo, percebe-se a predisposição dos rejeitos de minas à lixiviação dos poluentes e contaminação das águas subterrâneas. A revegetação desses rejeitos é, portanto, uma boa estratégia para amenizar esta situação, porque a copa das

plantas serve para reduzir a dispersão eólica, enquanto que as raízes das plantas ajudam a prevenir a erosão hídrica e lixiviação (ASENSIO *et al.*, 2013).

Apesar dos efeitos adversos que o abandono de minas impõe ao ambiente, há estudos que relatam ocorrências de sucessão espontânea resultante de processos de recuperação natural (FROUZ *et al.*, 2008; BURGOS *et al.*, 2013), isto é, quando não há intervenção antrópica e o desenvolvimento do solo é promovido apenas por processos naturais (HELINGEROVÁ *et al.*, 2010).

A compreensão dos processos naturais de desenvolvimento vegetal e do solo em minas abandonadas pode ser de grande importância prática e econômica, uma vez que a maioria das tecnologias de recuperação baseia-se na melhoria dos processos de sucessão natural através da revegetação e a sucessão em si pode ser também uma tecnologia de recuperação bem sucedida, pois muitos dos objetivos de recuperação da revegetação podem ser alcançados através da sucessão espontânea (BRADSHAW, 1997). Analisar as alterações nos atributos físicos e químicos do solo de locais não recuperados onde houve a sucessão espontânea e de locais recuperados com plantio planejado permite avaliar o efeito da prática de recuperação em comparação com a situação em que nenhuma ação foi tomada (HELINGEROVÁ *et al.*, 2010). Salienta-se que o resultado da revegetação espontânea é fortemente influenciado pelas condições do local (EVANS *et al.*, 2013), como, por exemplo, características do solo e regime de umidade. É importante frisar que a adoção de técnicas de recuperação de áreas degradadas permite uma recuperação mais rápida e confiável.

5- QUALIDADE DO SOLO EM MINAS RECUPERADAS OU EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO

Após o encerramento das atividades de mineração, é necessário mitigar seus impactos, restaurando a paisagem e todas as suas funções (SVOBODOVA *et al.*, 2012). Com este desafio a ser alcançado, estudos que avaliam as condições ambientais de minas em processo de recuperação retiram o foco do aporte de metais pesados e passam a focar na estruturação e descompactação do solo, e adição de matéria orgânica e microrganismos que fixam o nitrogênio (LIMA *et al.*, 2012; MENTA *et al.*, 2014; ZHAO *et al.*, 2013; KELLY *et al.*, 2014; MUKHOPADHYAY *et al.*, 2014). Neste contexto, um dos principais objetivos da recuperação de ecossistemas em áreas degradadas pela mineração é o desenvolvimento de solos funcionais com níveis adequados de matéria orgânica e nitrogênio, e ciclagem ativa de nutrientes (ŠOURKOVÁ *et al.*, 2005). Salienta-se que, no Brasil, as diretrizes para a elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração estão estabelecidas na NBR 13030:1999 (ABNT, 1999).

Os solos de minas recuperadas (*reclaimed mine soils*) são solos construídos (ou seja, antropogênicos) durante o processo de recuperação das áreas de mineração e, portanto, são solos jovens que estão se desenvolvendo a partir da mistura de material rochoso fragmentado e pulverizado com o solo original

(SENCINDIVER & AMMONS, 2000). Sendo assim, as propriedades físicas e químicas desses solos construídos são drasticamente alteradas em comparação as existentes no solo na condição pré-mina (GUEBERT & GARDNER, 2001).

Os solos construídos apenas recebem a denominação “solos de mina recuperada” quando os materiais utilizados na construção do solo começam a ser intemperizados e apresentam a capacidade de propiciar o crescimento das plantas (DANIELS, 1996). Ao longo do tempo, o intemperismo dos fragmentos de rocha promove transformações físicas e químicas, desenvolvendo horizontes detectáveis, e há a acumulação de matéria orgânica; com isso os materiais rochosos e geológicos começam a se comportar como solos naturais (DANIELS, 1996).

O tráfego de máquinas pesadas utilizadas para transportar grandes volumes de materiais durante os processos de extração do minério e construção do solo resulta na desestruturação, mistura e compactação do solo (SCHROEDER *et al.*, 2010), a qual aumenta a densidade do solo e diminui a porosidade. De fato, solos construídos em áreas de mina apresentam elevada densidade do solo ($1,82 \text{ g cm}^{-3}$, USSIRI *et al.*, 2006) e quantidade de fragmentos de rocha ($\geq 65\%$, ROBERTS *et al.*, 1988), sendo geralmente caracterizados por baixas taxas de infiltração (GUEBERT & GARDNER, 2001) e falta de estrutura (INDORANTE *et al.*, 1981). Observa-se que há um desequilíbrio na proporção dos tamanhos das partículas do solo construído refletido pelo aumento da quantidade de partículas de areia (61,2%) e diminuição da quantidade de silte (27,7%) e argila (11,1%) (GHOSE, 2004).

A redução da porosidade em solos construídos compactados ocasiona má aeração, restrição do crescimento radicular e diminuição da retenção de água (SEYBOLD *et al.*, 2004). Portanto, a compactação do solo é um importante fator limitante na restauração da vegetação nativa nos solos construídos (SINNETT *et al.*, 2008).

Alterações nos atributos químicos decorrentes das atividades de mineração e recuperação também são inevitáveis. Geralmente, solos construídos apresentam aumento de pH e condutividade elétrica, perda drástica das concentrações de carbono orgânico ($>70\%$) e de nitrogênio ($>65\%$) (GANJEGUNTE *et al.*, 2009; SHRESTHA & LAL, 2011), e maiores teores de cálcio e sódio trocáveis e igual ou maior teor de magnésio trocável em comparação ao solo original (INDORANTE *et al.*, 1981).

SHRESTHA & LAL (2011), ao estudarem os efeitos da mineração de carvão e dos processos de recuperação sobre os atributos físicos e químicos do solo em Ohio, Estados Unidos, verificaram que os solos construídos apresentavam perda drástica das concentrações de carbono orgânico e nitrogênio e aumento do pH, condutividade elétrica e densidade do solo. O pH do solo é importante para a recuperação de solos construídos visto que influencia a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Na maioria dos locais avaliados, o aumento do pH do solo não ultrapassou a faixa ideal para o crescimento das plantas, exceto em Jefferson (Noble County), onde o pH neutro do solo antes da mineração aumentou para o nível moderadamente alcalino após a recuperação.

CAMPOS *et al.* (2003), analisando solos construídos em uma antiga mina de carvão na região de Lauro Müller, em Santa Catarina, encontraram valores de condutividade elétrica que variaram de 0,01 a 2,5 S m⁻¹ na profundidade de 20 cm em uma mesma área. Cabe ressaltar que culturas sensíveis às elevadas concentrações de sais podem ser afetadas por condutividades elétricas de 0,1 S m⁻¹ ou menores (DANIELS, 1996).

6- RECUPERAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS: RECOMPOSIÇÃO TOPOGRÁFICA E CONSTRUÇÃO DO SOLO

Processos deficientes de recuperação de áreas mineradas resultam em solos com propriedades físicas, químicas e microbiológicas seriamente alteradas, como desestruturação física, acidez ou alcalinidade elevada e baixa atividade biológica (CAMPOS *et al.*, 2003; LUNARDI NETO *et al.*, 2008). Por isso, faz-se necessário conhecer e selecionar as técnicas de recuperação para obter sucesso na mitigação dos impactos negativos das áreas degradadas pela atividade de mineração.

Em vista das alterações significativas provocadas pela mineração na paisagem local, a recomposição topográfica torna-se indispensável e o primeiro passo no processo de recuperação das áreas mineradas. As ações de recomposição topográfica visam não apenas restaurar o equilíbrio geomorfológico, hídrico e ecológico da paisagem (HENDRYCHOVÁ, 2008), mas também restaurar ou criar o seu valor estético (SKLENIČKA & KAŠPAROVÁ, 2008).

Na literatura, há duas abordagens principais utilizadas para a recomposição topográfica das áreas mineradas: a geomorfológica, mais comum, que enfatiza os efeitos *off site* da erosão e a ecológica, centrada nos efeitos *on site*. A geomorfológica objetiva evitar qualquer efeito negativo sobre qualidade da água dos corpos hídricos existentes na área de influência da mina, sendo assim o relevo deve exportar a menor quantidade possível de escoamento e sedimentos para corpos d'água a jusante. A ecológica, por outro lado, estabelece a reconstrução do relevo de forma integrada ao solo e a vegetação com vistas a otimizar a restauração dos processos ecológicos essenciais (NICOLAU, 2003). O cenário ideal seria admitir tanto uma ênfase quanto outra no momento de selecionar e planejar as técnicas de recuperação de áreas degradadas.

Após a recomposição topográfica, o processo de recuperação é sucedido pela construção dos solos nas áreas de lavra, isto é, o solo é construído em decorrência do preenchimento das cavas exploradas. Deste modo, é válido destacar que os estudos que têm sido desenvolvidos com os objetivos de averiguar o êxito dos processos de recuperação e o desenvolvimento do solo construído, avaliando sua qualidade e realizando seu monitoramento, não estendem a avaliação da qualidade do solo para toda a extensão da área de influência da mineração, ou seja, é evidente a ausência de estudos que investiguem as alterações no solo de antigas áreas de disposição de estéréis e rejeitos e de contenção das águas residuárias.

Para reduzir e mitigar as alterações nas propriedades dos solos construídos é imprescindível que os horizontes do solo e as estruturas geológicas removidos sejam repostos conforme a sequência original em que se apresentavam no ambiente (QUIÑONES *et al.*, 2008), para isso é essencial que os materiais removidos sejam preservados separadamente (LUNARDI NETO *et al.*, 2008). Porém, a falta de planejamento inicial na exploração inviabiliza a reposição na sequência semelhante a original. Consequentemente, o preenchimento das cavas exploradas ocasiona a inversão dos horizontes do solo original, isto é, horizontes mais profundos e menos intemperizados, constituídos por materiais pouco estruturados e altamente susceptíveis à erosão, são depositados superficialmente. Além disso, os horizontes do solo original, geralmente, são perdidos ou misturados nas pilhas de rejeito e estéril (BRADSHAW, 1997), contribuindo para a redução da capacidade do solo construído de propiciar o desenvolvimento vegetal, pois o horizonte superficial do solo tem de ser preservado por ser componente fundamental para o crescimento da vegetação, a incapacidade de preservá-lo é um dos principais entraves para a recuperação de antigas minas (GHOSE, 2004).

Salienta-se, porém, que o armazenamento dos horizontes do solo por si só não garante a qualidade do solo construído, visto que as condições físicas, químicas e microbiológicas do solo se deterioram rapidamente em função do período de tempo significativo que, geralmente, decorre entre a remoção do solo e a redistribuição do mesmo sobre a área a ser recuperada (MENTA *et al.*, 2014). As mudanças na qualidade do solo são drásticas no primeiro ano após o armazenamento e continuamente se deteriora a cada ano, até o solo se tornar biologicamente estéril (GHOSE, 2004). Por isso, a camada superficial do solo estocado deve ser recuperada biologicamente a fim de evitar que o ciclo de nutrientes seja rompido pela redução da atividade microbiológica e os nutrientes sejam perdidos devido à lixiviação e erosão (GHOSE, 2004). O ideal seria não estocar o solo original, repondo seus horizontes nas cavas exploradas sequencialmente, ou seja, o material removido de uma cava recém-explorada deveria ser utilizado para o preenchimento de outras, evitando-se também a exposição prolongada dos materiais estéreis extraídos às condições ambientais.

O preenchimento das cavas com o retorno dos horizontes do solo é realizado por máquinas de grande porte, dessa forma, a compactação em solos construídos em minas recuperadas é um problema para as atuais práticas de recuperação e o processo de construção dos solos requer um tratamento da superfície do solo visando a descompactação. A compactação pode ser minimizada pela utilização de equipamentos leves, redução do tráfego de veículos pesados, aplicação de materiais orgânicos, gradagem leve dos horizontes superficiais e subsolagem (SHRESTHA & LAL, 2011), que consiste na desagregação do substrato compactado em profundidade. A utilização de espécies de plantas de cobertura também é uma estratégia para minimizar a compactação do solo (JIMENEZ *et al.*, 2008), sobretudo espécies com sistema radicular bastante agressivo, pois suas raízes têm a capacidade de quebrar a camada de solo compactado e formar poros importantes para o movimento da água e difusão dos gases no solo (MÜLLER *et al.*, 2001).

A revegetação corresponde a uma das últimas etapas do processo de recuperação de áreas mineradas e apresenta a capacidade de recuperar a fertilidade do solo e melhorar o microclima (SINGH *et al.*, 2002). No decorrer do tempo, a sucessão natural acelera o processo de formação do solo (MUKHOPADHYAY *et al.*, 2014).

Pode-se deduzir que as características físicas, químicas e microbiológicas dos solos construídos dependem evidentemente dos materiais utilizados e processos construtivos que os originou. Portanto, confirma-se a importância da elaboração de diagnósticos prévios da qualidade do solo que orientem as medidas necessárias à correção do solo, principalmente quando o objetivo final é a revegetação.

7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação acerca da contaminação do solo, dos mananciais superficiais e subterrâneos e das culturas alimentares por metais pesados tem justificado o desenvolvimento de estudos que investigam o aporte de metais a partir de pilhas de rejeito e estéril em minas ativas ou abandonadas. Contudo, percebe-se nos âmbitos da literatura nacional e internacional que há reduzido número de estudos que investigam as alterações nos atributos físicos e químicos do solo decorrentes do desenvolvimento da atividade de mineração. Compreender as alterações dos atributos do solo e como elas concorrem para ampliação da degradação ambiental facilitaria a aplicação de medidas de controle e a tomada de decisão para recuperação das áreas mineradas.

Em virtude do potencial de degradação da atividade de mineração, a avaliação da qualidade do solo em áreas mineradas deve compreender toda a extensão da área de influência das minas, não se restringindo a investigação da qualidade do solo construído na área de lavra.

É válido salientar a importância da elaboração de diagnósticos dos resíduos gerados e da qualidade do solo, que orientem as medidas necessárias à redução de impactos gerados e à correção do solo, a fim de que os programas de recuperação de áreas degradadas pela mineração obtenham êxito. Além da condução de diagnósticos ambientais, deve-se também proceder com o monitoramento da qualidade do solo em longo prazo após a implantação das medidas mitigadoras. Em decorrência do caráter dinâmico do solo e da ausência de padrões fixos de qualidade que sirvam para todo e qualquer tipo de solo, a operacionalização do monitoramento necessita que sejam estabelecidas referências locais de qualidade, adotando-se os valores obtidos a partir de uma área próxima com pouca ou nenhuma intervenção antrópica, que corresponde à qualidade natural do solo e condição a ser alcançada com o processo de recuperação ambiental.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13030**: elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração. São Paulo, 5 p., 1999.

ANDRADE, M. G.; MELO, V. F.; GABARDO, J.; SOUZA, L. C. P.; REISSMANN, C. B. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo: I - fitoextração. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, p. 1879-1888, 2009a.

ANDRADE, M. G.; MELO, V. F.; SOUZA, L. C. P.; GABARDO, J.; REISSMANN, C. B. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II - formas e disponibilidade para plantas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, p. 1889-1897, 2009b.

ASENSIO, V.; VEGA, F. A.; SINGH, B. R.; COVELO, E. F. Effects of tree vegetation and waste amendments on the fractionation of Cu, Cr, Ni, Pb and Zn in polluted mine soils. **Science of The Total Environment**, v. 443, p. 446-53, 2013.

BARROS, Y. J.; MELO, V. F.; KUMMER, L.; SOUZA, L. C. P.; AZEVEDO, J. C. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1385-1404, out./dez. 2011.

BRADSHAW, A. Restoration of mined lands—using natural processes. **Ecological Engineering**, v. 8, p. 255-269, 1997.

BRASIL. Decreto n. 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção I, p. 5571. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm> Acesso em: 12 set. 2014.

BURGOS, P.; MADEJÓN, P.; MADEJÓN, E.; GIRÓN, I.; CABRERA, F.; MURILLO, J. M. Natural remediation of an unremediated soil twelve years after a mine accident: Trace element mobility and plant composition. **Journal of Environmental Management**, v. 114, p. 36-45, 2013.

CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; SOUZA, L. S. Avaliação de três áreas de solo construídos após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n. 6, p.1123-1137, nov./dez. 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n. 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, de 17/02/86, p. 2548-2549. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 12 set. 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n. 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, de 30/12/2009, p.81-84. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res42009.pdf>> Acesso em: 04 maio 2015.

CUNHA, K. P. V.; NASCIMENTO, C. W. A. Silicon effects on metal tolerance and structural changes in maize (*Zea mays* L.) Grown on a cadmium and zinc enriched soil. **Water Air Soil Pollution**, v. 197, p. 323-330, 2009.

CUNHA, K. P. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; PIMENTEL, R. M. M.; ACCIOLY, A. M. A; SILVA, A. J. Disponibilidade, acúmulo e toxidez de cádmio e zinco em milho cultivado em solo contaminado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.6, p. 1319-1328, 2008.

DANIELS, W. L. Manipulating the chemical properties of soil and mining wastes. In: Alvarez V. H. *et al.* **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, p. 869-897, 1996.

DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. In: NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do solo, p. 956-990, 2007.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, p. 1-7. 1998.

EL AMARI, K.; VALERA, P.; HIBTI, M.; PRETTI, S.; MARCELLO, A.; ESSARRAJ, S. Impact of mine tailings on surrounding soils and ground water: Case of Kettara old mine, Morocco. **Journal of African Earth Sciences**, v. 100, p. 437-449, 2014.

EVANS, D. M.; ZIPPER, C. E.; BURGER, J. A.; STRAHM, B. D.; VILLAMAGNA, A. M. Reforestation practice for enhancement of ecosystem services on a compacted

surface mine: Path toward ecosystem recovery. **Ecological Engineering**, v. 51, p. 16-23, 2013.

FERNANDES, M. C.; COX, L.; HERMOSÍN, M. C.; CORNEJO, J. Adsorption–desorption of metalaxyl as affecting dissipation and leaching in soils: role of mineral and organic components. **Pest Management Science**, v. 59, p. 545–52, 2003.

FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, R.; LOREDO, J.; ORDÓÑEZ, A.; RUCANDIO, M. I. Physicochemical characterization and mercury speciation of particle-size soil fractions from an abandoned mining area in Mieres, Asturias (Spain). **Environmental Pollution**, v. 142, p. 217-226, 2006.

FROUZ, J.; PRACH, K.; PIŽL, V.; HÁNĚL, L.; STARÝ, J.; TAJOVSKÝ, K.; MATERNA, J.; BALÍK, V.; KALČÍK, J.; ŘEHOUNKOVÁ, K. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, p. 109-121, 2008.

FU, S. S.; LI, J.; FENG, Q.; LI, X. J.; LI, P.; SUN, Y. B.; CHEN, Y. Soil quality degradation in a magnesite mining area. **Pedosphere**, v. 21, n. 1, p. 98-106, 2011.

GANJEGUNTE, G. K.; WICK, A. F.; STAHL, P. D.; VANCE, G. F. Accumulation and composition of total organic carbon in reclaimed coal mine lands. **Land Degradation e Development**, v. 20, p. 156–175, 2009.

GHOSE, M. K. Effect of opencast mining on soil fertility. **Journal of Scientific and Industrial Research India**, v. 63, p. 1006–1009, 2004.

GUEBERT, M. D.; GARDNER, T. W. Macropore flow on a reclaimed surface mine: infiltration and hillslope hydrology. **Geomorphology**, v. 39, p. 151–169, 2001.

HELINGEROVÁ, M.; FROUZ, J.; ŠANTRŮČKOVÁ, H. Microbial activity in reclaimed and unreclaimed post-mining sites near Sokolov (Czech Republic). **Ecological Engineering**, v. 36, p. 768–776, 2010.

HENDRYCHOVÁ, M. Reclamation success in post-mining landscapes in the Czech Republic: a review of pedological and biological studies. **Journal of Landscape Studies**, v. 1, p. 63–78, 2008.

I(AVAZZO, P.; DUCCI, D.; ADAMO, P.; TRIFUOGGI, M.; MIGLIOZZI, A.; BONI, M. Impact of Past Mining Activity on the Quality of Water and Soil in the High Moulouya Valley (Morocco). **Water, Air, e Soil Pollution**, v. 223, p. 573-589, 2012.

INDORANTE, S. J.; JANSEN, I. J.; BOAST, C. W. Surface mining and reclamation: initial changes in soil character. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 347–351, 1981.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 116–121, 2008.

KARLEN, D. L., MAUSBACH, M. J., DORAN, J. W., CLINE, R. G., HARRIS, R. F., SCHUMAN, G. E. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p. 4-10, 1997.

KEDE, M. L. F. M.; MOREIRA, J. C.; MAVROPOULOS, H.; ROSSI, A. M.; BERTOLINO, M. C.; PEREZ, D. V.; ROCHA, N. C. C. Estudo do comportamento do chumbo em latossolos brasileiros tratados com fosfatos: contribuições para a remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 579-584, 2008.

KELLY, C. N.; PELTZ, C. D.; STANTON, M.; RUTHERFORD, D. W.; ROSTAD, C. E. Biochar application to hardrock mine tailings: Soil quality, microbial activity, and toxic element sorption. **Applied Geochemistry**, v. 43, p. 35–48, 2014.

LACATUSU R.; RAUTA C.; CARSTEAN S.; GHELASE I. Soil–plant–man relationships in heavy metal polluted area in Romania. **Applied Geochemistry**, v. 11, p. 105–107, 1996.

LIMA, C. L. R.; MIOLA, E. C. C.; TIMM, L. C.; PAULETTO, E. A.; SILVA, A. P. Soil compressibility and least limiting water range of a constructed soil under cover crops after coal mining in Southern Brazil. **Soil e Tillage Research**, v. 124, p. 190–195, 2012.

LUNARDI NETO, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; ALMEIDA, J. A.; MAFRA, A. L.; MEDEIROS, J. C.; ALBERTON, A. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1379-1388, 2008.

MAIGA, A.; DIALLO, D.; BYE, R.; PAULSEN, B. S. Determination of some toxic and essential metal ions in medicinal and edible plants from Mali. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 2316-2321, 2005.

MENDEZ, M. O.; GLENN, E. P.; MAIER, R. M. Phytostabilization potential of quailbush for mine tailings: growth, metal accumulation, and microbial community changes. **Journal of Environmental Quality**, v. 36, p. 245–253, 2007.

MENDEZ, M. O.; MAIER, R. M. Phytoremediation of mine tailings in temperate and arid environments. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, v. 7, p. 47–59, 2008.

MENTA, C.; CONTI, F. D.; PINTO, S.; LEONI, A.; LOZANO-FONDÓN. Monitoring soil restoration in an open-pit mine in northern Italy. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 22–19, 2014.

MONCUR, M. C.; PTACEK, C. J.; BLOWES, D. W.; JAMBOR, J. L. Release, transport and attenuation of metals from an old tailings impoundment. **Applied Geochemistry**, v. 20, p. 639–659, 2005.

MOYNAHAN O. S.; ZABINSKI C. A.; GANNON J. E. Microbial community structure and carbon-utilization diversity in a mine tailings revegetation study. **Restoration Ecology**, v. 10, p. 77–87, 2002.

MUKHOPADHYAY, S.; MAITI, S. K.; MASTO, R. E. Development of mine soil quality index (MSQI) for evaluation of reclamation success: A chronosequence study. **Ecological Engineering**, v. 71, p. 10–20, 2014.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 531–538, 2001.

NAVARRO, M. C.; PÉREZ-SIRVENT, C.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, M. J.; VIDAL, J.; TOVAR, P. J.; BECH, J. Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: a case study in a semi-arid zone. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 96, p. 183–193, 2008.

NICOLAU, J. M. Trends in relief design and construction in opencast mining reclamation. **Land Degradation & Development**, v. 14, p. 215–226, 2003.

NORTCLIFF, S. Standardisation of soil quality properties. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 88, p. 161–168, 2002.

PERALTA-VIDEA, J. R.; LOPEZ, M. L.; NARAYAN, M.; SAUPE, G.; GARDEA-TORRESDEY, J. The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain. **The International Journal of Biochemistry e Cell Biology**, v. 41, p. 1665–1677, 2009.

PETTA, R. A.; SINDERN, S.; SOUZA, R. F.; CAMPOS, T. F. C. Influence of mining activity on the downstream sediments of scheelite mines in Currais Novos (NE Brazil). **Environmental Earth Sciences**, v. 72, p. 1843:1852, 2014.

PRATAS, J.; PRASAD, M. N. V.; FREITAS, H.; CONDE, L. Plants growing in abandoned mines of Portugal are useful for biogeochemical exploration of arsenic, antimony, tungsten and mine reclamation. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 85, p. 99-107, 2005.

PRUVOT, C.; DOUAY, F.; HERVÉ, F.; WATERLOT, C. Heavy metals in soil, crops and grass as a source of human exposure in the former mining areas. **Journal of Soils and Sediments**, v.6 n. 4, p. 215-220, 2006.

QUIÑONES, O. R. G.; INDA JUNIOR, A. V.; GIASSON, E.; BISSANI, C. A.; DICK, D. P. Características de solos construídos após mineração de carvão relacionadas ao processo de construção e à composição do material utilizado. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1564-1571, 2008.

ROBERTS, J. A.; DANIELS, W. L.; BELL, J. C.; BURGER, J. A. Early stages of mine soil genesis in Southwest Virginia spoil lithosequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 716–723, 1988.

ROMERO, F. M.; ARMIENTA, M. A.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, G. Solid-phase control on the mobility of potentially toxic elements in an abandoned lead/zinc mine tailings impoundment, Taxco, Mexico. **Applied Geochemistry**, v. 22, p. 109–127, 2007.

SCHROEDER, P. D.; DANIELS, W. L.; ALLEY, M. M. Chemical and physical properties of reconstructed mineral sand mine soils in Southeastern Virginia. **Soil Sciences**, v. 175, p. 2–9, 2010.

SENCINDIVER, J. C.; AMMONS, J. T. Minesoil Genesis and Classification. Ch. 23. In: **Reclamation of Drastically Disturbed Lands**. R.I. Barnhisel, W.L. Daniels, and R.G. Darmody (Eds.) Agronomy Series N°. 41. American Society of Agronomy. Madison, WI, 2000.

SEYBOLD, C. A.; GROSSMAN, R. B.; SINCLAIR, H. R.; MCWILLIAMS, K. M.; STRUBEN, G. R.; WADE, S. L. Evaluating soil quality on reclaimed coal mine soils in Indiana. Proceedings of the 2004 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation and The 25th West Virginia Surface Mine Drainage Task Force, April 18–24, 2004. **American Society of Mining and Reclamation**, Lexington, KY, p. 1644–1663, 2004.

SHRESTHA, R.; LAL, R. Changes in physical and chemical properties of soil after surface mining and reclamation. **Geoderma**, v. 161, p. 168-176, 2011.

SINGH, A. N.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, J. S. Plantations as a tool for mine spoil restoration. **Current Science**, v. 82, p. 1436–1441, 2002.

SINNETT, D.; POOLE, J.; HUTCHINGS, T. R. A comparison of cultivation techniques for successful tree establishment on compacted soil. **Forestry**, v. 81, p. 663–679, 2008.

SKLENIČKA, P.; KAŠPAROVÁ, I. Restoration of visual values in a post-mining landscape. **Journal of Landscape Studies**, v. 1, p. 1 – 10, 2008.

SOBREIRA, F. G.; FONSECA, M. A. Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto, Brasil. **Goetecnia**, n. 92, p. 5-28, jul. 2001.

ŠOURKOVÁ, M.; FROUZ, J.; FETTWEIS, U.; BENS, O.; HÜTL, R.F., ŠANTRŮČKOVÁ, H. Soil development and properties of microbial biomass succession in reclaimed postmining sites near Sokolov (Czech Republic) and near Cottbus (Germany). **Geoderma**, v. 129, p. 73–80, 2005.

SVOBODOVA, K.; SKLENICKA, P.; MOLNAROVA, K.; SALEK, M. Visual preferences for physical properties of mining and post-mining landscapes with respect to the sociodemographic characteristics of respondents. **Ecological Engineering**, v. 43, p. 34– 44, 2012.

TERŠIČ, T.; GOSAR, M.; ŠAJN, R. Impact of mining activities on soils and sediments at the historical mining area in Podljubelj, NW Slovenia. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 100, p. 1–10, 2009.

USSIRI, D. A. N.; LAL, R.; JACINTHE, P. A. Soil properties and carbon sequestration of afforested pastures in reclaimed minesoils of Ohio. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 1797–1806, 2006.

ZHAO, Z.; SHAHROUR, I.; BAI, Z.; FAN, W.; FENG, L.; LI, H. Soils development in opencast coal mine spoils reclaimed for 1e13 years in the West-Northern Loess Plateau of China. **European Journal of Soil Biology**, v. 55, p. 40-46, 2013.

ABSTRACT: Mining changes the landscape and soil quality. The absence of measures of health and environmental protection contributes to the increased risk of degradation not only in the mined area, but in the full extent of the area affected by mining. This review aimed evaluates the main changes in soil quality in areas of extraction of ore as well as in abandoned mines or into the reclaim process, highlighting the procedures required to mitigate environmental degradation in these areas in order to restore the essential soil processes and altered ecosystems. In general, soils from mined areas show loss of soil fertility, contamination by heavy metals and compaction. At the national and international scopes, studies developed in mined areas focus to the release of heavy metals into the soil, food crops and surface water and groundwater, highlighting, thus, the scarcity of studies that investigates changes in physical and chemical soil attributes due development of

the mining activity. In reclaimed or in recovery mines, quality assessment is restricted to reclaimed mine soil in the areas of mining, without investigating the changes in soil properties of the area of influence of mining. Reclaimed mine soils generally have high bulk density and amount of coarse fragments, low rate of water infiltration, lack of structure, increasing the pH and electrical conductivity, and loss in the concentrations of organic carbon and nitrogen.

KEYWORDS: environmental degradation; environmental contamination; soil properties.

CAPÍTULO X

AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO CULTIVADO COM MUSA SPP. CV. GRANDE NAINÉ EM MISSÃO VELHA-CE

**Ruana Íris Fernandez Cruz
Sebastião Cavalcante de Sousa
José Valmir Feitosa
Antonia Julliana Sarafim Bezerra
Alyne Araújo da Silva**

AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO CULTIVADO COM MUSA SPP. CV. GRANDE NAINÉ EM MISSÃO VELHA-CE

Ruana Íris Fernandez Cruz

Universidade Federal do Cariri – UFCA
Crato– CE.

Sebastião Cavalcante de Sousa

Universidade Federal do Cariri – UFCA
Crato– CE.

José Valmir Feitosa

Universidade Federal do Cariri – UFCA
Crato– CE.

Antonia Julliana Sarafim Bezerra

Universidade Federal do Cariri – UFCA
Crato– CE.

Alyne Araújo da Silva

Universidade Federal do Cariri – UFCA
Crato– CE.

RESUMO: A banana é considerada a fruta mais produzida do mundo, sendo cultivada em mais de 125 países. O Neossolo Quartzarênico apresenta baixa retenção de água e nutrientes para produção de banana. A presente pesquisa objetivou avaliar variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo em função do manejo do solo com produção de uma área cultivada com bananeira Grande Nainé irrigada. Foram coletadas amostras de solo com o amostrador de Uhland com profundidade de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, recolhidas em um grid de 50 m, entre fileiras de plantas, com 4 repetições. A pesquisa foi conduzida no período de março a maio de 2015. Foram aplicadas as técnicas estatísticas da análises de variância e geoestatística. O pH em água de 0 a 10 cm foi de 7,16 e de 10 a 20 cm de 7,24. A condutividade elétrica ficou abaixo de 0,40 dSm⁻¹. A análise geoestatística evidenciou que os dados não apresentam variabilidade espacial.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de solos, geoestatística, fruticultura irrigada.

1- INTRODUÇÃO

A banana é considerada a fruta mais produzida do mundo, sendo cultivada em mais de 125 países (SIMON, 2014). O continente asiático é responsável por mais da metade da produção mundial (58%) seguido pelo americano (26%) e o africano (14%) (SIMON, 2014), tendo como os principais importadores a União Européia e os Estados Unidos (FAO, 2014). O Brasil produziu em 2014 cerca de 7,1 milhões de toneladas em uma área de 484.833 hectares (IBGE, 2015).

Apesar de possuir um grande número de cultivares, a produção da fruta se concentra em bananas do tipo prata (Prata, Pacovan e Prata-anã), Maçã, Mysore, Cavendish (Nanica, Nanicão e Grande Naine), sendo este subgrupo composto por frutos mais doces, sendo o de maior preferência no mercado internacional (RAKTE et al., 2011).

Segundo a Borges e Souza (2004), umas das principais limitações do Neossolo Quartzarênico para produção de banana é o baixo armazenamento de água. Morin (1967), Tai (1977) e Medina (1985) afirmam que o pH ideal é entre 6,0 e 7,0, pois este proporciona maior disponibilidade de nutrientes para as plantas, enquanto que, a condutividade elétrica para uma área ser considerada adequada para a produção deve ser menor que dois dSm^{-1} (DELVAUX, 1995).

Como ferramenta para uma produção agrícola mais sustentável, a agricultura de precisão tem ganhado destaque, sendo que a mensuração da variabilidade espacial da cultura produzida tem ganhado visibilidade. Neste cenário, a medição da condutividade elétrica aparente do solo CE (dS/m) tornou-se preciosa, para identificar as características físico-químicas do solo e estabelecimento da variação espacial dos padrões de rendimento das culturas (CORWIN et al., 2003). Por meio da Geoestatística foi possível avaliar a correlação entre os atributos químicos do solo e a variabilidade espacial.

A pesquisa objetivou avaliar a variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo em função do manejo do solo com produção de uma área cultivada com bananeira Grande Naine irrigada.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Sítio Barreiras em Missão Velha (CE), na região Cariri, em um solo classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1997), cultivado, a dez anos, com Banana da variedade Grande Naine, irrigada e adubada individualmente, com 18 kg de composto orgânico por semestre e com espaçamento de 3 m por 2,5 m.

O clima é caracterizado como tropical úmido com estação seca, correspondente à classificação Aw de Köppen & Geiger (1928), com regime pluviométrico de 700 a 1.000 mm/ano. A temperatura média anual é de cerca de 27°C.

Foram coletados amostras de solo com o amostrador de Uhland com profundidade de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, recolhidas em um grid de 50 m, entre fileiras de plantas, com quatro repetições. A pesquisa foi conduzida no período de março a maio de 2015.

As amostras retiradas foram levadas para o Laboratório de Manejo de Solos da Universidade Federal do Cariri (UFCA), Centro de Ciências Agrárias e Biodiversidade, Crato-CE, onde foram realizadas as análises de pH em água e cloreto de potássio, através do pHmetro de bolso (EMBRAPA 2011). A análise de

condutividade elétrica foi realizada com o condutivímetro de Bancada (CAMARGO et al, 2009).

As análises estatísticas foram realizadas pela análises de variância usando o “general linear model” (Proc GLM) do programa estatístico SAS, considerando os atributos físico-químicos das profundidades (0 a 10 e 10 a 20) em Neossolos Quartzarênicos cultivados com Musa (spp) em pH H₂O, pH KCl e CE (dS/m). O delineamento foi inteiramente casualizado utilizando-se o teste F de Fischer para mensurar as diferenças a 5% de probabilidade. e a geoestatística foi realizada pelo programa GS+ (ROBERTSON, 1998).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão na Tabela 1, onde não verificou-se diferença estatística, pelo teste F de Fischer ao nível de 5%, nos atributos pH em água e pH em KCl entre as profundidades analisadas, sendo, o primeiro, ligeiramente maior na profundidade de 10 a 20 cm, e, o segundo, ligeiramente maior na primeira profundidade. A condutividade elétrica apresentou diferença estatística entre as profundidades analisadas, sendo superior entre 0 a 10 cm.

O pH em água acima de 7,0 é superior ao afirmado por Morin (1967), Tai (1977) e Medina (1985) e a condutividade elétrica abaixo de 2 dSm⁻¹ como afirma (DELVAUX, 1995). O pH resultou negativo o que caracteriza o solo ser catiônico com cargas disponíveis para a retenção de nutrientes para as plantas.

Profundidade (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	CE (dS/m)
0 a 10	7,16 a	6,71 a	0,40 a
10 a 20	7,24 a	6,63 a	0,23 b

Notas: CE-Conductividade elétrica; *Os valores seguidos de mesma letra, entre as profundidades, não diferem entre si pelo teste F de Fischer ao nível de 5%.

Tabela 1 – Variação de atributos físico-químicos da profundidade em Neossolos Quartzarênicos cultivados com Musa (spp):

A irrigação contínua, a textura arenosa do solo e a aplicação contínua anual de composto orgânico estão contribuindo com a boa qualidade físico-química do solo.

A análise geoestatística evidenciou o efeito pepita pura proporcionado pela não distribuição normal dos dados, significando que os dados não apresentam variabilidade com o espaço.

As Figuras 1 a 6 apresentam as distribuições dos atributos pH em água e de pH em KCl e condutividade elétrica, nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm. A interpolação dos dados foi realizada utilizando o inverso das distâncias

dos pontos amostrados. Observa-se que os atributos variam no espaço, apesar de não apresentar variabilidade espacial, ou seja, os dados são independentes.

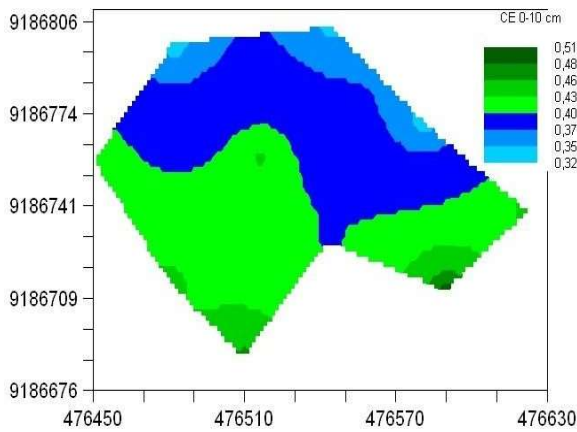


Figura 1- Mapa com a condutividade elétrica do solo de 0 a 10 cm
Fonte: Dos autores, 2015

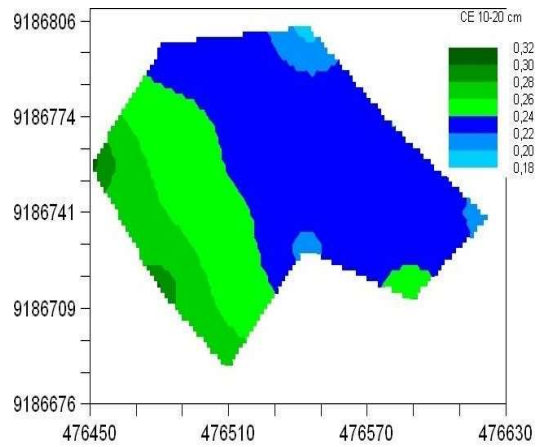


Figura 2 - Mapa de condutividade elétrica do solo de 10 a 20 cm
Fonte: Dos autores, 2015

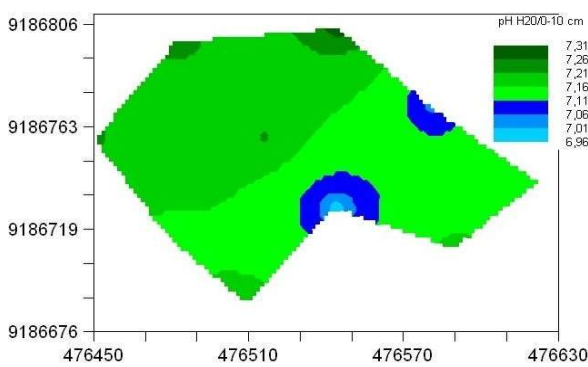


Figura 3 - Mapa de pH em água do solo de 0 a 10 cm
Fonte: Dos autores, 2015

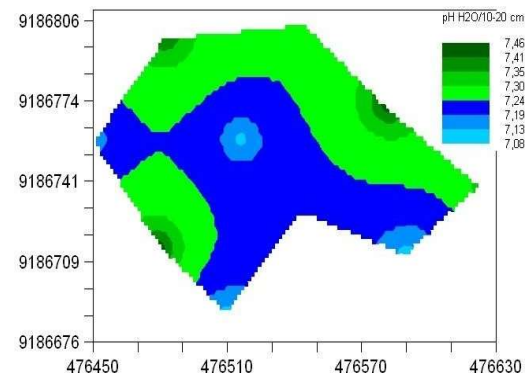


Figura 4- Mapa de pH em água do solo de 10 a 20 cm
Fonte: Dos autores, 2015

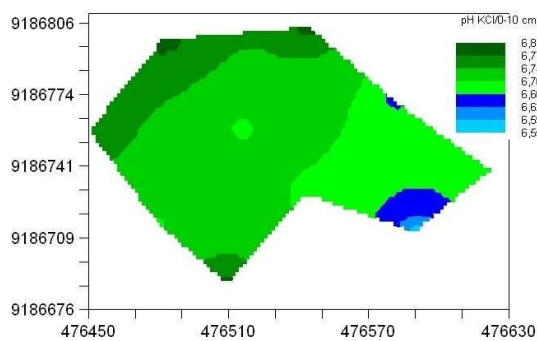


Figura 5- Mapa de pH em KCl do solo de 0 a 10 cm
Fonte: Dos autores, 2015

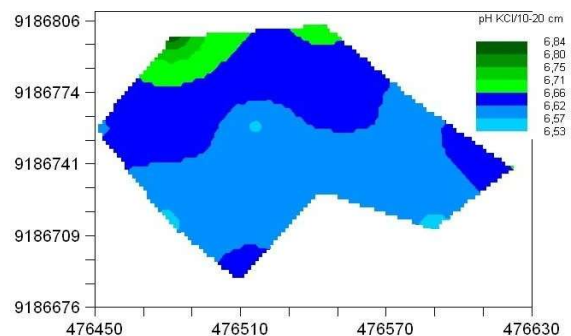


Figura 6- Mapa de pH em KCl do solo de 10 a 20 cm
Fonte: Dos autores, 2015

4. CONCLUSÃO

Não existe variabilidade espacial no solo analisado. O cultivo de *Musa* (spp) cv. Grande Naine irrigado não está proporcionando perda de qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

CAMARGO, O. A. et al. 1 ed. Campinas: **Instituto Agrônômico**, 2009. 77p.

CORWIN, D. L. & LESCH, S. M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. **Agronomy Journal**: 95: 455- 471, 2003.

DELVAUX, B. Soils. In: GOWEN, S. **Banana and plantains**. 1 ed. London: **Chapman & Hall**, 1995. 257p.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: **Embrapa**, 1997. 212p.

FAO. **Banana market review and Banana Statistics 2012-2013**. 1 ed. Rome: FAO. 2014. 34p.

MEDINA, J.C. **Banana-Cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. Campinas: ITAL, 1985. p. 1-131.

MORIN, C. **Cultivo de Frutales Tropicais**. 1 ed. Lima: **Librerias ABC S.A**, 1967.448p.

IBGE, Produção Agrícola. Disponível em: <
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/>>. Acesso em 08 jun. 2015.

RAKTE, R.F., et al. Desenvolvimento e produção de bananeiras ThapMaeo e Prata-Anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**: 2011: 277p-288p.

ROBERTSON, G.P. **GS: Geostatistics for the environmental sciences (version 5.1 for windows)**. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.

SIMON, A. A. et al. **Síntese anual da Agricultura de Santa Catarina- 2012/2013**. 1 ed. Florianópolis: Epagri. 2014. p. 18-25.

TAI, E. A. Banana. 1ed.Nova York: **Academic Press**, 1977. p. 441-460.

ABSTRACT: Banana is considered the most produced fruit of the world, being cultivated in more than 125 countries. The Quartzarenic Neosol presents low retention of water and nutrients for banana production. The present study aimed to evaluate the spatial variability of soil physical and chemical attributes as a function of soil management with the production of an irrigated Grande Naine banana. Soil samples were collected with a Uhland sampler with a depth of 0 to 10 cm and 10 to 20 cm, collected in a grid of 50 m, between rows of plants, with 4 replicates. The research was conducted from March to May 2015. Statistical techniques of analysis of variance and geostatistics were applied. The water pH of 0 to 10 cm was 7.16 and 10 to 20 cm of 7.24. The electrical conductivity was below 0.40 dSm⁻¹. The geostatistical analysis showed that the data do not present spatial variability.

KEYWORDS: Soil management, geostatistics, irrigated fruit growing.

CAPÍTULO XI

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE SEDIMENTOS COMO CONDICIONANTE DE SOLO: ESTUDO DE CASO DA LAGOA DA URUSSANGA VELHA (BALNEÁRIO RINCÃO - SC)

**Émilin de Jesus Casagrande de Souza
Fernando Basquioto de Souza
Marcos Back**

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE SEDIMENTOS COMO CONDICIONANTE DE SOLO: ESTUDO DE CASO DA LAGOA DA URUSSANGA VELHA (BALNEÁRIO RINCÃO - SC)

Émilin de Jesus Casagrande de Souza

Engenheira Ambiental na Atta Engenharia, email: emilin@atta.eng.br
Criciúma – SC

Fernando Basquiroto de Souza

Pesquisador no Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), email: fbs@unesc.net
Criciúma – SC

Marcos Back

Professor e Pesquisador da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), email: mba@unesc.net
Criciúma – SC

RESUMO: No entorno da lagoa da Urussanga Velha, diversas ações antrópicas vem sendo desenvolvidas fazendo com que sedimentos sejam carregados para a lagoa, assoreando-a. Para sua recuperação, processos de dragagem devem ser realizados, mas a destinação do material dragado deve ser objeto de estudos. Assim, avaliou-se o potencial de utilização dos sedimentos da Lagoa da Urussanga Velha como condicionante do solo. Avaliou-se diversos parâmetros químicos e físicos, tais como pH (H₂O); índice SMP; acidez potencial; alumínio; cálcio; magnésio; sódio; teor de argila; matéria orgânica; ferro; manganês; zinco; fósforo; nitrogênio; potássio; capacidade de troca de cátions (CTC); enxofre; molibdênio; boro, cobre e granulometria. O sedimento da Lagoa da Urussanga Velha apresenta quantidades significativas de matéria orgânica, potássio, fósforo, cálcio e magnésio, mas apresenta alto teor de sódio, o que pode comprometer o desenvolvimento da vegetação. Além disso, as concentrações de zinco e manganês podem ocasionar toxicidade a alguns cultivares. Desta forma, o uso deste sedimento como condicionante do solo sem um prévio tratamento não é aconselhado.

PALAVRAS-CHAVE: Condicionante do Solo; Sedimento; Dragagem.

1 INTRODUÇÃO

Lagoas costeiras são corpos aquosos relativamente rasos, separados do oceano por barreiras arenosas, ou, em alguns casos, conectadas a ele por um ou mais canais restritos. Muitas lagoas e seus depósitos associados são resultantes da variação do nível do mar durante o Quaternário e da construção de barreiras por processos marinhos que isolam parcial ou totalmente os corpos lagunares (KJERFVE et al., 1997).

Na lagoa da Urussanga Velha, diversas ações antrópicas do entorno vem contribuindo para o seu assoreamento, especificamente sedimentos transportados pelo Rio Urussanga oriundos das atividades de mineração de argila, areia, fluorita e carvão, e agropastoris como pastagem, cultivo de milho, arroz irrigado, feijão, fumo e criação de bovinos (WARLING, CUNHA, PAMPLONA, 2011 apud IPAT/UNESC, 2014).

Procedimentos de recuperação de ambientes aquáticos, como a dragagem, podem ser empregados para o seu desassoreamento. Porém o resíduo da dragagem deve ser disposto em local adequado, de forma a não danificar o ambiente receptor (TEIXEIRA, 2009).

Com isso, estudos e pesquisas vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de definir as características do material dragado, técnicas de disposição e tratamento desse material, fazendo com que o mesmo deixe de ser visto como um resíduo, mas como um recurso natural importante e passível de múltiplos aproveitamentos (LIMA, 2008).

Entretanto, Pires e Mattiazzo (2008) abordam o uso destes materiais como fonte de nutrientes e matéria orgânica, destacando que tais nutrientes encontram-se em proporções desbalanceadas para nutrição vegetal e que se desconhece a eficiência e características da matéria orgânica. Esses mesmos autores ainda afirmam que “a adição de um material ao solo agrícola só se justifica quando este resulta em algum benefício agrônômico [...]” (op.cit., p.6).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de utilização dos sedimentos da Lagoa da Urussanga Velha, localizada no município de Balneário Rincão (SC), como condicionante de solo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A Lagoa da Urussanga Velha localiza-se no município de Balneário Rincão, Santa Catarina (conforme figura 01), tendo como coordenada central Lat. -28.79° - Long. -49.22°, estando inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga.

A amostragem de sedimentos foi realizada por meio de sondagem manual (com trado helicoidal de 60mm) em 12 pontos distribuídos de forma a representar significativamente o sedimento da lagoa. Dos 12 pontos amostrados, homogeneizou-se a cada 3 subamostras para compor 4 amostras compostas.

Os parâmetros avaliados no sedimento da Lagoa da Urussanga Velha foram: pH (H₂O); Índice SMP; Acidez Potencial; Alumínio; Cálcio; Magnésio; Sódio; Teor de Argila; Matéria Orgânica; Ferro; Manganês; Zinco; Fósforo; Nitrogênio; Potássio; Capacidade de Troca de Cátions (CTC); Enxofre; Molibdênio; Boro e Cobre.

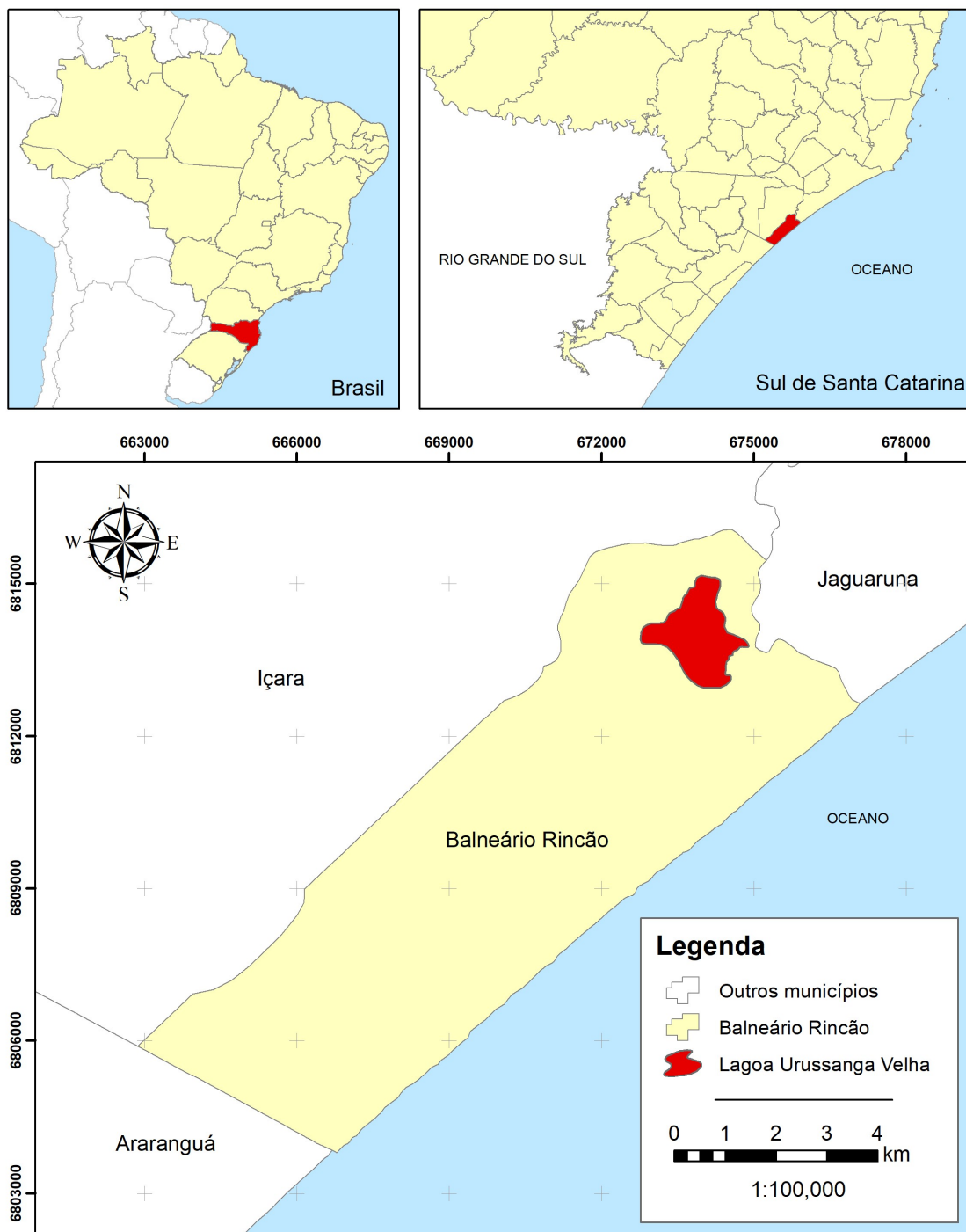


Figura 1 – Localização da Lagoa da Urussanga Velha, no município de Balneário Rincão (SC).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados foram avaliados levando em consideração a interpretação da SBCS (2004), além da literatura científica. Com isso, pode-se observar que as amostras de sedimento apresentam pH que variam entre baixos (5,13) a altos (6,25), conteúdo de matéria orgânica altos (7 a 9,1%), CTC altas (58,67 a 74,82 cmol_c/l), teores de fósforo (28,7 a 31,7 ppm) e potássio (783,6 a 1006,15 ppm)

muito altos, concentrações de cálcio (7,95 a 10,16 cmol_c/l), magnésio (17,14 a 20,72 cmol_c/l) e enxofre (3,2 a 3,56%) altos. Já para os micronutrientes, os valores de cobre (0,0023 a 0,0029%), zinco (0,011 a 0,028%), boro (0,002%), manganês (0,038 a 0,04%) e ferro (3,00 a 3,26%) encontram-se altos. Salienta-se que valores de ferro superiores a 0,5% podem acarretar a toxidez na cultura de arroz irrigado. Os resultados dos quatro pontos amostrados podem ser visualizados na tabela 1.

Parâmetros	Unidade	P.01	P.02	P.03	P.04	Média
pH (H ₂ O)	-	5,36	5,20	6,25	5,13	5,48
Índice SMP	-	5,68	5,64	6,30	5,65	5,82
Umidade	%	64,17	64,47	48,87	64,73	60,56
Acidez Potencial	cmol _c /l	6,30	6,59	3,09	6,52	5,62
Alumínio	cmol _c /l	< 0,01	0,02	< 0,01	0,03	0,02
Cálcio	cmol _c /l	8,31	7,97	10,16	7,95	8,60
Magnésio	cmol _c /l	20,72	19,86	17,14	19,54	19,32
Sódio	ppm	8.491,29	8.727,30	6.043,90	7.588,00	7.712,62
Teor de Argila	%	50,0	51,0	48,0	48,0	49,2
Matéria Orgânica	%	7,0	7,4	9,0	9,1	8,1
Ferro	%	3,08	3,21	3,00	3,26	3,14
Manganês	%	0,040	0,039	0,039	0,038	0,039
Zinco	%	0,016	0,019	0,028	0,011	0,018
Fósforo	ppm	29,5	31,7	28,7	31,5	30,4
Nitrogênio	%	0,20	0,20	0,14	0,13	0,16
Potássio	ppm	1.006,15	942,30	783,60	823,50	888,88
CTC	cmol _c /l	74,82	74,78	58,67	69,11	69,34
Enxofre	%	3,20	3,34	3,30	3,56	3,35
Molibdênio	%	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0001
Boro	%	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
Cobre	%	0,0023	0,0025	0,0029	0,0023	0,0025

Tabela 1 - Resultado dos parâmetros analisados nas amostras de sedimentos da Lagoa da Urussanga Velha

Embora o sedimento apresente boas características quanto a alguns nutrientes e matéria orgânica, seu teor de sódio é elevado, variando entre 6.043,9 a 8.727,3 ppm, exibindo assim uma percentagem de sódio trocável que varia entre 44,79 a 50,74%, ou seja, um valor muito acima do preconizado por Richard et al. (1997) apud Silva et al (2010) de 15% para não colocar em risco a qualidade do solo. A elevada concentração de sódio no solo pode acarretar o aumento de sua condutividade elétrica e seu potencial osmótico, assim como comprometer o desenvolvimento da vegetação (SILVA et al, 2010).

Os teores de zinco encontrados (0,011 a 0,028%) são suficientes para causar efeitos fitotóxicos, conforme Cunha et al (2008), que obtiveram valores críticos entre 0,007 e 0,011% para cultivo de milho. Tais dados corroboram com Santos (2005), a qual apresenta como níveis críticos de zinco no solo valores entre 0,007 a 0,040%.

As concentrações de manganês nos sedimentos da lagoa da Urussanga Velha encontram-se entre 0,038 e 0,040%. Miranda et al (1982), ao estudar

cultivares de soja sob diferentes concentrações de manganês no solo, constatou que níveis de 0,0006% já apresentavam sinais de toxicidade em alguns cultivares.

Ao comparar o os dados obtidos com outros sedimentos analisadas na literatura científica (especialmente daqueles na Tabela 2), os parâmetros que se encontram, de forma geral, mais elevados são: Acidez Total, Alumínio, Magnésio, Sódio, Teor de Argila, Matéria Orgânica, Ferro, Zinco e Potássio. Outros parâmetros ou encontram-se com valores próximos, ou inferiores. Isso decorre do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Urussanga, tal como aponta Schnack (2012), onde predominam indústrias carboníferas, atividades agropecuárias e residências sem tratamento de esgoto doméstico.

Parâmetros	Unid.	Média	Hue et al. (2002)	Teixeira (2009)	Sheehan et al. (2010)	Mtibiaa et al. (2012)	Mácia et al. (2014)	VP**
pH (H ₂ O)	-	5,48	-	7,4 ^a	8,21 ^a	7,37 ^a	7,8 ^a	-
Índice SMP	-	5,82	-	7,4 ^a	-	-	-	-
Umidade	%	60,56	-	-	-	-	-	-
Acidez Potencial	cmol _c /l	5,62	-	1	-	-	-	-
Alumínio	cmol _c /l	0,02	-	0	-	-	-	-
Cálcio	cmol _c /l	8,60	-	14 ^a	2,27	38,48 ^a	-	-
Magnésio	cmol _c /l	19,32	-	17,2	47,36 ^a	6,95	-	-
Sódio	ppm	7712,62	-	-	-	330,05	-	-
Teor de Argila	%	49,2	-	32	-	-	-	-
Matéria Orgânica	%	8,1	-	1,9	2,5	7,17	8,7 ^a	-
Ferro	%	3,14	-	0,14	1,6	2,00	-	-
Manganês	%	0,039	-	0,0531 ^a	0,048 ^a	0,027	-	-
Zinco	%	0,018	0,0107	0,0088	0,0075	0,0096	0,0001	0,03
Fósforo	ppm	30,4	-	> 50,2 ^a	11,7	-	-	-
Nitrogênio	%	0,16	-	-	0,13	-	0,5 ^a	-
Potássio	ppm	888,88	-	762	372,1	422,28	-	-
CTC	cmol _c /l	69,34	-	33,1	-	111 ^a	-	-
Enxofre	%	3,35	-	-	-	-	-	-
Molibdênio	%	0,0001	-	-	-	-	-	0,003
Boro	%	0,0020	-	-	-	-	-	-
Cobre	%	0,0025	0,0079 ^a	0,0026 ^a	0,0007	0,0015	0,0052 ^a	0,006

* Quando da apresentação de mais de uma análise pelos autores consultados, utilizou-se os valores máximos; ** VP: Valor de Prevenção, conforme Anexo II da Resolução CONAMA nº 420 de 28 dez.

2009; a: Valor acima da média obtida dos pontos amostrados na Lagoa da Urussanga Velha.

Tabela 2 – Comparação da média dos resultados obtidos com literatura científica*.

Autores como Hue et al. (2002), Teixeira (2009), Mtibiaa et al. (2012) apontam problemas na disposição de sedimentos no solo devido a alta concentração de areias (fato não observado no sedimento da Lagoa da Urussanga Velha, o qual constitui-se principalmente por argila) e a grande concentração de

sais presentes em sedimentos dragados de ambientes costeiros, ou seja, sua alta salinidade, prejudicando o crescimento da vegetação. Outros autores, Sheehan et al. (2010) e Mácia et al. (2014), contornaram tais problemas por meio da dessalinização, compostagem ou adição de matéria orgânica ao sedimento, além da secagem e ajuste do pH, antes de seu uso como condicionante de solo.

Além disso, há a toxicidade devido aos metais pesados (tais como zinco e manganês) para alguns cultivos, mas que podem ser remediados, conforme aponta Masciandaro et al. (2014), por técnicas de fitorremediação.

Embora não tenha sido avaliado neste trabalho, contaminantes orgânicos (tais como HPAs e PCBs) também podem ocasionar problemas de disposição de sedimentos dragados. Entretanto, existem técnicas para trata-los, conforme levanta Mattei et al. (2016), os quais obtiveram redução de até 57% da concentração de HPAs dos sedimentos dragados num período de 6 meses.

Outro exemplo que apresenta bons resultados é o trabalho de Mattei et al. (2017), no qual os autores comparam sedimentos dragados que foram tratados com fitorremediação com aqueles que não sofreram tal intervenção. Seus resultados mostram que os substratos tratados podem ser usados para o cultivo de plantas ornamentais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O material a ser dragado *in natura* não deve ser utilizado como insumo agrícola ou condicionante do solo, devido às concentrações de metais pesados e sódio.

Caso o sedimento seja submetido a algum tipo de tratamento, é importante ainda conduzir experimentos com espécies vegetais locais visando avaliar a toxicidade do material tratado e a definição da melhor proporção de aplicação do material no solo.

Além disso, a disposição de sedimentos no solo deve se ater às disposições legais, tais como as resoluções nº 420 de 2009 e 454 de 2012, ambas do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), referentes aos critérios de qualidade do solo e diretrizes para o gerenciamento de material a ser dragado, respectivamente.

REFERÊNCIAS

CUNHA, K.P.V.; NASCIMENTO; C.W.A.; PIMENTEL, R.M.M.; ACCIOLY, A.M.A.; SILVA, A.J. Disponibilidade, acúmulo e toxidez de cádmio e zinco em milho cultivado em solo contaminado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, 2008.

HUE, N.V.; CAMPBELL, S.; LI, Q.X.; LEE, C.R.; FONG, J. Reducing salinity and organic contaminants in the Pearl Harbor Dredged Material using soil amendments and plants. **Remediation Journal**. v.12, n.4, 2002. p.45-63.

IPAT/UNESC - Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o Projeto de Desassoreamento do Rio Urussanga – Vol. 2**. Criciúma, 2012. 526 p.

KJERFVE, B.; RIBEIRO, C.H.A.; DIAS, G.T.M.; FILIPPO, A.M.; QUARESMA, V.S. Oceanographic Characteristics of an Impacted Coastal Bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. **Continental Shelf Research**. v. 17(13): 1-13. 1997.

LIMA, L.R.S. **Dragagem, Transporte e Disposição Final de Sedimentos do Leito de Rio: Estudo de Caso: Calha do Rio Tietê - Fase II**. 145 f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

MÁCIA, P.; FERNANDEZ-COSTAS, C.; RODRIGUEZ, E.; SIEIRO, P.; PAZOS, M.; SANROMÁN, M.A. Technosols as a novel valorization strategy for an ecological management of dredged marine sediments. **Ecological Engineering**. v.67, 2014. p.182-189.

MASCIANDARO, C.; DI BIASE, A.; MACCI, C.; PERUZZI, E.; IANNELI, R.; DONI, S. Phytoremediation of dredged marine sediment: Monitoring of chemical and biochemical processes contributing to sediment reclamation. **Journal of Environmental Management**. v. 134, 2014. p.166-174.

MATTEI, P.; CINCINELLI, A.; MARTELLINI, T.; NATALINI, R.; PASCALE, E.; RENELLA, G. Reclamation of river dredged sediments polluted by PAHs by co-composting with green waste. **Science of the Total Environment**. Elsevier: v. 566-567, 2016. p. 567-574.

MATTEI, P.; D'ACQUI, L.P.; NICESE, F.P.; LAZZERINI, G.; MASCIANDARO, G.; MACCI, C.; DONI, S.; SARTESCHI, F.; GIAGNONI, L.; RENELLA, G. Use of phytoremediated sediments dredged in maritime port as plant nursery growing media. **Journal of Environmental Management**. Elsevier: v. 186-2, 2017. p. 225-232.

MTIBAA, S.; IRIE, M.; HENTATI, O.; TRABELSI, H.; KALLEL, M.; KSIBI, M.; ISODA, H. Soil amendment by sediment from water storage reservoir as a restoration technique in secondary treated wastewater irrigated area at El Hajeb Region (Sfax-Tunisia). **Journal of Arid Land Studies**. v.22, n.1, 2012. p.315-318.

MIRANDA, M.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; VALADARES, J.M.A.S.; HIROCE, R. Comportamento de dois cultivares de soja em função do manganês no solo. **Bragantia**. Campinas, IAC, v.41, 1982. p. 135-143.

PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M.E. Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura. **Circular Técnica**, Embrapa, v.19, nov. 2008. 9 p.

SHEEHAN, C.; HARRINGTON, J.; MURPHY, J.D. A technical assessment of topsoil production from dredged material. **Resources, Conservation and Recycling**. v.54, 2010. p.1377-1385.

SANTOS, G.C.G. **Comportamento de B, Zn, Cu, Mn e Pb em solo contaminado sob cultivo de plantas e adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico**. 153 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, D. F.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; MOREIRA, D.A. Disponibilidade de sódio em solo com capim tifton e aplicação de percolado de resíduo sólido. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 14 (10): 1094-1100. 2010.

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. SBCS – Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

TEIXEIRA, L.S. **Estudo das propriedades químicas dos rejeitos de dragagem do Porto Novo para utilização como solo fabricado para fins agrícolas**. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Curso Engenharia Oceânica, FURG, 2009.

ABSTRACT: Many anthropogenic activities surround Urussanga Velha pond, which are leading to an intense aggradation process of the pond. In order to reverse that process, dredging activities must be carried out. However, the dredged sediment disposal should be carefully studied. Thus, the potential use of the Urussanga Velha pond sediment as soil amendment was evaluated. The following parameters were analyzed: pH (H₂O), SMP Index, potential acidity, aluminum, calcium, magnesium, sodium, clay content, organic matter, iron, manganese, zinc, phosphorus, nitrogen, potassium, cation exchange capacity, sulfur, mobilidenium, boron and copper. Urussanga Velha pond sediment has presented high levels of organic matter, potassium, phosphorus, calcium and magnesium. In spite of that, it has presented a high content of sodium, which can expose plants to a toxic environment. Besides, the zinc and manganese content are toxic to some plants species. In this way, the use of the Urussanga Velha pond sediment as soil amendment without a prior treatment is not recommended.

KEYWORDS: Soil Amendment, Sediments, Dredging.

CAPÍTULO XII

AVALIAÇÃO E TESTE DE UM MINI PENETRÔMETRO DINÂMICO PARA A DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO

**Ludmila Gomes Ferreira
José Fernandes de Melo Filho
João Albany Costa
Ana Carolina Rabelo Nonato
Raquel Almeida Cardoso da Hora
Maria Magali Mota dos Santos**

AVALIAÇÃO E TESTE DE UM MINI PENETRÔMETRO DINÂMICO PARA A DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO.

Ludmila Gomes Ferreira

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – Bahia

José Fernandes de Melo Filho

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – Bahia

João Albany Costa

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – Bahia

Ana Carolina Rabelo Nonato

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – Bahia

Raquel Almeida Cardoso da Hora

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará

Maria Magali Mota dos Santos

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – Bahia.

RESUMO: A resistência do solo à penetração indica a dificuldade que o mesmo oferece ao crescimento das raízes das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um mini penetrômetro dinâmico para determinação da resistência do solo à penetração em dois materiais de solo com diferentes texturas. Em laboratório as amostras, depois de saturadas, foram submetidas às tensões de 1, 2, 4, 6, 10, 101, 304, 507 e 1.520 kPa para determinação do conteúdo de água e da correspondente resistência à penetração em dois tipos de equipamentos: Penetrômetro eletrônico de bancada modelo MA – 933® marca Marconi e Mini Penetrômetro dinâmico de bancada. Os resultados foram plotados em um gráfico de resistência à penetração versus umidade gravimétrica e ajustadas equações de regressão, escolhendo-se os modelos que apresentaram maior coeficiente de determinação. Os resultados mostram: que os valores quantificados pelo mini penetrômetro dinâmico de bancada sempre foram superiores para as diferentes texturas, porém, significativamente diferentes para o material de solo com textura arenosa média e iguais para o material de solo com textura argilosa média em relação ao penetrômetro eletrônico. Os ajustes das medidas obtidas com o mini penetrômetro dinâmico de bancada foram altamente significativos e correlacionados com o conteúdo de água, enquanto a densidade do solo teve efeito direto, positivo, porém pouco expressivo, sobre a resistência a penetração. **PALAVRAS-CHAVE:** Compactação, equação de regressão, material de solo.

1- INTRODUÇÃO

O solo é considerado um conjunto de corpos naturais, formado por três fases, sólida, líquida e gasosa, dinâmico, tridimensional, constituído por materiais minerais e orgânicos, que recobre a maior parte da superfície terrestre, abriga diversas formas de vida e, eventualmente, pode ser modificado por interferências antrópicas (DORAN e PARKIN, 1994; COELHO et al., 2002).

A degradação das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo pode resultar na limitação de sua capacidade de sustentar o crescimento vegetal, e bem desempenhar suas outras funções ambientais, causando um grande impacto negativo nas comunidades rurais, com repercussões no meio urbano (REINERT et al., 2001; CAMARGO, MARQUES JÚNIOR, PEREIRA, 2010).

Uma das causas mais importantes da degradação física do solo é a compactação, que é decorrente do processo de aumento da densidade e da resistência à penetração em áreas com uso intensivo de máquinas e implementos de preparo mecânico ou onde o pisoteio de animais é intenso, sendo também um dos principais fatores de restrição ao crescimento das raízes das plantas (CAMARGO e ALLEONI, 1997; LIMA et al., 2006).

Segundo Vezzani (2009), a sustentabilidade agrícola depende da manutenção da qualidade do solo no âmbito do ecossistema e da interação positiva com os ecossistemas vizinhos ao longo do tempo. Por isso, em termos agronômicos, os processos de uso e manejo devem sustentar a capacidade do solo para exercer as funções físicas para o crescimento e aprofundamento das raízes e suprimento de água, nutrientes e de gases para às plantas.

Um alto índice de resistência à penetração é um fator limitante para a produção agrícola, tornando fundamental o desenvolvimento de mecanismos e equipamentos capazes de detectar e fornecer medidas eficazes de resistência. Da mesma forma os procedimentos de medida devem levar em consideração fatores que influenciam o estado geral do solo analisado. Equipamentos deste tipo podem, por sua vez, ser incorporados à sistemas maiores de monitoramento de efeitos do manejo sobre o solo e auxiliar na elaboração de técnicas de produção agrícola.

Segundo Pedrotti et al., (2001), a resistência à penetração serve para descrever a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele. Está diretamente correlacionada com vários atributos e condições do solo, como a textura, a estrutura, a estabilidade dos agregados, a densidade do solo, o conteúdo de matéria orgânica e, principalmente, a umidade no momento da determinação. Também pode ser influenciada pela coesão e por apresentar-se muito mais sensível do que a densidade do solo, diversos autores indicam a resistência do solo à penetração como o indicador ideal para estimativa dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o sistema radicular da planta (STOLF et al., 1983; MORAES, BENEZ, LIBARDI, 1995; BUSSCHER et al., 1997; GIAROLA et al., 2001; AGUIAR, 2008; RIBON e TAVARES FILHO, 2008).

Com base nessas interações desenvolveram-se variados modelos matemáticos que relacionam a resistência à penetração (RP) com alguns daqueles atributos do solo. O modelo mais utilizado foi o desenvolvido por Busscher (1990), autor que realizou um amplo estudo para verificar a capacidade de dez diferentes funções em descrever a resistência do solo à penetração, tendo identificado uma equação não linear relacionando resistência à penetração, densidade do solo e umidade, capaz de descrever matematicamente o fenômeno com elevados coeficientes de determinação (R^2). Por isso, o modelo de Busscher (1990) se tornou uma equação clássica, muito utilizada para a estimativa da resistência à

penetração dos solos do Brasil (KLEIN, LIBARDI, SILVA, 1998; TORMENA et al., 1998; IMHOFF et al., 2000; VAZ, 2001; BEUTLER et al., 2004; DIAS-JÚNIOR, 2004; SÁ et al., 2007; LIMA et al., 2007; SILVA et al., 2008; ALMEIDA et al., 2012).

Conceitualmente a resistência à penetração é quantificada medindo-se a penetração de uma haste cuja extremidade tem um cone com características específicas (ASABE, 2006), o qual gera um resultado chamado de “índice de cone” (BENGOUGH e MULLINS, 1990; FERNANDES et al., 2007). Trata-se de um equipamento largamente utilizado em estudos de quantificação dos efeitos dos sistemas de manejo na degradação física de solos cultivados, tanto em condições de campo (convencional), ou em laboratório (eletrônica) (STOLF, 1991).

Devido a diversidade de modelos a reprodução dos dados pode gerar diferentes interpretações. Neste contexto o mini penetrômetro é apresentado como uma miniatura dos equipamentos de impacto descritos na literatura. Apresenta o mesmo princípio de funcionamento e tem custo acessível e fácil utilização, condições que podem favorecer a sua adoção em maior escala (STOLF, 1991; VAZ et al., 2001) Nesse sentido SÁ et al. (2007) testaram um mini penetrômetro dinâmico de bancada, cujos testes revelaram ser um aparelho sensível, confiável e preciso para ser utilizado em laboratório para a determinação da resistência à penetração de solo e uso em ajustes das relações matemáticas entre o índice de cone e outros atributos de interesse para o manejo do solo, a exemplo do conteúdo de água, densidade do solo e textura. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de um mini penetrômetro dinâmico de bancada para determinação da resistência à penetração do solo.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

Local: O estudo foi realizado com amostras de material de solo de duas áreas com solos de classes texturais distintas. O local 1 é uma área cultivada a dez anos em sistema agroflorestal orgânico de café com solo de textura arenosa média na Fazenda Bocaiúva Orgânicos, localizada no distrito de Humildes, Feira de Santana, Estado da Bahia. As coordenadas geográficas do local 1 são 12° 16' 00" de latitude Sul e 38° 58' 00" de longitude Oeste e altitude de 234 metros. Segundo Köppen (1948), o clima local é quente e úmido (Cw), com temperatura média anual de 24°C, possui precipitação média anual de 848 mm, passando por longos períodos de seca. O local 2 é uma área, conhecida como “casalheira”, com solo de textura média argilosa, localizada no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, Cruz das Almas, Bahia nas coordenadas geográficas de 39° 06' 26" latitude sul e 12° 40' 39" longitude oeste, com altitude de 226 metros. Segundo a classificação de Köppen o clima é do tipo tropical quente e úmido. A precipitação média é de 1.224 mm por ano, a temperatura média anual é de 24,5° C e a umidade relativa do ar de 82% (Figura 1)

Sistema de amostragem: As amostras, em número de 30, do tipo indeformadas, foram coletadas no ponto médio da profundidade de 0 - 0,15

metros, em cilindros volumétricos cujos pontos de amostragem, espaçados de 1 metro, foram alocados em um transecto com trinta metros de comprimento.

Textura: As frações granulométricas das amostras dos materiais de solo, foram determinadas pelo método da pipeta conforme (Day, 1965). As frações foram separadas calculando-se seus percentuais conforme Embrapa (1997). Os resultados estão registrados na tabela 1.

$$\text{Teor de argila} = [\text{argila (g)} + \text{dispersante (g)}] - \text{dispersante (g)} \times 1000 \quad [1]$$

$$\text{Teor de terra fina} = \text{areia fina (g)} \times 50 \quad [2]$$

$$\text{Teor de areia grossa} = [\text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}] - \text{areia fina (g)} \times 50 \quad [3]$$

$$\text{Teor de silte} = 1.000 - [\text{argila (g)} + \text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}] \quad [4]$$

Material de solo	Areia	Silte	Argila	Classe textural
	_____ g / kg _____			
Argissolo Amarelo	816,41	149,49	34,10	Arenosa Média
Latossolo Amarelo	519,06	277,43	203,50	Médio Argilosa

Tabela 1 - Composição textural dos materiais de solo utilizados para a determinação da resistência à penetração

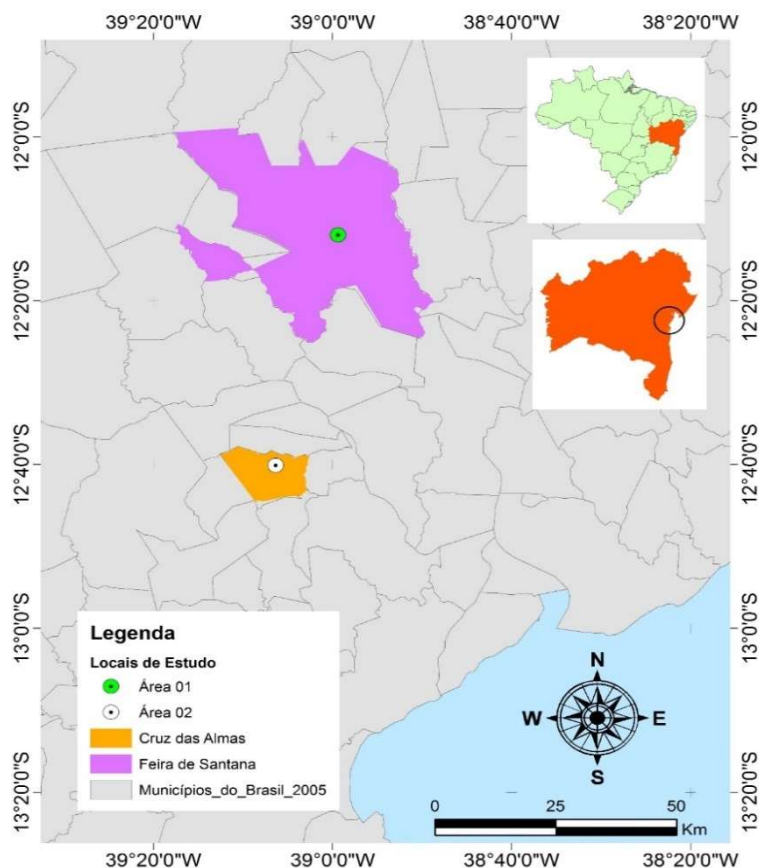


Figura 7 - Áreas de coleta dos materiais de solo.

Densidade do solo: Foi determinada através do método do anel volumétrico descrito por Donagema (2014). Com amostras de solo com estrutura indeformada através de um anel de aço (Kopecky), levadas à estufa 105°C por 48 horas. Sendo a equação:

$$D = \frac{a}{b} \quad [5]$$

Onde:

D – Densidade do solo, em g/cm³; a – Peso da amostra seca a 105°C (g); b – Volume do anel ou cilindro (cm³).

Determinação do conteúdo de umidade do solo: Objetivando criar um gradiente de umidade, antes da determinação da resistência à penetração as amostras foram saturadas e posteriormente submetidas a diferentes tensões, sendo parte em mesa de tesão (1, 2, 4, e 6 KPa) e em sistema extrator de Richards (10, 101, 304, 507 e 1.520 kPa), conforme Embrapa (1997).

$$Umidade = 100 \times \frac{(a-b)}{b} \quad [6]$$

Onde:

a = peso da amostra após ser submetida à pressão utilizada; b = peso da amostra seca a 105 °C.

Aparelho penetrômetro eletrônico de bancada: Considerado como método

de referência. Neste aparelho a RP foi determinada em um penetrômetro eletrônico de bancada modelo MA – 933 ® marca Marconi acoplado a um microcomputador (Figura 2), utilizando-se um cone de 4 mm de diâmetro, com velocidade de penetração constante de 10 cm min⁻¹ e leituras a cada 1 segundos, cujos resultados foram em MPa.



Figura 8 - Penetrômetro eletrônico de bancada

Aparelho mini penetrômetro dinâmico de bancada: Utilizou-se um equipamento construído conforme a indicação de Sá et al., (2007), visto na figura 3 com as seguintes características: altura de queda (h) i padronizada em 0,10 m, tendo-se utilizado os pesos de massa M = 0,07895 kg para as amostras do material do solo 1 de textura arenosa média, M = 0,09817 kg para as amostras do material do solo 2 de textura média argilosa. No procedimento, a penetração estática, causada apenas pelo peso total do equipamento (Mg + mg), foi desprezada, tendo-se considerado como valor inicial (P1) a posição onde o equipamento se estabiliza, depois de posicionado sobre a amostra, a qual foi medida com régua graduada em milímetros. Após estabilização do aparelho, procedeu-se a execução dos impactos, anotando-se a correspondente penetração até que a haste penetrasse cerca de 0,03 m na amostra, o que caracterizou uma repetição. Foram feitas três repetições por amostra, conforme sugerido por Leão et al., (2004). Com os resultados calculou-se o correspondente índice de cone conforme definido por (Stolf, 1991), tendo-se considerado a média a das três repetições. Após os ensaios, as amostras foram secas em estufa à 105 °C por 24 horas e pesadas, para a determinação da densidade do solo (Ds) em g cm⁻³, do conteúdo gravimétrico de água (U) em g g⁻¹ e posterior cálculo do conteúdo volumétrico de água (θ), em cm⁻³ cm⁻³, pela expressão:

$$\theta = U \times Ds/Da \quad [7]$$

Em que Da é a densidade da água, considerada, para esse propósito, 1 g cm⁻³.

$$IC = \left(\frac{Mg + mg}{A} \right) + \left[\left(\frac{M}{M+m} \right) \times \left(\frac{Mg \times h}{A \times x} \right) \right] \quad [8]$$

Onde:

IC – Índice de Cone (kgf cm²); Mg – Pesos das massas consideradas (kgf); mg – Pesos das massas consideradas (kgf); A – Área da base do cone (cm²); M – Peça de sustentação (0,09817 ou 0,07895); m – Massa dos demais componentes do penetrômetro; h – Altura (cm); x – Medida de penetração unitária (cm).

O índice de cone médio das séries de amostras foi então utilizado para calcular o valor de resistência à penetração de acordo com a equação 9:

$$RP = IC \times 0,0980665 \quad [9]$$

A constante 0,0980665 é apresentada por SÁ et al. (2007) como um parâmetro razoável de aproximação entre o índice de cone e a resistência à penetração.



Figura 9 - Mini penetrômetro dinâmico de bancada

Avaliações: Os conjuntos de pares de dados foram submetidos a dois procedimentos de ajuste por regressão não linear. O primeiro do tipo potencial [9] e o segundo ao modelo proposto por Busscher (1990) [10]:

$$RP = K \times Ug^a \quad 0 < R^2 < 1 \quad [9]$$

Onde:

k e a – constantes; Ug – índice de umidade do solo (variável independente); RP – resistência à penetração do solo (variável dependente); R² – coeficiente de determinação.

$$IC = a \times Ug^b \times Ds^c \quad [10]$$

Onde:

IC = Índice de Cone (MPa); a, b, c = parâmetros do modelo.

Os conjuntos de pares de dados foram submetidos a análises de estatística descritiva. Na sequência, os dados de resistência à penetração, foram ajustados a modelos de regressões, considerando-se como variável dependente a resistência à penetração (RP) e independentes, o de conteúdo de água (Ug) e a densidade do

solo (D_s). Para o ajuste utilizou-se modelos não lineares do tipo potencial. Para o ajuste entre RP e Ug utilizou-se o modelo: $RP = a \times Ug^b$, onde RP é a resistência a penetração quantificada em MPa; Ug é o conteúdo de água, quantificado em $kg\ kg^{-1}$; a e b são parâmetros do ajuste. Para o índice de cone utilizou-se o modelo proposto por Busscher (1990), $IC = a \times Ug^b \times D_s^c$, onde a variável IC é o índice de cone, variável dependente, e a , b e c são as estimativas dos coeficientes da regressão potencial múltipla. Em todos os casos foram calculados também os coeficientes de determinação dos modelos avaliados.

Para complementar a análise de regressão realizou-se uma avaliação de análise de trilha para estimativa de coeficientes que medem a relação linear direta de uma variável sobre outra, no contexto de causa e efeito pelos desdobramentos das correlações estudadas. Este procedimento permitiu quantificar e conhecer qual a contribuição das variáveis, conteúdo de umidade e densidade do solo, para o efeito total da variável explicativa resistência à penetração, quando estas foram analisadas conjuntamente.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade e a densidade do solo são os dois principais fatores de influência na expressão da resistência à penetração do solo. Os valores desses dois parâmetros estão registrados na tabela 2.

Descritores	Conteúdo de água		Densidade do solo	
	textura		textura	
	arenosa média	média argilosa	arenosa média	média argilosa
	_____	_____	_____	_____
	$kg\ kg^{-1}$		$kg\ dm^{-3}$	
n	8	6	8	8
Média	0,11	0,17	1,64	1,54
D. Padrão	0,05	0,04	0,06	0,05
Mínimo	0,06	0,13	1,57	1,48
Máximo	0,19	0,23	1,73	1,59
CV (%)	41,23	21,92	3,91	2,99
Classe variação	Média	Média	Baixa	Baixa

Tabela 2 - Estatística descritiva para conteúdo de água e densidade do solo em materiais de solo com diferentes texturas

Na tabela 2 verifica-se que, mesmo tendo-se aplicado as mesmas unidades de tensão para formação da curva de resistência, o conteúdo de água no material de solo de textura arenosa média variou de 0,06 kg kg⁻¹ a 0,19 kg kg⁻¹, enquanto no material de solo com textura média argilosa tal variação ocorreu no intervalo de 0,13 a 0,23 kg kg⁻¹, condições determinadas pela influência da textura e da porosidade na retenção de água. A variação dos dados no material de solo de textura arenosa média foi o dobro daquela verificada no material de textura média argilosa, muito embora tenham sido classificadas como de média variação, conforme os critérios definidos por Warrick e Nielsen (1980).

Quanto à densidade do solo verifica-se que os valores médios foram semelhantes, tendo sido pouco maior no material de textura mais grosseira, o que é normal e esperado para solos minerais. Em ambos os casos a variação dos dados foi baixa, indicando a homogeneidade do conjunto amostral utilizado.

Na tabela 3 registra-se a estatística descritiva para os valores de resistência à penetração nas condições deste estudo.

Descritores	Arenosa média		Média argilosa	
	RP ELE	RP MINI	RP ELE	RP MINI
	MPa		MPa	
N	8	8	6	6
Média	0,78a	1,68b	2,09c	4,54d
D. Padrão	0,36	0,27	0,90	1,12
Mínimo	0,43	1,14	1,23	3,30
Máximo	1,31	2,03	3,41	6,34
CV (%)	46,26	16,00	43,12	24,76
Classe variação	Média	Média	Média	Média

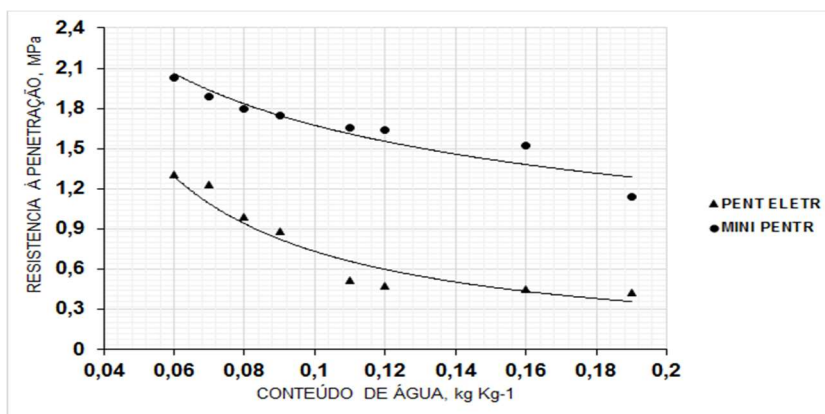
Tabela 3 - Estatística descritiva para resistência do solo à penetração, determinada com dois equipamentos em materiais de solo com diferentes texturas.

Verifica-se que a resistência à penetração, independentemente da classe textural do material, apresentou diferença estatística significativa entre os equipamentos utilizados para quantificá-la, tendo-se apresentado com valores significativamente superiores às medidas realizadas com o mini penetrômetro dinâmico de bancada.

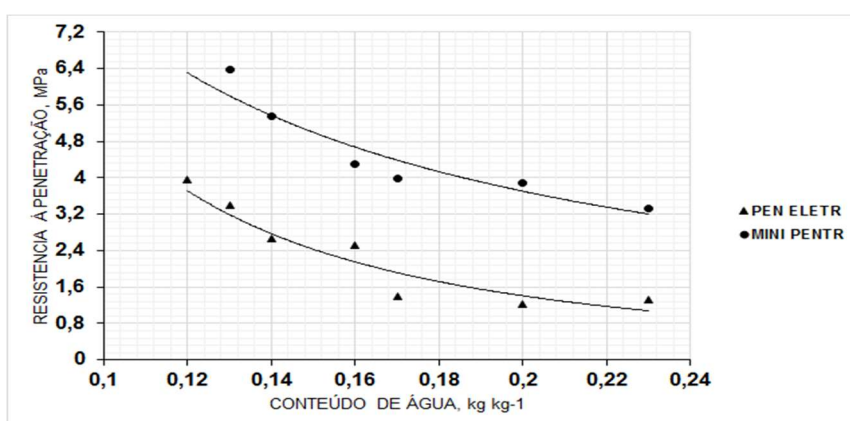
Os aparelhos também diferem na magnitude da variação das medidas, as quais foram muito menores no mini penetrômetro dinâmico de bancada (Tabela 3), muito embora, em ambos os casos tenham sido classificadas como de média variação segundo a proposição de Warrick e Nielsen (1980).

A curva de resistência é considerada um parâmetro de grande utilidade nas

avaliações da qualidade física do solo, pois possibilita identificar valores de umidade e densidade do solo críticos para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (IMHOOF et al., 2000). As curvas de resistência à penetração (RP) em relação ao conteúdo de água no solo (U_g) nas duas condições estudadas estão representadas na figura 4, e os modelos ajustados na tabela 4.



(a)



(b)

Figura 10 - Relação entre resistência à penetração e conteúdo de água quantificada em penetrômetro eletrônico e mini penetrômetro dinâmico em dois matérias de solo: (a) material de textura arenosa média e (b) material de textura média argilosa.

Analisando-se a figura 4, observa-se que, independente da textura do solo, a resistência mecânica do solo à penetração variou negativamente e de forma potencial com conteúdo de água no material de solo. Os quatro modelos ajustados para relação RP versus U_g mostraram parâmetros com altos valores de coeficiente de determinação, apontando alta precisão nas inferências da RP para os dois equipamentos utilizados.

Outra observação refere-se à magnitude dos valores medidos (Figura 3), os quais foram sempre superiores quando quantificados no mini penetrômetro

dinâmico de bancada, embora com amplitudes diferentes, especialmente no material de solo de textura mais grosseira, onde as diferenças foram bem mais discriminadas e estatisticamente significativas. Nesta comparação a relação observada entre os valores médios registrados pelo mini penetrômetro foi 2,17 vezes maior que no penetrômetro eletrônico no material de solo de textura arenosa média, enquanto que no material de textura média argilosa, a razão encontrada foi um pouco menor, de 2,13 vezes em favor do mini penetrômetro. Esses valores são muito próximos, no que resultaram em uma relação média de aproximadamente igual a 2,1 vezes, independente da textura do material de solo utilizado.

A resistência à penetração é influenciada por uma série de fatores, cujos efeitos foram amplamente estudados (TORMENA et al., 1998; IMHOFF et al., 2000), sendo o mais utilizado aquele desenvolvido por Busscher (1990), o qual propôs um modelo não linear relacionando o índice de cone (IC) com a densidade do solo (Ds) e conteúdo de água do solo.

Os resultados do ajuste do conjunto de dados ao modelo de Busscher (1990) estão registrados na tabela 4. Observando-a pode-se verificar que os resultados se revelaram altamente significativos (Teste F=0,05) e representativos (R²), podendo ser utilizados com segurança para interpolações e modelagem da dependência entre a resistência à penetração e conteúdo de água para as classes texturais dos materiais de solo e aparelhos utilizados nesta avaliação (BEUTLER et al., 2004; KLEIN, LIBARDI, SILVA, 1998; 2007; LIMA et al., 2007; FREDDI et al., 2008).

Equações de regressão	Coefficiente de determinação
Textura arenosa média	
$RP_E = 0,058416 U_g^{-1,103050} \times D_s^{-0,037926}$	$R^2 = 0,8957$
$RP_M = 0,430465 U_g^{-0,396495} \times D_s^{0,896591}$	$R^2 = 0,8969$
Textura média argilosa	
$RP_E = 0,052773 U_g^{-1,838590} \times D_s^{-0,753649}$	$R^2 = 0,7971$
$RP_M = 0,187296 U_g^{-1,143860} \times D_s^{2,610910}$	$R^2 = 0,9937$

Tabela 4 - Equações de regressão e coeficientes de determinação dos modelos de resistência à penetração (RP) em função do conteúdo de água (U_g; kg kg⁻¹) e da densidade do solo (D_s; kg dm⁻³), determinadas com penetrômetro eletrônico e mini penetrômetro dinâmico em dois materiais de solo com diferentes texturas

Todas as equações de regressão (tabela 4) obtidas no estudo, foram significativas para o teste de F a 5% e apresentaram altos coeficientes de determinação. Estes resultados confirmam o modelo de Busscher (1990) como função representativa da relação RP versus conteúdo de água e densidade do solo.

A correlação simples permite apenas avaliar a magnitude e o sentido da associação entre duas variáveis, mas não fornece as informações necessárias

sobre os efeitos diretos e indiretos de um grupo de variáveis independentes em relação a uma variável dependente. Neste sentido, uma ferramenta complementar para os estudos de correlação é a análise de trilha, cujos resultados possibilitam verificar a magnitude dos efeitos diretos e indiretos de variáveis independentes sobre uma variável dependente.

Os resultados da aplicação desta técnica no presente estudo estão registrados na tabela 5 para as correlações dos modelos ajustados para o penetrômetro eletrônico e tabela 6 para os modelos ajustados para o equipamento mini penetrômetro dinâmico de bancada.

Penetrômetro eletrônico		
Variável	Ug	Ds
Ug	-0,9470	0,0004
Ds	0,1366	-0,0030
* Coeficiente de determinação $R^2 = 0,8957$		
Mini penetrômetro		
Variável	Ug	Ds
Ug	-0,9036	-0,0267
Ds	0,1304	0,1850
* Coeficiente de determinação $R^2 = 0,8969$		

Tabela 5 - Desdobramento dos coeficientes de correlação dos efeitos diretos do conteúdo de água (Ug; kg kg^{-1}) e da densidade do solo (Ds; kg dm^{-3}), na diagonal em negrito, e dos efeitos indiretos, na horizontal, sobre a resistência à penetração RP determinadas com dois equipamentos em material de solo com textura arenosa média.

Os resultados da análise de trilha na tabela 5 revelam que somente o conteúdo de água do solo teve efeito direto, com coeficiente de correlação negativo, sobre a resistência à penetração no material de solo de textura arenosa média nas quantificações dos dois equipamentos. Da mesma forma os efeitos indiretos tanto do conteúdo de água quanto da densidade do solo foram de pouca expressão.

Penetrômetro eletrônico		
Variável	Ug	Ds
Ug	-0,9060	0,0146
Ds	0,2554	-0,0518
* Coeficiente de determinação $R^2 = 0,7971$		
Mini penetrômetro		

Variável	Ug	Ds
Ug	-0,9949	-0,0932
Ds	0,2926	0,3308

* Coeficiente de determinação $R^2 = 0,9937$

Tabela 6 - Desdobramento dos coeficientes de correlação dos efeitos diretos do conteúdo de água (Ug; kg kg^{-1}) e da densidade do solo (Ds; kg dm^{-3}) na diagonal em negrito, e dos efeitos indiretos, na horizontal, sobre a resistência à penetração RP determinadas com dois equipamentos em material de solo com textura média argilosa

Quando se analisa os efeitos das variáveis na resistência do solo à penetração observa-se que, no material de solo de textura média argilosa, o conteúdo de água teve efeito direto muito expressivo, porém com relação negativa, sobre a resistência a penetração, enquanto a densidade do solo teve efeito direto, positivo, porém pouco expressivo, sobre a resistência a penetração.

Considerando que somente a variável conteúdo de água do solo teve efeito direto e expressivo sobre a RP, optou-se por ajustar uma equação potencial do tipo: $RP = a \times Ug^b$, onde RP é a variável dependente, resistência a penetração, Ug é a variável independente, conteúdo de água no solo, sendo a e b coeficientes da função (tabela 7).

Aparelho	Equação	R^2
Textura arenosa média		
Eletrônico	$RP = 0,056879Ug^{-1,11124}$	0,8959
Mini penetrômetro	$RP = 0,653693Ug^{-0,408411}$	0,8654
Textura média argilosa		
Eletrônico	$RP = 0,077012Ug^{-1,80894}$	0,8550
Mini penetrômetro	$RP = 0,693731Ug^{-1,04113}$	0,8930

Tabela 7 - Equações ajustadas para relação entre resistência à penetração (MPa) e conteúdo de água (kg kg^{-1}) em materiais de solo com diferentes texturas.

Aplicando-se o teste t de Student para avaliar a diferença entre os coeficientes das regressões ($b_1 - b_2$) das equações ajustadas da variável conteúdo de umidade do material de solo de textura arenosa média, verifica-se que a mesma foi significativa ($t = 4,41^*$) à 5% revelando que o coeficiente ($b_{(MIM)} = -0,408411$) foi estatisticamente superior ao coeficiente ($b_{(ELE)} = -0,408411$) do ajuste para o penetrômetro eletrônico, indicando que os valores medidos pelo mini penetrômetro são realmente superiores àqueles determinados com o penetrômetro eletrônico (Figura 4).

No entanto a aplicação do mesmo critério para a comparação dos coeficientes de ajuste das medidas realizadas no material de solo de textura média argilosa indicou que os coeficientes de ajuste ($b_{(MIM)} = -1,04113$) e ($b_{(ELE)} = -1,808940$) não foram estatisticamente diferentes ($t = 2,31ns$), resultado que tornam as medidas dos equipamentos estatisticamente iguais para o solo de textura mais fina.

4- CONCLUSÕES

Os valores da resistência à penetração quantificados pelo mini penetrômetro dinâmico de bancada em material de solo com textura arenosa média foram mais elevados, com menor variação e estatisticamente diferentes daqueles determinados com o penetrômetro eletrônico.

Os valores da resistência à penetração quantificados pelo mini penetrômetro dinâmico de bancada em material de solo com textura média argilosa foram mais elevados, com menor variação e estatisticamente iguais àqueles determinados com o penetrômetro eletrônico.

Os ajustes das medidas obtidas com o mini penetrômetro dinâmico de bancada foram altamente significativos e correlacionados com o conteúdo de água, enquanto a densidade do solo teve efeito direto, positivo, porém pouco expressivo, sobre a resistência a penetração.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa. 2008.
- ALMEIDA, C. X.; CENTURION, J. F.; ONÃ. S. F.; JORGE. F. J.; BARBOSA. J. C. Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.6, p.1745-1755, 2012.
- ASABE - American Society of Agricultural and Biology Engineering. Standards 2006 93: ASABES313.1 FEB 04 **Soil cone penetrometer**. St. Joseph: ASABE, p.391-398, 2006.
- BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, v.41, p.341-358, 1990.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.581 - 588, 2004.

BUSSCHER, W. J. **Ajustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content.** Transactions of the ASAE, Saint Joseph, v.33, p.519-523, 1990.

BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; CAMP, C. R.; SOJKA, R. E. **Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil.** Soil and Tillage Research, v.43, n.3-4, p.205-217, 1997.

CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hillslope curvatures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.3, p.617- 630, 2010.

CAMARGO, O.A. & ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas.** Piracicaba, Potafós, p.132.1997.

COELHO, M. R.; SANTOS, H. G.; SILVA, H. F; AGLIO, M. L. D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.1-11. 2002.

DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis.** Madison: **American Society of Agronomy**, v.1, p.545-566,1965.

DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, A. R.; FONSECA, S.; LEITE, F. P. Método alternativo de avaliação da pressão de preconsolidação por meio de um penetrômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.805-810, 2004.

DIAS-JÚNIOR, M.S.; PIERCE, F.J.A. A influência da história de tensão e da umidade na modelagem da compactação do solo. In: ALVAREZ, V.V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. eds. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável.** Viçosa. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.445-452, 1996.

DONAGEMMA, G. K.; DE CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; & VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo.** Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), 2014.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F. & STEWART, B. A. (eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment.** p. 3-21. SSSA Spec. Publ. n. 35. Madison, WI: ASA, CCSA e SSSA, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do

Abastecimento, p.212; 1997.

FERNANDES, J.C.; RODRIGUES, J.G.L.; GAMERO, C.A.; ACOSTA, J.J.B. & LANÇAS, K.P. Resistência do solo à penetração em diferentes sistemas de manejo e velocidades de semeadura no desenvolvimento de um cultivar de triticale. **Energia Agrícola**, v.3, n.2, p.112-120, 2007.

FREDDI, S.; JORGE, R. F.; BARBOSA, J. C. Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.6, p.2235-2243, 2008.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.; SOUZA, L.S. & RIBEIRO, L.P. Similaridades entre o caráter coeso dos solos e o comportamento Hardsetting: Estudo de caso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.239-247, 2001.

IMHOFF, S., SILVA, A. P.; TORMENA, C.A. Aplicações da resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, n.7, p.1493-1500, 2000.

KLEIN, V. A., LIBARDI, P. L., SILVA, A. P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v.18, n.2, p.45-54, 1998.

LEÃO, T. P. SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.415-423, 2004.

LIMA, C.L.R.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S. & LEÃO, T.P. Estimativa da capacidade de suporte de carga do solo a partir da avaliação da resistência à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.217-223, 2006.

MORAES, M. H.; BENEZ, S. H.; LIBARDI, P. L. Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja. **Bragantia**, vol.54, n.2, p.393-403, 1995.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; CRESTANA, S.; FERREIRA, M.M.; GOMES, A.S.; TURATTI, A.L. Resistência mecânica à penetração de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.521-529, 2001.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado. In: **Carlesso, R.; Petry, M. T.; Rosa, G. M.; Ceretta, C.A. (ed.). Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Imprensa

Universitária, p.114-133. 2001.

RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J. Estimativa da resistência mecânica a penetração de um latossolo vermelho sob cultura perene no norte do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v.32, n.5, p.1817-1821, 2008.

SÁ, M. A. C; SANTOS JUNIOR, J. D. G; RESCK, D. V. S; FERREIRA, E. A. B; FRANZ, C. A. B. Mini penetrômetro dinâmico para determinação da resistência à penetração em amostras de solo indeformadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.11, p.1659-1662, 2007.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; INHOFF, S. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.1-10, 2008.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.3, p.229-235, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J. e URLANI NETO, V.L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto - modelo IAA/Planalsucar - Stolf. (Boletim, 1)**. São Paulo, MIC/IAA/ PNMCA Planalsucar, p.8. 1983.

TO, J. & KAY, B.D. Variation in penetrometer resistance with soil properties: The contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions. **Geoderma**, v. 126, n.3 p.261-276, 2005.

TORMENA, C.A. e ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, n.2, p.333-339, 1996.

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

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.2, p.573-581, 1998.

VAZ, C.M.P. e HOPMANS, J.W. Simultaneous measurement of soil penetration resistance and water content with a combined penetrometer-TDR moisture probe. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.4-12, 2001.

Vezzani, Fabiane Machado, & Mielniczuk, João. Uma visão sobre qualidade do

solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33; n.4, p.743-755, 2009.

WARRICK, A.W. e NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties **In the field**. In: HILLEL, D., ed. *Applications of soil physics*. New York, Academic Press, p. 350, 1980.

ABSTRACT: The resistance of the soil to penetration indicates the difficulty that it offers to the growth of the roots of the plants. It is an attribute that reveals the degree of soil compaction, being fundamental to evaluate its quality. The purpose of this work was to evaluate the performance of a mini dynamic penetrometer on determining soil resistance to penetration. Two sites were selected for the collection of soil materials, one with sandy and the other clayey texture. In laboratory, the saturated samples were submitted to tensions of 1, 2, 4, 6, 10, 101, 304, 507 and 1,520 kPa, in order to determine their water content and their corresponding resistance to penetration using two types of equipment: 1. An Electronic Penetrometer model MA-933 ® mark Marconi and 2. A Mini-Dynamic Penetrometer. After this procedure, the two sets of data pairs were plotted on a graph of resistance to penetration versus gravimetric moisture and regression equations were fitted, choosing the models that presented the highest coefficient of determination. The results showed that the penetration resistance values quantified by the mini-dynamic penetrometer, regarding the soil material with medium sandy texture, were higher, with lower variation and statistically different from those determined with the electronic penetrometer. They also showed that the penetration resistance values quantified for the soil material with clayey texture were higher, with less variation and statistically equal. Finally, the adjustments of the measurements obtained with the mini-dynamic penetrometer were highly significant and correlated with water content (factor of significant importance) and soil density.

KEYWORDS: Compaction, regression equation, soil material.

CAPÍTULO XIII

BIOMASSA MICROBIANA EM SOLOS DO CERRADO SOB DIFERENTES USOS PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO- EXTRAÇÃO

**Verônica Alves Vieira
Maria Victória Ferreira Ribeiro
Liliane Mendes Gonçalves
Vinícius Santana Mota
Marco Aurélio Pessoa de Souza**

BIOMASSA MICROBIANA EM SOLOS DO CERRADO SOB DIFERENTES USOS PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO-EXTRAÇÃO.

Verônica Alves Vieira

Estudante do Curso de Zootecnia; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO.

Maria Victória Ferreira Ribeiro

Estudante do Curso de Zootecnia; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO.

Liliane Mendes Gonçalves

Técnica em química; Laboratório de Solos e Forragens; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás; Goiânia GO.

Vinícius Santana Mota

Estudante do Curso de Zootecnia; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO.

Marco Aurélio Pessoa de Souza

Professor Assistente I; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás; Goiânia GO.

RESUMO: Este estudo foi realizado em uma área experimental da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), em dois tipos de solo. Um solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) e outro Gleissolo Melânico (GM). O LVd foi utilizado como pastejo (*Brachiaria*), sendo uma área muito degradada e a outra o pasto reformado e já com altura de pastejo; na mesma classe de solo, um cultivo com banana irrigada (solo exposto), e mata tipo Cerradão remanescente. No GM, preservada como Vereda. O objetivo foi avaliar a Biomassa Microbiana do Solo (BMS), através do método Irradiação-Extração, que usa forno de microondas em substituição ao clorofórmio do método Fumigação-Extração. As amostras foram coletadas na profundidade 0-10 e 10-20 cm, no fim da estação chuvosa. Os resultados obtidos confirmaram a sensibilidade do método utilizado para identificar alterações no solo de acordo com o manejo e uso. Pastejo degradado e Vereda apresentaram resultados elevados de BMS, e isso pode estar associado com a faixa ideal para desenvolvimento de fungos e elevado teor de matéria orgânica, respectivamente.

PALAVRAS CHAVE: carbono microbiano; Cerrado; qualidade do solo

1- INTRODUÇÃO

Os parâmetros de qualidade de um solo são avaliados dentro de um sistema complexo da interação do solo – planta – atmosfera. Sistemas sustentáveis partem do princípio de resultados de qualidade de solo, que levam em consideração a química, física e biologia dos solos, estes últimos por meio da microbiota do solo.

Em tese, solos conservados possuem bom parâmetro de qualidade, o que o

torna sustentável sob o ponto de vista agrícola. Uma das principais causas da degradação do solo é a sua ocupação de forma indevida, tendo como uma das consequências a significativa redução da matéria orgânica, seguido de alterações nos parâmetros de qualidade (Jakelaitis et al., 2008), resultando em diminuição na fertilidade e disponibilidade de nutrientes.

Os parâmetros biológicos ainda não são amplamente utilizados para diagnóstico agrônômico, entretanto, os indícios dos efeitos dos sistemas na microbiota é grande, devido sua sensibilidade. Para tal, usa-se de análises como a BMS (Biomassa Microbiana do Solo) para se mensurar os impactos dos sistemas na microbiota (Muniz et al., 2010).

A BMS é um parâmetro ainda muito utilizado para se ter inferências da massa microbiana viva total, que tem por premissa a exposição da concentração dos conteúdos celulares para posterior análise. Ao que se sabe, existem muitos métodos para determinação da BMS, e em todos existem vantagens e desvantagens.

O método da Irradiação-Extração destaca-se pelo uso do forno de microondas como uma alternativa para a substituição do clorofórmio na eliminação dos microrganismos do solo. O objetivo deste estudo foi estimar o Carbono da BMS pelo método da irradiação-extração, em diferentes sistemas agrícolas em latossolo e gleissolo, no Bioma Cerrado.

2- MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da Área de Estudo

O estudo foi realizado em área experimental localizada na Escola de Agrárias e Biológicas, no *Campus* (II) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Foram coletadas amostras de Latossolo Vermelho Distrófico e Gleissolo Melânico, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em cinco áreas distintas: pasto degradado, pasto não degradado, Vereda, Mata Preservada (Cerradão) e produção de banana. Em todas as condições de pastejo ocorre trânsito de animais como caprinos e bovinos.

No pasto degradado não foi observado princípios de erosão, entretanto o solo apresentou pontos de encrostamento devido selamento de poros ocasionado pela água da chuva e pisoteio dos animais.

Na área de pastejo sem degradação, observa um pasto fechado, sem solo à mostra, com baixa ocupação animal. A área preservada é composta por árvores altas, típicas da fitofisionomia do Cerradão, e não forma uma liteira muito espessa.

A área de produção de banana é irrigada, não possui proteção no solo de material vegetal. É observado o princípio de erosão laminar. Por fim, a Vereda não possui qualquer tipo de intervenção, apresenta soerguimento do lençol freático durante o período de chuvas e rebaixado quando o período é de seca. Entretanto se mantém úmido pela alta carga de matéria orgânica.

Amostragem, Armazenamento e Preparo das amostras

A coleta de solo foi realizada aleatoriamente definindo-se dez pontos de amostragem de cada área, sendo coletada cinco subamostras para compor uma amostra composta, com três repetições.

As amostras de solo foram homogeneizadas, seguido de refinamento da granulometria por meio de peneira com malha 2 mm, retiradas resíduos de plantas e raízes e acondicionadas em saco plástico, sendo armazenadas em geladeira (5°C) até o momento dos ensaios.

O teor de umidade das amostras de solo foi corrigido a 80% da capacidade de retenção de água, determinando-se a umidade do solo pelo método gravimétrico, secando-se as amostras em estufa a 105°C por 48h

Determinação de BMS

A estimativa da BMS foi feita por meio da Irradiação-Extração (Ferreira et al. 1999), como método proposto em adaptação da Fumigação- Extração (Vance et al., 1987), com repetições analíticas. O método da Irradiação-Extração tem como premissa a substituição completa da fumigação com clorofórmio, pela irradiação por meio de um forno de microondas, consumo da biomassa por dicromatometria, seguido de titulometria.

Análise estatística

Os dados foram submetidos a um teste de comparação de contraste entre médias com desvio padrão.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as condições apresentaram teores similares de biomassa microbiana do solo nas profundidades estudadas (Fig.1). De acordo com Moreira & Siqueira (2006), a microbiota está presente até cerca de 20 cm de profundidade.

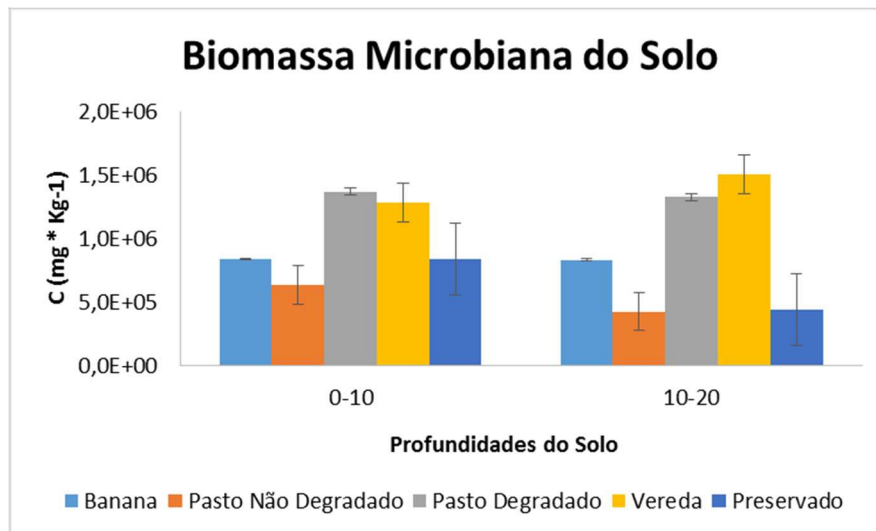


Fig. 1. Resposta do Carbono da Biomassa Microbiana em duas profundidades para diferentes tipos de manejo em ambiente tropical

Na vereda os resultados elevados são apontados devido uma maior quantidade de matéria orgânica (Fig. 1), que proporciona um aumento da disponibilidade de nutrientes para o solo, além disso, a menor variação térmica e maior disponibilidade de água favorece um aumento nos teores de BMS (Vargas & Scholles, 2000).

O pasto (Fig. 1) que se encontra em bom estado agropecuário, acredita-se que os baixos teores de BMS estão associados a problemas com contaminação, uma vez que está situado em uma vertente do relevo. Neste solo foram observados altos teores de matéria orgânica com tempo maior que 10 anos de uso. Lopes et al. (2012), observaram que em solos com mais de 10 anos de aplicação de matéria orgânica a BMS diminuiu drasticamente, isso demonstra uma diminuição da diversidade microbiana.

A área de bananal apresenta um nível de C-BMS muito próximo ao da pastagem. Glaeser et al. (2010) apresentam que em áreas de produção de banana, o parâmetro de biomassa é similar. Na profundidade abaixo de 10 cm, no bananal ocorre um incremento de biomassa, a hipótese é devido a instalação do cultivo em uma área mais baixa e de pequena acumulação de material, que é trazido que áreas mais altas, com alta produção animal.

Os resultados de BMS mais elevados em pastagem degradada apontam para uma especialização de grupos de microrganismos aptos a sobreviverem em ambientes hostis. Em termos de características físico-químicas, as pastagens degradadas são caracterizadas por uma alta acidez dos solos (Lima et al., 2011).

À medida que a fração microbiana aumenta, as ciclagens de nutrientes são mais intensas, e conseqüentemente, em termos de qualidade, se torna um solo melhor (Matsuoka et al., 2003).

Os parâmetros microbiológicos sofrem mudanças em função dos atributos químicos (Balota et al., 2004), dentre eles o pH (Franchini et al., 2007). Os baixos teores dentro da mata preservada, aponta para alguma influência de antropização.

Ainda na Fig. 1, a pastagem e a área preservada apresentam os menores

resultados. A provável explicação é o fato do relevo propiciar deposição de resíduos orgânicos no solo, como o esterco bovino, bem como resíduos indesejáveis. O fato de ser antropizada, diminui as expectativas de maiores teores de BMS na mata, e na pastagem os anos de uso diminuíram em qualidade o solo. Costa et al. (2009) corroboram que a substituição de ambientes naturais por culturas introduzidas causa alteração tanto na qualidade quanto na quantidade do C do solo.

Já na pastagem degradada, mesmo apresentando-se em situação indesejável de uso, o regime de crescimento fasciculado das raízes das gramíneas, colabora para uma melhora da permanência da microbiota, uma vez que seus exsudatos servem de sinalizadores para a constância da população (Souza et al., 2010), estimulando a Biomassa Microbiana quanto ao seu crescimento populacional e sua atividade. Já na zona de mata antropizada, apesar das raízes não terem esse comportamento, por ser um ambiente formado em sua maioria por vegetação de médio e grande porte, a liteira presente sobre o solo, contribui para que um microclima propicie altas taxas de carbono da biomassa microbiana. Entretanto, a dinâmica é menos intensa do que em pastagens, onde os ciclos demonstraram, quantitativamente, serem mais intensos.

5- CONCLUSÕES

Pastos degradados podem apresentar resultados melhores de BMS devido a dinâmica de suas raízes e faixa de pH que favorece grupos específicos.

Em veredas, os elevados teores de BMS podem ter relação direta com o teor de matéria orgânica.

Áreas preservadas podem ter sua qualidade ambiental diminuída em função de deposição de materiais indesejáveis, quando localizada em áreas à jusante dos relevos.

REFERÊNCIAS

BALOTA, E.L. COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. **Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization.** Soil & Tillage Research, 77:137-145, 2004.

COSTA, O.V.; CANTARUTTI, R.S.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M.; NACIF, P.G.S.; FARIA, J.C. **Estoque de carbono sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia.** R. Bras. Ci. Solo, 33:1137-1145, 2009.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. **Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo.** R. Bras. Ci. Solo, 23: 991-996, 1999.

FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; SOUZA, R.A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M.

Microbiological parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop- rotation systems in Southern Brazil. Soil & Tillage Research, 92:18-29, 2007.

GLAESER, D.F.; MERCANTE, F.M.; ALVES, M.A.M.; SILVA, R.F.; KOMORI, O.M. **Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café.** Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, 14(2): 103-114.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B. dos; VIVIAN, R. **Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas.** Pesquisa Agropecuária Tropical, 38: 118-127, 2008.

LIMA, S.S.; ALVES, B.J.R.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; PINHEIRO, E.F.M.; SANT'ANNA, S.A.C.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. **Relationship between the presence of térmita mounds and pasture degradation.** Pesq. Agropec. Bras. 46(12): 1699-1706, 2011.

LOPES, H.S.S.; MEDEIROS, M.G.; SILVA, J.R.; JUNIOR, F.A.M.; SANSTOS, M.N.; BATISTA, R.O. **Microbial biomass and organic matter in soil of Caatinga, cultivated with melon in Chapada do Apodi Ceará State.** Rev. Ceres, 59(4): 565-570, 2012.

MATSUOKA, M.; MENDES, J.C.; LOUREIRO, M.F. **Microbial biomass and enzyme activities in soils under native vegetation and under annual and perennial cropping systems at the Primavera do Leste region – Mato Grosso State.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:425-433, 2003.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; **Microbiologia e Bioquímica do solo.** Lavras, Editora UFLA, 2ªed., 2006. 729p.

MUNIZ, L.C.; MADARI, B.E.; TROVO, J.B.F.; MACHADO, P.L.O.A.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A.F.S. **Atributos biológicos do solo numa cronossequência de pastagens em sistema ILP no Cerrado.** Santo Antônio de Goiás, EMBRAPA-CNPAP, 2010. 8p. (Comunicado Técnico, 198).

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS; A.P. B. **Biomassa microbiana do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo.** R. Bras. Ci. Solo, 34:78-88, 2010.

VANCE, E. D.; BOOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. **An extraction method for measuring soil microbial biomass C.** Soil Biology and Biochemistry, Elmsford, 19(6): 703-707, 1987.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. **Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de**

manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24:35-42, 2000.

CAPÍTULO XIV

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA FIBRA DE ALGODÃO SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES E FORMA DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE ELEMENTAR

**Elias Almeida dos Reis
Liliane dos Santos Sardeiro
Tadeu Cavalcante Reis
Alberto do Nascimento Silva
Charles Cardoso Santana
Tatiana Cruz Amaral**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA FIBRA DE ALGODÃO SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES E FORMA DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE ELEMENTAR

Elias Almeida dos Reis

Universidade do Estado da Bahia – UNEB
Barreiras – BA

Liliane dos Santos Sardeiro

Universidade do Estado da Bahia – UNEB
Barreiras – BA

Tadeu Cavalcante Reis

Universidade do Estado da Bahia – UNEB
Barreiras – BA

Alberto do Nascimento Silva

Universidade de Brasília – UNB
Brasília – DF

Charles Cardoso Santana

Universidade do Estado da Bahia – UNEB
Barreiras – BA

Tatiana Cruz Amaral

Universidade de Brasília – UNB
Brasília – DF

RESUMO: O algodoeiro *Gossypium hirsutum* L. é uma das espécies mais cultivadas no Cerrado baiano. Os solos deste bioma apresentam deficiência de bases, matéria orgânica e elementos essenciais como P e S. Para essa cultura, o S participa de inúmeros compostos metabólicos, defesa vegetal, aumenta o peso das sementes e o índice micronaire. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das diferentes dosagens e formas de aplicação do enxofre elementar na produtividade e qualidade da fibra do algodoeiro no Oeste da Bahia. O experimento constituiu de um fatorial 5 X 2, em delineamento em bloco ao acaso, sendo cinco dosagens (0,00; 22,00; 44,00; 66,00 e 88,00 kg ha⁻¹ de enxofre elementar) e duas formas de aplicação (lanço e linha) com três repetições. O local do ensaio foi a fazenda Warpol localizada em Roda Velha, São Desidério – BA na safra 2012/2013. Foram analisadas as variáveis de produção, peso médio de capulho, percentagem de pluma e produtividade, além das variáveis tecnológicas da fibra, comprimento, índice de consistência de fiação, índice de fibra curta, maturação, micronaire, resistência, alongamento e uniformidade. Os fatores doses e forma de aplicação não apresentaram significância para todas as variáveis analisadas. Contudo, houve interação significativa da forma de aplicação dentro da dosagem 88,00 kg ha⁻¹ para a variável percentagem de pluma e da dosagem dentro da forma de aplicação a lanço quando da regressão de grau 2 para a variável índice de consistência de fiação.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum*, produtividade, fibra.

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. latifolium Hutch.) pertence à família Malvaceae e originou-se do México e da América Central (CARVALHO et al., 2000). Produz uma das mais importantes fibras têxteis do mundo, oferecendo produtos de utilidade e com grande relevância na economia brasileira e mundial (COSTA et al., 2005). A indústria têxtil está cada vez mais exigente quanto às características tecnológicas da fibra para a obtenção de um fio coerente com as exigências do mercado. Assim, as características físicas da fibra condicionam o processo geral de fiação e cada uma delas tem a sua influência, em maior ou menor grau (LUZ et al., 2007).

Na Bahia, a região oeste se destaca com 95% da produção do Estado e é referência mundial em produtividade com 108 e 114 arrobas em pluma para sequeiro e irrigado (AIBA, 2014). Dados esses, que coloca o estado na segunda colocação em produção e produtividade e primeiro em qualidade de fibra. Fatores como clima, relevo, atributos naturais da região, elevado padrão tecnológico utilizado na produção e no beneficiamento e a organização do setor produtivo através da Associação Baiana dos Produtores de Algodão (ABAPA) contribuíram para o desenvolvimento da cotonicultura no cerrado da Bahia.

O algodoeiro herbáceo (*G. hirsutum*) é exigente quanto à qualidade do solo, desenvolvendo seu máximo potencial produtivo em solos férteis, ricos em matéria orgânica, profundos, bem estruturados, permeáveis e bem drenados (FERREIRA e CARVALHO, 2011).

A substituição de fontes de fósforo e nitrogênio contendo (S) na forma de sulfato por outras mais concentradas trouxe por consequência a deficiência desse elemento nos solos cultivados (HOROWITZ e MEURER, 2005). O enxofre (S) é um elemento pouco móvel e o algodoeiro necessita de um suprimento contínuo desse nutriente para seu pleno desenvolvimento. Por participar de importantes características produtivas e tecnológicas da fibra, fica condicionada a importância da pesquisa sobre as melhores formas e doses de aplicação que maximize a eficiência no uso desse nutriente para a cultura.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das diferentes dosagens e formas de aplicação do enxofre elementar na qualidade da fibra do algodoeiro no Oeste da Bahia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em condição de campo, utilizando a cultivar DP 555 BGRR cultivado na Fazenda Warpol - Roda Velha, município de São Desidério - BA nas coordenadas (45° 57' 33" S e 12° 38' 16" W) e 820 m de altitude, figura 1A e 1B, durante os meses de dezembro de 2012 a maio de 2013.

3.2 Clima e solos

Conforme a classificação de Thornthwaite e Mather (1955), o clima predominante no local é do tipo C2w A¹, úmido a subúmido, com pequeno excedente hídrico e chuvas concentradas na primavera e verão. Apresenta temperatura média anual de 24°C, precipitação média anual em torno de 1.500mm, umidade relativa do ar variando entre 20 e 80% (AIBA, 2014). O solo local é classificado como LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO Distrófico e textura arenosa, segundo EMBRAPA (2009).

3.3 Obtenção do enxofre elementar

O enxofre elementar, figura 2, foi obtido em forma de doação pela empresa Galvani Fertilizantes à UNEB e sua caracterização física é pó seco com 99% de pureza.

3.4 Caracterização da cultivar

A cultivar utilizada foi a Delta Pine 555 BGRR caracterizada como de ciclo médio a longo, com excelente sanidade as doenças foliares, boa produtividade e fibra de alta qualidade apresentando as seguintes características: alongação = 7,8%; micronaire = 3,9; percentagem de fibra curta= 8,6%; resistência = 27,2gf/tex e uniformidade =82,4 % (PEREIRA, A. 2011).

3.5 Implantação do experimento

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados com três repetições, sendo um fatorial 5 X 2, ou seja, 5 dosagens de enxofre elementar (padrão utilizada pela propriedade acrescida de: 0,00; 22,00; 44,00; 66,00 e 88,00 kg ha⁻¹) e duas formas de aplicação (uma a lanço e outra na linha de plantio, ambas sobre o solo), totalizando 10 tratamentos e 30 parcelas experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por 7 linhas com espaçamento de 0,76 m entre linhas por 7m de comprimento que totalizou 37,24 m² por parcela, sendo que a parcela útil foi constituída por 3 linhas centrais com 5 metros de comprimento, totalizando 11,4 m². A área total do experimento foi de 1.117,2 m², realizado (18/12/2012) 05 dias após a emergência das plantas.

A semeadura havia sido realizada dia 08/12/2012 sob o sistema de plantio convencional sendo a variedade Delta Pine com estande final de 7,1 plantas/metro linear. Foi aplicado em pré-plantio, 800 kg do produto comercial F160 que tem a seguinte composição: P=16%, Ca=16%, B=0,08%, Cu=0,05%, Mn=0,2% e

S=10%. Em cobertura foi aplicado 200 kg de KCl (58%), 320 kg de NH₄ (45%), 0,5 L de Zn e 2,0 L de Mn ha⁻¹. Todas as unidades experimentais receberam previamente à aplicação dos tratamentos, 80 kg ha⁻¹ de S na forma de sulfato.

3.6 Condução do experimento

As condições químicas e físicas do solo estão dispostas na Tabela 1, no entanto, o preparo do solo, a calagem, a adubação (para os elementos P e S) e o plantio já haviam sido efetuados pela propriedade.

Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	S. Base	M. O.	Argila	Silte	Areia
cmolc/dm ³					%				
2,00	0,60	0,00	1,70	4,38	61,15	1,40	15,10	1,90	83,00
P	K	S	Zn	B	Cu	Fe	Mn	pH	
mg/dm ³								H ₂ O	
49,80	29,60	6,10	1,80	0,21	0,91	57,50	1,60	6,10	

Tabela 1. Resultados das análises químicas e física do solo na profundidade (0 - 20 cm).

Os tratos culturais seguiram o manejo adotado na propriedade (capinas manuais e coberturas), além das aplicações de herbicida, fungicida, inseticida, reguladores de crescimento e desfolhante. Ao final do ciclo, 160 dias após o plantio, fez-se a colheita de 45 capulhos em cada parcela útil, sendo 15 capulhos em cada terço (inferior, médio e superior), em seguida, foram enviados ao laboratório de beneficiamento da Fundação BA para pesagem e beneficiamento.

Após a pesagem dos capulhos, usada para determinar o peso médio dos capulhos (relação da massa total em gramas dividido pelo n° de capulhos), realizou-se o beneficiamento (separação do caroço e pluma) em descaroçador de serra, Figura 3, no Laboratório da Fundação BA, em seguida, efetuou-se as pesagens da pluma e o cálculo de sua percentagem (relação entre o peso da pluma e o peso total da amostra caroço + pluma) conforme metodologia descrita por (HOOGERHEIDE et al., 2007). A produtividade foi calculada a partir do peso total (massa em kg) dos capulhos colhidos na área útil de cada tratamento e seus valores foram convertidos para um hectare. As principais características tecnológicas das fibras: SCI - índice de consistência de fiação (valor estimado da resistência do fio em meadas na unidade de libras força), MIC - micronaire (associação entre finura e maturação), MAT - maturação (relação da espessura das camadas celulósicas da parede secundária com o diâmetro externo da fibra), UHM - comprimento (comprimento da fibra em mm), UNF - índice de uniformidade (relação entre o comprimento médio e o comprimento médio da metade das fibras mais longas em %), SFI - índice de fibra curta (conteúdo de fibras menores que 12,7mm

em %), STR - resistência (força em gramas requerida para romper um feixe de fibras de um tex em gf/tex) e ELG - alongação (quanto o material cede no sentido longitudinal até o momento da rotura em %) foram identificadas no laboratório da ABAPA utilizando o aparelho HVI (High Volume Instruments).

3.7 Análise estatística

Os dados de características de produção e tecnológicas foram tabulados no Microsoft Excel e submetidos à análise de variância usando o programa SISVAR (FERREIRA, 2010). Quando pertinente, as médias foram calculadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o fator forma de aplicação. Para o fator dosagem foi utilizada a análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ações de fatores climáticos e bióticos

Choveu apenas 1.095 mm no período chuvoso, enquanto a média regional de acordo com a (AIBA, 2014) é acima de 1500 mm. Essa má distribuição pluviométrica, durante os meses de dezembro de 2012 a maio de 2013, vide anexos A a F, período coincidente com o ciclo da cultura, pode ter influenciado de forma negativa nas características de produção. Houve apenas 632 mm durante o cultivo, Gráfico 1 e teve dois longos períodos de estiagem nos meses de dezembro (fase vegetativa), que necessita em média 1 mm/dia e fevereiro - março (fase de floração, enchimento das maçãs e início da maturação) que necessita em média de 4 a 8 mm/dia.

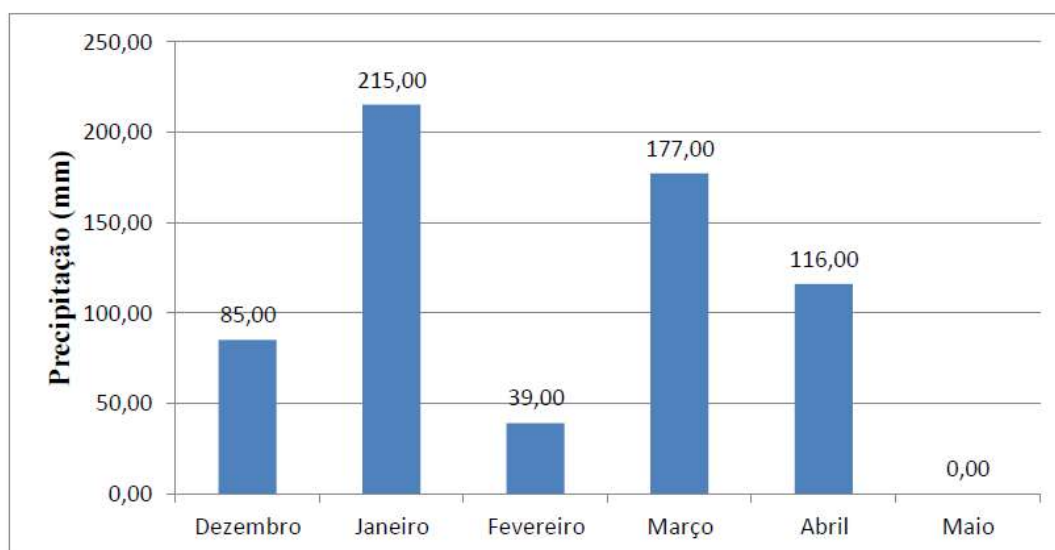


Gráfico 1. Relatório de Chuva - Faz. Warpol - Safra 12/13. Fonte: RORIZ, 2013.

Além do fator climático, fatores bióticos do tipo alta pressão da *Helicoverpa armigera*, *Bemisia tabaci*, *Antonomus grandis* e *Ramulária areola* observado e relatado por (RORIZ, 2013) também podem ter contribuído de forma negativa para com as características de produção.

Nota-se por meio da (Tabela 2), que não houve significância ao nível de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F para as variáveis: comprimento (Tabela 3), resistência (Tabela 5) e micronaire (Tabela 6) quando analisada a forma de aplicação, dosagem e interação (forma x dosagem) do enxofre elementar na cultura do algodoeiro.

Fontes de variação	SCI	MIC	MAT	UHM	UNF	SFI	STR	ELG
Forma de aplicação	0,6812	0,7516	0,3869	0,5667	0,0769	0,1927	0,6870	0,2718
Doses	0,3939	0,2248	0,2610	0,7177	0,3350	0,8456	0,5069	0,0945
Forma X Doses	0,3571	0,2371	0,4308	0,6960	0,7401	0,6091	0,6747	0,5390
Bloco	0,0047	0,9693	0,5534	0,0338	0,0005	0,0134	0,0383	0,8716
CV %	6,04	5,36	0,73	3,33	1,09	5,07	5,96	4,60

Valores menores que 0,05 indicam significância a 5 % pelo teste f.

Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores de probabilidade de significância (p), das características de qualidade de fibra do algodão

Resultado semelhante foi observado por Santos F. et al., (2008) que em condições similares de fertilidade avaliou o efeito de diferentes dosagens de adubação com N e S para as mesmas variáveis em solo arenoso no Cerrado baiano.

Embora não tenha apresentado significância para as variáveis tecnológicas da fibra quando submetido a diferentes dosagens e formas de aplicação, os valores médios apresentaram uma fibra com características que atendem as exigências da indústria conforme a classificação de Sestren e Lima (2011).

A variável comprimento apresentou 29,97 mm o que é considerada média por Santana et al., (1999) e que também atende as exigências da indústria têxtil que exige 30 mm pois foi beneficiado com descaroçador de serras que segundo Costa et al., (2005) pode reduzir de 1 a 1,5 mm o tamanho da fibra.

No entanto, a variável uniformidade apresentou resultados maiores que os padrões de classificação de acordo com Sestren e Lima (2011) e com as características descritas para a variedade (PEREIRA, 2011), enquanto o índice micronaire foi considerado como de finura média.

Do ponto de vista fisiológico, Stuart (1986) apud Rosolem (2011) propõe que o comprimento da fibra é determinado nos primeiros 25 dias após antese, com isso, qualquer condição adversa nesse período pode interferir negativamente. Já o micronaire é definido do final da fase de alongação ao início de deposição da parede secundária que vai dos 25 a 45 dias após antese.

A temperatura afeta o micronaire e o comprimento da fibra, sendo 21 a 26°C considerado como ótimo, entretanto, valores noturnos abaixo de 17,5°C podem levar a um índice muito baixo de micronaire, menor deposição de celulose e taxa de crescimento. (ROSOLEM, 2011). Valores noturnos abaixo de 22°C reduz a taxa de síntese de celulose principalmente pela interferência nas enzimas envolvidas no metabolismo da sacarose.

De acordo com Santana et al., (1999), valores de comprimento de fibra entre 28 e 32 mm são considerados como de fibra média.

Forma de Aplicação	Doses (kg/ha)					Média
	00	22	44	66	88	
Lanço	30,97	29,71	30,04	29,86	29,81	30,08
Linha	29,90	29,82	29,48	30,35	29,79	29,87
Média	30,44	29,77	29,76	30,10	29,80	
CV %	3,33					
DMS	1,71*					0,77**

* Significância da forma de aplicação dentro das dosagens; ** Significância da forma de aplicação dentro da dose para as médias.

Tabela 3. Comprimento da fibra do algodão, quando submetido a diferentes dosagens (00; 22; 44; 66 e 88 kg há -1) e formas de aplicação (lanço e linha) de S elementar.

De acordo com a IN n° 63 do MAPA (2002), valores de uniformidade acima de 85 % são considerados muito alto.

Forma de Aplicação	Doses (kg/ha)					Média
	00	22	44	66	88	
Lanço	86,13	85,40	85,23	84,60	85,67	85,41
Linha	86,13	86,57	86,27	85,47	85,80	86,05
Média	86,13	85,98	85,75	85,03	85,73	
CV %	1,09					
DMS	1,60*					0,72**

* Significância da forma de aplicação dentro das dosagens; ** Significância da forma de aplicação dentro da dose para as médias.

Tabela 4. Índice de uniformidade da fibra do algodão, quando submetido a diferentes dosagens (00; 22; 44; 66 e 88 kg há -1) e formas de aplicação (lanço e linha) de S elementar

Para a classificação da USTER (1999) e Santana et al., (1999), o conteúdo de fibras curtas entre 6 e 9 % é considerado como baixo.

Forma de aplicação	Doses (Kg/ha)					Média
	00	22	44	66	88	
Lanço	33,00	32,13	30,83	31,73	33,83	32,31
Linha	32,53	32,53	31,10	32,40	31,53	32,02
Média	32,77	32,33	30,97	32,07	32,68	
CV %	5,96					
DMS	3,29*					1,47**

* Significância da forma de aplicação dentro das dosagens; ** Significância da forma de aplicação dentro da dose para as médias.

Tabela 5. Resistência da fibra do algodão, quando submetido a diferentes dosagens (00; 22; 44; 66 e 88 kg há -1) e formas de aplicação (lanço e linha) de S elementar

De acordo com a IN n° 63 do MAPA (2002) e Santana et al., (1999), valores percentual de alongamento à rotura acima de 7,6 % é considerado como muito alto.

Forma de Aplicação	Doses (Kg/ha)					Média
	00	22	44	66	88	
Lanço	4,66	4,66	4,84	4,88	4,76	4,76
Linha	4,71	4,64	4,92	4,53	5,13	4,79
Média	4,68	4,65	4,88	4,71	4,94	
CV %	5,36					
DMS	0,44*					0,20**

* Significância da forma de aplicação dentro das dosagens; ** Significância da forma de aplicação dentro da dose para as médias.

Tabela 6. Índice micronaire da fibra do algodão, quando submetido a diferentes dosagens (00; 22; 44; 66 e 88 kg há -1) e formas de aplicação (lanço e linha) de S elementar.

De acordo com a classificação da USTER (1999), as fibras com valores entre 0,70 e 0,85 são consideradas imaturas, já a classificação de Santana (1999) considera os valores entre 0,77 e 0,85 como maduras.

Forma de Aplicação	Doses (Kg/ha)					Média
	00	22	44	66	88	
Lanço	0,8433	0,8400	0,8500	0,8500	0,8433	0,8453
Linha	0,8433	0,8400	0,8466	0,8400	0,8466	0,8433
Média	0,8433	0,8400	0,8483	0,8450	0,8450	
CV %	0,73					
DMS	0,0106*					0,0047**

* Significância da forma de aplicação dentro das dosagens; ** Significância da forma de aplicação dentro da dose para as médias.

Tabela 7. Índice de maturação da fibra do algodão, quando submetido a diferentes dosagens (00; 22; 44; 66 e 88 kg há⁻¹) e formas de aplicação (lanço e linha) de S elementar

Valores de SCI acima de 140 são considerados como de boa qualidade pela indústria têxtil.

5. CONCLUSÃO

Para as condições estudadas, o enxofre elementar não influenciou de forma significativa nas características produtivas e tecnológicas da fibra quando aplicado em diferentes dosagens e formas de aplicação na cultura do algodoeiro, porém em termos dos padrões exigidos pela indústria têxtil, todas as características avaliadas apresentaram valores satisfatórios às exigências do mercado.

REFERÊNCIAS

AIBA. Evolução Algodão Oeste Bahia 1995 a 2011. Disponível em: <http://www.aiba.org.br/_resources/media/pdf/evolucao_algodao_oeste_bahia.pdf>. Acesso em 20 jan. 2014.

CARVALHO, L. P. et al. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originários de matérias silvestres. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 271, p. 303-310, 2000.

COSTA, J. N. da et al. **Técnicas de colheita, processamento e armazenamento do algodão**. Campina Grande, 2005. 14 p. (Embrapa Algodão: Circular Técnica, 87).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2009.

FERREIRA, A. C. B. e CARVALHO, M. C. S. Manejo de solos aptos à cotonicultura no Cerrado.

In: FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. 2° Ed. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA. Aparecida de Goiânia- GO: Mundial gráfica, 2011. 1082p.: il 22cm.

FERREIRA, D. F. Programa computacional Sisvar - UFLA, versão 5.3, 2010.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Uso do enxofre elementar como fertilizante. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n. 112, p. 4-7, 2005.

HOROWITZ, N. **Oxidação e eficiência agronômica do enxofre elementar em solos do Brasil**. 2003.126p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Faculdade de Agronomia de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

HOOGERHEIDE, E. S. S. et al. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1401-1405, out. 2007.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and Feeding of poultry**. Nottingham: Nottingham University, 1992. 305p.

LUZ, M.J.S. et al. Associação entre variáveis relacionadas à qualidade da fibra de algodoeiro irrigado submetido a diferentes doses de uréia. **Revista Brasileira de fibras**, Campina Grande, v.11, n.3, p.185-193, set/dez. 2007.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, C. G. (Eds). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p 189-249.

PEREIRA, A. Algodão: novas cultivares transgênicas. **Cotton expo**, 2011, São Paulo, 2011.

RORIZ, E. J. S. Publicação eletrônica (informações pessoais). Mensagem recebida por <elder.roriz@yahoo.com.br> recebido em 03 de jun. 2013.

ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia do algodoeiro: implicações na época de semeadura e qualidade. In: FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. 2° Ed. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA. Aparecida de Goiânia- GO: Mundial gráfica, 2011. 1082p.: il 22cm.

SANTANA, J. C. da S. et al. Características da fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In: NAPOLEÃO, E. de M. (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 1023p.

SANTOS, F. C. et al. Adubação de Manutenção com Nitrogênio e Enxofre para o Algodoeiro Cultivado em solo arenoso do Cerrado Baiano In: II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008, Brasília. **ParlaMundi**, Brasília - DF, 2008.

SESTREN, J. A.; LIMA, J.J. Características e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. 2ª ed. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA. Aparecida de Goiânia- GO: Mundial gráfica, 2011. 1082p.: il 22cm.

SILVA FILHO, J. L. S.; PEDROSA, M. B.; SANTOS, J. B. **Pesquisa do algodoeiro no Oeste da Bahia – safra 2005/2006**. Campina Grande, 2007. 170p. (Embrapa Algodão: Documentos, 164).

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**, New Jersey, Drexel Ins. of Thechnology, 1955. 104p.

USTER HVI 1000. Disponível em:<<http://www.uster.com/en/instruments/fiber-testing/uster-hvi>>. Acesso em 11 jul. 2014.

USTER HVI 1000. Disponível em:<<http://www.uster.com/en/instruments/fiber-testing/uster-hvi>>. Acesso em 11 jul. 2014.

ABSTRACT: The cotton *Gossypium hirsutum* L. is one of the most cultivated species in Bahia Cerrado. The soils of this biome have deficiency of bases, organic matter and essential elements such as P and S. For this culture, the S participates in many metabolic compounds, plant defense, increases seed weight and micronaire index. The objective of this study was to evaluate the effect of different dosages and application of elemental sulfur on yield and fiber quality of cotton in Western Bahia. The experiment consisted of a 5 x 2 factorial in randomized block design, with five doses (0,00; 22,00; 44,00; 66,00 and 88,00 kg ha⁻¹ of elemental sulfur) and two application forms (haul and line) with three replications. The trial site was Warpol farm located on Roda Velha, São Desidério - BA in the 2012/2013 harvest. Production variables, average boll weight, lint percentage and yield were analyzed, in addition to technological variables, length, consistency index wiring, short fiber content, maturity, micronaire, strength, elongation and uniformity. The dose and method of application factors were not significant for all variables. However, significant interaction of the application form within the dosage 88.00 kg ha⁻¹ for the percentage variable plume and dose within the form of broadcast application when the regression grade 2 for variable consistency index wiring.

KEY-WORDS: *Gossypium hirsutum*, productivity, fiber

CAPÍTULO XV

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ORGANOSSOLOS EM AMBIENTE ALTOMONTANO NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA

**Paula Fernanda Chaves Soares
Lúcia Helena Cunha dos Anjos
Marcos Gervasio Pereira
Fernando Zuchello**

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ORGANOSSOLOS EM AMBIENTE ALTOMONTANO NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA¹

Paula Fernanda Chaves Soares

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Marcos Gervasio Pereira

Fernando Zuchello

RESUMO: Em função do elevado teor de matéria orgânica, os Organossolos possuem características distintas das demais classes de solos e exigem metodologias específicas. Neste trabalho são avaliadas metodologias de caracterização de Organossolos em ambiente altomontano no Parque Nacional do Itatiaia (PNI), segundo o SiBCS. Foram identificados dois perfis, o RJ-01, em situação de fundo de vale fechado, condições hidromórficas, com elevação de 2100 m, que foi classificado como Organossolo Háptico Hêmico típico; e o RJ-02, no terço inferior de encosta, com boa drenagem, a 2400 m e foi classificado como Organossolo Fólico Sáprico cambissólico. Foram avaliadas as seguintes variáveis: Escala de Decomposição de Von Post, Índice de Pirofosfato de Sódio (IP), Teor de Fibras Esfregadas (FE), Densidade da Matéria Orgânica, Resíduo Mínimo, Material e Mineral e Matéria Orgânica do Solo por gravimetria. Além destas, a densidade do solo e a umidade gravimétrica. Os atributos físicos foram condicionados pelos altos teores de matéria orgânica. A relação existente entre FE e o IP foi consistente com a Escala de Von Post e as propriedades morfológicas variaram com a posição no relevo e condições de drenagem.

PALAVRAS CHAVE: Grau de humificação, Atributos físicos, Solos orgânicos.

1-INTRODUÇÃO

O Sistema Brasileiro de Classificação do Solo – SiBCS - classifica como Organossolos solos que apresentam teores elevados de material orgânico, sendo constituídos por deposições de resíduos vegetais em diferentes estádios de decomposição, podendo conter proporção variável dos constituintes minerais (Embrapa, 2013).

Para formação de Organossolos é necessário que o ambiente de formação seja propício, ou seja, permitir aporte de resíduos em quantidade e sua preservação em grande parte, assim levando ao espessamento das camadas de material orgânico (Pereira et al., 2005). Essas características do ambiente de formação são encontradas em duas paisagens distintas, áreas de várzeas com

¹ Trabalho executado com recursos da Capes, CNPq e FAPERJ. (2) Pós Doutorando do Curso de Pós Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Seropédica, Rio de Janeiro, pfernanda07@gmail.com, zuchello@gmail.com; (3) Professor, Departamento de Solos/IA/UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro; Bolsistas CNPq e FAPERJ; lanjos@ufrj.br; mgervasiopereira01@gmail.com.

hidromorfismo e/ou regiões altomontanas. Em ambas o relevo é o fator de formação principal e que condiciona os demais, na pedogênese dos Organossolos. Nas várzeas a conservação da matéria orgânica ocorre devido ao hidromorfismo, onde a taxa de decomposição é mais lenta pelo domínio de condições anaeróbicas. O processo de acumulação de materiais orgânicos nessa condição recebe o nome de paludização (Cipriano-Silva et al., 2014, Pereira et al., 2005)

Nos ambientes altomontanos, a maior elevação influencia o clima e as baixas temperaturas levam a menor velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos. Assim, se dá a acumulação progressiva de camadas de liteira (Ebeling et al., 2008; Benites et al., 2007; Valladares, 2003)

O estudo teve como objetivo caracterizar Organossolos em ambiente altomontano do Parque Nacional do Itatiaia (PNI), seguindo procedimentos recomendados no SiBCS.

2- MATERIAL E MÉTODOS

Localização e Coleta dos Perfis de Solo

Foram coletados dois perfis de Organossolos em ambiente de clima frio e úmido com vegetação rupestre no interior do PNI, na parte alta (região do planalto do Itatiaia que varia de 2100 a 2791 m de elevação, culminando com o Pico das Agulhas Negras). As áreas estão próximas ao Ribeirão das Flores, as margens da trilha que leva as prateleiras, em duas formas distintas de relevo.

O primeiro perfil (RJ-01) está inserido em zona de depressão em fundo de vale fechado com lençol freático elevado e ambiente de hidromorfismo, com elevação de 2100 m. Já o segundo perfil (RJ-02) está no terço inferior de encosta, tem livre drenagem e elevação de 2400 m. O clima é Cwa, clima sub-tropical de altitude, com verão quente e chuvoso e inverno frio e seco, temperatura média anual de 16° C e precipitação média anual de 2.300 mm (Köppen, 1948).

Os perfis foram descritos e coletados de acordo com as normas no Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (Santos et al., 2013). Foi aberta uma trincheira para descrição do perfil RJ-01, sendo o RJ-02 coletado em corte com exposição do solo ao longo da trilha para evitar maior impacto. A profundidade de amostragem e descrição dos horizontes foi definida pela proximidade do lençol freático em RJ-01, e o contato com horizonte mineral C em RJ-02. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para cada horizonte.

Métodos Específicos para Organossolos

As análises estão descritas no SiBCS – Anexo B (Embrapa, 2013), como metodologias específicas para classificação de Organossolos. Foram determinados os seguintes atributos: Escala de Decomposição de Von Post (EVP), Índice de

Pirofosfato de Sódio (IP), Teor de Fibras (não esfregadas – FNE e esfregadas – FE), Densidade da Matéria Orgânica (DMO), Resíduo Mínimo (RM), Material Mineral (MM) e Matéria Orgânica do Solo (MOS) por gravimetria. Também foram determinadas a Densidade do Solo (Ds) e a Umidade Gravimétrica (%UG) para cálculo de volume total de poros (VTP%) e outros atributos.

As análises de EVP, IP e FE apresentam certo grau de subjetividade, dependendo da experiência do pedólogo. Portanto, foram necessárias algumas adaptações para sua execução.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis apresentaram comportamento semelhante devido à grande influência que o teor de matéria orgânica (MO) exerce sobre os atributos do solo (Figura 1). A %UG manteve relação direta com os valores de MO, uma vez que essa confere maior retenção e higroscopicidade. O %UG diminui com o aumento da profundidade, sendo os menores valores em RJ-02 nos horizontes minerais (Bi1 e Bi2), variando de torno de 10% (Fig. 1a).

Os valores de MM são inversamente proporcionais aos teores de MO e aumentam em profundidade no perfil (Fig. 1a). O maior valor foi observado em RJ-02, no Bi1 com 98,2% (horizonte mineral), estando de acordo com outros estudos (Conceição et al. 1999; Valladares, 2003; Ebeling, 2010).

Os dois perfis apresentaram comportamento similar, com VTP decrescendo em profundidade, sendo está variável diretamente dependente do teor de MO. Os valores de VTP oscilaram de 68% a 46% (ambos em RJ-02) e foram maiores em superfície. A maior quantidade de macroporos ocorre na superfície em decorrência do material orgânico recém aportado e tende a diminuir em profundidade de acordo com o avanço do processo de decomposição/mineralização da matéria orgânica; pois esses poros colapsam, diminuindo seu tamanho e afetando a porosidade total (Andriessse, 1988). A Ds é inversamente proporcional a MO, e mantém relação com o grau de decomposição dos resíduos adicionados (Conceição et al., 1999; Ebeling, 2010).

A Ds aumentou em profundidade nos dois perfis; em RJ-02, o Bi2 apresentou valor de 1,17 Mg m⁻³ com forte influência da fração mineral (Figura 1 a, b). A Ds é um atributo usado no cálculo da DMO. As duas áreas apresentaram redução da DMO em profundidade, com exceção o último horizonte de RJ-02 influenciado pelo maior grau de humificação e mineralização da MO; corroborando Ebeling et al. (2011), que mostra em ambientes de planalto padrão distinto da MO em profundidade.

O RM permite inferir sobre o potencial máximo de subsidência em horizontes ou camadas orgânicas, e é referido como a espessura remanescente de solo por unidade da medida após subsidência máxima (Lynn et al.,1974). Os valores foram relativamente altos, variando de 0,20 a 0,56 m.m⁻¹, estando de acordo com os encontrados por Ebeling (2010) e Valladares (2003).

Através da Escala de Von Post (EVP), o perfil RJ-01 foi classificado como Hêmico no terceiro nível taxonômico, por possuir material orgânico que se enquadrava nesse grau de decomposição na maior parte dos 100 cm de profundidade. Já o RJ-02 apresentou em toda a extensão do perfil maior grau de evolução da MO, sendo identificado como Sáprico. A Tabela 1 apresenta dados da escala de Von Post, teor de fibras esfregadas e o índice de pirofosfato de sódio, atributos utilizados na classificação dos Organossolos.

O IP é usado para classificar os Organossolos, onde valor 5 ou maior indica material orgânico fíbrico e 3 ou menos indica material sáprico (Lynn et al., 1974). Esses valores foram relacionados com os teores de FE e mostraram boa correspondência quando confrontados com os índices da EVP (Tabela 1).

Os horizontes apresentaram diferentes graus de transformação da MO. Em função da condição de drenagem e posição no relevo, influenciando na intensidade de mineralização e/ou humificação da MO, diminuem os teores de fibras da maioria dos solos orgânicos, o que pode explicar a presença de materiais hêmicos em RJ-01 e sápricos em RJ-02 (Figura 2).

4-CONCLUSÕES

Os atributos físicos foram condicionados pelos altos teores de matéria orgânica. Sendo clara a distinção entre os horizontes orgânicos e o mineral.

A relação existente entre FE e IP foi consistente com a Escala de Von Post, permitindo classificar os perfis como hêmico (RJ-01) e sáprico (RJ-02).

O clima e o relevo foram os principais fatores na formação dos solos, responsáveis por alterações na morfologia e na classificação, sendo está: ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico (RJ-02).

AGRADECIMENTOS

Ao CPGA-CS, a CAPES, ao CNPq e a FAPERJ pelo financiamento do projeto. As pessoas que participaram das diversas etapas do estudo e, em especial, ao PNI – Sisbio pela autorização de pesquisa número 31916, iniciado em 07 de fevereiro de 2012.

REFERÊNCIAS

ANDRIESSE, J. Nature and management of tropical peat soils. Roma, FAO, 1988. 165 p. (Bulletin Soils, 59).

BENITES, V.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SIMAS, F.N.B. & SANTOS, H.G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. R. Bras. Bot., 30:569-577, 2007

CIPRIANO-SILVA, R.; VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. dos. Caracterização de Organossolos em ambientes de várzea do Nordeste do Brasil. R. Bras. Ci. Solo, v.38:26-38, 2014.

CONCEIÇÃO, M.; ARAÚJO, W. S; CUNHA, T. J. F.; MARTIN NETO, L.; SAAB, S. C. Estudo comparativo de métodos de determinação do teor de matéria orgânica em solos orgânicos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, n.3, 1999, p.5. (Pesquisa Andamento – Embrapa Solos).

EBELING, A.G.; ANJOS, L.H.C.; PEREZ, D.V.; PEREIRA, M.G.; GOMES, F.W. de F. Atributos químicos, carbono orgânico e substâncias húmicas em Organossolos Háplicos de várias regiões do Brasil. R. Bras. Ci. Solo, v.35, p.325 - 336, 2011.

EBELING, A.G. Características estruturais da matéria orgânica em Organossolos Háplicos. 2010. 153f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

EBELING, A.G.; ANJOS, L.H.C.; PEREZ, D.V.; PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G.S. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. *Bragantia*, 67:261-266, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013

LYN, W.C.; MCKINZE, W.E.; GROSSMAN, R.B. Field laboratory tests for characterization of histosols. In: AANDAHAL, A.R. (Ed.) Histosols: their characteristics, classification and use. Madison : Soil Science Society of America, p.11-20, 1974.

KÖPPEN, W. Climatología: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica, México, 1948. 479 pp.

PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; VALLADARES, G.S. Organossolos: Ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. In: VIDALTORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, Á.P.; CARDOSO, E.J. (Org.). Tópicos em Ciência do Solo. 4.ed. Viçosa v.4, p.233-276 , 2005

SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C. de; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C. e ANJOS, L.H.C. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa, MG, SBCS, 5ª ed., p.100, 2013

VALLADARES G.S.; GOMES, E.G.; MELLO, J.C.C.B.S; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G. & BENITES, V.M. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de Organossolos e solos afins. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:285-296, 2008.

VALLADARES, G. S. Caracterização de Organossolos, auxílio à sua classificação. 2003. 129p. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.

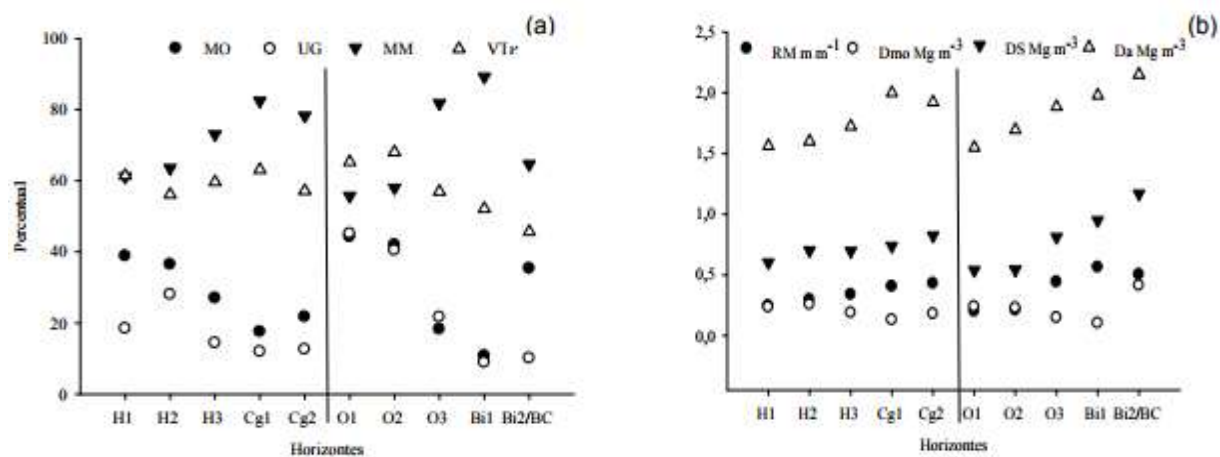


Figura 1. Distribuição dos valores de Matéria Orgânica (MO), Umidade Gravimétrica (UG), Material Mineral (MM) e Volume total de poros (VTP) em função dos horizontes, (a). Distribuição dos valores de Resíduo Mínimo (RM), Densidade da Matéria Orgânica (DMO), Densidade do solo (Ds) e Densidade da Partícula (Dp) todos em função dos horizontes (b).

Tabela 1. Escala de Von Post, teores de Fibras Esfregada (FE) e Índice de Pirofosfato de Sódio (IP)

Perfil	Horiz.	Von Post		FE	IP
		Índice	Material	%	
ORGANOSSOLO Háplico Hêmico típico					
RJ -01	H ₁	H6	Hêmico	30	5
	H ₂	H6	Hêmico	27	4
	H ₃	H6	Hêmico	25	4
	Cg1	H7	Sáprico	14	3
	Cg2	H8	Sáprico	15	3
ORGANOSSOLO Fólico Sáprico Cambissólico					
RJ -02	O ₁	H8	Sáprico	31	3
	O ₂	H8	Sáprico	18	3
	O ₃	H9	Sáprico	17	3
	Bi ₁	H9	Sáprico	17	3
	Bi ₂ /BC	H9	Sáprico	15	3

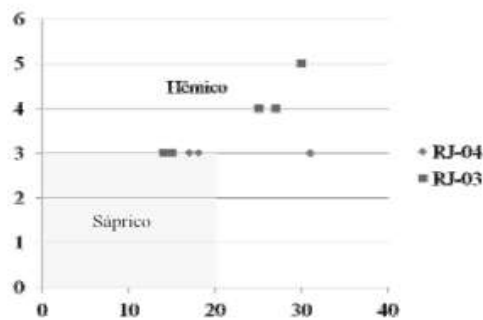


Figura 2. Determinação do grau de transformação da matéria orgânica através da relação entre Índice de Pirofosfato e Teor de Fibras Esfregadas, com indicação do terceiro nível taxonômico.

CAPÍTULO XVI

COINOCULAÇÃO COM RIZOBACTÉRIAS EM ASSOCIAÇÃO COM ÁCIDOS HÚMICOS NA CULTURA DO FEIJOEIRO- COMUM

**Érica de Oliveira Araújo
Juliana Guimarães Gerola
Juan Ricardo Rocha
Leandro Cecílio Matte
Kamila Cabral Mielke**

COINOCULAÇÃO COM RIZOBACTÉRIAS EM ASSOCIAÇÃO COM ÁCIDOS HÚMICOS NA CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM

Érica de Oliveira Araújo

Engenheira Agrônoma, Doutorado em Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Rua 22 de Outubro, n. 3896, CEP 69830-000, Vila Falcão, Lábrea, AM, Brasil

Juliana Guimarães Gerola

Engenheiro (a) Agrônomo (a), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, BR 434 km 63, CEP 76993-000, Colorado do Oeste –RO, Brasil

Juan Ricardo Rocha

Engenheiro (a) Agrônomo (a), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, BR 434 km 63, CEP 76993-000, Colorado do Oeste –RO, Brasil

Leandro Cecílio Matte

Engenheiro (a) Agrônomo (a), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, BR 434 km 63, CEP 76993-000, Colorado do Oeste –RO, Brasil

Kamila Cabral Mielke

Engenheiro (a) Agrônomo (a), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, BR 434 km 63, CEP 76993-000, Colorado do Oeste –RO, Brasil

RESUMO: Os estudos de coinoculação com estirpes de elevado potencial simbiótico, bem como a utilização de substâncias húmicas tornam-se de grande importância para obtenção de aumentos na nodulação, na FBN e na produtividade do feijoeiro. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da coinoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em associação com ácidos húmicos e nitrogênio sob o comportamento do feijoeiro-comum. O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus de Colorado do Oeste, RO, entre fevereiro e abril de 2015. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. As sementes de feijão-comum cv. Pérola foram de acordo com os tratamentos, previamente coinoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*. Os resultados permitiram concluir que a coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* permite obter maior crescimento inicial do feijoeiro. A produção de massa seca da parte aérea aumentou na ordem de 76,12% quando coinoculado com rizobactérias. A eficiência de utilização do N por plantas de feijão é superior quando coinoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, comprovando que apenas a coinoculação já disponibiliza o N necessário para desenvolvimento das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense*, FBN.

1-INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui a base alimentar da população de muitos países em desenvolvimento e é considerado um dos mais importantes constituintes da dieta da população brasileira por ser, reconhecidamente, uma excelente fonte proteica, de carboidratos e de ferro. A produção mundial de feijão vem crescendo progressivamente desde os anos de 1960. O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial dessa leguminosa com produção em torno de 3,29 milhões de toneladas e uma área planta de 3,16 milhões de hectares. Contudo, a produtividade média do feijoeiro no País é relativamente baixa, apenas 1040 kg ha⁻¹ na safra 2017/2018, considerando os cultivos de 1^a, 2^a e 3^a safras (CONAB, 2017). Estes baixos rendimentos da cultura refletem o baixo nível tecnológico empregado pelos produtores, bem como o cultivo do feijoeiro em solos de baixa fertilidade, especialmente pobres em nitrogênio (N) (Pelegri et al., 2009).

Entre os fatores que mais contribuem na elevação do custo de produção das lavouras de feijão, destaca-se a utilização de fertilizantes minerais, principalmente, os nitrogenados, que são exigidos em maior quantidade pelas plantas (Straliotto et al., 2002). No entanto, apesar dos fertilizantes nitrogenados serem a forma assimilada com maior rapidez pelas plantas, apresenta custo elevado; alto gasto de fontes energéticas na sua fabricação; baixa eficiência de sua utilização pelas plantas, raramente ultrapassando 50%; além de estarem altamente relacionados à poluição ambiental (Hungria et al., 2013). Dessa forma, existe um grande interesse em alternativas que visem à redução na aplicação de insumos nas áreas de produção agrícola, capazes de promover elevadas produtividades e manter a sustentabilidade ambiental, com foco na segurança alimentar. Uma alternativa para a redução da necessidade de fertilizantes nitrogenados é a fixação biológica de nitrogênio (FBN), que é realizada por um grupo restrito de bactérias denominadas diazotróficas (Reis, 2007).

Atualmente, o inoculante comercial para o feijoeiro no Brasil é produzido com uma espécie de rizóbio adaptada aos solos tropicais, o *Rhizobium tropici* (Straliotto et al., 2002), que consegue fixar de 20 a 30% do nitrogênio que a planta necessita através da fixação biológica podendo contribuir com 20 a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Fancelli; Dourado Neto, 2007). Além dos rizóbios específicos para as leguminosas, existem outros microrganismos que podem trazer grandes benefícios às culturas. Um dos grupos mais promissores é representado por bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas por meio de vários processos, como a produção de hormônios de crescimento e a capacidade de realizar FBN, entre outros. Dentre essas bactérias destacam-se as pertencentes ao gênero *Azospirillum*.

Neste cenário, uma técnica alternativa de coinoculação ou também denominada de inoculação mista com bactérias simbióticas e assimióticas têm sido estudadas em leguminosas. Essa técnica consiste na utilização de combinações de diferentes microrganismos, os quais produzem efeito sinérgico, em que se superam os resultados produtivos obtidos quando utilizados na forma

isolada (Bárbaro et al., 2011). Nos casos onde se tem utilizado *Azospirillum brasilense* em leguminosas, o efeito benéfico da associação com rizóbio se deve, na maior parte, a capacidade que a bactéria tem de produzir fitormônios, que resulta em maior desenvolvimento do sistema radicular, e, portanto, a possibilidade de explorar um volume mais amplo de solo (Bárbaro et al., 2008). Na cultura do feijoeiro, tem sido verificado que a inoculação combinada de *Rhizobium* e *Azospirillum* pode aumentar a quantidade de N fixado e a produtividade de grãos de feijoeiro (Yadegari et al., 2010).

A interação do feijoeiro com bactérias fixadoras de N atmosférico tem demonstrado a capacidade de substituição da adubação nitrogenada, pelo menos em parte, para obtenção de altos rendimentos na cultura do feijoeiro (Pelegri et al., 2009). E, embora as pesquisas envolvendo essas bactérias estejam crescendo nos últimos anos no Brasil, muito pouco se conhece sobre o efeito da utilização desses microrganismos junto com substâncias húmicas (SH).

As substâncias húmicas (SH), principal componente da matéria orgânica do solo (85 a 90 %), alteram diretamente o metabolismo bioquímico das plantas e, por consequência, influem no seu crescimento e desenvolvimento, bem como, podem promover aumento da população de bactérias endofíticas, estimulando o estabelecimento do inóculo bacteriano no interior da planta. Isso pode ser hipoteticamente explicado como parte dos efeitos das SH sobre o aumento no número de raízes laterais, as quais constituem no sítio majoritário de infecção da planta hospedeira por bactérias endofíticas (Marques Júnior et al., 2008).

Contudo, os estudos com associação de estirpes de rizóbio com elevado potencial simbiótico, e rizobactérias, bem como a utilização de SH tornam-se de grande importância para obtenção de aumentos na nodulação, na fixação biológica de nitrogênio e na produtividade do feijoeiro, em condições tropicais. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da coinoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em associação com ácidos húmicos e nitrogênio sob o comportamento de plantas de feijoeiro-comum.

2- MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente protegido no Setor de Produção Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus de Colorado do Oeste, RO, no período de fevereiro 2015 a abril de 2015, cujas coordenadas geográficas são 13° 06' S e 60° 29' W, com altitude média de 407 metros. O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Awa, tropical quente e úmido com duas estações bem definidas. O solo utilizado neste estudo, classificado como Argissolo Vermelho-amarelo de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013), foi coletado na profundidade de 0-20 cm. A análise química do solo antes da instalação do experimento resultou nos seguintes valores: M.O.: 10,00 g dm⁻³; pH (CaCl₂): 5,30; P: 1,10 mg dm⁻³; K: 0,14 cmolc dm⁻³; Ca: 5,56 cmolc dm⁻³; Mg 1,15 cmolc dm⁻³; Al: 0,0 cmolc dm⁻³; H+Al: 2,25 cmolc dm⁻³; SB: 6,90 cmolc dm⁻³;

CTC: 9,10 cmolc dm⁻³, saturação por bases 75,30%. A análise granulométrica apresentou 199 g kg⁻¹ de areia, 166 g kg⁻¹ de silte e 635 g kg⁻¹ de argila.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos: 1) Controle (sem inoculação e sem dose de N); 2) Coinoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*; 3) 30 kg ha⁻¹ de N; 4) Coinoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* + Acido húmico; 5) Coinoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* + 30 kg ha⁻¹ de N e 6) Coinoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* + 30 kg ha⁻¹ de N + Acido húmico, totalizando 24 unidades experimentais para cada genótipo de feijão avaliado.

Com base nos resultados da análise química do solo, foi realizada uma adubação de base para garantir o estabelecimento da cultura. Foram aplicados (misturado ao solo) 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma superfosfato simples (18% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% K₂O), respectivamente. Os micronutrientes foram aplicados conforme a exigência da cultura, na forma de solução, usando água deionizada e sais p.a., de acordo com Epstein e Bloom (2006). A adubação nitrogenada foi realizada na dose de 30 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia (45%), aplicados na sementeira.

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade de 8 dm⁻³, preenchidos com solo seco ao ar, passado em peneira de 4 mm de abertura. A umidade dos vasos foi controlada diariamente, visando manter o solo com 60% da capacidade de campo.

Na sementeira foram utilizadas sementes de feijão-comum cv. Pérola (grupo carioca), sendo previamente inoculadas com produto contendo uma combinação de duas estirpes de *Azospirillum brasilense* (Ab-V5 e Ab-V6), em inoculante com formulação líquida, e o inoculante contendo a estirpe *Rhizobium tropici*, em veículo à base de turfa, produzido pela Empresa Total Biotecnologia. A dose aplicada foi de 150 mL para cada 50 kg de sementes de feijão para o inoculante com formulação líquida, e de 250 g para cada 10 kg de sementes de feijão do inoculante com veículo à base de turfa. Assim, coinoculação correspondeu a inoculação mista dos dois inoculantes, de acordo com as recomendações para a cultura.

Os ácidos húmicos foram extraídos e cedidos pelo Laboratório de Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, estabelecido em Campos dos Goytacazes, RJ, sendo estes isolados de vermicomposto conforme Canellas et al. (2005). O material foi previamente dissolvido em água, na proporção de 50 mg L⁻¹. A SH foi aplicada diretamente sobre as sementes, dentro de sacos plásticos, com uma pipeta volumétrica. Após a aplicação, os sacos plásticos foram fechados e agitados vigorosamente por dois minutos para uma distribuição homogênea do produto sobre as sementes. As sementes foram postas a germinar diretamente nos vasos, sendo, que aos oito dias após a emergência, realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta em cada unidade experimental.

Aos 35 dias após a emergência, no estágio V4, foram determinadas a altura de plantas e o diâmetro do colmo. A altura das plantas foi obtida pela medição do

colo da planta até o meristema apical, utilizando-se uma régua graduada; e o diâmetro do colmo foi determinado com o auxílio de paquímetro digital, na altura de 2 cm do colo da planta. Posteriormente as plantas foram coletadas e divididas em raiz e parte aérea. Em seguida, todo o material vegetal coletado foi lavado em água corrente e água deionizada, respectivamente. O comprimento de raiz principal foi determinado com uma régua graduada e o volume de raiz pelo método da proveta, no qual as raízes foram submersas em proveta graduada com volume de água destilada conhecido, sendo o volume determinado pela diferença entre o volume inicial e final do recipiente. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, por 72 horas. Após a secagem do material vegetal, procedeu-se à pesagem e moagem da massa seca em moinho tipo Wiley, sendo as amostras, submetidas à digestão sulfúrica, para determinação do teor de N nas diferentes partes da planta (raiz e parte aérea), de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (2009).

A eficiência de absorção (EAN), razão entre o conteúdo total de nutriente na planta e a massa seca das raízes, foi calculado de acordo com Swiader et al. (1994), enquanto que a eficiência de transporte do nitrogênio (ETN), razão entre o conteúdo de nitrogênio na parte aérea e o conteúdo de nitrogênio na planta e a eficiência de utilização do nitrogênio, razão entre a massa seca total produzida e o acúmulo total de nutriente na planta, foram calculados de acordo com Siddiqi e Glass (1981).

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro Wilk, e as médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para altura de planta, diâmetro do caule, comprimento de raiz, volume de raiz, massa seca da parte aérea e eficiência de utilização do N em resposta a coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, aplicação de substâncias húmicas e nitrogênio em plantas de feijão cv. Pérola, grupo carioca. (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Altura de plantas (ALT), diâmetro do caule (DIA), comprimento de raiz (CR), volume radicular (VR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de feijão cv. Pérola em resposta a coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rizhobium tropici* e a aplicação de substância húmicas e nitrogênio. Colorado do Oeste, RO (2015).

Tratamentos	ALT	DIA	CR	VR	MSPA	MSR
	(cm)	(mm)	(cm)	(cm ³ /planta)	g	
1. Controle	22,00 b	2,71 b	19,00 b	6,66 b	1,55 b	0,28
2. Coinoculação	42,00 a	4,10 a	29,50 a	9,00 a	2,73 a	0,32
3. 30 kg ha ⁻¹ N	34,16 ab	3,75 ab	27,50 ab	8,33 ab	2,06 ab	0,38
4. Co + AH	36,76 ab	3,34 ab	20,76 b	7,99 ab	1,48 b	0,29
5. Co + 30 kg ha ⁻¹ N	40,23 a	3,37 ab	23,33 ab	8,66 ab	1,31 b	0,23
6. Co + 30 kg ha ⁻¹ N + AH	41,26 a	3,20 ab	23,00 ab	8,00 ab	1,31 b	0,25
Média	36,06	3,41	23,84	8,10	1,74	0,29
Teste F	0,00*	0,01*	0,03*	0,03*	0,04*	0,05 ^{NS}
CV (%)	18,47	13,85	10,82	38,82	61,08	69,00

* e ^{NS}— significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. Co: coinoculação. AH: Ácido húmico.

Tabela 2. Teor de nitrogênio na parte aérea (TNPA), teor de nitrogênio na raiz (TNR), teor de nitrogênio na planta (TNPL), eficiência de absorção de nitrogênio (EAN), eficiência de transporte de nitrogênio (ETN) e eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) por plantas de feijão cv. Pérola em resposta a coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rizhobium tropici* e a aplicação de substância húmicas e nitrogênio. Colorado do Oeste, RO (2015).

Tratamentos	TNPA	TNR	TNPL	EAN	ETN	EUN
	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg g ⁻¹)	(%)	(mg g ⁻¹)
1. Controle	41,60	24,22	65,82	309,17	73,89	0,02 b
2. Coinoculação	45,25	24,62	79,70	627,27	85,58	0,07 a
3. 30 kg ha ⁻¹ N	44,20	26,80	69,87	621,92	86,60	0,05 ab
4. Co + AH	48,46	26,63	75,10	346,49	91,07	0,03 ab
5. Co + 30 kg ha ⁻¹ N	45,73	27,35	73,08	484,54	91,08	0,03 ab
6. Co + 30 kg ha ⁻¹ N + AH	43,56	26,16	69,72	514,14	94,31	0,03 ab
Média	44,80	25,96	72,21	483,92	87,08	0,04
Teste F	0,11 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,57 ^{NS}	0,48 ^{NS}	0,04*
CV (%)	7,05	7,63	5,79	61,80	17,09	20,01

* e ^{NS} – significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. Co: coinoculação. AH: Ácido húmico

A altura de plantas cv. Pérola apresentou os maiores valores no tratamento correspondente à coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, coinoculação + 30 kg ha⁻¹ N e coinoculação + 30 kg ha⁻¹ N + ácido húmico, sendo superior ao controle (sem coinoculação e sem N) e similar aos demais tratamentos. Os valores variaram de 22 cm (controle) a uma média de 41,16 cm (coinoculado, coinoculado+ 30 kg ha⁻¹ N e coinoculado + 30 kg ha⁻¹ N + ácido húmico), com acréscimos em relação ao controle de 87,09% (Tabela 1). Esse incremento na altura de plantas observado neste estudo está associado ao alongamento do caule promovido pelo N em associação com a coinoculação. A aplicação de doses de N nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas promove aumento da produção de fitohormônios promotores do crescimento (auxinas, giberilinas e citocininas), responsáveis pelos processos de divisão e expansão celular. É importante destacar que, mesmo com a inoculação rizobiana, diversos trabalhos (Pelegri et al., 2009; Brito et al., 2011) sugerem a necessidade de aplicação da dose de arranque de N para a cultura do feijoeiro.

Quanto ao diâmetro do caule da cv. Pérola o tratamento coinoculado com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* foi superior, diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) somente do tratamento controle (Tabela 1). O maior diâmetro do caule está diretamente relacionado com o aumento da produção, uma vez que atua no armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente para a formação dos grãos (Fancelli; Dourado Neto, 2007).

A coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* influenciou o comprimento e o volume de raiz de plantas de feijão cv. Perola (Tabela 1). Plantas coinoculadas apresentaram incremento na ordem de 55,26% no comprimento de raiz e de 35,13% no volume de raiz em relação ao controle não inoculado, no entanto, não diferiram estatisticamente do tratamento coinoculado + 30 kg ha⁻¹ N e coinoculado + 30 kg ha⁻¹ N + ácido húmico. Esse efeito de aumento no comprimento e no volume radicular se deve à produção de auxinas pelas bactérias, que estimula o crescimento das raízes secundárias, aumentando assim a área específica de absorção de água e nutrientes pelas plantas (Radwan et al., 2004).

Resultados concordantes foram evidenciados por Burdman et al. (1997), no qual os autores afirmam que a inoculação com *Azospirillum sp.* aumenta o número de pelos radiculares e, como há aumento do sistema radicular, a inoculação combinada com *Rhizobium* contribui para colonizar um maior número de raízes, aumentando o número de nódulos fixadores do nitrogênio atmosférico. Gitti et al. (2012) observaram aumento do sistema radicular e maior número de nódulos fixadores de nitrogênio atmosférico em feijão comum quando coinoculados com *Azospirillum brasilense* e estirpe de *Rhizobium*.

A produção de massa seca da parte aérea aumentou na ordem de 76,12% no tratamento coinoculado com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium* em relação ao tratamento controle (sem coinoculação e sem N), ficando evidente os efeitos benéficos da coinoculação de bactéria simbióticas e associativas na assimilação de nitrogênio pelas plantas de feijão. Corroborando com os resultados encontrados, Oliveira (2011) constatou aumento da produção de matéria seca da parte aérea do

feijoeiro-comum com a coinoculação da CIAT 899 e UFLA 04-155; e Peres (2014) verificou que a coinoculação possibilitou a maior produção massa seca da parte aérea e que não diferiu de *A. brasilense*. Por outro lado, Veronezi et al. (2012) não obtiveram diferenças na massa seca da parte aérea entre os tratamentos com inoculação das sementes de feijão com *R. tropici*, a coinoculação de *R. tropici* e *A. brasilense*, sem inoculação adicionada ou não à N mineral.

É importante salientar, com bases nos resultados já apresentados, que a maioria dos tratamentos com coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, apresentaram resultados similares aos tratamentos coinoculados e acrescidos de ácidos húmicos e aqueles coinoculados e acrescidos de 30 kg ha⁻¹ de N para altura de plantas, diâmetro do caule, comprimento e volume radicular (Tabela 1 e 2), o que permite sugerir que apenas a coinoculação das plantas de feijão é capaz de fornecer o nitrogênio necessário para o crescimento e desenvolvimento inicial da cultura, o que pode proporcionar uma redução no uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, e conseqüentemente reduzir nos custos de produção.

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos tratamentos para teor de N na parte aérea, teor de N na raiz, teor de N na planta, eficiência de absorção e transporte de N pelas plantas feijão cv. Pérola (Tabela 2). Apenas a eficiência de utilização do N respondeu significativamente ($p < 0,05$) os tratamentos.

A coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* proporcionou aumento significativo na eficiência de utilização do N em relação ao tratamento controle, demonstrando sinergismo das bactérias inoculadas nas sementes em aumentar a eficiência da FBN inicial das plantas (Tabela 2). Isso demonstra que a EUN obtida mediante a interação desses microrganismos é equivalente ou superior ao observado com apenas a fertilização mineral (30 kg ha⁻¹ de N). Hungria et al. (2013a) observaram efeitos positivos na massa total das plantas, no N foliar e nas características de nodulação do feijoeiro com a coinoculação. Entretanto, ainda há dúvidas quanto a origem dos benefícios do *Azospirillum* nessa interação, se provém dos efeitos hormonais que os mesmos causam nas plantas ou de melhoria na nodulação promovida pelos rizóbios. Darnadelli et al. (2008) associaram o efeito positivo da coinoculação a expansão radicular e redução da atividade do acetileno. Já Cássan et al. (2009) relacionam os benefícios dessa interação à liberação de compostos reguladores de crescimento, que além de proporcionar aumento na taxa de desenvolvimento de raízes, favorece a capacidade da planta em absorver água e nutrientes, tornando-a mais tolerante a possíveis estresses ambientais.

4- CONCLUSÕES

A coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* permite obter maior crescimento inicial do feijoeiro.

A produção de massa seca da parte aérea aumentou na ordem de 76,12% quando coinoculado com rizobactérias.

A eficiência de utilização do N por plantas de feijão é superior quando coinoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Rizhobium tropici*, comprovando que apenas a coinoculação já disponibiliza o N necessário para desenvolvimento das plantas.

REFERÊNCIAS

BÁRBARO, I. M., BARBARO JÚNIOR, L.S., TICELLI, M., MACHADO, P.C., MIGUEL, F.B. Resultados preliminares da coinoculação de *Azospirillum brasilense* juntamente com *Bradyrhizobium* em soja. Pesquisa e Tecnologia, São Paulo, v. 8, n. 12, 2011.

BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. Técnica alternativa: coinoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. [S. l.: s.n.], 2008.

BURDMAN, S.; KIGEL, J.; OKON, Y. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Soil Biology & Biochemistry, v.29, n.5/6, p.923-929, 1997.

BRITO, M. de M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. da. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. Bragantia, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

BRITO, M. de M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. da. Marcha de absorção de nitrogênio no solo, de fertilizantes e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com uso de ¹⁵N. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 895-905, 2009.

CANELLAS, L. P.; ZANDONADI, D. B.; MÉDICI, L. O.; PERES, L. E. P.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R.. Bioatividade de substâncias húmicas - ação sobre o desenvolvimento e metabolismo das plantas. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS; G. A. HUMOSFERA. Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes - RJ, p. 224- 243, 2005.

CÁSSAN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* AZ 39 and *Bradyrhizobium japonicum* E119, inoculated singly ou in combination, promoted seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glicine max* L.). European Journal of Soil Biology, Braunschweig, v. 45, n. 1, p. 28-35, 2009.

CONAB. 2017. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2017/2018: Segundo Levantamento, Novembro/2017, Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, CONAB, 120p.

DARNADELLI, M. S.; CÓRDOBA, F. J. F. de; ESPUNY, M. R.; CARVAJAL, M. A. R.; DÍAZ, M. E. S.; SERRANO, A. M. G.; OKON, Y.; MEGÁS, M. Effect of *Azospirillum brasilense* coinoculated with *Rhizobium* on *Phaseolus vulgaris* flavonoids and nos-factor production under salt stress. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 40, n. 11, p. 2713-2914, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3 Ed. rev. ampl.- Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.- 2. Ed, Brasília., Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de feijão. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2007. 386 p.

GITTI, D. C.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, F. R. A.; BUZETTI, S.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. *Revista Agrarian*, Dourados, v.5, n.15, p.36- 46, 2012.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S. Coinoculation of soybeans and common beans with *Rhizobium* and *Azospirillum*: strategies to improve sustainability. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013a.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. Tecnologia de fixação biológica de nitrogênio com feijoeiro: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 32 p.

MARQUES JÚNIOR, R.B.; CANELLAS, L.P.; SILVA, L.G.; OLIVARES, F.L. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-deaçúcar pelo uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas.: *Rev. Bras. De Ciência do Solo* vol. 32: pg. 1121-1128, 2008.

OLIVEIRA, S.M. Rizobactérias promovem o crescimento de feijoeiro-comum e de milho por diferentes processos. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2011. 103 f. Tese de doutorado.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009.

PERES, A.R. Coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica de sementes. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 2014. 71 f. Dissertação de mestrado.

Radwan T, Mohamed ZK, Reis VM (2004). Effect of inoculation of *Azospirillum* and *Herbaspirillum* in the production of indole compounds in seedlings of corn and rice. *Pesq. Agrop. Braz.* 39(10):987-994.

REIS, V. M. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documentos, 232).

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition*, v. 4, n.3, p. 289-302, 1981.

SOUZA, K.G. (2014). Crescimento e nodulação do feijoeiro-comum em resposta a coinoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*. Rio Branco: - Universidade Federal do Acre, 2014, 45 p. Dissertação de Mestrado.

STRALIOTTO, R. et al. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H. et al. (Ed.) *Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 121-153.

SWIADER, J. M. CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. *Journal of Plant Nutrition*, v.17, n.10, p.1687-1699, 1994.

VERONEZI, S. D. F.; COSTA, M. R.; SILVA, A. T.; MERCANTE, F. M. Co-inoculação de rizóbio e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) In: SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DE MATO GROSSO DO SUL, 4.; ENCONTRO DE PRODUTORES AGROECOLÓGICOS DE MS, 3., 2012, Glória de Dourados. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2012. 1CD-ROM.

YADEGARI, M. et al. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 33, n. 12, p. 1733-1743, 2010.

ABSTRACT: Studies on co-inoculation of strains with high symbiotic potential, as well as the use of humic substances are of great importance for obtaining increases in nodulation, biological nitrogen fixation and yield of the bean crop. Thus, this study aimed to evaluate the effects of the co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* in association with humic acids and nitrogen (N) on the behavior of common bean. The experiment was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia, Campus of Colorado do Oeste-RO, Brazil, from February and April 2015. The experimental design was completely randomized, with four replicates. Common bean seeds of the cultivars 'Pérola' were previously co-inoculated with *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium tropici*. The conclusion that *Azospirillum brasilense* and coinoculação with *Rhizobium tropici* allows greater initial growth of bean. Shoot dry matter production in the increased by 76.12% when co-inoculated with rhizobacteria. N use efficiency in the bean is higher when co-inoculated with *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium tropici*, confirming that co-inoculation alone is sufficient to provide the N necessary for plant development.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense*, BNF.

CAPÍTULO XVII

COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO EM SOLO DEGRADADO EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO

Kellian Kenji Gonzaga da Silva Mizobata

Mayara Maggi

Adriana Avelino Santos

Kátia Luciene Maltoni

COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO EM SOLO DEGRADADO EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO

Kellian Kenji Gonzaga da Silva Mizobata

Bióloga, MS em Agronomia, pela UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira - SP

Mayara Maggi

Eng. Agrônomo, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira - SP

Adriana Avelino Santos

Eng. Agrônomo, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira - SP

Kátia Luciene Maltoni

Prof. Adjunto, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Depto Fitossanidade, Eng. Rural e Solos, Ilha Solteira - SP

RESUMO: Estoques de matéria orgânica do solo são obtidos pela interação dos fatores que determinam sua formação e aqueles que promovem sua decomposição, o carbono (C) e o nitrogênio (N) são seus principais componentes e os seus estoques irão variar em função das taxas de adição e de perda de resíduos vegetais e, ou, animais. O aumento no estoque de matéria orgânica do solo pode ser proveniente do sequestro de C atmosférico, via fotossíntese, do ponto de vista ambiental, muito importante na mitigação da emissão de gases do efeito estufa. A manutenção dos resíduos culturais à superfície do solo proporcionam a lenta decomposição do material vegetal depositado que, associado com a fração mineral do solo, favorece o acúmulo da matéria orgânica, o que pode ocorrer de modo semelhante em cerrado conservado. O objetivo deste trabalho foi avaliar os estoques de carbono orgânico total (COT), em área em processo de recuperação sob diferentes tratamentos e compará-los aos de uma reserva conservada de cerrado, onde, coletou-se nas diferentes áreas amostras compostas de 3 simples, nas profundidades de 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,10; 0,10 - 0,20; 0,20 - 0,40 m, com 6 repetições, para determinação do COT. Os dados foram submetidos à ANAVA, como resultado verificou-se que no cerrado houve maiores estoques de COT.

PALAVRAS-CHAVE: estoque, matéria orgânica, resíduo.

1. INTRODUÇÃO

Os estoques de matéria orgânica do solo (MOS) são obtidos pela interação dos fatores que determinam sua formação e aqueles que promovem sua decomposição (LEITE et al., 2003). A MOS é constituída pela soma de todas as substâncias orgânicas, composta por uma mescla de resíduos animais e vegetais, em diversos estádios de decomposição (SILVA; MENDONÇA, 2007) e tem no carbono (C) seu principal componente, cujos estoques irão variar em função das taxas de adição e perda, por resíduos vegetais e, ou, animais (SOUZA et al., 2009).

A redução no C do solo pode ser atribuída ao aumento da erosão, aos processos mais acelerados de mineralização da matéria orgânica e oxidação de carbono orgânico pelos microrganismos do solo e às menores quantidades de aportes orgânicos em sistemas manejados comparativamente a florestas nativas (LEITE et al.; 2003; SOUZA et al., 2009) e após a conversão de florestas nativas em sistemas agrícolas (LEITE et al., 2003), ou pela simples retirada da cobertura vegetal e das camadas mais superficiais do solo, devido a ações antrópicas diversas.

O aumento no estoque de MOS pode ser proveniente do sequestro de C atmosférico, via fotossíntese, sendo, do ponto de vista ambiental, muito importante na mitigação da emissão de gases do efeito estufa (LAL, 2002). O entendimento da dinâmica da matéria orgânica no solo somente ocorrerá em estudos que levem em consideração o tempo, pois a evolução dos seus teores no solo e as respectivas interações, decorrentes das práticas de manejo adotadas, tendem a ser lentas (SOUZA et al., 2009).

Segundo Sá et al., (2001), no sistema plantio direto, onde não há revolvimento de solo, a manutenção dos resíduos culturais à superfície proporcionam a decomposição lenta do material vegetal depositado que, associado com a fração mineral do solo, favorece o acúmulo da MOS, o que pode ocorrer de modo semelhante em Cerrado conservado.

A MOS contém aproximadamente 60% de carbono proveniente de material vegetal em diferentes estágios de decomposição e evolução (SIQUEIRA NETO et al., 2009). Assim, a determinação do carbono orgânico total (COT), tem sido utilizada para estimar quantitativamente a fração orgânica do solo (NELSON; SOMMERS, 1982).

A conversão do Cerrado em áreas agrícolas ou de pastagem, por meio da derrubada ou queima da vegetação, degrada o solo devido à redução nos conteúdos de MOS, da ciclagem de nutrientes e conseqüentemente da fertilidade do solo, bem como do aumento da erosão (BERNOUX et al., 2004; LAL, 2003). A conversão do Cerrado, devido a retirada de solo, em grande profundidade (chegando a 12 m de profundidade), para utilização deste como matéria prima para construções ou para utilização em terraplanagens, como acontece em construções de usinas hidrelétricas, em áreas de mineração e em grandes empreendimentos, resultam na exposição do subsolo, este susceptível à erosão, com elevada densidade e baixa velocidade de infiltração de água, reduzidos conteúdos de MOS e baixa fertilidade, condição que dificulta o restabelecimento natural da vegetação (MORAIS et al., 2013; RODRIGUES et al., 2007).

Estas áreas degradadas precisam ser recuperadas e a presença, bem como a quantidade do carbono orgânico total pode dar indicações do progresso alcançado nos processos de recuperação estabelecidos, particularmente quando comparados com áreas conservadas, uma vez que o C exerce diversas funções importantes no solo.

Dentro deste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar o conteúdo de carbono orgânico total (COT) do solo, em área em processo de recuperação, sob

diferentes tratamentos, e compará-los a um fragmento de Cerrado conservado, como referência para avaliação do processo de recuperação da área degradada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Com início em 2011 e ainda em andamento, a área experimental em avaliação encontra-se, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – UNESP/Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria/MS, em área de onde o solo foi removido, na década de 60, em cortes de até 12 m de profundidade, deixando exposto o subsolo, que até 2011 permanecia sem recobrimento vegetal. A remoção dos solos de uma grande área na região ocorreu na década de 60, por necessidade de construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (SP).

O clima da região é Aw de acordo com classificação Köppen, a média anual de temperatura e precipitação é 24,5 °C e 1232 mm, respectivamente. Para recuperação da área, a mesma foi gradeada (grade pesada) e escarificada (0,40 e 0,37 m de profundidade, respectivamente) e resíduos foram distribuídos a lanço com aplicador de calcário e incorporados com grade média (0,30 m de profundidade).

O resíduo orgânico (RO), macrófitas aquáticas, foram coletadas na Usina Hidrelétrica de Jupiá, secas ao sol por 120 dias e analisada segundo Malavolta et al., (1997), Tabela 1.

O resíduo agroindustrial (RA), cinza oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar, no processo de produção de açúcar e álcool foi coletada nas caldeiras da Alcool vale Ltda, secas ao sol por 120 dias e analisada segundo Raji et al., (2001), Tabela 1.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
RO	17,6	1,7	6,5	11,6	2,4	6,7	27	57	2000	194	34
	P _{resina}	MO	pH _(CaCl2)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	Al ³⁺	SB	CTC	V
	mg	g		mmolc dm ⁻³			mmolc dm ⁻³			%	
RA	167	28	8,9	36,6	242	23	8	0	301,6	309,6	97

Tabela 1. Valores obtidos em análise de material vegetal e de fertilidade para RO e RA (macrófitas aquáticas e cinza de caldeira), respectivamente.

Os resíduos foram incorporados como segue: RO nas doses de 0, 16 e 32 t ha⁻¹ e RA = 0, 15, 30 e 45 t ha⁻¹, produzindo 12 tratamentos, 03 repetições, estabelecidos em 36 parcelas de 600 m² cada uma, separadas por faixas de 05 m de largura.

A área permaneceu em pousio por 03 meses, mudas de 10 espécies arbóreas nativas de cerrado foram introduzidas em fevereiro/2012, aleatoriamente, o plantio foi feito em covas, com 0,40 m de profundidade, em

espaçamento 4,0 x 5,0 m, o que demandou 1080 mudas, e a vegetação que se estabeleceu nas parcelas após o preparo não foi removida.

Em março/2015, transcorridos três anos de implantação do experimento, foi realizada uma coleta de solo nos tratamentos com as maiores doses de resíduos (RO 32, RA 45 e RO 32 x RA 45 t ha⁻¹), no controle (RO 00 x RA 00, com solo mecanizado), no fragmento de cerrado conservado (CER), e na área degradada sem intervenção antrópica (AD), (Figura 1).

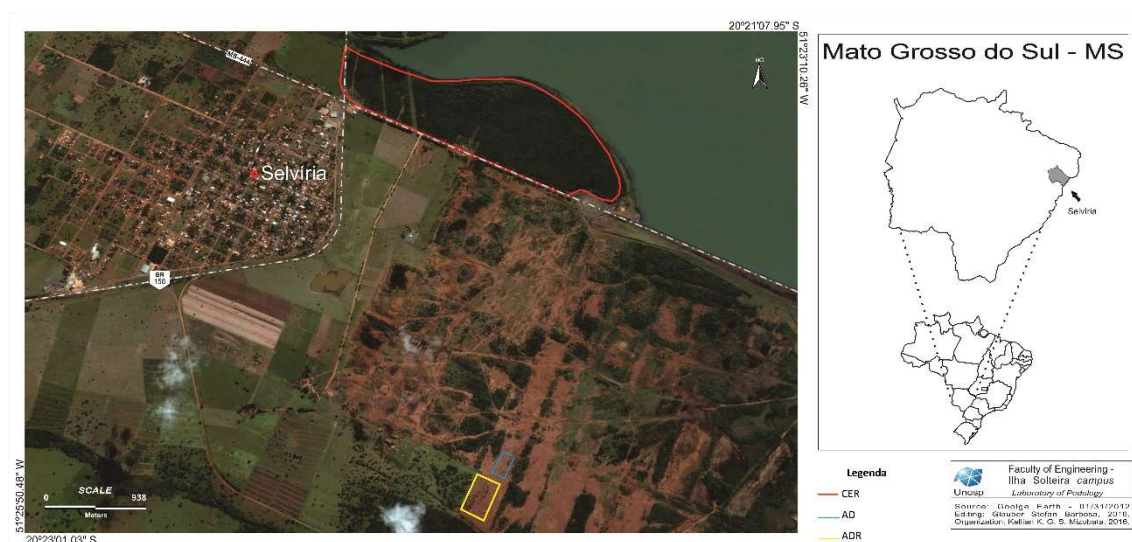


Figura 1. Vista aérea e localização da ADR, AD e CER, ambos na fazenda experimental da UNESP/ campus de Ilha Solteira, no município de Selvíria-MS. Fonte: Google Earth, acessado em 02 de março de 2016

Fonte: Google Earth (2016).

A avaliação do COT foi conduzida coletando-se amostras nas profundidades de 0,00 – 0,05; 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20; 0,20 – 0,40 m, nos tratamentos indicados. Para coleta de solo as parcelas foram subdivididas ao meio e amostras compostas, de três simples, foram coletadas, produzindo seis repetições por tratamento. As amostras foram secas ao ar e tamisadas a 2 mm para remoção de cascalho e calhaus (2,0 mm a 2,0 cm respectivamente), foram trituradas em almofariz de ágata e passadas em peneira de malha de 0,25 mm, secas em estufa a 105°C por 24 h, pesados 2,00 g de cada amostra em cadinhos de porcelana e levados à mufla na temperatura de 400°C durante 8 h, para determinação dos teores de carbono orgânico total (COT), de acordo com Ben-Dor e Banin (1989).

Os teores de COT obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias, realizada pelo teste de Tukey a 5 %, utilizando-se o software SISVAR, assim como as equações de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O CER apresentou maior quantidade de COT, que os demais tratamentos (Tabela 2), o que é corroborado por Leite et al., (2003), ao citar que as maiores quantidades de COT resultam dos maiores aportes de resíduos vegetais ao solo.

Fonte de Variação	COT (mg g ⁻¹)
Tratamento-T	
AD	24,55b
ADM	24,51b
RA 45	25,82b
RO 32	27,33b
ROA	27,86b
CER	33,26a
Profundidade-P (m)	
0,00 - 0,05	30,26
0,05 - 0,10	26,17
0,10 - 0,20	25,29
0,20 - 0,40	27,17
Equação	
$\hat{Y}^{**} = 37,214 - 8,470x + 1,491x^2$	R ²
	0,9994
Valores de F	
T	9,549**
P	6,288**
TxP	2,243**
CV (%)	
	19

Tabela 2. Valores médios para carbono orgânico total (COT) do solo, em diferentes áreas e profundidades, equação geral do comportamento do COT em profundidade e R², bem como valores de F e coeficientes de variação (CV).

AD = área degradada, ADM = área degradada mecanizada, RA 45 = adição de 45 t ha⁻¹ de cinza, MC 32 = adição de 32 t ha⁻¹ de macrófitas, ROA = adição de 45 e 32 t ha⁻¹ de cinza e macrófitas e CER = cerrado. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} = valores não significativos; ** e * = valores significativos para P < 0,01 e < 0,05, respectivamente.

As médias encontradas para os demais tratamentos apresentam valores próximos uns dos outros (Tabela 2), mas os menores conteúdos (em valores numéricos) de COT foram observados para AD, onde não ocorre aporte de material orgânico, e ADM, área mecanizada que recebeu mudas, no entanto a mecanização pode ter contribuído para decomposição da pouca matéria orgânica presente (SOUZA et al., 2009).

Em profundidade ocorreu redução significativa do COT, apenas no cerrado onde varia de 44,4 a 29,7 mg g⁻¹, com comportamento linear e decrescente (Tabela 3).

Trat#	Profundidades (m)				Trat	R ²	F
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40			
AD	25,43b	23,06b	23,94a	25,22a	Ŷ ^{ns}		0,186 ^{ns}
ADM	25,51b	21,76b	24,34a	26,41a	Ŷ ^{ns}		0,911 ^{ns}
RA 45	25,76b	24,09ab	25,35a	28,08a	Ŷ ^{ns}		0,623 ^{ns}
RO 32	28,73b	27,63ab	26,72a	26,24a	Ŷ ^{ns}		0,267 ^{ns}
ROA	31,67b	27,51ab	24,86a	27,39a	Ŷ ^{ns}		1,780 ^{ns}
CER	44,43a	32,45a	26,50a	29,65a	Ŷ ^{**} = 45,8351 - 5,03x	0,6867	13,738 ^{**}
F	12,140 ^{**}	3,301 [*]	0,288 ^{ns}	0,549 ^{ns}			

#área degradada (AD), área degradada mecanizada (ADM), com adição de 45 t ha⁻¹ de RA (RA 45), de 32 t ha⁻¹ de RO (RO 32) e de 45 e 32 t ha⁻¹ de RA e RO (ROA) e cerrado (CER), valores em mg/2g. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} = valores não significativos; ^{**} e ^{*} = valores significativos para p < 0,01 e < 0,05, respectivamente.

Tabela 3. Desdobramento da interação tratamentos (Trat) x profundidade, valores de F (F), equações de regressão, valores de R² e F, para os tratamentos nas diferentes profundidades avaliadas

Nos demais tratamentos não foram observadas variações significativas em profundidade, permitindo afirmar que os efeitos dos resíduos aplicados ao subsolo exposto foram efêmeros, pois transcorridos 03 anos de sua aplicação já não são detectáveis.

Chama atenção nestes resultados o fato do subsolo exposto apresentar a mesma quantidade de COT em todas as profundidades, quando o comportamento esperado seria maior quantidade de COT à superfície, pois está em contato direto com a atmosfera, que contém carbono, e com materiais orgânicos que podem ter sido depositados na superfície, como explicitado por Sá et al., (2001) e Lal, (2002).

O COT mostra que a partir de 0,10 m de profundidade o CER guarda os mesmos conteúdos de COT que os demais tratamentos, sugerindo que este ambiente edáfico não favorece a produção/distribuição do carbono em profundidade e que as áreas degradadas, com exposição de subsolo exposto à superfície tem COT em quantidade semelhante ao solo do Cerrado. Após 50 anos de exposição o subsolo sem recobrimento vegetal contem o mesmo teor de COT que o solo sob Cerrado, mostrando que a importância deste fica restrita aos primeiros centímetros do solo, como em áreas não impactadas, dados corroborados por Morais et al 2013 ao relatar decréscimo exponencial do COT em profundidade no solo sob Cerrado.

4. CONCLUSÕES

Apenas o Cerrado apresentou variação de COT em profundidade. A área em processo de recuperação recebeu pouco aporte de resíduos orgânicos, portanto, possui pouco COT.

O COT pode ser utilizado como indicador da recuperação de solos degradados, apenas nos primeiros 0,10 m superficiais do solo.

REFERÊNCIAS

BEN-DOR; BANIN, A. **Determination of organic matter content in arid-zone soils using a simple “loss-on-ignition” method.** Communication in soil science plant analysis. V. 20, p. 1675-1695, 1989.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A.; SCOPEL, E.; BLAVET, D.; PICCOLO, M. C. **Influence du semis direct avec couverture végétale sur la séquestration du carbone et l'érosion au Brésil.** Bulletin du Réseau Erosion, v. 23, p. 323-337, 2004.

LAL, R. **Soil carbon dynamics in cropland and rangeland.** Environ. Pollut., 116:353-362, 2002.

LAL, R. **Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect.** CRC Critical Review in Plant Science, v. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. **Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:821-832, 2003.

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

MORAIS, V. A.; SILVA, C. A.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; ARAÚJO, E. J. G.; ASSIS, E. A. **Modelagem do teor de carbono orgânico em solos de fragmentos de cerrado de Januária e Bonito de Minas, Minas Gerais.** Pesquisa Florestal Brasileira, v. 33, n. 76, p. 343-354, 2013.

NELSON, E.W.; SOMMERS, L.E. **Total carbon, organic carbon, and organic matter.** p. 539-579. In: PAGE, A.L., ed. Methods of soil analysis. 2. ed. Part 2. Madison, American Society of American, 1982. (Agronomy Monograph, 9)

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

RODRIGUES, G.B; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. **Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.11, n.1, p.73–80, 2007.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C. & FEIGL, B.J. **Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol**. Soil Sci. Soc. Am. J., 65:1486-1499, 2001.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; JUNIOR, C. C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. **Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. **Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavourapecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1829-1836, 2009

ABSTRACT: Soil organic matter stocks are obtained by the interaction of the factors that determine their formation and those that promote their decomposition, the carbon (C) and the nitrogen (N) are their main components and their inventories will vary according to the rates of addition and loss of plant and / or animal waste. The increase in soil organic matter stock may be due to the atmospheric C sequestration, via photosynthesis, from an environmental point of view, which is very important in mitigating the emission of greenhouse gases. The maintenance of the cultural residues on the soil surface provides the slow decomposition of the deposited plant material, which, together with the mineral fraction of the soil, favors the accumulation of organic matter, which can occur in a similar way in a conserved cerrado. The objective of this work was to evaluate the total organic carbon stocks (TOC), in an area undergoing recovery under different treatments and to compare them with those of a conserved reserve of cerrado, where samples composed of 3 simple, at the depths of 0.00 - 0.05; 0.05 - 0.10; 0.10 - 0.20; 0.20 - 0.40 m, with 6 replicates, for TOC determination. The data were submitted to ANAVA, as a result it was verified that in the cerrado there were larger stocks of TOC.

KEYWORDS: stock, organic matter, residue.

CAPÍTULO XVIII

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

**Elaine Heberle
Daniela Vieira Chaves
José Alves Pessoa Neto
Joaquim Martins de Sousa Filho
Jonas Sousa Santana
Fabio Luiz Zanatta**

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

Elaine Heberle

Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas
Bom Jesus – PI

Daniela Vieira Chaves

Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas
Bom Jesus – PI

José Alves Pessoa Neto

Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas
Bom Jesus – PI

Joaquim Martins de Sousa Filho

Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas
Bom Jesus – PI

Jonas Sousa Santana

Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas
Bom Jesus – PI

Fabio Luiz Zanatta

Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas
Bom Jesus – PI

RESUMO: O crescimento, desenvolvimento e produção da cultura do milho é dependente da adubação nitrogenada. A eficiência desta está relacionada com o seu manejo, fonte, dose e época de aplicação, e é influenciada por fatores intrínsecos da planta e do ambiente, e suas interações. Objetivou-se avaliar diferentes manejos da adubação nitrogenada sobre o desempenho da cultura do milho na região do Cerrado nordestino. O trabalho foi desenvolvido em área agrícola de Cerrado, em Currais, Piauí. Os tratamentos foram constituídos por fonte, dose e época de aplicação da adubação nitrogenada em cobertura, sendo: T1 – 200 kg ha⁻¹ Ureia branca em V3; T2 – 300 kg ha⁻¹ Ureia branca em V3; T3 – 100 + 100 kg ha⁻¹ Ureia branca em V3 + V8; T4 – 150 + 150 kg ha⁻¹ Ureia branca em V3 + V8; T5 – 200 kg ha⁻¹ Ureia revestida em V3; T6 – 300 kg ha⁻¹ Ureia revestida em V3; T7 – 150 + 150 kg ha⁻¹ Ureia revestida em V3 + V8; T8 – Testemunha. Avaliaram-se, durante os estádios V12 a R4: altura de planta; espessura de colmo; número de nós e folhas verdes; e índices de conteúdo de clorofila a e b. A adubação nitrogenada em cobertura proporciona maior índice de conteúdo de clorofila no estágio de enchimento de grãos (R4). Os manejos testados apresentam pouco efeito sobre os parâmetros vegetativos avaliados, que mostraram-se pouco efetivos para detectar diferenças. A ureia branca e a revestida, independente do manejo, tem efeitos semelhantes sobre a cultura do milho, na região do Cerrado nordestino.

PALAVRAS-CHAVE: Cerrado Nordeste; Fisiologia vegetal; Nitrogênio-ureia; Ureia revestida; *Zea mays*.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho é cultivada em várias regiões do mundo, destacando-se pelo elevado valor socioeconômico pela diversidade de uso dos grãos e adaptação a ambientes diversificados, como em regiões de cerrado. A expansão agrícola para o bioma Cerrado foi determinante para o aumento da produção brasileira, estimulando-se que cerca de dois terços deste bioma apresentam potencial para agricultura e pecuária (LOPES e DAHER, 2008).

O milho e a soja são as principais culturas responsáveis pela expansão agrícola nacional, levando ao surgimento de novas fronteiras agrícolas, como as que englobam áreas nas regiões Norte e Nordeste. A exemplo disso, o cerrado piauiense é englobado nas fronteiras agrícolas denominadas Matopiba (FREITAS, 2011) e Cerrado Nordestino (GARCIA e BUAINAIN, 2016).

O Cerrado Nordestino é delimitado por regiões que apresentam características edafoclimáticas semelhantes, solos naturalmente ácidos de baixa fertilidade, matéria orgânica e capacidade de retenção de água; temperaturas elevadas, cinco a 6 meses de estação seca e ocorrência de veranicos (estiagens de 1 a 3 semanas) durante o período chuvoso (GARCIA e BUAINAIN, 2016). Apesar disso, a região tem bom potencial de produção agrícola, especialmente grãos, como soja e milho, visto que a maioria das limitações pode ser contornada pela adoção de tecnologia adequada.

A produtividade média do milho no Piauí ainda está muito abaixo da nacional, podendo ser atribuída a vários fatores, tais como o clima, escolha inadequada de cultivares, época de semeadura, população de plantas, e inadequado manejo das pragas, doenças e adubação (HOEFT, 2003; SANGOI et al., 2010). Dentre estas, o manejo da adubação é de fundamental importância, visto que o desempenho das plantas é dependente da nutrição.

Na cultura do milho, o nitrogênio (N) é o nutriente de maior exigência e que mais afeta a produtividade (AMADO et al., 2002) e o mais limitante para a cultura (OKUMURA et al., 2011). O elemento representa de 2 a 6% da matéria seca dos vegetais, sendo fundamental por participar de compostos orgânicos como aminoácidos, clorofila e proteínas; ativação enzimática do metabolismo primário para síntese de proteínas, absorção, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (TAIZ e ZEIGER, 2013; OKUMURA et al., 2011), afetando os processos fisiológicos da planta e, conseqüentemente, seu crescimento, desenvolvimento e produção.

O elemento é requerido durante todo o ciclo do milho, em níveis mais baixos nos estádios iniciais e maior a partir do estádio V4 (quatro folhas expandidas), quando ocorre a definição do máximo potencial produtivo, e a absorção é máxima entre o início do florescimento e enchimento de grãos (RITCHIE et al., 1993). De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2004) e Schröder et al. (2000), a deficiência de N nos estádios V4 a V6 reduzem o número de óvulos nas espigas ainda em diferenciação, resultando em menor produção de grãos. O fato é especialmente

importante no milho, visto que cada planta normalmente produz somente uma espiga, não havendo compensação.

O N é um nutriente difícil de ser mantido no solo por período prolongado devido a sua instabilidade. A dinâmica do N no solo é afetada por vários fatores, especialmente climáticos, que alteram os processos de imobilização, mineralização, desnitrificação, lixiviação e volatilização, alterando sua disponibilidade às plantas (SOUSA e LOBATO, 2002).

O estágio fenológico da planta ao receber a adubação nitrogenada é determinante na sua eficiência. Recomenda-se que a adubação nitrogenada de cobertura seja realizada antes do período de maior absorção, entre os estádios V4 e V8 da escala fenológica de Ritchie et al. (1993) (AMADO et al., 2002). Contudo, aplicações mais tardias, no estágio V8, têm apresentado boas respostas no milho (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004). Além disso, os híbridos modernos apresentam ainda elevadas absorção e remobilização de N após o florescimento (BRUIN e BUTZEN, 2014; NING et al, 2014). Deste modo, aplicações mais tardias, após o início do florescimento, podem ser vantajosas em casos que são exigidas doses elevadas, solos arenosos e sob cultivo irrigado (CANTARELLA, 1993). O parcelamento do N pode ser uma estratégia interessante, prolongando a atividade fotossintética durante o enchimento de grãos e, assim, aumentar a produtividade e eficiência da adubação.

O aproveitamento do N pelas plantas pode ser influenciado pela fonte e forma de aplicação. A maioria dos fertilizantes nitrogenados, como a ureia branca, são solúveis em água e rapidamente transformados em íons sujeitos a perda por volatilização e lixiviação (FAN et al., 2004). De acordo com Cantarella (1993), grande parte do N aplicado na forma de ureia, a lanço e sem incorporação ao solo, pode ser perdido pela volatilização da amônia ou ser imobilizado por microrganismos decompositores (AMADO et al., 2002).

O uso de fertilizantes de liberação controlada, a exemplo da ureia revestida, tem sido proposta visando diminuir as perdas e sincronizar a liberação de nutrientes com a demanda da cultura (MORGAN et al., 2009), possibilitando maior eficiência e produtividade.

Os fertilizantes revestidos com polímeros são compostos solúveis, envoltos por uma resina permeável a água, que regula o processo de liberação dos nutrientes (VIEIRA e TEIXEIRA, 2008). Uma alternativa a ser considerada na busca pelo aumento de produtividade do milho, que requer o estabelecimento de estratégias de manejo da adubação nitrogenada adequadas às condições edafoclimáticas regionais.

Pela importância do milho no Cerrado nordestino, é necessário que sejam realizados mais estudos para recomendação da adubação nitrogenada, de forma a disponibilizar o nutriente de forma equilibrada. Deste modo, objetivou-se avaliar diferentes manejos da adubação nitrogenada sobre o desempenho da cultura do milho na região do Cerrado nordestino.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda São João (09°01'59" S, 44°41'18" O e 590 m), localizada na Serra do Pirajá, em Currais – PI.

A área experimental pertence ao bioma Cerrado e o clima é do tipo Aw, tropical com estação seca de inverno (KÖPPEN, 1936), de maio a outubro, e chuvosa de novembro a abril. Os dados climáticos médios diários da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar foram registrados em estação meteorológica próxima da área.

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, com textura arenosa. A área foi anteriormente cultivada com soja e permaneceu em pousio durante a estação seca. O cultivo do milho foi realizado em sistema de semeadura direta em sequeiro, sendo a correção do solo e adubação de base realizadas de acordo com as recomendações de Ribeiro et al. (1999).

Utilizou-se a cultivar de milho AG 8088 PRO, de ciclo precoce (870 graus-dia), tolerante a altas temperaturas e de dupla aptidão (silagem e grãos). A semeadura foi realizada mecanicamente, em profundidade de 4 a 5 cm. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 m e densidade de 60.000 plantas ha⁻¹. O manejo e tratos culturais foram realizados de modo uniforme em toda a área experimental, exceto a adubação nitrogenada de cobertura, que variou com os tratamentos.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por dez linhas de plantas e comprimento de 5 m. A adubação nitrogenada foi aplicada manualmente, a lanço e sem incorporação. As fontes utilizadas foram ureia branca (45% N) e ureia revestida (43,18% N), as doses variaram de 200 a 300 kg N ha⁻¹, aplicados em dose única ou parceladas nos estádios fenológicos V3 e V8, além da testemunha (Tabela 1).

Tratamento	Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)	Estádio de aplicação
T1	Ureia branca	200	V3
T2	Ureia branca	300	V3
T3	Ureia branca	100+100	V3+V8
T4	Ureia branca	150+150	V3+V8
T5	Ureia revestida	200	V3
T6	Ureia revestida	300	V3
T7	Ureia revestida	150+150	V3+V8
T8	-	0	-

Tabela 1. Descrição dos tratamentos de adubação nitrogenada testada para o milho. Currais – PI

Em cada bloco, foram avaliadas cinco plantas representativas quanto a: Altura de planta: medida (cm) da planta da base ao ápice; Espessura do colmo: medida (mm) com paquímetro digital a 2 cm da superfície do solo; Número de nós: por contagem; Número de folhas: por das folhas verdes; e os Índices de conteúdo de clorofila a e b (ICCa e ICCb): por leitura direta, na primeira folha expandida do ápice para a base, com equipamento clorofilômetro (Falker®, Brasil).

As avaliações foram realizadas nos estádios fenológicos V12 (12 folhas expandidas), VT (pendoamento), R1 (florescimento), R3 (grão leitoso) e R4 (grão pastoso), segundo escala fenológica da cultura do milho proposta por Ritchie et al. (1993).

Os dados médios das variáveis em cada estágio fenológico foram submetidas a análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ambas ao nível de 5% de significância (BANZATO e KRONKA, 2006). A variação em relação ao tempo (estádios fenológicos) foi analisada por gráficos obtidos pelo Excel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para expressão do potencial genético máximo o milho necessita que suas exigências térmicas e hídricas sejam supridas. A temperatura interfere na velocidade do crescimento, eficiência fotossintética e duração do ciclo, sendo que a ideal para o milho, da emergência a floração, está entre 24 e 30 °C (SANGOI et al., 2010). A temperatura média do período experimental foi de 25,4 °C (variando de 21,4 a 28,2 °C) e umidade relativa do ar 71,2% (Figura 1). Considerando estes resultados, pode-se dizer que a faixa de temperatura foi adequada para a cultura, visto que raras vezes ela ficou abaixo do ideal.

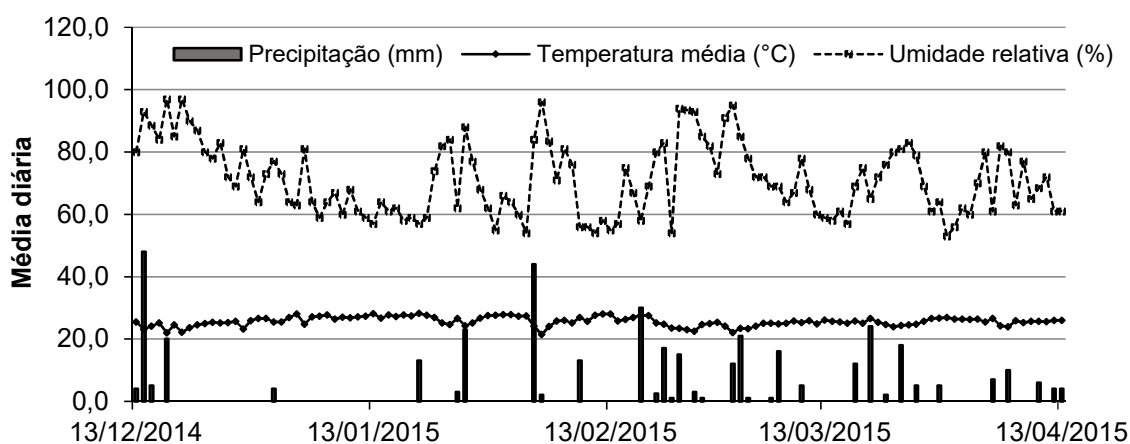


Figura 1. Variação média diária da precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, durante o ciclo de cultivo (2014/15). Currais - PI, Brasil.

A precipitação pluviométrica acumulada foi de 401,5 mm (Figura 1), indicando ambiente desfavorável à cultura, visto que a sua exigência é em torno de 600 mm durante todo o ciclo (MAGALHÃES e DURÃES, 2006). Também nota-se que houve uma má distribuição das chuvas e ocorrência de períodos de estiagem, principalmente na fase inicial do desenvolvimento vegetativo, que pode trazer prejuízos irreversíveis às plantas visto que a regularidade é tão importante quanto a disponibilidade para bom desempenho agrônômico (CRUZ et al., 2010).

A altura média das plantas somente foi diferenciada pelos tratamentos no estágio fenológico R3 (grão leitoso) (Tabela 2). Neste estágio, as plantas do T4

apresentaram maior estatura (2,28 m), enquanto que as do T3 a menor (2,07 m). Em ambos os tratamentos a fonte utilizada foi a ureia branca parcela em V3 e V8, sendo a diferença dada pela dose, 200 e 300 kg N ha⁻¹, respectivamente.

A princípio, pode-se pensar que o crescimento foi favorecido pela maior quantidade de N aplicada. No entanto, os resultados não podem ser considerados definitivos, uma vez que a mesma dose da mesma fonte, mas aplicada em dose única (T2) apresentou menor crescimento, semelhante aos demais tratamentos, incluindo todos aqueles com ureia revestida e a testemunha. É possível que a ausência de resultados conclusivos do efeito do N sobre a estatura da planta estejam relacionados com o cultivar utilizado, visto ser um caractere fortemente ligado ao genótipo (DOURADO NETO et al., 2003).

Tratamento	Estádio fenológico				
	V12	VT	R1	R3	R4
1	1,80 a	2,09 a	2,12 a	2,19 ab	2,17 a
2	1,78 a	2,09 a	1,98 a	2,17 ab	2,13 a
3	1,78 a	2,04 a	2,09 a	2,07 b	2,22 a
4	1,86 a	2,04 a	2,09 a	2,28 a	2,15 a
5	1,75 a	2,05 a	2,04 a	2,24 ab	2,12 a
6	1,82 a	2,03 a	2,02 a	2,24 ab	2,18 a
7	1,71 a	2,01 a	2,01 a	2,22 ab	2,11 a
8	1,81 a	2,04 a	2,03 a	2,19 ab	2,16 a
DMS	0,209	0,243	0,228	0,198	0,187
MG	1,80	2,04	2,05	2,20	2,16
CV%	4,9	5,02	4,69	3,81	3,67

DMS: diferença mínima significativa. MG: média geral. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Altura média (m) de plantas de milho submetidas a oito tratamentos de adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. Currais - PI, Brasil.

No estágio V12, quando as plantas apresentavam 12 folhas expandidas e com o colar visível, a altura média foi de 1,80 m. Observa-se que ainda houve crescimento das plantas em V12 e R3, sendo que no pendoamento (VT) e florescimento (R1) a altura média permaneceu praticamente inalterada (2,03 m) e, após foi incrementada atingindo 2,16 m quando as plantas apresentavam o grão pastoso (Tabela 2 e Figura 2). Observou-se maior altura média das plantas de milho no estágio R3, com média geral de 2,20 m.

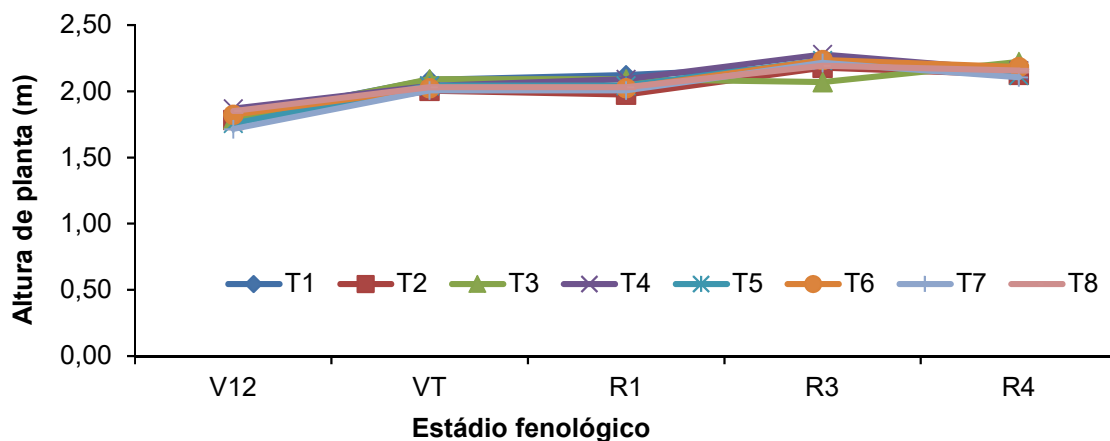


Figura 2. Variação média da altura de plantas de milho em função da adubação nitrogenada e estádios fenológicos. Currais – PI.

A empresa detentora do cultivar de milho AG 8088 PRO indica que a altura de planta pode atingir 2,30 m, sendo esta quase atingida pelas plantas avaliadas neste experimento, em condição de cultivo da região do Cerrado Nordeste. Estes resultados estão de acordo com Mandonni et al. (2001) que afirmam que a altura e outros caracteres morfológicos, embora afetados por condições ambientais, é característica específica de cada híbrido.

As fontes, doses e épocas de aplicação de N testadas não causaram diferenças significativas na espessura do colmo das plantas nos estádios avaliados (Tabela 3), com espessuras médias variando de 24,35 a 25,83 mm.

Tratamento	Estádio fenológico				
	V12	VT	R1	R3	R4
1	25,26 a	23,86 a	23,80 a	24,77 a	24,77 a
2	25,24 a	24,84 a	24,83 a	25,55 a	25,93 a
3	26,62 a	25,79 a	25,41 a	24,77 a	26,45 a
4	27,07 a	23,96 a	23,96 a	25,19 a	26,04 a
5	25,13 a	25,45 a	25,45 a	25,67 a	25,73 a
6	26,14 a	24,22 a	24,14 a	25,97 a	26,34 a
7	26,35 a	23,59 a	24,79 a	25,13 a	25,69 a
8	24,76 a	23,07 a	23,07 a	25,15 a	25,42 a
DMS	4,468	3,549	3,642	2,789	2,495
MG	25,83	24,35	24,44	25,28	25,79
CV%	7,29	6,14	6,28	4,65	4,08

DMS: diferença mínima significativa. MG: média geral. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 3. Espessura de colmo média (mm) de plantas de milho submetidas a oito tratamentos de adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. Currais – PI, Brasil

Em função do tempo, a espessura do colmo teve pequena variação entre V12 e R4, com pequena redução generalizada para os tratamentos T1, T4, T6, T7 e T8, entre o estádio vegetativo de 12 folhas e a fase de emissão do pendão (Figura 3). O T2 e T5, com 300 kg ha⁻¹ ureia branca e 200 kg ha⁻¹ de ureia revestida, em dose única em V3, apresentaram uma tendência de incremento contínuo no

crescimento lateral do colmo, enquanto que no T3 a resposta foi decrescente de V12 a R3, com posterior incremento.

Observa-se que a maior parte do espessamento do colmo ocorreu entre os estádios fenológicos vegetativos até 12 folhas desenvolvidas (V12). Fancelli e Dourado Netto (2004) predizem que o crescimento do colmo ocorre a partir da emissão da oitava folha e prolonga-se até o florescimento, atuando também como suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que são utilizados posteriormente na formação dos grãos.

Os resultados confirmam os relatados por Schiavinatti et al. (2011), que, trabalhando com aplicação de ureia revestida em cobertura no milho irrigado sob sistema de semeadura direta, também não observaram variações na espessura de colmo.

Segundo Dourado Netto et al. (2003), o crescimento lateral do colmo de plantas de milho é mais afetada pelo arranjo espacial e densidade de plantas, e menos pelo tipo de adubação. Sendo que este aumenta com a redução do número de plantas por área.

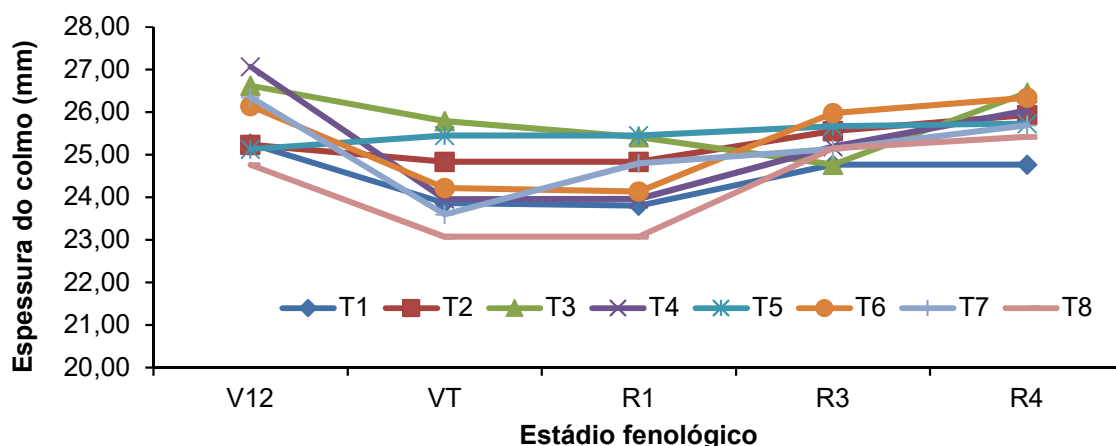


Figura 3. Variação média da espessura do colmo de plantas de milho em função da adubação nitrogenada e estádios fenológicos. Currais – PI.

Do mesmo modo, nenhum dos tratamentos diferiu quanto ao número de nós das plantas de milho dentro de cada estádio avaliado, tendo sido observado incremento de dois nós entre os estádios V12 e R4 (Tabela 4), tendo este ocorrido entre os estádios V12 ao pendoamento (Figura 4). A característica não parece ser muito influenciada pelo manejo de fertilidade adotado, mas fortemente ligada à fatores genéticos, embora possa variar durante o desenvolvimento da cultura como em condição de competição por luz, no caso de altas densidades de plantio, e em condição de estresse hídrico.

Tratamento	Estádio fenológico				
	V12	VT	R1	R3	R4
1	11,20 a	14,15 a	14,15 a	13,70 a	13,45 a
2	10,75 a	13,80 a	13,80 a	12,96 a	13,45 a
3	10,90 a	13,70 a	13,70 a	13,35 a	13,45 a
4	11,40 a	13,75 a	13,75 a	13,35 a	13,50 a
5	10,90 a	13,70 a	13,70 a	13,10 a	13,35 a
6	11,25 a	13,55 a	13,55 a	13,65 a	13,40 a
7	11,00 a	13,70 a	13,70 a	13,80 a	13,65 a
8	11,35 a	13,70 a	13,75 a	12,70 a	13,25 a
DMS	1,084	0,642	0,674	1,657	0,849
MG	11,09	13,75	13,76	13,32	13,43
CV%	4,12	1,97	2,06	5,24	2,67

DMS: diferença mínima significativa. MG: média geral. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Número médio de nós de plantas de milho submetidas a oito tratamentos de adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. Currais - PI, Brasil

Valderrama et al. (2011), em pesquisa sobre o efeito de diferentes doses (0; 40; 80 e 120 kg ha⁻¹) de ureia branca e revestida em milho em condição de Cerrado, também não observaram efeito de fontes e doses sobre os parâmetros altura de plantas, diâmetro do segundo internódio e altura de inserção da primeira espiga.

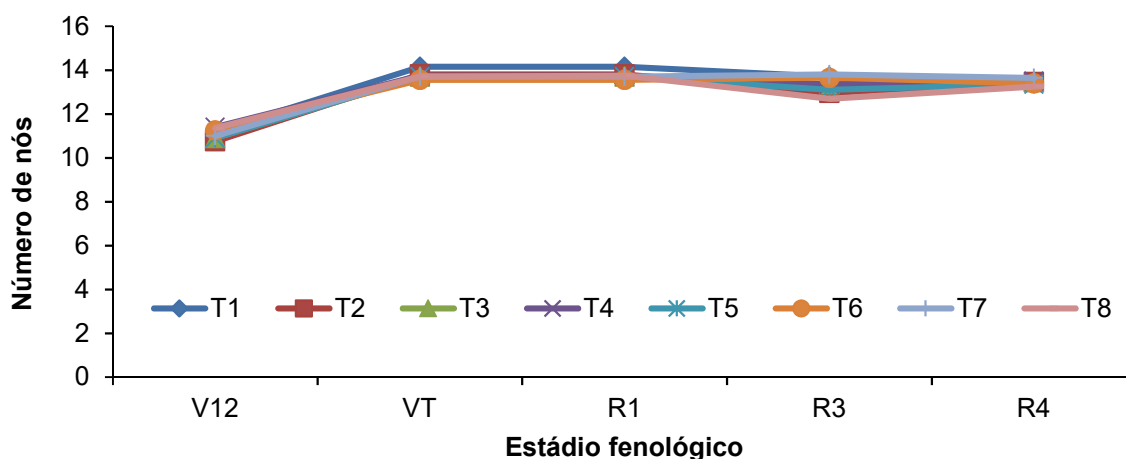


Figura 4. Variação média do número de nós em plantas de milho em função da adubação nitrogenada e estádios fenológicos. Currais - PI.

Semelhante à variável anterior, o número de folhas verdes também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos testados (Tabela 5). Em função dos estádios fenológicos, detectou-se redução do número de folhas verdes a partir do estágio R3, com média de perda de cerca de três folhas em todos os tratamentos testados (Figura 5).

Tratamento	Estádio fenológico				
	V12	VT	R1	R3	R4
1	10,65 a	11,0 a	11,00 a	11,00 a	8,60 a
2	10,75 a	10,70 a	10,70 a	10,70 a	8,15 a
3	10,65 a	11,10 a	11,10 a	10,85 a	8,60 a
4	10,65 a	10,60 a	10,60 a	10,60 a	8,20 a
5	10,65 a	10,40 a	10,40 a	10,40 a	8,55 a
6	11,20 a	10,50 a	10,50 a	10,50 a	8,45 a
7	10,35 a	10,70 a	10,70 a	10,70 a	9,05 a
8	10,50 a	10,65 a	10,65 a	10,00 a	8,55 a
DMS	1,209	1,315	1,523	1,411	1,113
MG	10,67	10,71	1,70	10,59	8,52
CV%	4,78	5,18	5,99	5,56	5,51

DMS: diferença mínima significativa. MG: média geral. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Número médio de folhas verdes de plantas de milho submetidas a oito tratamentos de adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. Currais – PI, Brasil

Observa-se que o número de folhas verdes permaneceu estável entre os estádios V12 a R3, mesmo tendo havido incremento no número de nós. O fato deve-se à emissão de folhas novas e a senescência natural das folhas mais velhas que, segundo Magalhães e Durães (2006), inicia-se a partir de V8. A partir de V10 ocorre rápido aumento da demanda por água e nutrientes, com rápido desenvolvimento até atingir de 85 a 90% da área foliar em V12. Na fase R3, o grão apresenta consistência leitosa pelo início da transformação de açúcares em amido, estes são provenientes da fotossíntese e da translocação.

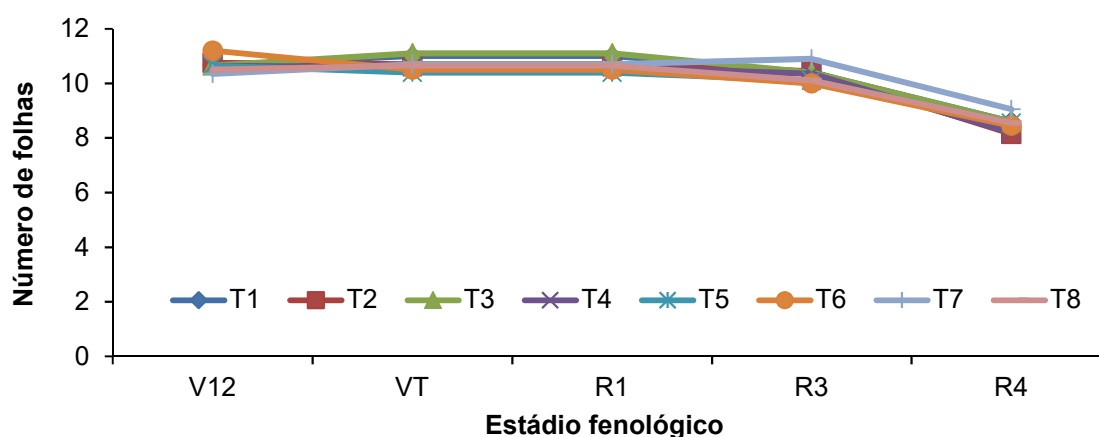


Figura 5. Variação média do número de folhas verdes de plantas de milho em função da adubação nitrogenada e estádios fenológicos. Currais – PI.

Este aumento na translocação de compostos das folhas para o enchimento de grãos, intensificada no estágio R3, justifica a maior redução da área foliar, como observada neste trabalho. No entanto, a extensão da área foliar verde e fotossinteticamente ativa parece ser condicionante para a produção (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004). Esperava-se que a adubação nitrogenada aumentasse o

tempo de permanência das folhas verdes, no entanto todos os tratamentos igualaram-se a testemunha.

Tratamento	Estádio fenológico				
	V12	VT	R1	R3	R4
Índice de conteúdo de clorofila a					
1	43,44 a	40,15 a	40,45 a	39,78 a	40,95 ab
2	44,64 a	38,83 a	38,62 a	41,02 a	40,79 ab
3	45,82 a	40,17 a	40,17 a	39,01 a	40,03 ab
4	45,00 a	40,10 a	40,09 a	40,06 a	43,00 ab
5	43,90 a	37,73 a	38,13 a	39,71 a	40,30 ab
6	45,06 a	40,74 a	40,90 a	39,79 a	43,98 a
7	45,82 a	39,92 a	39,92 a	40,09 a	40,35 ab
8	46,14 a	39,45 a	39,44 a	39,24 a	37,88 b
DMS	3,75	4,47	4,44	3,43	5,39
MG	44,97	39,64	39,70	39,84	40,95
CV%	3,51	4,76	4,71	3,63	5,56
Índice de conteúdo de clorofila b					
1	19,51 a	17,34 a	17,20 a	16,61 a	15,16 ab
2	20,41 a	16,46 ab	16,47 ab	18,25 a	15,82 ab
3	21,48 a	16,98 a	16,88 a	16,90 a	16,43 a
4	22,31 a	15,96 ab	15,97 ab	16,97 a	16,61 a
5	20,23 a	16,78 a	16,78 a	17,47 a	16,82 a
6	21,00 a	16,91 a	16,91 a	16,50 a	16,07 a
7	21,68 a	16,78 a	16,75 a	14,33 a	16,80 a
8	19,20 a	13,89 b	13,87 b	16,16 a	13,32 b
DMS	4,34	2,77	2,77	10,67	2,61
MG	20,72	16,38	16,35	17,90	15,80
CV%	8,83	7,13	7,15	25,14	6,80

DMS: diferença mínima significativa. MG: média geral. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Índice de conteúdo de clorofila a e b de plantas de milho submetidas a oito tratamentos de adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. Currais – PI, Brasil.

A análise fisiológica do índice de conteúdo de clorofila a somente detectou diferença entre os tratamentos no estado R4, onde o tratamento 6 (300 kg ha⁻¹ ureia revestida em V3) apresentou a maior média (43,98) para a variável, enquanto que a testemunha (T8), que não recebeu nitrogênio em cobertura obteve a menor média (37,88) (Tabela 5).

O menor conteúdo de clorofila a da testemunha indica que houve uma redução da disponibilidade do N no estágio de grãos pastosos, enquanto que a aplicação de ureia revestida parece ter aumentado sua disponibilidade por maior período de tempo, podendo ser atribuído à lenta liberação deste elemento contido no produto. No entanto, não se pode afirmar com certeza a eficiência deste fertilizante nitrogenado, visto que os demais tratamentos com o mesmo não confirmaram os resultados, quando aplicados em parcela única, em diferentes doses e épocas de aplicação.

As clorofilas são fundamentais para o processo fotossintético, pois são pigmentos responsáveis pela captura da luz, sendo a clorofila a o principal pigmento presente no complexo coletor de energia luminosa necessária para as reações fotoquímicas (TAIZ e ZEIGER, 2013). A sua síntese é dependente da disponibilidade de N nas partes verdes das plantas, principalmente nas folhas.

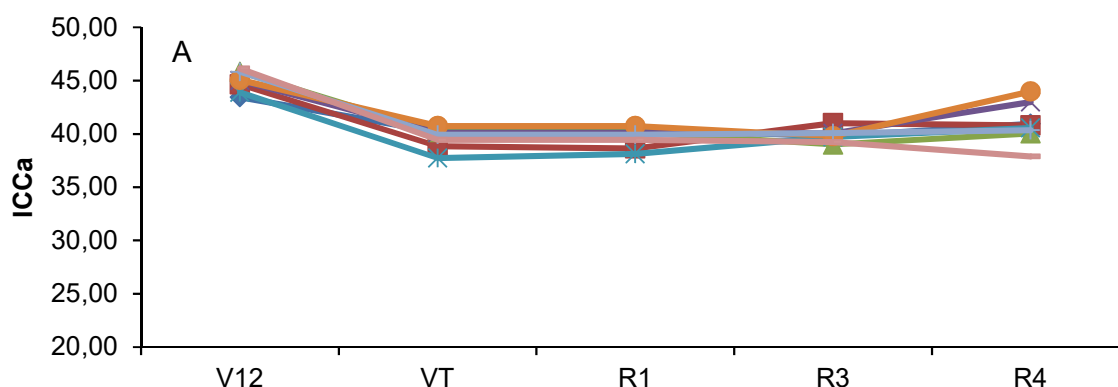
Para a clorofila b, houve diferença nos estádios VT, R1 e R4 (Tabela 5). Em ambos os estádios, o tratamento testemunha foi o que apresentou os menores valores, e os T1, T2 e T4 apresentaram médias intermediárias em ao menos um dos estádios, embora não tenham diferido estatisticamente com os demais tratamentos que receberam a adubação nitrogenada. Os resultados apresentam indício de que a ureia revestida aumente o período de disponibilidade do N no ambiente de cultivo do Cerrado nordestino, visto que foram os tratamentos que mantiveram maiores valores de clorofila b.

Observando-se a resposta dos pigmentos fotossintéticos ao longo dos períodos de avaliação (Figura 6A e 6B), nota-se que houve redução de ambos durante o período, sendo mais acentuado entre V12 e R1.

O índice de conteúdo de clorofila é uma variável importante para a produtividade da cultura do milho, visto que a produtividade é diretamente associada com a translocação e acúmulo de matéria seca formada pelos açúcares resultantes da fotossíntese e do N dos órgãos vegetativos, que são translocados para os grãos durante a fase reprodutiva (KARLEN et al., 1988).

Comparando-se os resultados com a literatura, Valderrama et al. (2011), trabalhando com milho em área de Cerrado com fontes e doses de adubação nitrogenada, também não verificaram efeito de tratamentos sobre o índice de clorofila, teor de N foliar e componentes de produção. De acordo com os autores, a utilização de ureia revestida ou branca tem resultados semelhantes nas condições edafoclimáticas de cerrado.

Ressalta-se que a dinâmica do N é muito afetada pelas condições climáticas e os fertilizantes revestidos dependem de água disponível e temperatura adequada (sendo ótima em 21 °C) para adequada liberação (CHITOLINA, 1994). Deste modo, é possível que a eficiência da ureia revestida tenha sido prejudicada pelas temperaturas mais elevadas e também pela precipitação, que além de estar abaixo do ideal foi má distribuída nesta região.



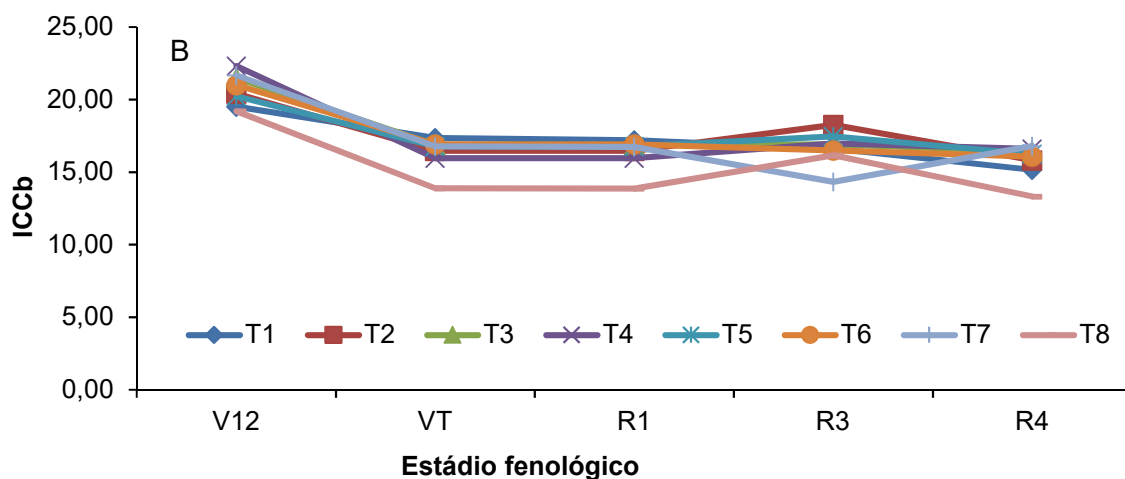


Figura 6. Variação do índice de conteúdo de clorofila a (A) e b (B) de plantas de milho em função da adubação nitrogenada e estádios fenológicos. Currais – PI.

Portanto, é provável que possa ter ocorrido ineficiência do fertilizante revestido, pois nas condições de Cerrado a ocorrência de temperaturas elevadas é comum, e assim não seria vantajoso utilizar-se de ureia revestida no lugar da ureia branca, para o manejo da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho, sabendo que o custo da primeira é mais elevado. No entanto, os parâmetros avaliados não mostraram-se muito eficientes para detectar diferenças dos manejos da adubação nitrogenada para a região.

4. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada em cobertura proporciona maior índice de conteúdo de clorofila de plantas de milho no estágio de enchimento de grãos (R4). Os manejos de adubação nitrogenada testados apresentam pouco efeito sobre os parâmetros vegetativos avaliados, que mostraram-se pouco efetivos para detectar diferenças entre os tratamentos. A ureia branca e a revestida, independente da dose e estágio de aplicação, tem efeitos semelhantes sobre a cultura do milho, na região do Cerrado nordestino.

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 Ciências do Solo*, v. 26, p. 241-248, 2002.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. *Experimentação agrícola*. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.

BRUIN, J.; BUTZEN, S. Nitrogen Uptake in Corn. **Crop Insights**, v. 24, n. 4, 2014.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (eds.) **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, p. 148-196, 1993.

CHITOLINA, J. C. **Fertilizantes de lenta liberação de N**: conceitos. Uréia coberta com enxofre. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 16p.

CRUZ, J. C.; MELHORANÇA, A. L.; COELHO, A. M. **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de produção, 1, 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm>. Acesso em: 23 novembro 2017.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

FAN, X.; LI, F.; LIU, F.; KUMAR, D. Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, p. 853-865, 2004.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

GARCIA, J. R.; BAUINAIN, A. M. Dinâmica de ocupação do Cerrado Nordeste pela agricultura: 1990 e 2012. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 2, p. 319-338, 2016.

HOEFT, R. G. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, v. 104, p. 1-4, 2003.

KARLEN, J. R.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, v. 80, p. 232-242, 1988.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (eds) **Handbuch der Klimatologie**. Gebrüder Borntraeger, Berlin, p. 1-44, 1936.

LOPES, A. S., DAHER, E. Agronegócio e Recursos Naturais: desafios para uma coexistência harmônica. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L.; **Savanas: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre Sociedade, agronegócio e Recursos Naturais.** Brasília: Embrapa, p. 173-212, 2008.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular técnica, 76, 2006. 10p.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E.; CIRILO, A. G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, v. 71, n. 3, p. 183-193, 2001.

MORGAN, K. T.; CUSHMAN, K. E.; SATO, S. Release mechanisms for slow-and controlled-release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. **Horttechnology**, v. 19, p. 10-12, 2009.

NING, P.; LI, S., LI, X. X.; LI, C. J. New maize hybrids had larger and deeper post-silking root than old ones. **Field Crops Research**, v. 166, p. 66–71, 2014.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 226–244, 2011.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999. 359p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops.** Ames: Iowa State University of Science and Technology, Special Report, 48, 1993.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos.** Lages: Graphel, 2010. 87p.

SCHIAVINATTI, A.F.; ANDREOTTI, M.; BENETT, C.G.S.; PARIZ, C.M.; LODO, B.N.; BUZZETTI, S. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no cerrado. **Bragantia**, v. 70, p. 925-930, 2011.

SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v. 66, p. 151-154, 2000.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002. 416p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. Ed., Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VIEIRA, B. A. R. M.; TEIXEIRA, M. M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo e Negócios**, v. 68, p. 52-54, 2008.

ABSTRACT: The growth, development and production of maize crop is dependent on nitrogen fertilization. The efficiency of this is related to its management, source, dose and time of application, and is influenced by intrinsic factors of the plant and the environment, and their interactions. The objective of this study was to evaluate the different management of nitrogen fertilization on corn crop performance in the Northeastern Cerrado region. The work was carried out in the agricultural area of Cerrado, in Currais, Piauí. The treatments were constituted by source, dose and time of application of the nitrogen fertilization in cover, being: T1 - 200 kg ha⁻¹ White urea in V3; T2 - 300 kg ha⁻¹ White urea in V3; T3 - 100 + 100 kg ha⁻¹ White urea in V3 + V8; T4 - 150 +150 kg ha⁻¹ White urea in V3 + V8; T5 - 200 kg ha⁻¹ Coated urea in V3; T6 - 300 kg ha⁻¹ Coated urea in V3; T7 - 150 + 150 kg ha⁻¹ Coated urea in V3 + V8; T8 - Witness. During plant stages V12 to R4 were evaluated: plant height; thatch thickness; number of green nodes and leaves; and contents index of chlorophyll a and b. The nitrogen fertilization in the cover provided a higher index of chlorophyll content in the grain filling stage (R4). The treatments tested had little effect on the evaluated vegetative parameters, which proved to be ineffective in detecting differences. White and coated urea, regardless of management, have similar effects on maize crop in the Northeastern Cerrado region.

KEYWORDS: Northeastern Cerrado; Plant physiology; Nitrogen-urea; Coated urea; *Zea mays*.

CAPÍTULO XIX

**DESRAMA ARTIFICIAL DE AZADIRACHTA INDICA A. JUSS
EM RESPOSTA AO MÉTODO DE CULTIVO EM MACAÍBA,
RN**

**Camila Costa da Nóbrega
Ciro de Oliveira Ribeiro
Luan Henrique Barbosa de Araújo
Jucier Magson de Souza e Silva
Gualter Guenther Costa da Silva
Ermelinda Maria Mota Oliveira**

DESRAMA ARTIFICIAL DE *Azadirachta indica* A. Juss EM RESPOSTA AO MÉTODO DE CULTIVO EM MACAÍBA, RN

Camila Costa da Nóbrega

Universidade Federal da Paraíba

Areia – Paraíba

Ciro de Oliveira Ribeiro

Universidade de São Paulo

Piracicaba – São Paulo

Luan Henrique Barbosa de Araújo

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife – Pernambuco

Jucier Magson de Souza e Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Macaíba – Rio Grande do Norte

Gualter Guenther Costa da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Macaíba – Rio Grande do Norte

Ermelinda Maria Mota Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Macaíba – Rio Grande do Norte

RESUMO: Objetivou-se quantificar a desrama artificial da espécie florestal *Azadirachta indica*, aos 12 meses de idade, em resposta ao método de cultivo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com dois tratamentos, um método de cultivo menos intensivo (A) e o outro, mais intensivo (B), com quatro blocos cada. O plantio foi realizado no espaçamento 3m x 3m, tendo 64 plantas/parcela. No tratamento B utilizou-se esterco bovino, super triplo e calcário. Em ambos tratamentos foi aplicado NPK. O crescimento de cada árvore foi medido pela altura e diâmetro. Para a quantificação da biomassa desramada selecionou-se uma árvore da bordadura de cada parcela com altura e diâmetro médios. Realizou-se a desrama até a altura equivalente a 40% da altura da copa da árvore, deixando apenas um fuste. As três variáveis estudadas (desrama de folhas, galhos e total) apresentaram diferenças significativas entre os tipos de cultivo na espécie.

PALAVRAS-CHAVE: biomassa; Nim; poda.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Azadirachta indica*, conhecida como Nim, é de origem asiática, natural de Burma e das regiões áridas da Índia, de clima tropicais e subtropicais, tolerante a altas temperaturas e resiste a longos períodos secos, porém é muito sensível ao frio e não suporta solos encharcados. Espécie de rápido crescimento, utilizada em reflorestamento ambiental, produção de madeira e ornamentação

urbana. Na Região Nordeste é utilizado para a produção de madeira, principalmente para lenha (NEVES; CARPANEZZI, 2008; ARAÚJO, 2010).

Segundo Schumacher et al. (2003), a biomassa vegetal desramada, também chamada de serapilheira, é fundamental para a sustentabilidade da produção florestal, pois é uma forma natural de adubação, permitindo que parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas retornem ao solo, através da decomposição da serapilheira, e também contribuam na diminuição dos impactos causados pela colheita.

A desrama tem como objetivo a produção de madeira de melhor qualidade e livre de nós. Um dos principais benefícios da desrama está na produção de madeira limpa (sem nós), além do aumento da produtividade (FLORIANO, 2007).

Schneider, Finger e Hoppe (1999) e Hoppe e Freddo (2003), afirmam que desramas inferiores a 40% de intensidade apresentam melhores resultados em DAP, menores perdas de produção e melhor qualidade da madeira. Pires (2000) salienta que a desrama em plantas jovens é economicamente mais viável e contribui para a produtividade de melhor qualidade da madeira.

O presente trabalho teve como objetivo quantificar a desrama artificial da espécie florestal Nim (*Azadirachta indica* A. Juss), aos 12 meses de idade, em resposta ao método de cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Área de Experimentação Florestal da UAECIA (Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias), EAJ (Escola Agrícola de Jundiá), UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte), Macaíba - RN, no período de agosto a setembro de 2013.

O experimento foi implantado em Latossolo Amarelo, textura arenosa e topografia plana (BELTRÃO; FREIRE; SANTOS, 1975). O clima local é uma transição entre os tipos As e BSw segundo a classificação de Köppen, com temperatura média ao longo do ano de 27 °C, sendo a máxima de 32 °C e mínima de 21 °C e estação chuvosa de outono e inverno. A precipitação pluviométrica na região varia entre 800 e 1200 mm por ano, sendo caracterizado como clima sub-úmido (IDEMA, 2002). A caracterização química e física foi realizada na EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com dois tratamentos, sendo um método de cultivo menos intensivo (A) e o outro, mais intensivo (B), e com quatro blocos cada, perfazendo um total de 8 parcelas. Cada parcela tinha área de 576 m², totalizando 4608 m² de efetivo plantio, com espaçamento entre plantas de 3m x 3m, sendo 64 plantas/parcela e parcela útil de 36 plantas, sendo 28 plantas de bordadura.

No tratamento com cultivo B utilizou-se esterco bovino (4,0 t/ha), super triplo (146,0 kg/ha) distribuídos em sulcos e calcário (2,0 t/ha). Em todos os tratamentos aplicou-se NPK (6-30-6: 100 g/planta), em covas laterais (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição do manejo realizado nos métodos de cultivos A e B utilizados no plantio florestal de Nim, na Área de Experimentação Florestal da UAECIA/EAJ/UFRN, Macaíba-RN.

Descrição	Tipo de Cultivo	
	A	B
Gradagem cruzada		x
Sulcos (40cm x 70 cm)		x
Esterco bovino (4,0 t/ha)		x
Super triplo (146,0 kg/há)		x
Covas (20cm x 15 cm)	x	x
NPK (6-30-6) (100 g/planta)	x	x
Aplicação de Calcário (2,0 t/ha)		x

A coleta dos dados foi realizada aos 12 meses após o plantio. Após a medição de altura e DAP, foram selecionadas árvores médias, uma árvore por parcela, onde foi realizada a quantificação da desrama. Para a seleção do indivíduo de porte médio de cada parcela da bordadura, tomou-se como base o DAP e H médios, sendo o DAP médio o diâmetro correspondente ao da área seccional média do povoamento.

Todas as árvores foram desramadas a uma altura equivalente a 40% da altura da copa da árvore (SIXEL, 2008). O material desramado foi pesado em campo com auxílio de balança, sendo separados em folhas e galhos, para posterior quantificação total. Após a pesagem, todo o material foi depositado dentro das parcelas de onde foram retirados. Amostras de aproximadamente 200 g foram colocadas para secar em estufa de secagem forçada a 65°C por 72 horas, para obtenção do peso da matéria seca.

Os dados foram analisados em programa estatístico Assistat 7.7 Beta (SILVA, 2007), realizou-se análise de variância e aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias aos níveis de 1% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantificação da desrama artificial dos componentes folha, galho e total sob diferentes métodos de cultivo, apresentou diferenças significativas, onde nas três variáveis estudadas, o cultivo B foi superior na quantidade desramada em relação ao cultivo A (Tabela 2).

No método de cultivo B a produção total de biomassa vegetal foi maior em relação ao método de cultivo A, apresentando por sua vez as parcelas de cultivo B maior quantidade de desrama, conseqüentemente, maior quantidade de serapilheira. Em média, o Nim apresentou incremento de 284% na biomassa seca total desramada no tratamento com cultivo B em relação ao A (Tabela 2).

Tabela 2. Desrama artificial dos componentes folha, galho e total (t/ha) de Nim, aos 12 meses de idade, em resposta aos métodos de cultivos A (menos intensivo) e B (mais intensivo), Macaíba-RN.

Componente	Método de cultivo	
	A	B
Folha	0,42 b	1,58 a
Galho	0,43 b	1,69 a
Total	0,85 b	3,27 a

Médias seguidas pela mesma nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Notou-se pequena quantidade de serapilheira nas parcelas onde foi realizado o cultivo A, em relação ao cultivo B. Todo o material vegetal obtido na desrama foi deixado nas parcelas, compondo a serapilheira do solo fazendo com que parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas pudessem retornar ao solo, ajudando também a diminuir os possíveis impactos e erosões que venham a surgir na área.

4. CONCLUSÃO

O método de cultivo influencia na produção total de biomassa vegetal de Nim e, conseqüentemente, na quantidade de material vegetal desramado.

O método de cultivo mais intensivo obteve maior quantidade de biomassa vegetal desramada de Nim em relação ao menos intensivo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M.S. **Manejo de espécies florestais para produção de madeira, forragem e restauração de áreas degradadas**. Caicó: EMPARN, 5, 2010. 60p.

BELTRÃO, V. A.; FREIRE, L. C. M.; SANTOS, M. F. **Levantamento Semidetalhado da Área do Colégio Agrícola de Jundiá – Macaíba/RN**. Recife: SUDENE – Recursos de Solos, Divisão de Reprodução, 1975. 92p.

FLORIANO, E. P. **Desrama das árvores de florestas cultivadas**. Silvicultura Geral (Aula). UFSM, Santa Maria, 2007.

HOPPE, J. M.; FREDDO, A. R. Efeito da intensidade da desrama na produção de *Pinus elliottii* Engelm., no município de Piratini, RS. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.2, p.47-56, 2003.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). **Perfil do Estado do Rio Grande do Norte**. IDEMA: Natal, 2002. 85p.

NEVES, E. J. M.; CARPANEZZI, A. A. **O Cultivo do Nim para Produção de Frutos no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8p. (Circular Técnica; 162).

PIRES, B. M. **Efeito da desrama artificial no crescimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* para serraria e fabricação de móveis**. 2000. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT - beta 7.4**. Campina Grande: 2007.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M. Efeito da intensidade de desrama na produção de *Pinus elliottii* Engelm., implantado em solo pobre, no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.35-46, 1999.

SCHUMACHER, M. V. et al. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.791-798, 2003.

SIXEL, R. M. M. **Silvicultura e Manejo**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/manejo.asp>>. Acesso em 23 ago. 2014.

ABSTRACT: The objective of this study was to quantify the artificial pruning of the forest species *Azadirachta indica*, at 12 months of age, in response to the cultivation method. The experimental design was a randomized block with two treatments, one less intensive cultivation method (A) and the other more intensive (B), with four blocks each. The planting was carried out in spacing 3m x 3m, having 64 plants / plot. In treatment B were used bovine manure, super triple and limestone. In both treatments was applied NPK. The growth of each tree was measured by height and diameter. For the quantification of the pruning biomass a border tree of each plot with a mean height and diameter was selected. The pruning was made up to the height equivalent to 40% of the height of the tree canopy, leaving only one stem. The three variables studied (leaf pruning, branches and total) presented significant differences between the types of cultivation in the species.

KEYWORDS: biomass; Neem; pruning

CAPÍTULO XX

EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CRESCIMENTO AÉREO E RADICULAR DE *MIMOSA CAESALPINIIFOLIA* BENTH.

Luan Henrique Barbosa de Araújo
Gualter Guenter Costa da Silva
Camila Costa da Nóbrega
Ermelinda Maria Mota Oliveira
Priscila Lira de Medeiros
Daniel Nunes da Silva Junior

**EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CRESCIMENTO AÉREO E RADICULAR DE
Mimosa caesalpinifolia Benth.**

Luan Henrique Barbosa de Araújo

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Recife - Pernambuco

Gualter Guenter Costa da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Macaíba - Rio Grande do Norte

Camila Costa da Nóbrega

Universidade Federal da Paraíba

Areia - Paraíba

Ermelinda Maria Mota Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Macaíba - Rio Grande do Norte

Priscila Lira de Medeiros

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Macaíba - Rio Grande do Norte

Daniel Nunes da Silva Junior

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Macaíba - Rio Grande do Norte

RESUMO: Estudos sobre o desenvolvimento de plantas em solos compactados são de suma importância para o entendimento do crescimento de cada espécie, porém, pouco se sabe sobre os efeitos negativos da compactação do solo no desenvolvimento de espécies florestais da Caatinga. Objetivou-se avaliar o crescimento aéreo e radicular inicial de *Mimosa caesalpinifolia* em solos submetidos a diferentes níveis de compactação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na UECIA/UFRN. Foi utilizado Latossolo Amarelo de textura franco-arenosa, provenientes de uma área da Escola Agrícola de Jundiá, em vasos montados com três anéis de PVC sobrepostos, de 10 cm de diâmetro e 25 cm de altura, sendo o anel central o que sofreu a compactação. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis repetições, sendo testados quatro níveis de compactação do solo (1,35; 1,45; 1,60 e 1,80 kg.dm⁻³), avaliando-se as seguintes variáveis: diâmetro, altura, número de folhas, massa seca da parte aérea e do sistema radicular em cada camada das colunas. No geral, o crescimento inicial de *M. caesalpinifolia* foi favorecido pelo tratamento composto por solo não compactado, porém a planta se mostrou relativamente resistente à compactação do solo, não sofrendo nenhuma redução significativa no desenvolvimento radicular às densidades inferiores a 1,60 kg.dm⁻³ e em relação ao crescimento aéreo, essa redução foi significativa apenas para o crescimento diamétrico sob a mesma densidade.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema radicular; densidade do solo; manejo do solo.

1. INTRODUÇÃO

Os solos podem ser classificados como um corpo natural, composto por elementos de origem mineral e orgânica, compondo um sistema dinâmico constituído por componentes sólidos, líquidos e gasosos, que se distribuem na superfície terrestre, permitindo o desenvolvimento da vida animal e vegetal (MENDONÇA, 2010).

A estrutura do solo pode interferir no desenvolvimento de plantas de diversas formas, sendo o impedimento físico ao alongamento radicular um dos mais evidentes e decisivos a respeito da capacidade do sistema radicular em absorver água e nutrientes do solo em quantidades adequadas (MÜLLER; CECCON; ROSOLEM, 2001).

Para Alves et al. (2003), diversos fatores podem influenciar no desenvolvimento do sistema radicular, limitando a absorção de nutrientes do solo pelas plantas e restringindo assim, sua produtividade, estando os atributos físicos e químicos do solo intimamente correlacionados.

Dentre os fatores físicos que podem interferir no desenvolvimento de plantas, a compactação do solo é um dos principais que afetam o crescimento e a produtividade. Ela é ocasionada pelo aumento da densidade do solo, em função de uma pressão externa sobre o solo manejado de forma inadequada, ocasionando o rearranjo de suas partículas e agregados, reduzindo a porosidade, podendo assim, induzir alterações na absorção de nutrientes pelas plantas, e conseqüentemente, em seu desenvolvimento (CASTAGNARA et al., 2013; HANZA; ANDERSON, 2005).

Mimosa caesalpinifolia Benth. é uma espécie conhecida popularmente como sabiá, sendo bastante empregada na utilização para a produção de forragem, estacas, portas, mourões, dormentes, lenha e carvão, cerva viva e na recuperação de áreas degradadas e de preservação permanente (PAULA; VIEIRA, 2008), porém pouco se sabe sob seu desenvolvimento em solos compactados.

Pereira Junior et al. (2012) avaliando o crescimento de raízes e parte aérea de *Moringa oleifera*, sob condições de solo compactado observaram que apesar de ocorrer redução das variáveis com o aumento da compactação do solo, essa redução não afetou significativamente o crescimento em parte aérea e radicular. Silva et al. (2012) avaliando o efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de *Crambe abyssinica* e *Jatropha curcas* constataram que a primeira é sensível ao aumento da compactação do solo alterando a distribuição radicular na camada de solo compactada e abaixo dela, porém, não foram observados alterações expressivas no desenvolvimento e o crescimento aéreo e radicular das plantas de *Jatropha curcas*.

Estudos sobre o desenvolvimento de plantas em solos compactados, principalmente em relação à penetração das raízes, são de suma importância para o entendimento do crescimento de cada espécie. Estes estudos ainda são escassos, principalmente na região semiárida do Brasil, fazendo-se necessárias pesquisas, que possam dar subsídio para a recuperação de áreas degradadas e

potencializar a exploração sustentável das espécies da Caatinga. Diante do exposto, o objetivo geral do trabalho foi avaliar o crescimento aéreo e radicular inicial de *Mimosa caesalpinifolia* em solo submetido a diferentes níveis de compactação do solo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para disposição do experimento, foi utilizado Latossolo Amarelo de textura franco-arenosa, proveniente da área de experimentação florestal da Escola Agrícola de Jundiá (EAJ) do município de Macaíba-RN. Para se obter uma maior homogeneidade do solo, porções do solo da camada subsuperficial (horizonte B) foram coletadas a uma profundidade entre 20,0 e 40,0 cm. Em seguida, o solo foi destorroado, seco ao ar e peneirado em malha de 2,0 mm, homogeneizado e retirado subamostras para realizações de análises química e física (Tabela 1).

Características	
Química	
pH em água (1 : 2,5)	5,78
P (mg.dm ⁻³) ⁽¹⁾	2,00
K ⁺ (mg.dm ⁻³) ⁽¹⁾	268,00
Na ⁺ (mg.dm ⁻³)	132,00
Ca ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³) ⁽²⁾	1,18
Mg ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³) ⁽²⁾	0,40
Al ³⁺ (cmol _c .dm ⁻³) ⁽²⁾	0,00
H+ Al (cmol _c .dm ⁻³) ⁽³⁾	0,75
SB (cmol _c .dm ⁻³)	2,83
CTC (T) (cmol _c .dm ⁻³)	3,58
V (%)	79,05
Física	
Areia (g.kg ⁻¹)	688
Argila (g.kg ⁻¹)	180
Silte (g.kg ⁻¹)	132
C.C (%)	9,04
P.M.P (%)	7,03

⁽¹⁾ Extrator Mehlich-1; ⁽²⁾ Extrator KCl 1 mol.L⁻¹; ⁽³⁾ Extrator acetado de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0. SB = Soma de bases; CTC = Capacidade de troca cátions a pH 7,0; V = Saturação por bases; C.C = Capacidade de campo; P.M.P = Ponto de murcha permanente.

Tabela 1. Caracterização química e física do Latossolo Amarelo utilizado no experimento.

Com base na análise química não se realizou a correção do solo em virtude do alto valor da saturação por bases e da ausência de alumínio, sendo realizado apenas a adubação básica para a instalação do experimento com ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio nas quantidades de 150, 300 e 100 mg.dm⁻³ respectivamente.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (UECIA), da Universidade Federal do

Rio Grande do Norte (UFRN), Macaíba-RN. A casa de vegetação apresenta-se revestida telas de náilon de 1,0 mm de malha e telha de fibra de vidro transparente (temperatura média mínima de 24°C e máxima de 38°C).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com seis repetições, contendo cinco sementes por unidade experimental, sendo testado o efeito da compactação do solo no crescimento inicial de *Mimosa caesalpinifolia* nas densidades de 1,35 kg.dm⁻³ (não compactado), 1,45 kg.dm⁻³, 1,60 kg.dm⁻³ e 1,80 kg.dm⁻³.

A unidade experimental foi representada por uma coluna de PVC com 10 cm de diâmetro e 25 cm de altura. A mesma era composta por três camadas (superior, central e inferior), sendo a altura das camadas superior e inferior de 10 cm; enquanto, a camada central de 5 cm, unidos por fita adesiva. Para fechar a base da camada inferior da coluna, foi utilizado pano multiuso, afixado com ligas de borracha. (Figura 1).

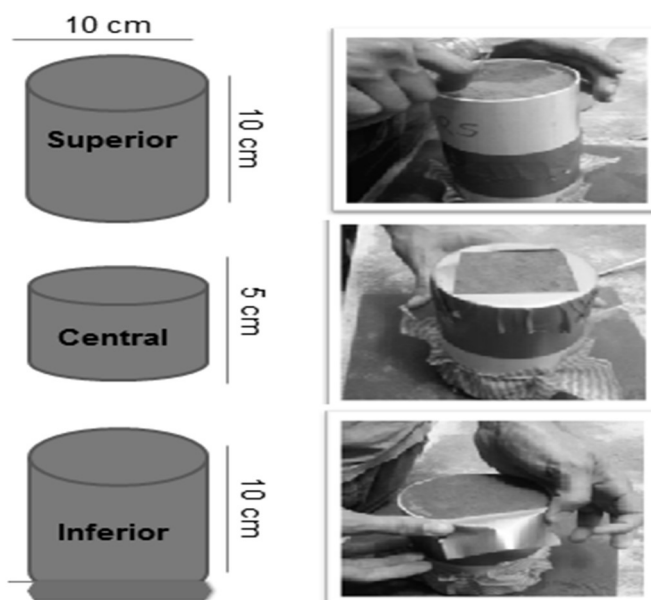


Figura 1. Ilustração esquemática da unidade experimental utilizada no experimento.

As camadas superior e inferior da coluna de PVC foram compostas por solo não compactado; enquanto, a central por solo submetido a quatro diferentes densidades de compactação. Essa compactação foi feita em camadas de solo de 2,5 em 2,5 cm, por meio de golpes com um embolo de metal, sendo prensado o solo na coluna de PVC até completar o volume correspondente à densidade almejada no interior da camada central da coluna.

Para evitar o desenvolvimento radicular pela interface PVC-solo compactado (pontos de menor resistência à penetração) utilizou-se a metodologia descrita por Müller, Ceccon e Rosolem (2001), onde foram colocadas fitas plásticas adesivas de cerca de 2,0 cm de largura, dobradas da periferia ao centro da superfície superior do anel central, evitando o desenvolvimento das raízes contíguas à parede (Figura 1).

Quinze dias após a emergência das sementes, foi feito o desbaste deixando

apenas uma planta por unidade experimental até o final da coleta de dados, realizada aos 60 dias após a emergência das plântulas. A irrigação foi realizada diariamente de forma manual com auxílio de proveta graduada, aplicando-se o volume de água correspondente à capacidade de campo do solo.

Após 60 dias da emergência das plântulas, foram avaliadas a altura, o diâmetro do coleto ao nível do solo, número de folhas e massa seca da parte aérea e raízes em cada camada da coluna da unidade experimental. As camadas de cada coluna foram separadas com auxílio de um estilete, nas três partes correspondentes. Em seguida, a separação das raízes do solo de cada camada, foi realizada através da lavagem em água corrente, utilizando peneiras de 1,0 mm para evitar perda de raízes. A parte aérea e as raízes foram colocadas em estufa a 65 °C, por 72 horas para determinação da massa seca, com auxílio de balança analítica.

Os dados foram comparados por meio de análise de variância e teste de médias (Teste de Tukey) ao nível de 5% de probabilidade. Fez-se também, o estudo da regressão, empregando-se a equação que melhor se ajustou aos dados não transformados, utilizando programa estatístico Assistat 7.7.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compactação do solo em camada subsuperficial interferiu significativamente no crescimento inicial de *Mimosa caesalpinifolia* para as variáveis diâmetro no coleto, número de folhas e massa seca de raízes na camada central, tendo todos os dados se ajustado ao modelo de regressão linear, com exceção da massa seca da parte aérea, que não se ajustou a nenhum modelo de regressão (Tabela 2).

A análise de variância evidenciou que o aumento da compactação apresentou efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade no crescimento inicial de *Mimosa caesalpinifolia* para as determinadas variáveis, ajustando-se ao modelo de regressão linear.

FV	GL	Quadrados médios						
		DNC	NF	ALT	MSPA	MSRA C.S	MSRA C.C	MSRA C.I
Tratamentos	3	0,598*	4,944**	45,233 ^{ns}	2,268 ^{ns}	0,948 ^{ns}	0,099**	0,143 ^{ns}
Linear	1	1,434**	13,333**	121,002*	2,302 ^{ns}	2,299*	0,276**	0,336*
Quadrática	1	0,355 ^{ns}	1,500 ^{ns}	2,344 ^{ns}	3,760 ^{ns}	0,525 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,072 ^{ns}
CV (%)		7,14	7,2	9,03	15,23	18,45	19,84	23,31
		Valores médios						
Tratamentos		DNC (mm)	NF	ALT (cm)	MSPA (g)	MSRA C.S (g)	MSRA C.C (g)	MSRA C.I (g)
T1- 1,35 kg.dm ⁻³ (não compactado)		6,00 a	14,00 a	51,92 a	8,51 a	2,79 a	0,62 a	1,16 a

T2 - 1,45 kg.dm ⁻³	5,52 ab	13,83 a	48,08 a	7,13 a	2,82 a	0,45 a	1,11 a
T3 - 1,60 kg.dm ⁻³	5,33 b	13,17 ab	47,92 a	7,32 a	3,02 a	0,43 a	1,09 a
T4 - 1,80 kg.dm ⁻³	5,33 b	12,00 b	45,25 a	7,52 a	3,64 a	0,31 b	0,82 a

ns: não significativo; ** significativo ao nível de 1%; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. FV= Fonte de variação;

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação (%).

Tabela 2. Análise de variância para as variáveis diâmetro no coleto (DNC), número de folhas (NF), altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz na camada superior (MSRAC.S), central (MSRAC.C) e inferior (MSRAC.I) de mudas de *Mimosa caesalpinifolia*, submetidas a diferentes níveis de compactação.

O diâmetro do coleto das mudas de *Mimosa caesalpinifolia* apresentou melhores resultados para o solo não compactado, sendo superior ao tratamento formado por solo nas densidades de 1,6 kg.dm⁻³ e 1,8 kg.dm⁻³, porém, não diferindo do tratamento composto por solo na densidade de 1,45 kg.dm⁻³. A camada compactada do solo na densidade de 1,8 kg.dm⁻³ ocasionou redução de 11,17%, no crescimento em diâmetros em relação ao tratamento com solo não compactado, obtendo uma resposta linear decrescente, evidenciando que a compactação promove redução no crescimento caulinar da espécie (Figura 2).

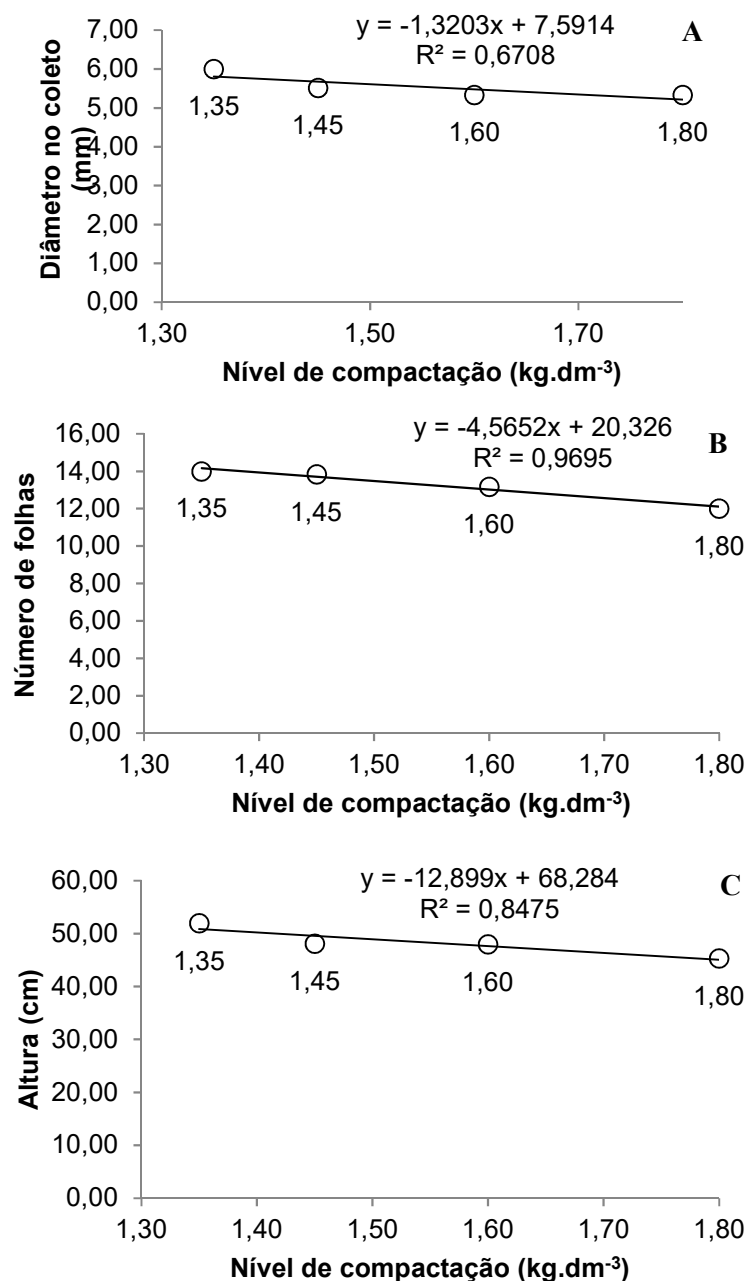


Figura 2. Diâmetro no coleto (A), número de folhas (B) e altura (C) das plantas de *Mimosa caesalpiniiifolia* em função de diferentes níveis de compactação do solo.

Os resultados desse estudo se assemelham as encontrados por Silva et al. (2012), avaliando o efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular do *Crambe abyssinica* em um Latossolo Vermelho de textura média, onde o diâmetro caulinar foi significativo e inversamente proporcional ao aumento da densidade, indicando que a espécie tem o seu desenvolvimento prejudicado com o aumento da compactação. Santos et al. (2012), avaliando densidades do solo no desenvolvimento de *Jatropha curcas* em um Latossolo Vermelho Distroférico, constataram que para o crescimento em diâmetro, a densidade do solo interferiu a partir de 1,3 kg.dm⁻³, sendo esse resultado mais expressivo, com o aumento da compactação. Entretanto, Pereira Junior et al. (2012), avaliando o crescimento de

raízes e parte aérea de *Moringa oleifera*, sob condições de solo compactado, não observaram interação significativa entre o diâmetro e os níveis de densidade testados.

Em relação ao número de folhas, a compactação do solo no cilindro central dos tubos de PVC demonstrou que os tratamentos testados promoveram redução linear na variável, sendo o tratamento composto por solo não compactado superior ao tratamento formado por solo na densidade $1,8 \text{ kg.dm}^{-3}$, porém não diferindo dos demais níveis de compactação testados (Tabela 2).

Com base nas análises de regressão dos dados, observa-se que o nível máximo de compactação testado provocou uma redução de 14,29% na produção de folhas em relação ao tratamento controle e que a planta continuaria sofrendo aos efeitos da compactação sob densidades mais elevadas (Figura 2).

Limitações físicas ocasionadas pela compactação sob elevadas densidades podem limitar a disponibilidade de nutrientes às raízes, interferindo negativamente na produção foliar (BONFIM-SILVA et al., 2011). Para Bonelli et al. (2011), a redução na produção de folhas pode ser considerada uma estratégia da planta em translocar fotoassimilados para raízes em função da condição limitante imposta pela camada compactada.

Em relação à altura, os resultados evidenciaram que o tratamento controle composto por solo não compactado apresentaram as melhores médias, onde o efeito da compactação promoveu redução das variáveis, porém, não sendo significativo entre tratamentos testados. Silva et al. (2012) também encontrou resultados semelhantes ao deste trabalho, onde a compactação do solo Latossolo Vermelho de textura média, não afetou o crescimento em altura para as plantas de Crambe e Pinhão Manso.

Para este estudo, apesar de não significativo, a presença da camada compactada de solo nos anéis reduziu o crescimento de *M. caesalpinifolia* em altura em 12,85%. A análise de regressão evidenciou que para a variável altura, o aumento da compactação do solo continuaria promovendo redução da variável (Figura 2). Dezordi et al. (2013), avaliando desenvolvimento aéreo e radicular de espécies vegetais em Latossolo Vermelho distroférrico, relataram que a presença da camada compactada de solo em maior densidade promoveu redução em altura de 20%, 32% e 38% para *Pennisetum glaucum*, *Brachiaria brizantha* e *Crotalaria spectabilis* respectivamente, em relação ao tratamento de menor densidade de solo avaliado.

A restrição física imposta ao crescimento radicular das plantas não promoveu efeito significativo na massa seca da parte aérea para todos os níveis de densidade testados, tendo os dados não se ajustando a nenhum modelo de regressão (Tabela 2).

Diversos trabalhos como os de Pereira Junior et al. (2012), Rodrigues et al. (2009), Silva et al. (2012), Colonego et al. (2011) relatam efeito não significativo na massa seca da parte aérea em função da compactação do solo. Segundo Jimenez et al. (2008), isso é um fato comum em experimentos de curta duração.

Em relação ao desenvolvimento do sistema radicular, o maior nível de compactação testado (T4 - 1,80 kg.dm⁻³) promoveu um acréscimo linear de 30,47% (Figura 3) na massa seca de raízes da camada superior das unidades experimentais em relação ao tratamento composto por solo não compactado, porém, não sendo significativo para os níveis de compactação avaliados (Tabela 2).

Existe uma tendência das plantas em acumularem maior proporção de raízes na camada acima daquela compactada (SILVA et al. 2014). Essa acumulação de raízes na camada superior das colunas de PVC, apesar de não significativa, provavelmente foi ocasionada em função do impedimento físico causado pela camada compactada, inibindo a expansão do sistema radicular ao longo da unidade experimental, promovendo assim, o acúmulo de raízes na camada superior e um enovelamento das raízes.

A diminuição da expansão do sistema radicular pode estar associado também ao acúmulo de gás carbônico e da baixa difusão de oxigênio devido à compactação. Quando os níveis de oxigênio no solo são baixos, é possível que haja uma redução na pressão de turgescência da célula, ou ainda, maior resistência da parede celular ao alongamento (BORGES et al., 1997).

O desenvolvimento das raízes presentes na camada central apresentou decréscimo na produção de massa seca de raízes, indicando que o tratamento composto com solo na densidade de 1,8 kg.dm⁻³ obteve as menores médias, promovendo uma redução de 50% na produção de massa seca de raízes em relação ao tratamento composto por solo na camada central não compactado (T1- 1,35 kg.dm⁻³), sendo significativamente inferior aos demais níveis de compactação, que por sua vez não diferenciaram estatisticamente entre si (Tabela 2).

A partir do teste de médias, observou-se que *Mimosa caesalpiniiifolia* é uma espécie tolerante a níveis de compactação inferiores de 1,60 kg.dm⁻³, entretanto, o modelo de regressão linear evidenciou que o aumento da compactação do solo continuaria promovendo redução da variável (Figura 3).

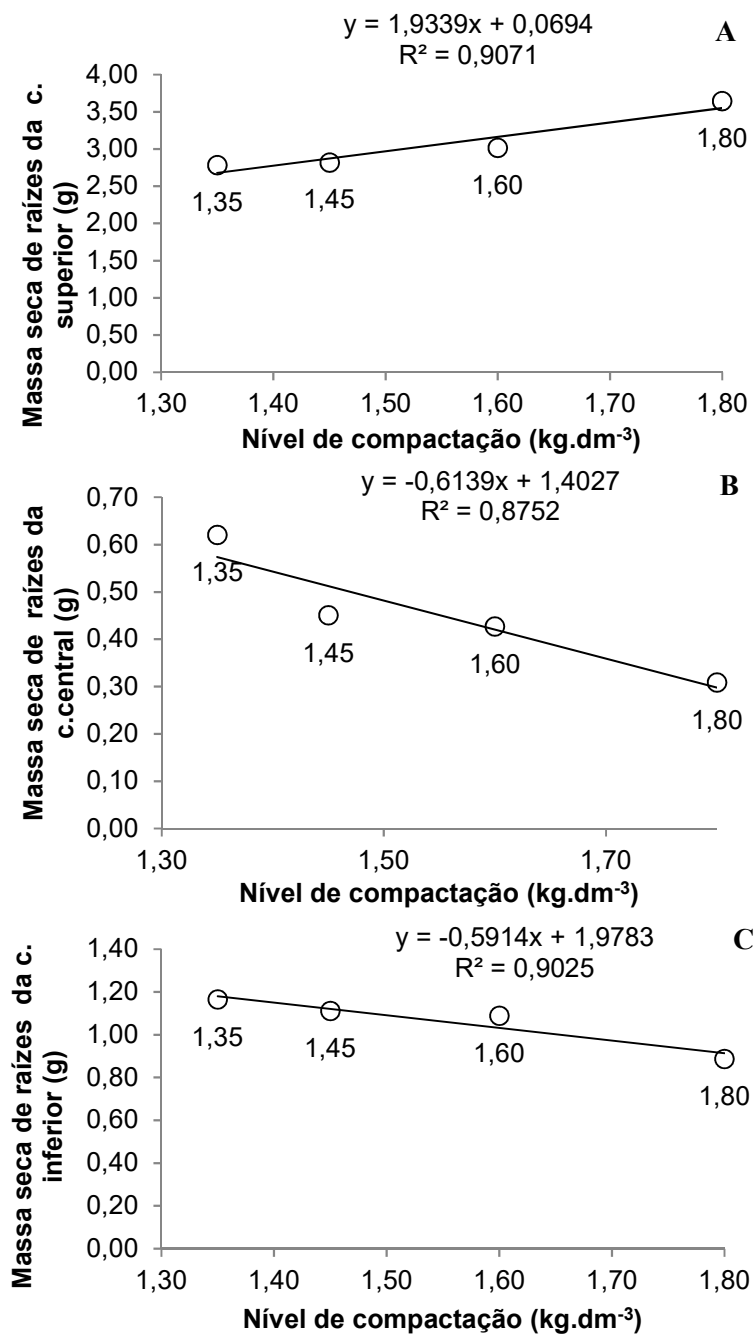


Figura 3. Massa seca de raízes das plantas de *Mimosa caesalpinifolia* na camada superior (A), central (B) e inferior (C) em função de diferentes níveis de compactação do solo.

O efeito no desenvolvimento radicular é determinado pelo equilíbrio de forças externas de resistência do solo e pressão radicular, manifestando restrição de crescimento quando há predomínio de forças de resistência (FERNÁNDEZ et al. 2000). A elevada redução da macroporosidade e, conseqüentemente, a diminuição da concentração de oxigênio em função do aumento da compactação, foi um fator limitante a expansão da raiz pivotante, que teve seu desenvolvimento restringido na camada compactada, na densidade de 1,80 kg.dm⁻³ (Figura 4).

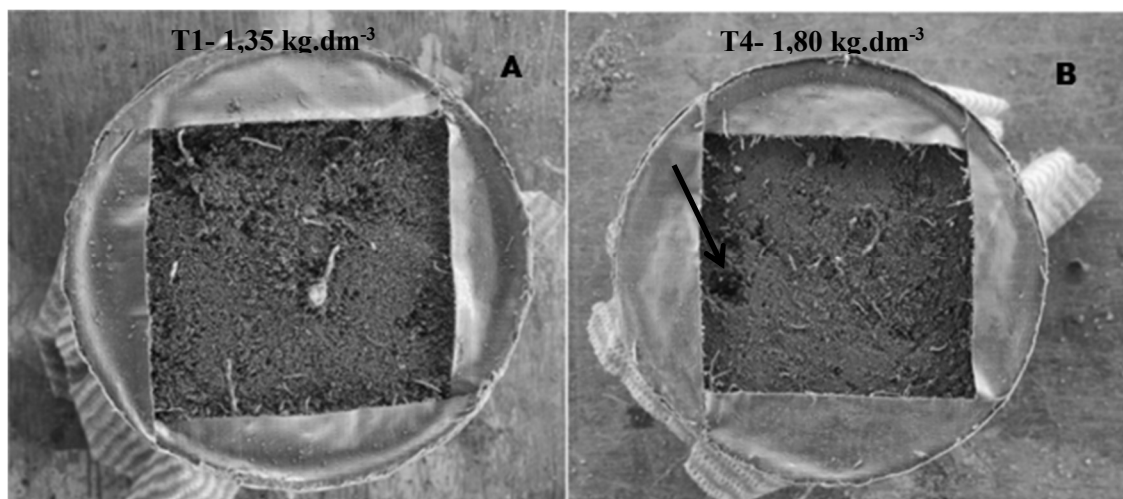


Figura 4. Presença de raiz pivotante na camada central não compactada (A) e efeito negativo da compactação sob a raiz pivotante na coluna com a camada central de maior densidade (1,80 kg.dm⁻³) (B).

Segundo Jimenez et al. (2008), a resposta das raízes ao aumento da compactação é diferente conforme a habilidade de cada espécie.

Para a variável massa seca de raízes na camada inferior, observou-se que o aumento da impedância mecânica do solo até a densidade 1,8 kg.dm⁻³ das camadas subsuperficiais não limitou significativamente o crescimento de radicular de *Mimosa caesalpinifolia* nesta camada. Entretanto, o ajuste dos dados ao modelo de regressão linear indicou que densidades superiores a 1,8 kg.dm⁻³ promoverá redução da variável em destaque (Figura 3).

Os resultados se assemelham ao encontrado por Silva et al. (2012) para as espécies *Jatropha curcas* e *Crambe abyssinica*. Segundo os autores, o impedimento físico ocasionado na camada subsuperficial, não foi o suficiente para barrar o crescimento radicular verticalmente. Porém, divergem com os encontrados por Pereira Junior et al. (2012), analisando o crescimento de *Moringa oleifera*, sob condições de solo compactado, onde o crescimento radicular foi prejudicado na camada abaixo daquela compactada.

A *Mimosa caesalpinifolia* se mostrou uma espécie relativamente resistente a compactação do solo, não sofrendo nenhuma redução significativa no desenvolvimento radicular à densidades inferiores ou até 1,60 kg.dm⁻³. Em relação ao crescimento aéreo, essa redução foi significativa apenas para o crescimento diamétrico sob a mesma densidade. Diversos fatores podem ter contribuído para esse resultado satisfatório, dentre esses pode-se destacar: possível capacidade da planta de translocar fitoassimilados para as raízes em função da compactação, não comprometendo a absorção de água e nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta, a rusticidade da espécie por ser uma espécie de ocorrência natural do bioma Caatinga.

4-CONCLUSÃO

O impedimento físico em subsuperfície altera o crescimento aéreo das plantas de *Mimosa caesalpiniiifolia* sendo essa redução mais expressiva para as variáveis diâmetro e número de folhas.

O impedimento físico em subsuperfície altera o crescimento do sistema radicular das mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* em densidades de solo superiores a 1,60 kg.dm⁻³.

A massa seca de raízes das mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* reduz com o aumento da densidade do solo.

Uma camada de solo compactada com a densidade superior 1,8 kg.dm⁻³ impede que a raiz pivotante de *Mimosa caesalpiniiifolia* atravesse essa camada e se desenvolva em profundidade.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. G.; ANDRADE, M. J. B.; CORRÊA, J. B. D.; MORAES, A. R.; SILVA, M. V. Concentração de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da compactação e classes de solos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.1, p.44-53, 2003.
- BONFIM-SILVA, E. M.; ANICÉSIO, E. C. A.; SILVA, F. C. M.; DOURADO, L. G. A.; AGUERO, N. F. Compactação do solo na cultura do trigo em Latossolo do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.7, p.1-8, 2011.
- BONELLI, E. A.; SILVA, E. M. B.; CABRAL, C. E. A.; CAMPOS, J. J.; SCARAMUZZA, W. L. P.; POLIZEL, A. C. Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins piatã e mombaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.264-269, 2011.
- BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F.; COSTA, L.M. Misturas de gesso e matéria orgânica alternando atributos físicos de um latossolo com compactação simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.125-130, 1997.
- CALONEGO, J. C. et al. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Bioscience Journal**, v.27, n.2, 2011.
- CASTAGNARA, D. D.; ZOZ, T.; CASTRO, A. M. C.; ZOZ, A.; OLIVEIRA, P. S. Crescimento de *Stylosanthes* cv. Campo Grande em diferentes níveis de densidade de um Latossolo Vermelho. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.2, p.260-266, 2013.
- DEZORDI, G. B.; MENDES, K. F.; MACEDO, F. G.; CAMACHO, M. A.; COLETTI, A. J.; GOUVEIA, R. G. L. Desenvolvimento aéreo e radicular de espécies vegetais em

Latossolo Vermelho distroférico sob compactação induzida. **Scientia Plena**, v.9, n.5, p.01-09, 2013.

FERNÁNDEZ, J. Q. P. et al. Crecimiento de siete leguminosas forestales en columnas de suelo compacto. **Investigación Agraria**, v.3, n.1, p.13-17, 2000.

HANZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compactation in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, v.82, n.2, p.121-145, 2005.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. D.; ASSIS, R. D.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.116-121, 2008.

MENDONÇA, J. F. B. **Solo: substrato da vida**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 129p.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 531-538, 2001.

PAULA, C. C.; VIEIRA, B. F. **Sansão-do-campo e seus múltiplos usos**. UFV, Pró-Reitoria de Extensão e Cultura, 2008. 29 p.

PEREIRA JUNIOR, E.B.; NUNES, E. M.; SOUTO, J. S.; AGUIAR NETO, P.; ROLIM, H. O. Avaliação do crescimento de raízes e parte aérea da moringueira (*Moringa oleifera*) sob condições de Solo compactado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.2, p.96-101, 2012.

RODRIGUES, P. N. F.; ROLIM, M. M.; NETO, E. B.; PEDROSA, E. M. R.; OLIVEIRA, V. S. Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.94-99, 2009.

SANTOS, R. F.; BORSOI, A.; VIANA, O. H.; VALENTE, V. C. Densidades do solo no desenvolvimento de pinhão manso. **Varia Scientia Agrárias**, v.2, n.2, p.21-34, 2012.

SILVA, S. D.; ALVES, J. M.; MESQUITA, G. M.; LEANDRO, W. M. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). **Global Science and Technology**, v.5, n. 2, p.87-97, 2012.

SILVA, F. R.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A. crescimento inicial da cultura da soja em latossolo bruno com diferentes graus de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1731-1739, 2014.

ABSTRACT: Studies on the development of plants in compacted soils are extremely important for understanding the growth of each species, however, little is known about the negative effects of soil compaction in the development of forest species Caatinga. The objective of this study was to evaluate the initial aerial and root growth of *Mimosa caesalpinifolia* in soils submitted to different levels of compaction.. The experiment was conducted in a greenhouse located in UECIA/UFRN. A Yellow Latosol of Frankish-sandy texture, from an area of the Jundiá Agricultural School, was used in pots formed by three overlapping PVC rings, 10 cm in diameter and 25 cm in height, with the central ring being compacted. The experimental design was a randomized block design, with six replications, and four levels of soil compaction (1.35, 1.45, 1.60 and 1.80 kg dm⁻³) were tested, and the following variables: diameter, height, number of leaves, dry mass of shoot and root system in each layer of the columns. In general, the initial growth of *M. caesalpinifolia* was favored by treatment consists of uncompressed soil, but the plant was relatively resistant to compaction of the soil does not undergo any significant reduction in root development densities lower than 1,60 kg.dm⁻³ and compared to aerial growth, this reduction was significant only for diameter growth under the same density.

KEYWORDS: Root system; soil density; soil management.

CAPÍTULO XXI

EFEITO DO ESTERCO DE GALINHA INCORPORADO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO

**Glaudson Luiz Facas
Carlos Augusto Testa
Ana Paula Fiuza Ramalho
Rodrigo Merighi Bega**

EFEITO DO ESTERCO DE GALINHA INCORPORADO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO

Glaudson Luiz Facas

Discente do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto; Contato do autor: glaudson_facas@hotmail.com; Frutal MG, Rua Paraná n° 980; 55-34 99685412

Carlos Augusto Testa

Discente do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto

Ana Paula Fiuza Ramalho

Discentes do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto

Rodrigo Merighi Bega

Docente do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto e coordenador do Projeto

RESUMO: O uso de esterco de galinha tem se tornado uma alternativa interessante, pois são fontes viáveis de nutrientes para as culturas e de alto retorno econômico. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de esterco de galinha incorporado nos atributos químicos do solo, ocupado com a cultura do abacaxi. O experimento foi instalado em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram da aplicação de cinco doses (0; 50; 100; 200; 400 g plantas⁻¹) de esterco de galinha, incorporada no sulco de plantio. Foram avaliados os atributos químicos do solo (pH, H+Al, P, K, Ca, Mg e MO) seis meses após a aplicação. O esterco de galinha aumentou o pH, e os teores de P, Ca, Mg e MO e reduziu os teores de H+Al.

PALAVRAS CHAVES: Abacaxi; adubo orgânico; fertilidade do solo.

1-INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro, *Ananas comosus* (L.) Merrill, originário do Brasil é uma planta exigente em fertilidade do solo, porém cultivado em regiões de solos pobres e intemperizados, levando a prática da adubação orgânica, principalmente com camas de aves de corte ou postura. A cama de frango que é uma mistura do substrato utilizado na forração dos pisos das granjas, fezes, penas e restos de ração (Azzes; Averbek; Okorogbona, 2010) e o esterco de galinha (EG) que contém apenas fezes são considerados mais ricos em nutrientes quando comparados a esterco de animais criados em larga escala. Em geral são mais secos, contendo 5 a 15% de água, contra 65 a 85% nos demais animais (Kiehl, 2010), passando assim a ser utilizada nos sistemas produtivos. Esses insumos, segundo Gianello & Ernani (1983) e Ernani (1984), geralmente apresentam teores elevados de nitrogênio (2,6-3,0%), fósforo (3,9-4,5%) e potássio (1,0-3,0%). (Moreti et al., 2007) observaram a elevação do P extraível após aplicação de cama de frango e esterco de galinha. Silva & Mendonça (2007) afirmam que a cama de aviário

aumenta o pH e os teores de macronutrientes de modo geral. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da incorporação de esterco de galinha nos atributos químicos do solo, ocupado com a cultura do abacaxi.

2-METODOLOGIA

O experimento foi instalado no município de Colômbia, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são 20° 10' 33" S e 48° 41' 20" O. O local possui clima tropical com temperatura média em torno de 23°C e precipitação pluvial com 1429 mm anuais.

O solo apresenta grande intemperização, textura franco arenosa e baixa declividade sendo clasificado como Latossolo Vermelho (Oxisol) segundo Embrapa (2013) . As parcelas possuíam 80 plantas em uma área de 22,75 m². A implantação do experimento ocorreu em 23/11/2013 e seguiu o delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram da aplicação de cinco doses (0; 50; 100; 200; 400 g planta⁻¹) do esterco de galinha, no sulco de plantio. Utilizou-se o cultivar Pérola, mudas do tipo filhote.

Após o sexto mês da implantação do experimento, em cada parcela, retiraram-se 10 sub-amostras de solo nas linhas da cultura com amostrador de rosca nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m. O solo foi encaminhado para os procedimentos laboratoriais para determinações de pH(CaCl₂), teores de P(resina), Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ trocáveis, acidez potencial (H+Al), C orgânico segundo (Raij et al., 2001).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F), considerando o nível de significância de até 5% de probabilidade. Os efeitos das doses de esterco de galinha, quando significativos, foram avaliados por meio de regressão polinomial, a até 5% de probabilidade, adotando-se como critério de seleção do modelo ajustado, a significância dos coeficientes da equação ajustada, até o segundo grau.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na camada superficial, as doses crescentes de esterco de galinha provocaram efeito em pH, P, Ca, Mg, H+Al, MO. Para os atributos pH, P, Ca, Mg, MO, foi detectado aumento enquanto para H+Al redução (Quadro 01).

Doses g planta ⁻¹	pH	MO g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K -----mmol _c dm ⁻³ -----	Ca	Mg	H+Al
Camada 0-0,1 m							
0	3,9	16	14	2,0	5	3	43
50	4,1	16	52	1,4	17	4	39
100	4,9	18	150	1,7	68	7	31

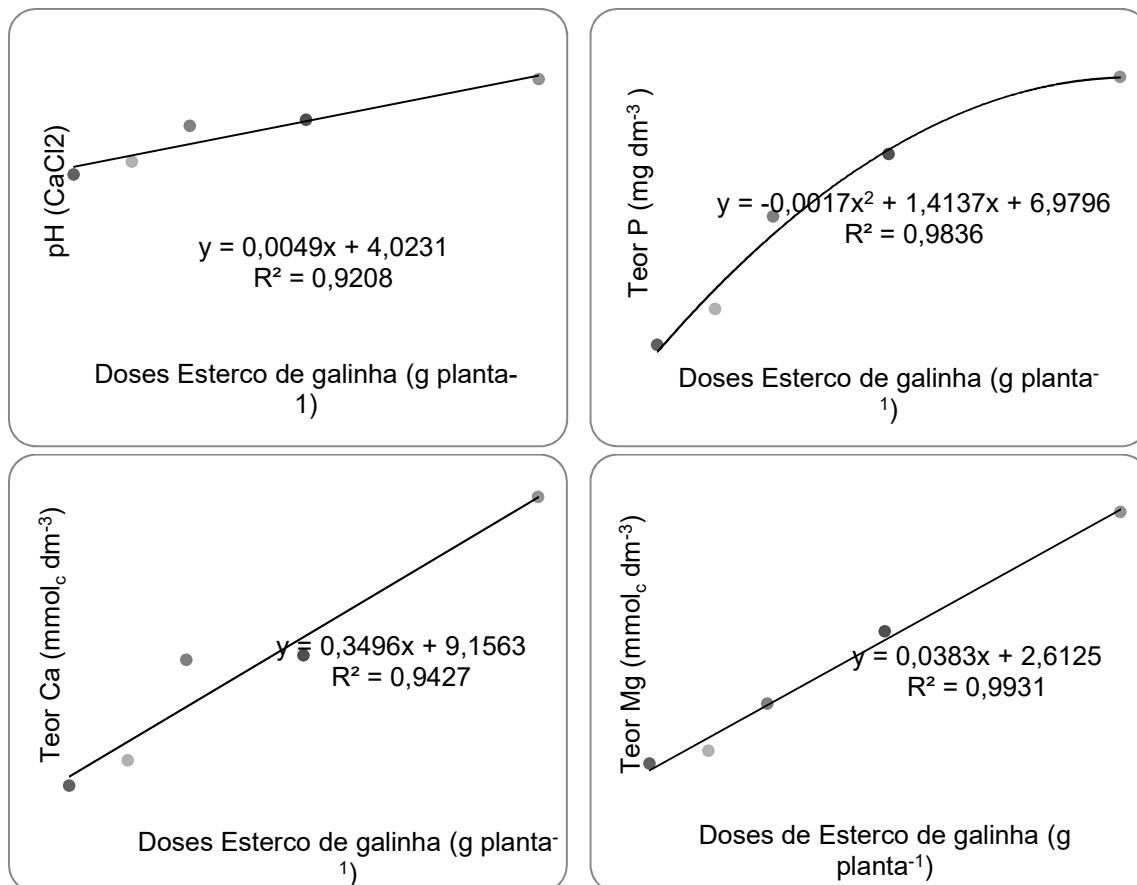
200	5,0	19	216	1,8	70	11	28
400	5,9	19	298	2,2	149	18	19
F _{doses} ⁽¹⁾	17,57**	3,33*	16,36**	1,40 ^{ns}	12,71**	9,41**	22,76**
Cv(%)(²)	8,1	11,1	39,4	29,8	53	47,4	12,2
Camada 0,1-0,2 m							
0	3,8	13	20	1,1	9	2	42
50	3,9	14	36	1,0	7	2	41
100	4,0	15	45	1,1	11	3	38
200	4,3	15	74	1,1	34	4	36
400	5,1	16	186	1,3	63	13	26
F _{doses} ⁽¹⁾	9,43**	4,64*	2,58 ^{ns}	0,47 ^{ns}	3,11*	4,06*	4,34*
Cv(%)(²)	8,4	8,1	114,5	32,9	107,7	97,1	16,8

(1): * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade; (2): coeficiente de variação.

Quadro 1- Atributos químicos do solo seis meses após a aplicação de esterco de galinha incorporado no sulco de plantio, nas camadas 0-0,1 e 0,1-0,2 m

Na camada 0,1-0,2 m o efeito foi igual à camada superficial, exceto pelo P, cujo coeficiente de variação elevado prejudicou a detecção do efeito para o elemento (Quadro 1).

O pH aumentou nas duas camadas linearmente com as doses (Figuras 1 e 2) pois o EG possui elevados teores de cátions e ácido orgânico, capazes de consumir o H⁺ da solução (Silva & Mendonça, 2007).



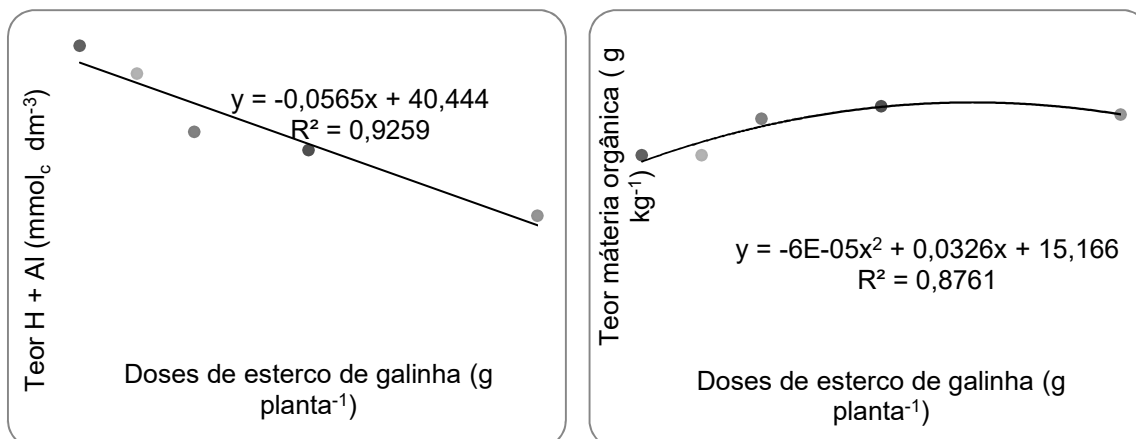
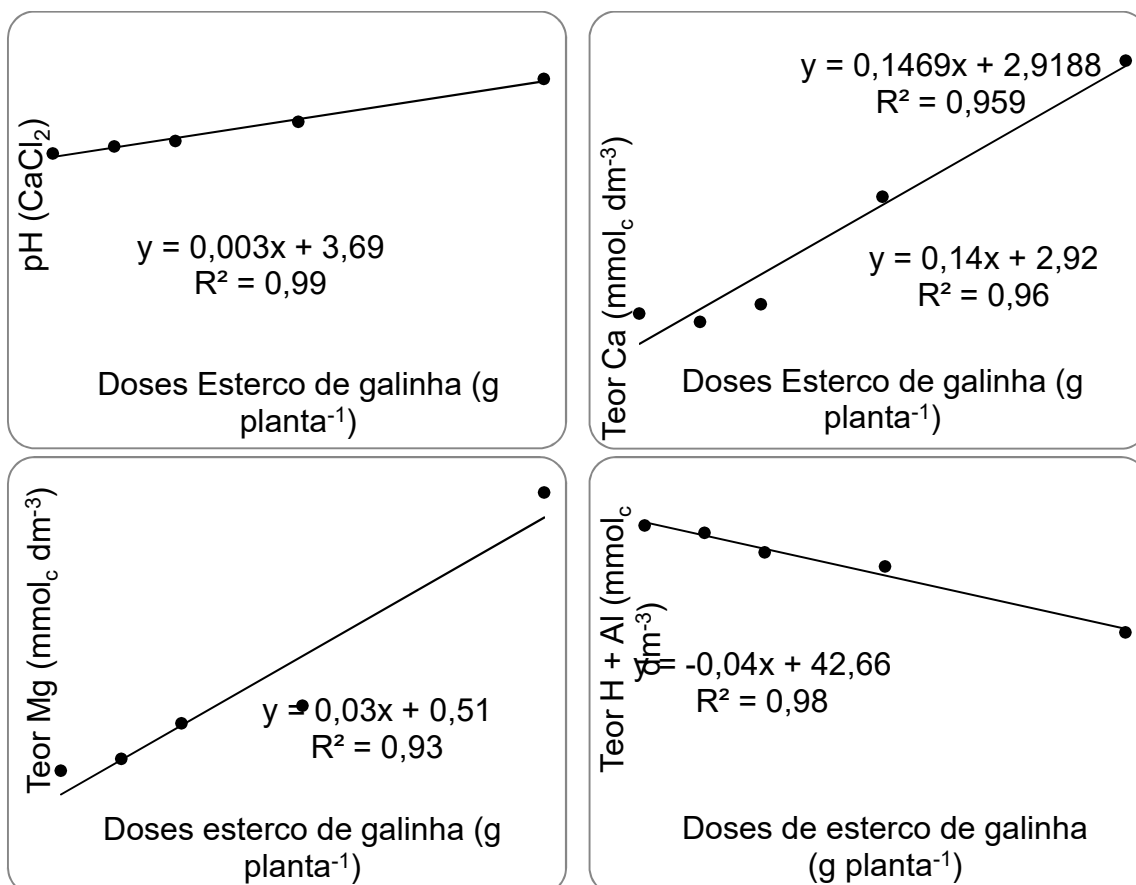


FIGURA 1 - Atributos químicos do solo, na camada 0-0,1 m, em função de doses de esterco de galinha incorporada no sulco de plantio.

O teor de fósforo teve aumento significativo, com ajuste quadrático ocasionando ganho na ordem de 278 mg dm⁻³, entre a maior dose e o tratamento controle na camada 0-0,1 m (figura 1). A aplicação da cama de aviário permite a manutenção de P na forma orgânica, reduzindo assim a fixação do mesmo no solo. (Bolan et al., 1994) afirmam que os ácidos orgânicos aumentam a disponibilidade de fósforo nos solos principalmente pela redução da adsorção e aumento da solubilização do fósforo, tese também defendida por Branco et al., (2001). Na camada subsuperficial P não obteve aumento em função das doses, fato explicado possivelmente pela baixa solubilidade do fósforo.



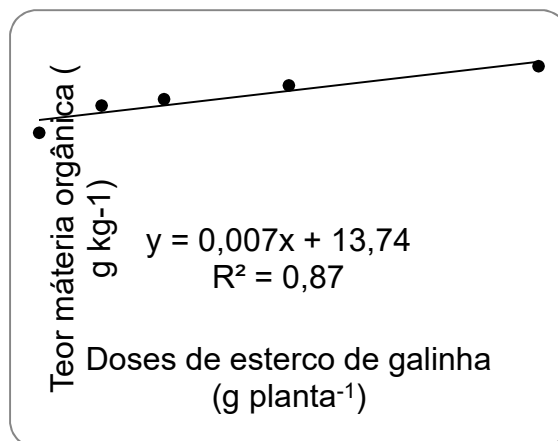


FIGURA 2 - Atributos químicos do solo, na camada 0,1-0,2 m, em função de doses de esterco de galinha incorporada no sulco de plantio.

Os teores de Ca e de Mg aumentaram em função do incremento das doses de EG nas duas camadas (Figuras 1 e 2), onde, (Sediyama et al., 2009) explica que este fato está relacionado à liberação dos elementos químicos de maneira mais lenta e gradual dos adubos orgânicos, como o esterco de galinha, reduzindo assim perdas por lixiviação.

A adição do esterco referido reduziu a acidez potencial do solo na camada de 0-0,1 m em uma ordem de 24 mmolc dm⁻³ no intervalo do tratamento controle e a dose máxima (figura 1) e na camada de 0,1-0,2 m a redução foi de 16 mmolc dm⁻³ (figura 2) Segundo Raij (1991), esse fato pode ser explicado pela alteração no pH, gerando efeito da saturação por bases e conseqüentemente estimulando a manutenção ou a formação de certas bases permutáveis, como Ca, Mg, K, reduzindo assim a acidez potencial.

O K, em ambas as camadas não foi afetado pelas doses de EG, isto, provavelmente por não integrar estruturas químicas orgânicas (Meurer & Inda Jr., 2004) ficando prontamente disponível as plantas, facilitando a absorção ou perda por lixiviação. Foi observado um aumento da matéria orgânica, cujo maior teor foi obtido para a dose de 271,66 g planta⁻¹ (camada 0-0,1 m) e a camada subsuperficial apresentou resposta segundo modelo linear crescente em função do incremento das doses de EG, esses fatos se dão em razão da cama de aviário ser um adubo orgânico rico em carbono, cerca de 39% (Adeli et al., 2007), elevando assim a matéria orgânica (Adeli et al., 2008; Singh et al., 2009).

4-CONCLUSÃO

Na camada 0-0,1 m, as doses crescentes de EG elevaram o pH e os teores de Ca; Mg; P; matéria orgânica e reduziu os teores de H+Al. Na camada 0,1-0,2 m o efeito foi semelhante, exceto para o P, cujo efeito não existiu.

O EG mostrou-se uma importante fonte de nutriente para o sistema solo-planta, com efeito corretivo na acidez.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário Rio Preto pela bolsa de iniciação científica e ao Sr. Jaime Facas pela cessão da área.

REFERÊNCIAS

Adeli, A., Shankle, M.W. and Tewolde, H. 2008. Nutrient Dynamics from Broiler Litter Applied to No-Till Cotton in an Upland Soil. *Agron J.*, 100:564-570.

Adeli, A., Sistani, K.R., Rowe, D.E. and Tewolde, H. 2007. Effects of broiler litter applied to no-till and tillage cotton on selected soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 71:974-983.

Azeez, J.O., Averbek, W.V. and Okorogbona, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. *Bioresour.*, 101:2499-2505.

Bolan, N.A.S., Naidu, R., Mahimairajara, S. and Baskaran, S. 1994. Influence of low-molecular-weight organic acids on the solubilization of phosphates. *Bio.Fert.Soils.*, 18:311-319.

Branco, S.M., Murgel, P.H. and Cavinatto, V.M. 2001. Compostagem: Solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. *Eng.Sanit.Ambient.*, 6:115-122.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação - SPI, 2013. 353p.

Ernani, P.R. 1984. Necessidade da adição de nitrogênio para o milho em solo fertilizado com esterco de suínos, cama de aves e adubos minerais. *R. Bras. Ci. Solo.*, 8:313-317.

Gianello, C. and Ernani, P.R. 1983. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de Frango em casa de vegetação. *R.Bras.Ci.Solo.*, 7:285-290.

Kiehl, E.J. 2010. *Novos fertilizantes orgânicos*. Piracicaba, 248p.

Meurer, E.J. and Inda Jr., A.V. 2004. Potássio e adubos potássicos. In: Bissani, C.A., Gianello, C., Tedesco, M.J., Camargo, F.A de O. *Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas*. Porto Alegre, Genesis, 139-151. 151p.

Moreti, D., Alves, M.C., Valério Filho, W.V, Carvalho, M. de P. 2007. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. R. Bras.Ci.Solo., 3:167-175.

Sediyama, M.A.N., Vidigal, S.M., Santos, M.R., Salgado, L.T.2009. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. Hort. bras., 27: 294-299.

Silva, I.R. and Mendonça, E S. 2007. Matéria orgânica do solo. In: Novais , R.F., Alvarez, V. V.H., Barros, N.F., Fontes, R.L.F., Cantarutti, R. B. and Neves, J.C.L. eds. Fertilidade do solo. Viçosa, SBCS,1017p.

Raj, B.van. 1991. Fertilidade do solo e adubação. 2.ed. Piracicaba, Ceres/Potafos,343p.

Raji, B. van, Andrade, J.C., Cantarella, H. and Quaggio, J.A. 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 1.ed. Campina, Instituto Agrônômico,285p.

CAPÍTULO XXII

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO NA CULTURA DO SORGO

Izabel Maria Almeida Lima
Boanerges Freire de Aquino (*in memoriam*)
Bruno Lucio Meneses Nascimento
Daniel Henrique de Melo Romano
Régis Santos Braz
Thiago Henrique Ferreira Matos Castañon

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO NA CULTURA DO SORGO

Izabel Maria Almeida Lima

Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciência Agrárias, Departamento de Ciências do Solo
Fortaleza – Ceará

Boanerges Freire de Aquino (in memoriam)

Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciência Agrárias, Departamento de Ciências do Solo
Fortaleza – Ceará

Bruno Lucio Meneses Nascimento

Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciência Agrárias, Departamento de Ciências do Solo
Fortaleza – Ceará

Daniel Henrique de Melo Romano

Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciência Agrárias, Departamento de Ciências do Solo
Fortaleza – Ceará

Régis Santos Braz

Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciência Agrárias, Departamento de Ciências do Solo
Fortaleza – Ceará

Thiago Henrique Ferreira Matos Castañón

Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciência Agrárias, Departamento de Ciências do Solo
Fortaleza – Ceará

RESUMO: Os baixos teores de fósforo disponíveis nos solos tropicais, em geral, requerem permanentes pesquisas com relação à eficiência das aplicações de diferentes fontes de adubos fosfatados nas culturas cujo objetivo é elevar os teores desse nutriente no solo. Este trabalho teve como objetivo, estudar as respostas do sorgo (*Sorghum bicolor*) às aplicações de diferentes doses e fontes de fósforo no que concerne a produção de matéria seca, além de avaliar a eficiência agronômica de diferentes fontes. Foi utilizado o delineamento em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 4x4 (doses e fontes de P, respectivamente), sendo os tratamentos composto pela combinação de quatro doses de fósforo (dose 1 = 0 mg de P kg⁻¹ solo, dose 2 = 100 mg de P kg⁻¹ solo, dose 3 = 200 mg de P kg⁻¹ solo e dose 4 = 300 mg de P kg⁻¹ solo) e quatro fontes de P (Fosfato Industrial Superfosfato Triplo - ST, Fosfato Natural da Bahia - FNB, Fosfato Natural do Tocantins - FNT e Fosfato Natural Reativo - Gafsa - FNR), com 4 repetições, totalizando 64 unidades experimentais. Foram avaliadas as seguintes variáveis: produção de matéria seca da parte aérea, teor foliar de fósforo presente no sorgo. As fontes que mais contribuíram para a absorção de fósforo: ST > FNB > FNR > FNT.

A fonte que apresentou o melhor índice de equivalência de supertríplo, foi o Fosfato Natural Reativo (FNR), seguido do Fosfato Natural da Bahia (FNB) e Fosfato Natural de Tocantins.

PALAVRAS-CHAVE: Índice equivalência supertríplo. Fosfato. Sorghum bicolor.

1. INTRODUÇÃO

O sorgo pertence à família Poaceae, gênero Sorghum e a espécie cultivada é Sorghum bicolor (L.) Moench. É uma cultura que apresenta alto potencial para alimentação de animais, podendo ser empregado nas regiões semiáridas, por ser resistente à seca e altas temperaturas, sendo diferencial em relação às outras culturas e com isso tem sua importância em regiões onde não dispõem de irrigação artificial (OLIVEIRA et al., 2002). O P é um dos nutrientes que mais limitam a produtividade das culturas nos solos de carga variável que predominam nas regiões tropicais e subtropicais, caso dos solos brasileiros (MEURER, 2006), porém é o nutriente mais utilizado como fertilizante, sendo, portanto, este elemento discutido de modo mais abrangente e com mais detalhes.

As principais fontes de Fósforo (P) comercializadas no Brasil são os fosfatos acidulados, os fosfatos naturais e os termofosfatos. No entanto na agricultura brasileira mais de 90% dos fosfatos utilizados são os acidulados (GOEDERT et al., 1990). Lopes (1989) afirma que a adubação fosfatada além de promover a formação e o crescimento prematuro de raízes, também melhora a eficiência no uso da água, e quando se encontra em alto nível no solo, ajuda a manter a absorção deste pelas mesmas.

A eficiência agronômica de fosfatos é afetada por vários fatores, como a origem geológica, a granulometria e a solubilidade, pelas características físicas e químicas do solo (textura, mineralogia, capacidade de adsorção de ânions, pH, teores de Ca, Mg, P, etc.), pelas espécies cultivadas, pelo modo de incorporação ao solo e tempo de reação (KLIEMANN 1995).

A eficiência agronômica de fosfatos pode ser avaliada por diversos índices, dentre os quais se destacam a solubilidade em ácido cítrico a 2%, o índice de eficiência agronômica (IEA) e o equivalente em superfosfato triplo (EqST), cuja eficiência agronômica é aferida por meio de índices estabelecidos pela comparação com um fosfato padrão, em geral o superfosfato triplo. Diversos trabalhos evidenciam baixa eficiência agronômica de alguns fosfatos naturais (KORNDÖRFER et al. 1999).

A deficiência e divergências das informações relativas à nutrição e adubação fosfatada do sorgo forrageiro para as condições tropicais brasileiras justifica a realização de estudos e este trabalho teve como principal objetivo avaliar a eficiência de diferentes fontes de fósforo através do índice equivalência supertríplo e quantificar teores de P na cultura do sorgo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo, da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, na cidade de Fortaleza-CE. O solo utilizado foi coletado na profundidade de 0 a 25 cm em uma área de mata nativa na Chapada do Apodi. Os estudos pedológicos identificaram os solos dessa área como sendo Cambissolos Háplico Eutrófico, de textura franco argilo arenosa (EMBRAPA, 1999).

As fontes de fósforo usadas no experimento foram: fosfato natural Tocantins (FNT), o fosfato natural de Irecê-Bahia (FNB), fosfato natural Gafsa-Tunísia (FNR) e o superfosfato triplo (SFT). Foi retirada a camada superior do solo (0-25 cm) em uma área de mata nativa, com remoção da cobertura vegetal; as amostras foram colocadas em sacos plásticos com capacidade de aproximadamente 60 kg, sendo transportados para a casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará. Posteriormente, as amostras foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira de malha de 2 mm de abertura.

Foram realizadas análises para determinação do teor de fósforo (percentagem) de cada uma das fontes acima relacionadas e usadas no experimento. O fósforo total presente nos fosfatos naturais foi analisado de acordo com o método colorimétrico do ácido molibdovanadofosfórico e a determinação do teor de fósforo total no superfosfato triplo foi determinado em espectrofotômetro a 660 nm (EMBRAPA, 2011). A Tabela 1 apresenta os teores de fósforo encontrados nas diferentes fontes.

Fonte	Fósforo (%)
ST	18,0
FNB	9,5
FNT	6,1
FNR	10,9

Tabela 1 - Teor de P Total encontrado nos fosfatos naturais e no superfosfato triplo. Superfosfato Triplo - ST, Fosfato Natural da Bahia - FNB, Fosfato Natural do Tocantins - FNT e Fosfato Natural Reativo - Gafsa - FNR

Para o delineamento experimental foram utilizadas quatro doses de Fósforo (P), 0, 100, 200 e 300 mg de P kg⁻¹, com quatro repetições. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados dispostos em um esquema fatorial 4.4.4 (doses de P, fontes de P e repetições, respectivamente). Desta forma, o experimento constou 16 tratamentos totalizando 64 unidades experimentais. Ao final do experimento, após os 45 dias depois da emergência, as plantas foram coletadas para análises laboratoriais.

As partes aéreas foram acondicionadas em sacos de papel e posteriormente secadas em estufa de circulação forçada de ar (65 °C), até atingir peso constante em 48 h. Logo em seguida, o material vegetal foi pesado para obtenção da produção da matéria seca da parte aérea - PMSPA (em g/vaso). O índice

equivalente supertriplo foi utilizado para relacionar percentualmente a produção de matéria seca na parte aérea obtida utilizando uma dose de um fertilizante-teste de fósforo e a produção obtida com a mesma dose na forma de superfosfato triplo de acordo com a equação abaixo:

$$\text{Índice Eq. Supertriplo (\%)} = (P1/ P2) \times 100$$

Onde:

P1= Produção da massa seca da parte aérea (MSPA) com certa dose de fosfato natural;

P2= Produção da massa seca da parte aérea (MSPA) com certa dose do superfosfato triplo.

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), relacionando as fontes, doses e interação de fontes e doses. Sendo as médias avaliadas pelo teste de Tukey, a 1 e a 5 % de probabilidade, utilizando o programa ASSISTAT Versão 7.7 Beta (SILVA E AZEVEDO, 2016). Além disso, foram realizadas análises de regressão com as variáveis e as doses de fósforo das fontes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, pode ser notado que, com o aumento da adubação fosfatada houve incremento na matéria seca em todos os tratamentos. Todas as doses diferiram estatisticamente da testemunha. O fator solubilidade das fontes foi fator determinante para os aumentos dos valores de MSPA.

Fontes	Doses (mg P kg ⁻¹)			
	0	100	200	300
ST	0,78 aD	3,39 bC	4,01 bB	5,04 aA
FNB	0,78 aD	3,72 aC	3,91 cB	4,74 bA
FNT	0,78 aD	2,07 dC	2,20 dB	2,40 dA
FNR	0,78 aD	3,25 cC	4,25 aB	4,35 cA
CV%		1,07		

Médias seguidas por letras distintas dentro de cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Colunas= letras minúsculas; Linhas=letras maiúsculas; C.V= Coeficiente de Variação; ST= Superfosfato triplo; FNB= Fosfato Natural da Bahia; FNT= Fosfato Natural do Tocantins; FNR= Fosfato Natural Reativo.

Tabela 2 - Produção de Matéria Seca da Parte Aérea-PMSPA (g vaso-1) das plantas de sorgo em função de diferentes doses e fontes de fósforo

Estes resultados corroboram com aqueles obtidos por Leite (2006), o qual também verificou incremento na produção de matéria seca de sorgo em função da adubação fosfatada.

Comportamento similar foi verificado em outros estudos, como o de Sarmiento et al., (2001) ao avaliarem a produção de massa seca de alfafa, onde verificaram que as maiores produções de massa seca foram alcançadas, quando

se utilizou a fonte de P de maior solubilidade (ST), quando comparada com o fosfato de Gafsa; no trabalho de Corrêa et al., (2005) foi constatada a superioridade do ST em relação ao fosfato de Gafsa na produção de massa seca da parte aérea do milho.

Os percentuais do índice de equivalência de supertriplo para as fontes avaliadas estão na Tabela 3.

Fontes	Doses (mg P kg ⁻¹)			
	0	100	200	300
ST	0,78 aB	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
FNB	0,78 aC	96,16 bA	92,76 cB	94,09 bB
FNT	0,78 aD	61,27 cA	55,04 dB	47,76 dC
FNR	0,78 aD	96,09 bB	98,18 bA	84,37 cC
CV%	1,10			

Médias seguidas por letras distintas maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Colunas= letras minúsculas; Linhas=letras maiúsculas; C.V= Coeficiente de Variação; ST= Superfosfato triplo; FNB= Fosfato Natural da Bahia; FNT= Fosfato Natural do Tocantins; FNR= Fosfato natural reativo.

Tabela 3 - Índice de Equivalente Supertriplo (%) das fontes de fósforo utilizadas no cultivo do sorgo.

Segundo Novais e Smyth (1999), quando as apatitas brasileiras de baixa reatividade são comparadas com fosfatos naturais de maior reatividade, como o de Gafsa, Carolina do Norte e fosfatos industrializados, observa-se que as apatitas brasileiras geralmente apresentam comportamento insatisfatório em fornecer fósforo para as culturas. Essa evidência foi comprovada no presente trabalho quando as fontes FNR e FNT são comparadas.

A análise de regressão para o índice de equivalente supertriplo dos fosfatos naturais em função de doses crescentes de fósforo está representada na Figura 1. Os percentuais de equivalência das fontes FNB, FNT e FNR melhor se adequaram ao modelo quadrático de regressão, sendo que a máxima equivalência pode ser obtida com as doses 214 do FNB, 300 do FNT e 196 mg de P kg⁻¹ solo do FNR. Sendo esse efeito importante para entendimento da relação fósforo e planta.

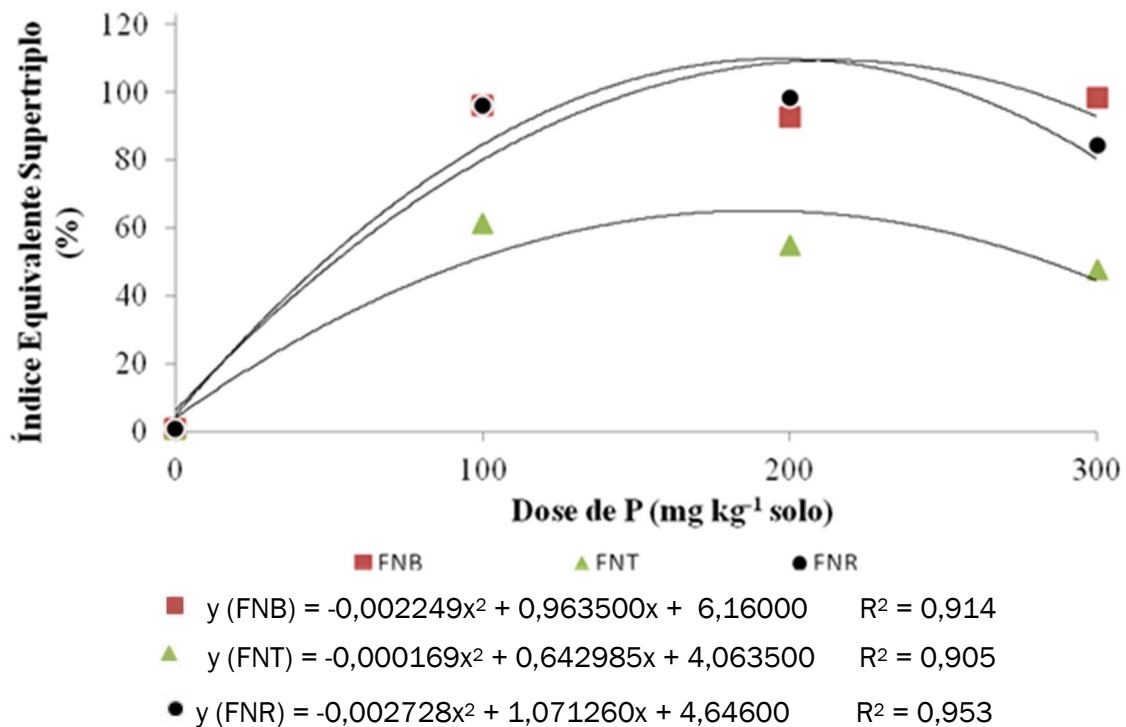


Figura 1 - Análise de regressão do Índice de Equivalente Supertríplo (%) dos fosfatos naturais em função de doses crescentes de fósforo.

4. CONCLUSÕES

Para todas as variáveis, foi verificada interação significativa na relação fonte × dose. Verificou-se que a fonte Superfosfato triplo foi a que mais contribuiu para a absorção de fósforo do solo pelo sorgo e foi a fonte que apresentou maior Índice equivalente supertríplo.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, R. M. et al. **Gafsa rock phosphate and triple superphosphate for dry matter production and P uptake by corn.** Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 159- 164, 2005.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2011.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** Manual de Análises de Solo. 2ª ed., Rio de Janeiro: CNPS, 1997.

GOEDERT, W. J. et al. **Eficiência agronômica de fosfatos naturais, fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos em solo de cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 25, n. 4, p. 521- 530, 1988.

KLIEMANN, H. J. **Efeitos da calagem e de fontes de fósforo no rendimento da soja em dois solos de Cerrado.** Anais Esc. Agron. e Vet., 25 (2) :129- 39. 1995.

KORNDÖRFER, G. H., W. A. L. CABEZAS & N. HOROWITZ. **Eficiência agronômica de fosfatos naturais na cultura do milho.** Scientia Agricola, 56 (2): 32-39. 1999.

LEITE, M.L.V. **Crescimento vegetativo do sorgo Sudão (*Sorghum sundanense* (Piper) stapf) em função da disponibilidade de água no solo e fontes de fósforo.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2006.

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo.** Piracicaba: Fundação Cargill, 177p. 1989.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo.** Evangraf 3 ed. p. 285. Porto Alegre, 2006.

NOVAIS, R.F.; SMITH, T.J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais.** Universidade Federal de Viçosa, 1999.

OLIVEIRA, J.S. et al. **Aptabilidade e Estabilidade em Cultivares de Sorgo.** R. Bras. Zootec., v.31, n.2, p.883-889, 2002.

SILVA F.A.S, AZEVEDO, C.A.V. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data.** Afr. J. Agric. Res. Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522. 2016.

ABSTRACT: The low levels of phosphorus available in tropical soils usually require constant research on the efficiency of applications of different sources of phosphate fertilizers in crops whose objective is to raise soil nutrient contents. The objective of this work was to study sorghum (*Sorghum bicolor*) responses to the application of different doses and sources of phosphorus in dry matter production, as well as to evaluate the agronomic efficiency of different sources. A completely randomized block design was used in a 4x4 factorial design (doses and P sources, respectively). The treatments were composed of a combination of four doses of phosphorus (dose 1 = 0 mg P kg⁻¹ soil, dose 2 = 100 mg of P kg⁻¹ soil, dose 3 = 200 mg of P kg⁻¹ soil and dose 4 = 300 mg of P kg⁻¹ soil) and four sources of P (Triple Phosphate Industrial Superphosphate, Natural Phosphate of Bahia - FNB, Natural Phosphate of Tocantins - FNT and Reactive Natural Phosphate - Gafsa - FNR), with 4 replications, totalizing 64 experimental units. The following variables were evaluated: shoot dry matter production, leaf phosphorus content present in

sorghum. The sources that contributed most to the absorption of phosphorus: ST> FNB> FNR> FNT. The source that presented the best index of supertriplo equivalence was Natural Reactive Phosphate (FNR), followed by Natural Phosphate from Bahia (FNB) and Natural Phosphate from Tocantins.

KEYWORDS: Index of supertriplo. Phosphate. Sorghum bicolor.

CAPÍTULO XXIII

ESTRUTURA FÍSICA EM LATOSSOLO AMARELO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO, NA REGIÃO DO CERRADO

**Caíque Helder Nascentes Pinheiro
Bruno Oliveira Lima
Simone Rodrigues Miranda Câmara
Marcelo Barcelo Gomes
Hugo Alberto Murillo Camacho
Janne Louize Sousa Santos**

ESTRUTURA FÍSICA EM LATOSSOLO AMARELO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO, NA REGIÃO DO CERRADO.

Caíque Helder Nascentes Pinheiro

Faculdades Unidas do Vale do Araguaia - UNIVAR
Barra do Garças - MT

Bruno Oliveira Lima

Faculdades Unidas do Vale do Araguaia - UNIVAR
Barra do Garças - MT

Simone Rodrigues Miranda Câmara

Faculdades Unidas do Vale do Araguaia - UNIVAR
Barra do Garças - MT

Marcelo Barcelo Gomes

Faculdades Unidas do Vale do Araguaia - UNIVAR
Barra do Garças - MT

Hugo Alberto Murillo Camacho

Faculdades Unidas do Vale do Araguaia - UNIVAR
Barra do Garças - MT

Janne Louize Sousa Santos

Faculdades Unidas do Vale do Araguaia - UNIVAR
Barra do Garças - MT

RESUMO: Práticas de manejos do solo são de suma importância na conservação e manutenção das áreas de cultivo. Este trabalho tem como objetivo avaliar a estrutura física de um Latossolo Amarelo, sob diferentes usos e manejos, localizados na Fazenda Pouso Alegre, no município de Montes Claros, GO, região do Cerrado. Em cada área de estudo foram coletados seis repetições para análise da densidade e da porosidade do solo. As amostragens foram realizadas na profundidade de 0 a 10 cm e analisadas no laboratório de Física e fertilidade do Solo da UNIVAR. Verificou-se que as áreas com plantio apresentaram maior densidade e menor porosidade, ao contrário da área de mata nativa. As culturas cultivadas em cada área influenciaram diretamente nos resultados analisados de maior ou menor densidade do solo. O cultivo de pastagens tende a transformar a estrutura física do solo, influenciado pelo seu vasto sistema radicular.

PALAVRAS-CHAVE: Porosidade total do solo; densidade do solo; integração lavoura-pecuária;

1- INTRODUÇÃO

O sistema de integração lavoura-pecuária é um sistema de manejo que, aliado a práticas conservacionistas, como plantio direto, pode ser considerado uma alternativa econômica e sustentável ao uso do solo. O sistema de integração

lavoura-pecuária possibilita uma exploração mais sustentável do módulo produtivo pois, além de proteger o solo, melhora sua qualidade (SOUZA; TEIXEIRA, 2007).

A utilização de lavoura e pastagem dentro de um ambiente comum promove uma eficiente reciclagem de nutrientes. As gramíneas forrageiras tropicais são eficientes em aproveitar os resíduos de fertilizantes deixados pelos cultivos anuais. Os nutrientes acumulados na biomassa das forrageiras são reciclados pelos animais e pela incorporação dos resíduos de forragem no ciclo subsequente da lavoura (VILELA et al., 2001).

Segundo Alvarenga e Noce (2005), a decomposição das raízes das plantas formam canalículos no solo, aumentando a infiltração de água, melhorando sua estrutura pela adição de matéria orgânica, elevando a capacidade de retenção de água, porosidade do solo, redução da densidade e da velocidade de escoamento da enxurrada. No entanto, pastagens nativas perenes apresentaram baixa capacidade de infiltração de água no solo (PINHEIRO et al., 2009).

Até o momento, poucas pesquisas foram feitas no sentido de aprimorar ou estabelecer os benefícios desse sistema após sua implantação. Considerando o estado atual do conhecimento, ainda não foi possível identificar precisamente, a duração do ciclo ideal, dentro do sistema lavoura-pecuária, necessário para restaurar fertilidade química e a física do solo (MARCHÃO, 2007). Deste modo, o aprimoramento dos estudos ainda são necessários para descrever os melhores efeitos da lavoura e pecuária integrada e a dinâmica de seus atributos após seu estabelecimento no ambiente.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a estrutura física de um Latossolo Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo e uso do solo, incluindo sistema integração lavoura-pecuária, localizado no município de Montes Claros, GO, região de Cerrado.

2-MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área de campo agrícola localizada na Fazenda Pouso Alegre, município de Montes Claros – GO. A fazenda está situada na latitude 15°51'01" (S), longitude 51°38'14" (W) e altitude aproximadamente de 330 m. O solo no local se caracterizou como Latossolo Amarelo. Foram consideradas três áreas de estudo (Tabela 1), com diferentes usos e manejos do solo.

Trat.	Período	Ano		
		2011/12	2012/13	2013/14
Área 01	Safra	Soja	Milho	Soja
	Safrinha	Feijão Caupi	Braquiaria decumbens	Milheto
Área 02	Safra	Soja	Soja	Milho
	Safrinha	Milho	Feijão Caupi	<i>Crotalaria spectabilis</i>
Área 03	-	Mata	Mata	Mata

Tabela 1 - Descrição dos períodos de safra de entressafra, para as áreas em estudo localizadas na Fazenda Pouso Alegre - GO.

3-Tratamentos e amostragens

Em cada área de estudo foram coletados seis repetições para análise dos atributos físicos do solo. As amostragens foram realizadas na profundidade de 0 a 10 cm. As amostras de solos coletados foram encaminhadas para o Laboratório de Física e Fertilidade do Solo da UNIVAR (Faculdades Unidas do Vale do Araguaia), para posterior análise, segundo metodologia descrita por Embrapa (1997). As análises realizadas foram:

a) *Densidade solo (anel volumétrico) (DS)*: foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformada, através de um anel de PVC, de bordas cortantes e volume interno de 50cm³. Foram pesados o conjunto e anotando o peso. Foram colocadas na estufa a 105°C e após 24 e 48 horas, e após resfriamento foram pesadas novamente. Foi realizado o seguinte cálculo: Densidade aparente (g cm⁻³) = a / b onde a = peso da amostra seca a 105°C e b = volume do cilindro.

b) *Densidade Real (densidade das partículas)*: Foi pesado 20g de solo, colocados em lata de alumínio de peso conhecido, levados à estufa, deixados por 6 a 12 horas, e após foram pesadas novamente para obter o peso da amostra seca a 105°C. As amostras foram transferidas para balão aferido de 50mL. Foi adicionado álcool etílico e agitados até eliminar todas as bolhas de ar e completar-se o volume do balão. Foi anotado o volume de álcool etílico gasto. Foi realizado o seguinte cálculo: Densidade de partículas (g cm³) = a / 50 - b onde a = peso da amostra seca a 105°C e b = volume de álcool gasto.

c) *Volume Total de Poros (VTP)*: Foi calculado pela fórmula Porosidade total = 100 (a - b) / a onde a = densidade real e b = densidade aparente.

4-Análise estatística

Foi realizada análise de variância dos dados, e a comparação das médias, usando o teste de Tukey a 5%, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Inc. 2002).

5-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para as áreas 01, 02 e 03 podem ser verificados na Tabela 2 e Figuras 1 e 2. A descrição do uso e manejo das áreas utilizadas podem ser verificados na Tabela 1. De acordo com os resultados, verificou-se que a Área 02 apresentou valores maiores na densidade (1,47 g/dm³) e menores na porosidade (41,47 %). Na Área 03 (mata nativa) ocorreram menores valores de densidade do solo (1,31 g/dm³) e maiores valores de porosidade do solo (48,19 g/dm³). Em resultados relatados por Anjos *et al.* (1994) a maior intensidade nos manejos de culturas agrícolas colabora diretamente com o aumento da densidade do solo em relação às áreas de matas nativas, o que está de acordo com os resultados

apresentados neste trabalho. Segundo Cavenage (1999), áreas com matas nativas apresentaram valores com maior porosidade e menor densidade devido ao fato de não possuírem compactações do solo, mantendo, assim, uma boa estrutura física no local. Como na Área 02 foram cultivadas, seguidamente, espécies que requerem um intenso uso do solo, conseqüentemente, este uso ocasionou a perda de porosidade do solo e a maior densidade do solo. De acordo com Cunha (2007), valores relacionados à porosidade estão sujeitos a maiores alterações do que os valores de densidade quando se trabalha com um maior manejo de culturas.

Trat.	Densidade (g/dm ³)		Porosidade (%)	
	média	Erro Padrão	média	Erro Padrão
Área 1	1,38 ab	± 0,03	45,32 ab	± 1,34
Área 2	1,47 a	± 0,03	41,47 b	± 1,11
Área 3	1,31 b	± 0,05	48,19 a	± 1,85
F	4,71*		4,89 *	
CV%	6,64		7,96	

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 2 - Densidade e porosidade do solo em diferentes áreas de uso e manejo do solo, avaliadas nas camadas 10 cm (município de Montes Claros, GO).

Com relação à Área 01 sob manejo integração lavoura-pecuária em um de seus anos de uso (Tabela 1), esta apresentou-se com valores intermediários (estatisticamente) entre os valores da Área 01 e da Área 02 (densidade do solo 1,38 g/dm³ e porosidade do solo 45,32 %). Esses resultados demonstram o efeito da utilização da pastagem em área de lavoura. Segundo Alvarenga e Noce (2005), a decomposição das raízes das plantas formam canalículos no solo, aumentando e melhorando sua estrutura física do solo.

Plantas de cobertura podem propiciar com o tempo um ambiente com maiores porosidades. Espécies forrageiras, como por exemplo, a Braquiária, tem capacidade de aumentar sua massa radicular no período de estiagem, assim colaborando diretamente para o aumento da porosidade do local e diminuição da densidade, contribuindo para a manutenção de uma boa estrutura física do solo (SOARES FILHO, 1992).

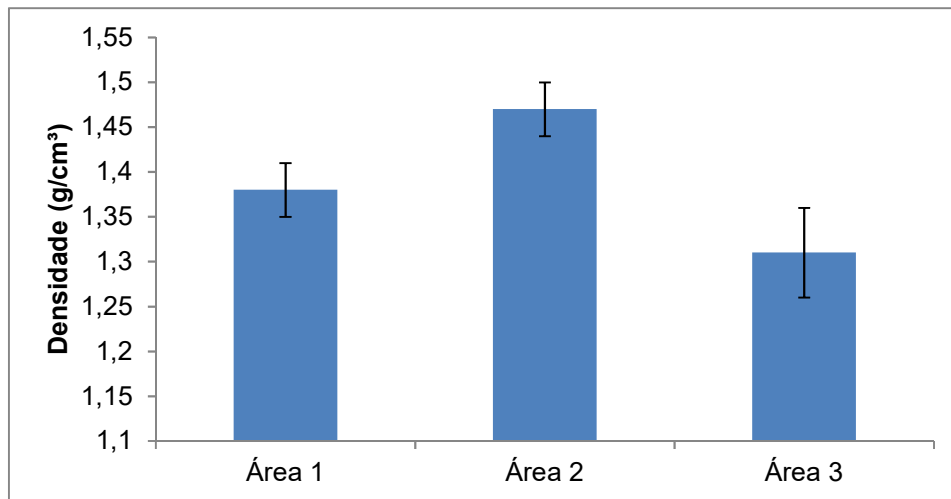


Figura 1- Densidade do solo(g/cm³) nas diferentes áreas de uso e manejo do solo, localizadas no município de Montes Claros, GO, de acordo com descrição das áreas na Tabela 1.

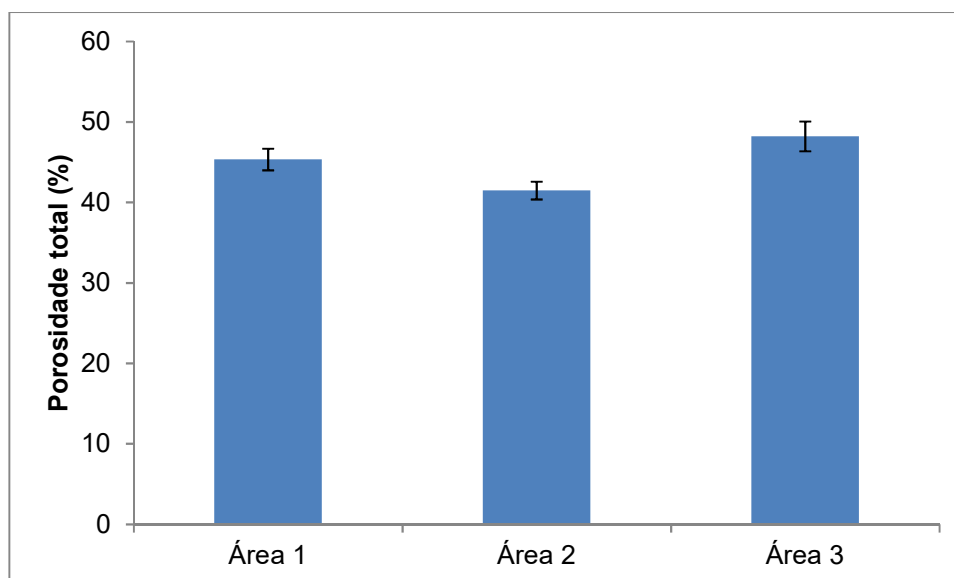


Figura 2- Porosidade total do solo (%) nas diferentes áreas de uso e manejo do solo, localizadas no município de Montes Claros - GO, de acordo com descrição das áreas na Tabela 1.

6-CONCLUSÕES

O manejo e uso do solo de forma intensivo diminuem a porosidade do solo e consequentemente aumentam a densidade quando comparado a áreas de mata nativa, não antropizadas. As utilizações de pastagem no manejo do solo tendem a melhorar a estrutura física do solo.

AGRADECIMENTOS

À instituição Faculdades Unidas do Vale do Araguaia, por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da Integração Lavoura Pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, MG, v25, n3, p.717-724, jul/set, 2001.
- ALVARENGA, Ramon Costa; NOCE, Marco Aurélio. **Integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005, 16 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 47).
- BALBINO, L. C.; BROSSARD, M.; BRUAND, A.; LEPRUN, J. **Estrutura e propriedades hidráulicas em Latossolos sob cultivo na região do Cerrado**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 8, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 43 p.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 167-177, 2001.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distroférrico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo de amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTER, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2 ed. Madison: American Society of Agronomy, v. 1, 1986. p. 425-442.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema santa fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura e pecuária**. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-441.
- MARCHÃO, R.L. Integração lavoura-pecuária num latossolo do cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna. 2007. 153p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.
- PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Revista Ambiente e Água**, v.4, p. 188-199, 2009.

REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil Tillage Resources.**, 43:131-167, 1997.

SALTON, C.; J. MIELNICZUK, C.; BAYER, A. C.; FABRICIO, M. C. M.; MACEDO, D. L. BROCH, M. BOENI; P. C. CONCEIÇÃO. **Matéria Orgânica do Solo na Interação Lavoura-Pecuária em Mato Grosso do Sul.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Ed. Embrapa. Dourados, MS. 58p, 2005.

SAS – Statical Analysis System Institute. Procedure guide for personal computers. 5.ed. Cary: SAS Institute, 1999. 1104 p.

SOUZA, J. A.; TEIXEIRA, M. R. Experiências com a implantação do sistema de integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, v.28, p.112-119, 2007.

SPERA, S.; SANTOS, H. D.; TOMM, G.; FONTANELI, R. Avaliações de alguns atributos físicos de solo em sistemas de produção de grãos, envolvendo pastagens sob plantio direto. **Revista Científica Rural**, v. 9, n. 1, p. 23-31, 2004.

STOLF, R. Teoria de testes experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 229-235, 1991.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; SOUSA, D. M. G. **Benefícios da integração lavoura e pecuária.** Documentos, Planaltina: Embrapa Cerrados, 21 p., 2001.

ABSTRACT: Soil management practices are of paramount importance in the conservation and maintenance of cultivated areas. This work aims to evaluate the physical structure of a Yellow Latosol, under different uses and management, located at Fazenda Pouso Alegre, in the municipality of Montes Claros, GO, Cerrado region. Six replicates were collected in each study area to analyze soil density and porosity. Samples were taken at depths of 0 to 10 cm and analyzed in the UNIVAR Soil Physics and Fertility Laboratory. It was verified that the areas with planting presented higher density and lower porosity, unlike the native forest area. The crops cultivated in each area directly influenced the analyzed results of higher or lower soil density. Pasture cultivation tends to transform the physical structure of the soil, influenced by its vast root system.

KEYWORDS: Total soil porosity; soil density; crop-livestock integration.

CAPÍTULO XXIV

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE NA ACIDEZ DO SOLO E NA DENSIDADE DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES

**Fernando Ramos de Souza
Ernandes Silva Barbosa
Oclizio Medeiros das Chagas Silva
Manoel Ramos de Menezes Sobrinho
Gean Corrêa Teles
Luiz Rodrigues Freire
Ricardo Luís Louro Berbara**

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE NA ACIDEZ DO SOLO E NA DENSIDADE DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES

Fernando Ramos de Souza

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Fitotecnia Seropédica – Rio de Janeiro

Ernandes Silva Barbosa

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Fitotecnia Seropédica – Rio de Janeiro

Oclizio Medeiros das Chagas Silva

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Silvicultura Lavras – Minas Gerais

Manoel Ramos de Menezes Sobrinho

Companhia Nacional do Abastecimento (Conab) atuando com pesquisa e avaliações de safras.

Gean Corrêa Teles

Secretária Municipal de Agricultura do Município de Barcarena – PA.

Luiz Rodrigues Freire

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos Seropédica - Rio de Janeiro

Ricardo Luís Louro Berbara

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos Seropédica - Rio de Janeiro

RESUMO: Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA's) constituem um dos componentes importantes da biota do solo, sendo seres simbiotes obrigatórios, e necessitam do hospedeiro para completar seu ciclo vital; ao colonizar as raízes, estabelecem uma série de inter-relações biotróficas com a planta. Nessa associação as plantas fornecem fotoassimilados aos fungos e estes mobilizam nutrientes às plantas tais como o fósforo. O presente trabalho visou verificar a interferência da acidez do solo em uma área cultivada com adubos verdes sobre a densidade de esporos de fungos em um solo fortemente antropizado. As parcelas experimentais possuíam 24 m² (6 m x 4 m), no delineamento em quadrado latino (DQL), com seis tratamentos com as espécies: mucuna-cinza (*Mucuna cinereum*), crotalaria (*Crotalaria juncea*), lab-lab (*Dolichos lablab*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e guandu (*Cajanus cajan*) e vegetação espontânea, composta na sua maioria por poáceas. Após a instalação das parcelas experimentais procedeu-se à coleta, em cada parcela, de amostras de terra para análises químicas e biológicas, sendo coletadas 21 amostras simples para gerar uma amostra composta de cada uma das camadas de 0- 0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4 m. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste de Tukey e ao teste de correlação simples entre variáveis. Os resultados indicaram a existência de correlação linear entre a densidade de esporos de fungos e a acidez do solo, sugerindo que essas variáveis são dependentes. Não foi constatado efeito dos adubos verdes sobre a densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares.

PALAVRAS-CHAVE: solo antropizado, simbioses obrigatórios e biota do solo.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas para cobertura do solo e adubação verde é prática relevante em sistemas de produção agrícola, protegendo o solo contra a erosão, favorecendo a ciclagem de nutrientes e mantendo a população de plantas espontâneas em níveis aceitáveis (ESPINDOLA et al., 2005), além de contribuir na interrupção do ciclo de determinadas pragas. As introduções de cultivos de adubos verdes ajudam a minimizar a população de vegetação espontânea, impedindo-as de produzir e lançar sementes e propágulos vegetativos ao solo. Como consequência, obtém-se menor infestação de plantas concorrentes no plantio da cultura subsequente. A decomposição de palhada produzida por plantas de cobertura pode aumentar a oferta de nutrientes disponíveis para os próximos cultivos. No entanto, a eficiência de aquisição desses nutrientes, sobretudo o fósforo, na maioria das espécies cultivadas, é dependente da associação das raízes com FMA's, (FAVERO et al., 2001). A introdução do adubo verde deve ser prática previamente planejada dentro da propriedade, considerando as diferentes características das espécies que apresentam potencial para esse fim, escolhendo sempre espécies adaptadas às condições edafoclimáticas.

Os fungos micorrízicos arbusculares – Filo Glomeromycota, – são membros importantes do sistema solo-planta, uma vez que a própria diversidade desses fungos está intimamente ligada à diversidade e a produtividade de comunidades vegetais. Os FMA's formam simbiose mutualística, denominada micorriza arbuscular, com espécies da maioria das famílias de plantas, entre elas as fabáceas. Nessa simbiose, a planta supre o fungo com energia para crescimento e reprodução via fotossíntese, e o fungo provê a planta e o solo com uma gama de serviços (MOREIRA et al., 2008). As micorrizas aumentam a capacidade de absorção de nutrientes do solo pelas plantas. As hifas externas do fungo atuam como extensão do sistema radicular, absorvendo nutrientes de maior volume de solo que o alcançado por raízes não colonizadas. Esse aspecto é particularmente importante na absorção de nutrientes com baixa mobilidade no solo, como por exemplo o fósforo (MIRANDA & MIRANDA, 2007). Efeitos positivos também foram observados por Dodd, (1999), com relação a absorção de zinco por plantas em associação micorrizica. O excessivo revolvimento do solo pode diminuir a população e a diversidade dos FMA, por meio da destruição de sua rede de hifas e exposição de seus propágulos à insolação.

Segundo Miranda (1986) os microrganismos do solo estão presentes em grande número próximo as raízes das plantas e desempenham papel importante em alguns processos fisiológicos que compreendem a patogenicidade, o saprofitismo e a simbiose. A simbiose mais amplamente observada entre as plantas é a associação micorrízica, que envolve vários fungos do solo e raízes de plantas superiores (MOREIRA et al., 2008). Esta associação micorrízica, ou micorriza, tornou-se tema de pesquisa de interesse desde que foi constatada a sua

capacidade de proporcionar aumento da absorção de nutrientes do solo pelas plantas, principalmente do fósforo.

As micorrizas não aumentam o teor total de nutrientes no solo, mas permitem que a planta explore melhor as suas reservas. Nos solos de baixa fertilidade, a pouca disponibilidade de fósforo para as plantas implica na sua adição utilizando fertilizantes fosfatados. Neste caso, espera-se que as micorrizas contribuam para a economia do fósforo na agricultura, por meio da obtenção de bons rendimentos com níveis moderados de adubação fosfatada.

A presença de associações micorrízicas nas plantas é muito comum em condições naturais do solo. Apenas algumas plantas, como por exemplo, as Crucíferáceas, normalmente não formam micorrizas. A maioria das outras plantas, especialmente as de maior importância econômica, como certas espécies florestais, culturais anuais e perenes, formam micorrizas abundantes em suas raízes, (MIRANDA, 1986).

As recomendações de manejo da micorriza arbuscular dizem respeito aos FMA's existentes no solo e visam o aumento de sua população. A aplicação desses fungos em grandes áreas deveria ser através da inoculação, que ainda é restringida pela indisponibilidade de inoculantes comerciais.

A principal dificuldade para a produção de inoculante comercial com qualidade deve-se ao fato de os FMA serem biotróficos obrigatórios, isto é, só completam o seu ciclo de vida associados a algum hospedeiro vegetal vivo. Eles não podem ser multiplicados em meio de cultura definido, à semelhança da obtenção de inoculantes de rizóbios fixadores de nitrogênio atmosférico.

Como não existe tecnologia adequada para produção de inoculantes de FMA's, não há grande interesse comercial pela sua produção e distribuição, limitando o seu uso na agricultura (SAGGIN JÚNIOR & LOVATO, 1999). A prática de inoculação é mais recomendada na produção de mudas em viveiro, onde ela é necessária porque para a produção de mudas, utiliza-se, com frequência, subsolo ou solo esterilizado para eliminar os patógenos, paralelamente, também são eliminados os FMA's nativos. Outros substratos utilizados em viveiro, como a vermiculita e materiais orgânicos, são igualmente desprovidos desse fungo.

Conforme Miranda & Miranda (2007) resultados benéficos foram constatados em mudas inoculadas com FMA's em café, manga, acerola, abacate, mamão, maracujá, pequi, baru, jacarandá-da-bahia, sucupira, eucalipto, palmeiras como: buriti, guariroba, e forrageiras como: leucena, além das espécies arbóreas destinadas à recuperação das matas de galeria e de áreas degradadas.

Diversas são as alterações observadas nos solos ao longo do tempo com a prática de adubação verde, dentre elas podemos citar as alterações químicas, onde Testa et al. (1992), observaram que a utilização de leguminosas em sistemas de rotação de culturas aumentou a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, o que reduz as perdas de nutrientes por lixiviação. Outro efeito benéfico dessa prática para as características químicas do solo, relaciona-se à reciclagem de nutrientes. Avaliando diferentes adubos verdes para o arroz irrigado, Espindola et al, (2005) constataram a capacidade dessas plantas em disponibilizar grandes quantidades

de Nitrogênio, Fósforo e de Potássio no solo. Parte desses nutrientes foi provavelmente absorvida pelas raízes dos adubos verdes em camadas subsuperficiais do solo, sofrendo posterior liberação com a decomposição dos resíduos após o corte.

Outras alterações que podem ocorrer no solo devido ao cultivo de adubos verdes, são as menores oscilações de temperatura e umidade na superfície do solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas cultivadas, conforme citado por Sidiras et al. (1984). Diminui também a erosão, que constitui um dos principais fatores responsáveis do decréscimo na produtividade agrícola, provocando perdas de solo e de nutrientes. Esse processo é acelerado pela exposição do solo às chuvas, com a destruição dos agregados e obstrução dos poros. Muitas vezes, forma-se uma camada superficial de maior densidade que dificulta a infiltração da água no solo.

Silva et al. (1998), fizeram uma avaliação em latossolo vermelho-escuro, na região do Cerrado, e verificaram o efeito benéfico da adubação verde na estabilidade e resistência dos agregados. Eles atribuem o resultado ao aumento da atividade microbiana, associado ao fornecimento de material orgânico e à proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva sobre o solo.

As alterações biológicas acontecem devido a presença de adubos verdes auxiliar na atividade dos organismos do solo, o que pode ser explicado por meio do fornecimento de resíduos vegetais que servem como fonte de energia e de nutrientes, além de reduzir oscilações bruscas de temperatura e umidade do solo. Dentre os organismos do solo, favorecidos pela adubação verde, os FMA's, associando se às raízes da maioria das espécies cultivadas, trazem vantagens como o aumento da absorção de água e nutrientes, e a agregação de partículas do solo (MOREIRA et al., 2008)

Levando-se em consideração que a produção de inoculante de fungos micorrízicos arbusculares ainda encontra-se limitada para a maioria das culturas, torna-se importante a adoção de práticas de manejo do solo capazes de manejar a população nativa destes fungos, como a adubação verde, que pode elevar a produtividade, melhorar as propriedades do solo e auxiliar no controle de patógenos e de plantas invasoras.

A fixação biológica em leguminosas contribui no fornecimento de N para outras culturas, o que possibilita redução nos custos de produção. (ESPINDOLA et al., 2005). Entretanto as vantagens trazidas pela adubação verde nem sempre são imediatas, repercutindo de forma mais evidente em médio e em longo prazo. Por outro lado, essas vantagens refletem-se em diferentes aspectos dos agroecossistemas, tendo efeito superior ao da adubação mineral nitrogenada.

Apesar dos benefícios, ainda existem muitos aspectos a serem estudados no que diz respeito à utilização de leguminosas herbáceas tropicais. Em muitas regiões, torna-se necessária a escolha de espécies mais apropriadas para aquelas condições edafoclimáticas. Também é importante buscar estratégias de manejo que permitam aumentar a sincronização entre liberação de nutrientes pelos resíduos das leguminosas e a demanda desses nutrientes pela cultura principal.

Ademais há a necessidade de formação de áreas cultivadas com adubos verdes para a produção de sementes, (ESPINDOLA et al., 2005).

O pH do solo é um fator limitante ao desenvolvimento da biota do solo e está também diretamente relacionado à disponibilidade de nutrientes no solo e a sua absorção pelas plantas (FAGERIA, 2000). Em sua maioria, os fungos são adaptados a condições de pH mais ácido (acidófilos), desenvolvendo-se melhor em valores de pH menores que 5,0 (Leite, 2007). Nesse sentido é de fundamental importância a manutenção do pH numa faixa que promova um bom desenvolvimento da microbiota do solo, para que dessa forma, estes seres possam desempenhar o seu papel na mobilização de nutrientes, havendo sua melhor aplicação em agricultura, beneficiando as plantas cultivadas e o sistema produtivo como um todo (Moreira,2008).

O presente trabalho visou verificar a influência da acidez do solo, representada pelo pH em água e acidez potencial, sobre a densidade de esporos de FMA's em um solo que passou por um intenso processo de antropização cultivado com adubos verdes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em campo na área experimental pertencente ao Instituto de Agronomia (22° 45' 31 S e 43° 41' 52 O) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), situada no km 7 da BR 465, no município de Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. O experimento foi instalado em área de 1189 m², dividida de acordo com o delineamento de quadrado latino: por se tratar de ensaio em terreno com gradientes de variabilidade em dois sentidos, as parcelas foram instaladas procurando amenizar os possíveis efeitos desses gradientes. Foram utilizadas 36 parcelas de 6 m x 4 m cada, nas quais foi feito o plantio das leguminosas mucuna – cinza (*Mucuna cinereum*), crotalaria (*Crotalaria juncea*), lab-lab (*Dolichos lablab*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e guandu (*Cajanus cajan*), sendo o tratamento controle o de desenvolvimento de vegetação espontânea.

As espécies leguminosas foram selecionadas para este estudo pelo aporte de N no solo, matéria orgânica e FBN, além de se destacarem pela facilidade de manejo das plantas e de produção de sementes na propriedade e, ainda, serem adaptadas a região e têm disponibilidade de sementes no mercado (WUTKE 1993). O espaçamento adotado para a semeadura das leguminosas foi o de 0,5 m x 0,2 m. Foram delimitados corredores entre as parcelas com 1 metro de largura cada, para circulação durante a realização dos tratos culturais.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), o solo presente na área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, textura médio-arenosa, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado. Contudo, este foi altamente antropizado, devido ao fato de a área ter sido destinada anteriormente a outros tipos de atividades, com aterro e

terraplenagem alterando drasticamente as condições da camada superficial do solo.

Em fevereiro de 2013 foram feitas as operações de preparo de solo que antecederam a semeadura, as quais consistiram em aração com arado de disco e gradagem, ambas a 0,2 m de profundidade, com objetivo de controlar a vegetação presente e melhorar as condições físicas do solo para o plantio.

Segundo Cruz (2005), o clima da região é classificado como Aw de acordo com a classificação de Köppen, com chuvas no verão, temperaturas elevadas e um inverno seco com temperaturas amenas. As chuvas se concentram no período de novembro a março, com precipitação e temperatura anual médias de 1.213 mm e 24,5 °C, respectivamente.

Após a demarcação das parcelas experimentais, no mês de fevereiro de 2013 procedeu-se a coleta de amostras de terra para análises químicas e biológicas, sendo coletadas, em cada parcela, 21 amostras simples usando trado calado, em pontos aleatórios de modo a garantir a representatividade da área. As amostras foram retiradas de cada camada estudada (0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4 m), misturadas até homogeneização, para gerar uma amostra composta, identificadas e armazenadas em geladeira. De cada amostra composta, posteriormente, foi separada uma alíquota para quantificação dos esporos de FMA's.

As análises foram realizadas em fevereiro de 2013 no Laboratório de Fertilidade do Solo e Laboratório de Biologia do Solo no Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da UFRRJ. Para a extração dos esporos de fungos micorrízicos foi utilizada uma subamostra de 0,1 dm³ e usada a metodologia do peneiramento úmido de Gerdemann e Nicolson (1963), citado por Costa et al. (2001). De acordo com esse método, as alíquotas de terra foram submetidas à extração com água e à suspensão peneirada em peneira com malhas de 40 e 400 mesh, respectivamente. O material foi, então, transferido para tubo Falcon e submetido à centrifugação a 3000 rpm durante três minutos. Posteriormente em solução de sacarose de cana-de-açúcar 50% a 2000 rpm por dois minutos. Após a extração os esporos foram transferidos para placa canelada e contados com o uso de lupa. O pH foi determinado em água (1:2,5) e a acidez potencial por extração com acetato de cálcio em pH 7,0 (Embrapa, 1997).

Após o corte das leguminosas, o terreno ficou em pousio, realizando nova amostragem de terra no início de maio de 2014, utilizando os mesmos critérios metodológicos de coleta e análise utilizados na primeira amostragem, realizando novamente a contagem do número de esporos de FMA's.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram constatadas correlações estatisticamente significativas entre as variáveis estudadas, conforme pode ser verificado na tabela 1.

Correlação	Coefic. de correlação	Signif.
------------	-----------------------	---------

Esporos X pH	0,2339	*
Esporos x H + Al	0,3042	**

* significativa ao nível de 5% de probabilidade

** significativa ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 1 – Correlação entre acidez do solo e densidade de esporos de fungos micorrizicos arbusculares (FMA's).

No solo em estudo, os teores de Al^{3+} são praticamente desprezíveis (dados não apresentados), significando que a acidez potencial é formada basicamente por hidrogênio. O pH em água é a medida de íons de hidrogênio na solução, enquanto que a acidez potencial é a medida de íons de hidrogênio adsorvidos. Ao se verificar correlações positivas, tanto para o pH como a acidez potencial com a densidade de esporos, significa que, a acidez está estimulando a esporulação. Contudo, essa assertiva não pode ser examinada isoladamente, pois as condições de déficit hídrico acentuado, prevalecente no início de 2015, deve ter tido um efeito mais marcante sobre a esporulação.

O pH pode influenciar qualitativa e quantitativamente a colonização de diversos tipos de plantas com FMA's. Cavalcante et al.(2008) citam que é possível encontrar isolados de FMA's dentro de uma faixa de pH que varia de 2,7 a 10. A ocorrência das espécies de fungos micorrizicos arbusculares é condicionado de acordo com as faixas de pH do solo. Com isso, os esporos do gênero *Glomus*, são encontrados com maior facilidade em solos mais neutros, enquanto que os generos *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora* e *Entrophospora* sao econtrados mais facilmente em solos mais ácidos.

Os resultados indicaram a ocorrência de diferenças na densidade de esporos nas camadas estudadas, mostrando maior concentração nas camadas mais superficiais, diminuindo em profundidade.

A distribuição heterogênea dos esporos na extensão da área experimental (Tabela 2) pode ser devido às diferentes condições oferecidas por cada camada estudada ao desenvolvimento das hifas dos fungos, tais como teor de carbono orgânico, umidade, etc. Correia et al. (2004), encontraram grande variabilidade de colonização de FMA's dentro de cada comunidade de cerrado por eles estudadas, e atribuem isso à variabilidade das características dos solos das áreas.

Camada (m)	Tratamentos					
	CRO	FJP	GDU	LAB	MCX	VGE
0 - 0,1	167,33 a	123,00 a	139,00 a	138,66 a	120,00 a	108,83 a
0,1-0,2	84,33 b	100,00b	73,16 b	78,16 b	54,33 b	64,83 b
0,2-0,4	54,00 c	48,16 c	35,66 c	41,33 c	53,83 b	41,5 c
CV (%)	35,33	34,07	38,73	18,36	32,13	22,53

Valores seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CRO – Crotalaria, FJP – Feijão de porco, GDU – Guandu, LAB – Lab-lab, MCX – Mucuna Cinza, VGE – Vegetação espontânea

Tabela 2 – Teste de médias do número de esporos. (2013).

Na comparação entre camadas no ano 2014 (Tabela 3), após a adição dos adubos verdes, foi verificado maior número de esporos de FMA's nas camadas mais superficiais (0 – 0,1 m), local este, onde comumente se encontra os maiores valores de frações orgânicas.

Camada (m)	Tratamentos					
	CRO	FJP	GDU	LAB	MCX	VGE
0 - 0,1	18,00 a	15,5 a	12,83 a	14,83 a	10,16 a	17,16 a
0,1-0,2	14,33 b	8,00 b	7,33 b	8,83 b	7,33 b	5,16 b
0,2-0,4	3,33 c	3,50 c	3,50 c	3,66 c	2,50 c	3,00 b
CV (%)	39,4	40,3	67,14	85,01	73,84	43,66

Valores seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CRO – Crotalaria, FJP – Feijão de porco, GDU – Guandu, LAB – Lab-lab, MCX – Mucuna Cinza, VGE – Vegetação espontânea

Tabela 3 – Teste de médias do número de esporos. (2014).

Resultados semelhantes foram observados por Reis et al. (1999), estes autores verificaram que, quanto maior a deposição de matéria orgânica em determinado ponto do perfil, maior será a concentração destes organismos naquele local do solo. Além da matéria orgânica em decomposição, e da presença de raízes, serem mais expressivas nesta camada superficial, tratando-se de um terreno com predomínio de herbáceas, que tem sistema radicular mais superficial, contribui para o aumento desses níveis, conforme observado por Mergulhão (2006). Uma vez que a esporulação é dependente da formação de raízes para que haja infecção, visto a dependência dos FMA's com relação às plantas hospedeiras, que lhes fornece carboidratos para suas funções fisiológicas. Com isso, aumenta-se a quantidade de hifas de FMA's o que conseqüentemente, fará com que haja maior número de esporos, quando as condições do ambiente estiverem adversas, levando-as à esporulação.

Resultados semelhantes também foram observados por Miranda & Miranda (2007), avaliando os efeitos dos sistemas de plantio, direto e convencional, na multiplicação e concentração dos FMA's nas camadas superficiais e sub-superficiais do solo cultivado com soja e milho em rotação. Esses autores observaram que a densidade desses fungos nativos foi semelhante nos dois sistemas, e que independente do sistema de plantio, reduziu com a profundidade do solo, ocorrendo maior concentração de esporos na camada de 0,0 – 0,1 m.

No primeiro momento da avaliação, em fevereiro de 2013, foi observado maior de esporos de FMA's em todas as camadas estudadas do solo, quando comparado com a segunda avaliação (maio/2014), como pode ser observado na Tabela 4.

Tratamentos	Ano	Camada (m)		
		0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4
Crotalaria	2013	167,33 aA	84,33 aB	54,00 aC
Feijão de porco		123,00 aA	100,83aB	48,16 aC
Guandu		139,00 aA	73,16 aB	35,66 aC
Lab-lab		138,66 aA	78,16 aB	41,33 aC
Mucuna cinza		120,00 aA	53,83 aB	54,33 aC
Veg espontânea		108,83 aA	64,83 aB	41,50 aC
Crotalaria	2013	18,00 bA	14,33 bB	3,33 bC
Feijão de porco		15,50 bA	8,00 bB	3,5 bC
Guandu		12,83 bA	7,33 bB	3,5 bC
Lab-lab		14,83 bA	8,83 bB	3,66 bC
Mucuna cinza		10,16 bA	7,33 bB	2,50 bC
Veg espontânea		17,16 bA	5,16 bB	3,00 bC

Valores seguidos pelas mesmas letras (maiúsculas entre linhas e minúsculas entre colunas) não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4 – Teste de médias para densidade de esporos, entre camadas e tratamentos ao longo dos anos

Isso pode ser explicado pela atividade de preparo do solo, feita antes da instalação do experimento, que são práticas que rompem, expõem e danificam as raízes e hifas que estão estabelecidas no local. Essa condição de estresse induz os fungos à esporulação como forma de resistência, e estes propágulos têm a capacidade de permanecer no solo por longos períodos de tempo, até novamente germinar quando as condições do meio estiverem favoráveis. Os dados corroboram com Bonfim (2011), que cita que a dinâmica dos FMA's nos solos, é bastante influenciada pelas condições do solo, principalmente pelos fatores físicos como temperatura, umidade, aeração e luz (que são alterados com as práticas agrícolas como aração e gradagem).

Os fatores químicos como pH e disponibilidade de nutrientes e também os biológicos como competição e associação também interferem. Ainda de acordo com Bonfim (2011) é preciso melhor entendimento sobre a biologia e ecologia dos FMA's e sobre os atributos do solo que estejam interferindo na ocorrência e diversidade deles, sendo requisitos básicos para uma melhor exploração do potencial dessa associação e assim proporcionar um melhor desenvolvimento das plantas.

Na Tabela 4, pode se observar que em todos os tratamentos, ao se comparar as médias obtidas no primeiro e segundo ano, houve diferenças significativas no número de esporos presentes nas camadas, prevalecendo o maior número na amostragem feita em 2013 em relação a 2014. Isso pode ser devido ao desenvolvimento do sistema radicular dos adubos verdes plantados, que conforme se foram desenvolvendo, e aprofundando suas raízes no perfil do solo, propiciaram condições para a germinação dos esporos, que assumindo sua forma vegetativa, diminuem a quantidade de esporos no solo, no momento da segunda amostragem.

4 – CONCLUSÕES

Houve correlação estatística altamente significativa entre a densidade de esporos e a acidez potencial e correlação linear fraca entre o pH em água do solo e a densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares.

Um solo antropizado e em pousio, apresenta número elevado de formas de resistência de FMA's, prevalecendo o maior número nas camadas mais superficiais do terreno.

A presença de raízes das leguminosas ao longo das camadas do solo, causou redução do número de esporos de uma época para a outra, indicando ter havido elevado grau de infecção.

As cinco espécies que foram usadas como adubos verdes, mostraram-se eficientes na associação com FMA's, podendo ser usadas para aumentar sua ocorrência no solo.

REFERÊNCIAS

BONFIM, J. A., **Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Áreas restauradas de mata atlântica, São Paulo, Brasil**/Joice Andrade Bonfim . - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2011. 92 p.

CAVALCANTE, U.M.T; GOTO, B.T. & MAIA, L. C. **Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 5 e 6, p.180-208, 2008-2009.

CORREIA, C. R. M. A., REATTO, A., MARTINS, E. S., SILVA, E. M., CALDAS, L. S., FAGG, J. F. **Micorriza arbuscular: um bioindicador da fertilidade dos solos e da distribuição de árvores no bioma cerrado** (boletim de pesquisa e desenvolvimento) – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 38 p.

COSTA, C. M. C., MAIA, L. C., CAVALCANTE, U. M. T., NOGUEIRA, R. J. M. C. **Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (Malpighia emarginata D.C.)**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 6, p. 893-901, jun. 2001.

CRUZ, F. A. **Instalação e calibração de lisímetros de pesagem, e determinação da ETo para a região de Seropédica-RJ**. (Dissertação mestrado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 52p. 2005.

DODD, J. C. **Recent advances in understanding the role of arbuscular mycorrhizas in plant production**. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME,

L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Eds.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras: SBCS/UFLA, 1999. p. 687-703.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p, 2006.

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

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M; ALMEIDA, D. L. de. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. **AGROECOLOGIA: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. estratégia para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 517 p. 2005.

FAGERIA, N. K. **Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo de cerrado**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.35, n.11, p.2303-2307, nov. 2000.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M. **Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.36, p.1355-1362, 2001.

LEITE, L. F. C. **Ecologia Microbiana do Solo**/ Luiz Fernando Carvalho Leite, Ademir Sérgio Araujo. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007.

MERGULHÃO, A. C. E. S., **Aspectos ecológicos e moleculares de fungos micorrízicos arbusculares**. Recife, PE: (Tese de doutorado), Universidade Federal do Pernambuco, 168 p. 2006.

MIRANDA, J. C. C. **Utilização das micorrizas na agricultura**. Planaltina: DF EMBRAPA-CPAC, (1986), 16p.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Contribuição da micorriza arbuscular para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção com plantio direto e Convencional No Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 6 P. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 134).

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. & BRUSSARD, L., eds. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2008. p.483-536.

REIS, V. M., DE PAULA, M. A. & DÖBEREINER, J. **Ocorrência de micorrizas arbusculares e da bactéria diazotrófica *Acetobacter diazotrophicus* em cana-de-açúcar.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 34, no. 10, p.1933-1941, 1999.

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; Lovato, P. E. **Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas.** In: Siqueira, J. O. (Org.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. 818p.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F. X. **Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento nas culturas de verão, em latossolo roxo distrófico.** Plantio Direto, Ponta Grossa, v. 2, n. 9, p. 4-5, 1984.

SILVA, M. L. N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; MARQUES, J. J. G. de S. e M.; CARVALHO, A.M. de. **Estabilidade e resistência de agregados de latossolo vermelho-escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, p. 97-103, 1998.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. **Características químicas de um podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992

WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. (Coords.) **Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo de Campinas - IAC,** Campinas: Instituto Agrônomo. p.17-29. (Documentos IAC, 35), 1993.

ABSTRACT: Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) constitute one of the important components of soil biota, being obligatory symbiotic beings, and requiring the host to complete its life cycle; when colonizing the roots, establish a series of biotrophic interrelations with the plant. In this association the plants provide photoassimilates to fungi and these mobilize nutrients to plants such as phosphorus. The present work aimed to verify the interference of soil acidity in an area cultivated with green manures on the density of fungal spores in a strongly anthropogenic soil. The experimental plots had 24 m² (6 m x 4 m), in the Latin square delineation (DQL), with six treatments with the species: mucuna-gray (*Mucuna cinereum*), crotalaria (*Crotalaria juncea*), lab-lab (*Dolichos lablab*), cana bean (*Canavalia ensiformis*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*) and spontaneous vegetation, mostly composed of poaceae. After the installation of the experimental plots, soil samples were collected in each plot for chemical and biological analyzes, and 21 simple samples were collected to generate a composite sample of each of the layers 0 to 0.1; 0.1-0.2; 0.2-0.4 m. The data were submitted to analysis of variance through the Tukey test and to the simple correlation test between variables. The results indicated a linear correlation between fungal spore density and soil acidity, suggesting that these variables are dependent. No effect of green manures on the spore density of arbuscular mycorrhizal fungi was observed.

KEYWORDS: anthropic soil, obligatory symbionts and soil biota.

CAPÍTULO XXV

NITROGÊNIO EM COBERTURA E PRODUTIVIDADE DO MILHO DOCE

João Paulo de Moraes Oliveira
Bruna Santos de Oliveira
Dalton Ribeiro
Leandro Mariano da Silva
Jéssica Ferreira Silva
Adilson Pelá

NITROGÊNIO EM COBERTURA E PRODUTIVIDADE DO MILHO DOCE

João Paulo de Moraes Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo
Alegre – Espírito Santo

Bruna Santos de Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – Minas Gerais

Dalton Ribeiro

Universidade Estadual de Goiás
Ipameri – Goiás

Leandro Mariano da Silva

Universidade Estadual de Goiás
Ipameri – Goiás

Jéssica Ferreira Silva

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás

Adilson Pelá

Universidade Estadual de Goiás
Ipameri – Goiás

RESUMO: A adubação nitrogenada no milho doce contribui diretamente para o aumento da produtividade. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade do milho doce em função de diferentes modos e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, em delineamento de blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por: testemunha; 100% de N a lanço após plantio; 100% de N a lanço em área total V₄; 50% N a lanço em área total V₄ e V₆; 100% N a lanço em área total V₆; 100% N em filete contínuo V₄; 100% N em filete contínuo V₆; 50% N em filete contínuo V₄ e V₆. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Os tratamentos de milho doce diferiram estatisticamente, para todos os caracteres, exceto para número de grãos por fileira (NFE). A adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho doce aumentou o comprimento da espiga despalhada (CED), diâmetro de espiga despalhada (DED), produtividade de espiga empalhada (PEE), produtividade de espiga despalhada (PED), número de grãos por fileira (NGF) e produtividade de grãos (PG). O modo e a época de aplicação influenciaram a produtividade. O modo de aplicação de nitrogênio em filete contínuo proporcionou as maiores médias para as características avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação; Macronutriente; *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

A área plantada com milho doce no Brasil supera 41 mil hectares e o faturamento da indústria sementeira superaram os 11 milhões de reais (TEIXEIRA et al., 2013). Para que o máximo potencial produtivo da cultura seja explorado e a produção atinja maiores escalas é necessário mais pesquisas, principalmente relacionadas ao manejo (BORIN et al., 2010). A adubação nitrogenada, dentre os manejos para o cultivo do milho doce se destaca, contribuindo diretamente para o aumento da produtividade, pois é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pela cultura, e os solos normalmente não suprem esse nutriente, ao longo do ciclo da cultura (CARMO et al., 2012).

Muitas lavouras têm sido implantadas utilizando a recomendação de adubação nitrogenada para o milho convencional, devido às poucas informações relacionadas diretamente à nutrição mineral do milho doce. As recomendações da adubação nitrogenada estão situadas entre 80 kg e 120 kg ha⁻¹ de N, a qual, se baseia no fato, de que a cultura requer cerca de 20 kg ha⁻¹ de N para cada tonelada de grãos produzida (BORIN et al., 2010). No Brasil, as recomendações regionais de N em cobertura apresentam variações, com indicação de doses que variam de 20 a 180 kg ha⁻¹ (SOUSA & LOBATO, 2004).

Por essa razão, é de fundamental importância a busca por informações mais precisas sobre as exigências da cultura do milho doce, assim como determinar os modos de aplicação e as épocas em que o adubo nitrogenado é mais exigido, de acordo com a absorção e o acúmulo do nutriente nas diferentes fases do desenvolvimento da planta (BORIN et al., 2010). O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade do milho doce em função de diferentes modos e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipameri, Goiás (Lat. 17° 43' 19" S, Long. 48° 9' 35" W, Alt. 773 m), no ano agrícola de 2014/2015. O clima da região é caracterizado como semi-úmido quente (Tropical) do tipo Aw de acordo com a classificação de Köppen, com duas estações bem definidas: a chuvosa, que vai de outubro a abril, e a seca, que vai de maio a setembro. A precipitação pluviométrica anual é de 1.447mm, temperatura média de 21,9°C, com umidade relativa média do ar variando de 58% a 81%. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), apresentando os seguintes atributos físico-químicos (Tabela 1).

Profundidade	pH em CaCl ₂	M.O. (g.dm ⁻³)	P-Mehlich (mg.dm ⁻³)	Complexo Sortivo (cmol.dm ⁻³)							V %
				K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	
0 a 20	4,8	2,9	5,6	0,12	1,2	0,4	0,10	3,80	1,73	5,53	31

M.O. = Matéria orgânica; V% = saturação de bases; SB = Soma de bases.

Tabela 1. Características químicas do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, amostrado antes da instalação do experimento

A semeadura do milho doce, Agrocerec 1051, foi efetuada no dia 17/12/2014 sem o revolvimento do solo, com auxílio de uma semeadora de tração tratorizada, com oito linhas individuais espaçadas de 0,80 m, colocando sete sementes por metro. A calagem e a adubação foram baseadas conforme o resultado da análise química do solo e de acordo com as recomendações para a cultura.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 32 parcelas. A parcela experimental foi constituída de quatro fileiras (2,0m por fileira), com espaçamento entre linhas de 0,80m e 0,20m entre plantas, e cada parcela correspondia a uma área de 14,4m² (3,6 x 4m).

Os tratamentos foram compostos por: Testemunha (sem aplicação de N em cobertura); aplicação de 100% de N a lanço em área total, após o plantio; aplicação de 100% de N a lanço em área total, no estádio V₄; aplicações de 50% de N a lanço em área total, no estádio V₄ e V₆; Aplicação de 100% de N a lanço em área total, no estádio V₆; aplicação de 100% de N em filete contínuo, no estádio V₄; aplicação de 100% de N em filete contínuo, no estádio V₆; aplicações de 50% de N em filete contínuo, no estádio V₄ e V₆.

A adubação de semeadura foi realizada utilizando-se o adubo com formulado 05-25-15, sendo aplicado 55,5 kg de N ha⁻¹, 277,8 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 166,7 kg de K₂O ha⁻¹ em todos os tratamentos. As adubações nitrogenadas de cobertura foram realizadas de acordo com os tratamentos mencionados, utilizando-se como fonte de N a uréia. O manejo de plantas daninhas foi efetuado através das aplicações de Atrazine® em pré-emergência e Tembrotona® em pós-emergência. O controle das pragas foi realizado com aplicação do inseticida de contato e ingestão Premio® com concentração de 125 ml/ha e do inseticida de regulador de crescimento Intrepid 240SC com concentração de 180 ml/ha.

No estádio R₃ (grão pastoso) foi avaliado: I- Altura de inserção da primeira espiga (AE): medida com o auxílio de uma trena, a partir do coleto ao ponto de inserção da primeira espiga; em seguida as plantas foram colhidas manualmente seguindo as avaliações de: II - Comprimento da espiga despilhada (CED), foi obtido medindo-se a distância entre a base e o ápice da espiga em cm; III - Diâmetro da espiga despilhada (DED), utilizou-se um paquímetro digital em cm, medindo-se no ponto correspondente ao centro da espiga; IV - Produtividade de espiga despilhada (PED) em mg ha⁻¹, obtida com a massa das espigas sem palhas

colhidas e extrapolada para 1 ha; V – Número de fileira por espiga (NFE); VI – Número de grãos por fileira (NGF); VII - Produtividade de grãos (PG), os grãos foram separados com corte rente à superfície do sabugo, estes foram pesados e a quantidade obtida extrapolada para 1 ha (mg ha^{-1}).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 de probabilidade e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com auxílio do programa estatístico Sistema para Análise de Variância - SISVAR®.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos de milho doce diferiram estatisticamente ($p < 0,05$), para todos os caracteres, exceto para número de fileira por espiga (NFE), o que evidencia variabilidade nos tratamentos em estudo. Pode-se inferir que o experimento teve precisão experimental dentro dos padrões de normalidade, com coeficientes de variação oscilando entre 3,19%, para DED, e 18,46%, para NTG, de acordo com a classificação proposta por Scarpin et al. (1995) (Tabela 2 e 3).

A altura de inserção da primeira espiga (APE) é uma característica importante, pois as plantas com maiores altura de inserção apresentam vantagens na colheita. A maior altura de inserção foi observado no tratamento com 50% N a lanço em área total no estádio V₄ e V₆, com média de 1,20 m, diferindo-se estatisticamente da testemunha e do tratamento com 100% de N a lanço após plantio, apresentando média de 1,05 e 1,07 m, respectivamente (Tabela 2).

Modo e época de aplicação de N em cobertura	APE (m)	CED (cm)	DED (cm)	PED (Mg.ha^{-1})
Testemunha	1,05b	16,62c	4,1b	12,36b
100% de N a lanço após plantio	1,07b	17,68bc	4,4a	17,28ab
100% de N a lanço em área total V ₄	1,11ab	19,56ab	4,5a	17,39a
50% N a lanço em área total V ₄ e V ₆	1,20a	19,43ab	4,6a	17,17ab
100% N a lanço em área total V ₆	1,11ab	19,08ab	4,5a	17,39a
100% N em filete contínuo V ₄	1,15ab	19,96a	4,6a	19,47a
100% N em filete contínuo V ₆	1,14ab	19,06ab	4,6a	17,72a
50% N em filete contínuo V ₄ e V ₆	1,12ab	19,56ab	4,6a	17,94a
CV(%)	4,38	5,04	3,19	12,26

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) significativo ao nível de 5% de significância

Tabela 2. Valores médios de altura de inserção da primeira espiga (APE), comprimento da espiga despilhada (CED), diâmetro da espiga despilhada (DED) e produtividade de espiga despilhada (PED) avaliadas na cultura do milho doce

As épocas e modos de aplicação de N em cobertura influenciaram o comprimento da espiga despilhada (CED) e o diâmetro da espiga despilhada (DED), apresentando médias de 18,87 cm e 4,5 cm, respectivamente. Quase todos os tratamentos apresentaram valores de CED próximos da preferência pela indústria, que é de espigas que tenham comprimento em torno de 20 cm, apenas a

testemunha apresentou média inferior com 16,62 cm, não diferindo estatisticamente do tratamento com 100% de nitrogênio em cobertura aplicado a lanço após o plantio. Para DED, houve diferença estatística entre a testemunha e todos os tratamentos com cobertura de adubação nitrogenada, porém todas as médias dos tratamentos apresentaram valores superiores a 4 cm, enquanto o valor mínimo para comércio é de 3 cm. Resultado significativo também foram encontrados por Oktem et al. (2010), quando avaliaram os efeitos das diferentes doses de nitrogênio de zero a 360 kg ha⁻¹ em cobertura, aplicado na semeadura e no estágio V₆, apresentando maiores valores de CED e DED, com 21,8 e 5,15 cm respectivamente.

Outra característica importante, relacionada diretamente com a qualidade da espiga, é a produtividade da espiga despalhada (PED), considerada um fator comercial determinante, tanto para o mercado fresco como para a indústria. Para essa característica, cinco tratamentos apresentaram-se superiores à testemunha, não diferindo estatisticamente dos outros dois tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura. O tratamento com 100% de N em filete contínuo, no estágio V₄, destacou-se com maior produtividade, 19,47 mg ha⁻¹ e 37% superior a testemunha.

O número de fileiras de grãos por espiga (NFE) não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, com médias inferiores a 17,18 fileiras (Tabela 3). Já para o número de grãos por fileira (NGF) e produtividade de grãos (PG) todos os tratamentos foram superiores a testemunha, porém para PG o tratamento com 100% de N aplicado a lanço após plantio, e o com 50% de N aplicado a lanço em área total nas fases V₄ e V₆, não diferiram significativamente da testemunha (Tabela 3). Souza et al. (2013) encontraram resultados parecidos, ao estudar os elementos de produção de milho doce em diferentes densidades populacionais, onde o NFE também não teve diferenças estatísticas, porém para o NGF não obtiveram diferenças estatísticas, diferenciando dos resultados encontrados neste trabalho.

Modo e época de aplicação de N em cobertura	NFE*	NGF*	PG (mg ha ⁻¹)*
Testemunha	16,18a	28,87b	5,48b
100% de N a lanço após plantio	16,87a	36,72a	8,73ab
100% de N a lanço em área total V ₄	17,18a	37,17a	9,25a
50% N a lanço em área total V ₄ e V ₆	17,12a	36,86a	8,94ab
100% N a lanço em área total V ₆	16,50a	36,39a	9,20a
100% N em filete contínuo V ₄	16,62a	38,14a	10,57a
100% N em filete contínuo V ₆	16,81a	36,15a	9,38a
50% N em filete contínuo V ₄ e V ₆	16,25a	36,59a	9,72a
CV(%)	6,87	5,08	17,15

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05) significativo ao nível de 5% de significância.

Tabela 3. Valores médios de número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF) e produtividade de grãos (PG) avaliadas na cultura do milho doce.

Os três tratamentos que mais se destacaram para produtividade de grãos foram os mesmos que se destacaram na produtividade de espigas despalhas, com 100% de N aplicado em filete contínuo na fase V₄, 50% de N aplicado a lanço em filete contínuo nas fases V₄ e V₆ e 100% de N aplicado em filete contínuo na fase V₆, apresentando PG de 10,56, 9,72 e 9,37 Mg.ha⁻¹, e PED 19,47, 17,94 e 17,72 Mg.ha⁻¹ respectivamente. Evidenciando que quando o N foi parcelado e aplicado em filete contínuo, proporcionou maiores produtividades se comparada à aplicação em área total.

4 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho doce aumentou a altura de inserção da primeira espiga, comprimento da espiga despalhada, diâmetro da espiga despalhada e produtividade de espiga despalhada, número de grãos por fileira e produtividade de grãos, independentemente do modo e época de aplicação.

O modo (em linha ou a lanço, em área total) e a época (após plantio, estágio V₄ e V₆) de aplicação influenciaram a produtividade, quando comparado com a testemunha.

O modo de aplicação de nitrogênio em filete contínuo proporcionou as maiores médias para as características avaliadas.

REFERÊNCIAS

BORIN, A. L. D. C.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S. **Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 34, p. 1591-1597, 2010.

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C. & MACHADO, C. G. **Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*)**. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 28, p. 223-231, 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p., 2006.

FREIRE, F. M.; VIANA, M.C.M.; MASCARENHAS, M.H.T.; PEDROSA, M.W.; COELHO, A.M.; ANDRADE, C.L.T. **Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.9, n. 3, p. 213-222, 2010.

OKTEM, A.; OKTEM, A. G.; EMEKLIER, H. Y. **Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet Corn.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, Lincoln, v. 41, p. 832-847, 2010.

SCAPIN, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. **Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes.** In: **Cerrado: correção do solo e adubação.** Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 283-315, 2004.

SOUZA, R. S.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; MARQUES, O. J.; QUEIROZ, D. C.; OKUMURA, R. S.; JOSÉ, J. V.; TAVORE, R. V. **Elementos de produção de milho doce em diferentes densidades populacionais.** Comunicata Scientiae, v. 4, n. 3, p. 285-292, 2013.

TEIXEIRA, F. F.; GAMA, E. E. G.; PAES, M. C. D.; COSTA, F. M. **Aspectos agronômicos e de qualidade de espiga em famílias endogâmicas de milho-doce.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 121, p. 6, 2009.

ABSTRACT: Nitrogen fertilization in sweet corn contributes directly to the increase of productivity. The present work had as objective to evaluate the yield of sweet corn in function of different modes and times of application of nitrogen in coverage. The experiment was conducted in the experimental field of the Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, in a randomized complete block design, with eight treatments and four replications. The treatments were: control; 100% N to throw after planting; 100% N to throw in total area V4; 50% N in the throw in total area V4 and V6; 100% N throwing in total area V6; 100% N in continuous fillet V4; 100% N in continuous fillet V6; 50% N in continuous fillet V4 and V6. The data were submitted to analysis of variance by the 'F' test and the means were compared by the Tukey test ($p < 0.05$). Sweet corn treatments differed statistically for all characters, except for number of grains per row (NFE). Nitrogen fertilization on cover in the sweet corn crop increased the untidy stalk length (CED), untidy spike diameter (DED), yield of stalk spike (PEE), yield of stalk untidy (PED), number of grains per row (NGF) and grain yield (PG). The mode and time of application influenced productivity. The method of application of nitrogen in continuous fillet provided the highest averages for the characteristics evaluated.

KEYWORDS: Fertilization; Macronutrient; *Zea mays*.

CAPÍTULO XXVI

TEOR DE MATÉRIA SECA E PROTEÍNA BRUTA DA PALMA MIÚDA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ADUBAÇÃO MINERAL

**Jefferson Mateus Alves Pereira dos Santos
Maria Vitória Serafim da Silva
Márcio Gleybson da Silva Bezerra
Iara Beatriz Silva Azevedo
Ermelinda Maria Mota Oliveira
Gualter Guenther Costa da Silva**

TEOR DE MATÉRIA SECA E PROTEÍNA BRUTA DA PALMA MIÚDA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ADUBAÇÃO MINERAL

Jefferson Mateus Alves Pereira dos Santos,

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN

Maria Vitória Serafim da Silva,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN

Márcio Gleybson da Silva Bezerra,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN

Iara Beatriz Silva Azevedo,

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN

Ermelinda Maria Mota Oliveira,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN

Gualter Guenther Costa da Silva,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN

RESUMO: Como forma de minimizar os efeitos da seca e a forte estacionalidade de produção de forragens no semiárido, algumas plantas resistentes à deficiência hídrica, como a palma forrageira, vem sendo cada vez mais utilizada como alternativa para essas regiões mais áridas do nordeste. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de adubação orgânica (esterco bovino), na presença e ausência de adubo mineral, sobre os teores de matéria seca e proteína bruta da palma forrageira miúda. A pesquisa foi realizada na casa de vegetação da Escola Agrícola da Jundiá/UFRN, Macaíba-RN. O experimento foi conduzido no período de setembro de 2012 a maio de 2013, em vasos com amostras de um Neossolo Quartzarênico, em delineamento experimental de blocos casualizados, com os tratamentos distribuídos em arranjo fatorial 4 x 2, onde o primeiro fator correspondeu às doses de adubação orgânica (0; 10; 20; 30 t ha⁻¹ de esterco bovino), e o segundo fator à presença e ausência de adubação mineral (P e K), em três repetições. Cada unidade experimental foi composta por um vaso plástico preenchido com 15 dm³ de solo, contendo um cladódio de palma miúda. O corte manual dos cladódios foi realizado aos nove meses após o plantio e em seguida determinaram-se os teores de matéria seca e proteína bruta. Os teores de matéria seca e proteína bruta não foram influenciados pelo manejo de adubação orgânica e mineral, ao nível de 5% de probabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: cactácea, rebanho, semiárido, manejo de adubação.

1-INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro representa 11,39% (969.589,4 km²) do território brasileiro e 60% da região Nordeste (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2005), tendo como característica principal seus períodos de estiagem. Historicamente, nesta região a pecuária se caracteriza pelo baixo desempenho produtivo, principalmente

relacionado à frágil estrutura do suporte alimentar e também à forte estacionalidade da produção de forragens (Júnior et al, 2010).

Para minimizar os efeitos da seca, principalmente a escassez de forragem para os animais há necessidade de o sertanejo conhecer as plantas resistentes à deficiência hídrica, sendo a palma forrageira uma alternativa para as regiões áridas do Nordeste. Suas características fisiológicas são eficientes quanto à absorção, aproveitamento e perda de água, entretanto, para a obtenção de altas produtividades faz-se necessário intensificar o seu cultivo, sendo importante, dentre outros fatores observarem a fertilidade do solo e corrigir as deficiências por meio das adubações orgânicas e minerais, em uso exclusivo ou, preferencialmente, associando as duas formas (Santos et al., 2002).

A palma é um alimento rico em carboidratos, principalmente os não-fibrosos (Wanderley et al., 2002), sendo uma importante fonte de energia e água para os ruminantes (Van Soest, 1994), e também apresenta elevado teor de material mineral devido à alta concentração de macronutrientes que a mesma contém (Melo et al., 2003). Por essas características há necessidade de se entender melhor os efeitos das práticas culturais sobre sua produção. Realizar a análise química do solo é imprescindível para que sejam oferecidas as plantas os nutrientes exigidos pela espécie, para que se alcance uma boa produção por hectare e um alimento mais rico, ou seja, quantidades desejáveis de nutrientes em tecido foliar.

De acordo com Dubeux Júnior & Santos (2005), em uma produtividade de 40 Mg ha⁻¹, a palma forrageira extrai cerca de 360 kg de N, 64 kg de P, 1.032 kg de K e 940 kg de Ca por hectare, a cada dois anos, sem considerar os outros macros e micronutrientes. Da mesma forma que nas outras culturas, a palma alcança elevada produtividade quando manejada racionalmente, com uso de correção e adubação do solo, densidade de plantio adequada, controle de plantas daninhas e manejo correto da colheita (Oliveira et al., 2010).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes doses de adubação orgânica (esterco bovino), na presença e ausência de adubo mineral, sobre os teores de matéria seca e proteína bruta da palma forrageira miúda em um Neossolo Quartzarênico.

2-MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o experimento na casa de vegetação utilizando-se amostra de um Neossolo Quartzarênico, coletadas na Escola Agrícola da Jundiáí/ Macaíba/RN, , a 14 km da capital Natal, localizada a latitude Sul 05° 51' 28" e longitude Oeste 35° 21' 14", no período de setembro de 2012 a maio de 2013. As amostras foram retidas na camada superficial (0-20 cm) e posteriormente foram secas ao ar, destorroadas manualmente e passadas em peneira de 4 mm, sendo realizada a caracterização física e química (Figura 1). Essa caracterização foi realizada no laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN de acordo como metodologia da EMBRAPA (1999).

pH (em H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC	V (%)
5,66	----mg/dm ³ ---		----- cmolc/dm ³ -----						
	5	107	1,20	0,61	24	0,0	1,66	3,84	56,77
Densidade do solo (kg/ dm ³)	Composição Granulométrica (g/kg)			Classificação textural					
1,58	Areia	Silte	Argila	Areia					
	916	24	60						

Figura 1 – Caracterização física e química do solo em amostras de um Neossolo Quartizarênico, Macaíba/RN EMBRAPA (1999).

Os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 4 x 2, onde o primeiro fator correspondeu às doses de adubação orgânica (0; 10; 20; 30 t ha⁻¹ de esterco bovino), e o segundo fator à presença e ausência de adubação mineral (P e K). Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. Os pesos dos cladódios da palma miúda foram utilizados como critério para formação dos blocos.

Cada unidade experimental foi composta por um vaso plástico preenchido com 15 dm³ de solo, contendo um cladódio de palma miúda. Para preenchimento de cada vaso foi colocado primeiramente, uma camada de 13,27 kg de solo, em seguida outra camada de 6,63 kg da mistura de solo e das doses de adubação orgânica, correspondentes a cada tratamento (0; 10; 20; 30 t ha⁻¹ equivalentes a quantidade de adubo no vaso de 0 g; 75 g; 150 g; 225 g, respectivamente), e finalizou-se com mais uma camada de 6,63 kg de solo. Em cada vaso foi plantado um cladódio de palma miúda, na posição vertical, enterrando-se 1/3 do cladódio com a parte cortada voltada para o solo.

Para os tratamentos que receberam adubação mineral, foi realizada a aplicação do adubo após 30 dias do plantio. A quantidade de adubo mineral por vaso foi 7,60g composto por: 2,60 g K₂O; 3,50g P₂O₅ e 1,50 g calcário, equivalentes a 346 kg/ha; 465 kg/ ha e 200 kg/ha, respectivamente. Para aplicação do adubo mineral foram feitas duas covas laterais com 2 cm de profundidade e com 10 cm de comprimento a 2,5 cm de distância do cladódio. As fontes de fertilizantes usadas foram superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico.

O controle de água nas unidades experimentais foi realizado diariamente, avaliando-se a necessidade através da pesagem dos vasos controle, por meio da quantidade de água evapotranspirada.

O experimento foi colhido aos 240 dias, considerando o tamanho das plantas. A parte aérea de cada planta foi pesada para posterior estimativa do peso seco baseada nos valores de matéria seca. Foi tomada uma amostra de cada planta, a qual foi picada e acondicionada em sacos de papel, sendo em seguida realizada a pré-secagem a 65° C. As amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de 2 mm.

Os teores de matéria seca (MS) e de proteína bruta foram determinados conforme métodos da AOAC descritas por Horwitz (1975). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando os resultados das análises de variância, concluiu-se que tanto para produção de massa seca (MS) quanto para a proteína bruta (PB) (Tabela 1) não houve diferença significativa (<0,05). Observando os teores de MS para os tratamentos onde não foram aplicados adubação mineral e os que aplicaram tal adubação, percebe-se uma redução na MS de 4,89% e 18,52%, respectivamente, entre os tratamentos 30 e 0 t ha⁻¹.

O valor médio de matéria seca observado foi de 103,09 g.kg⁻¹, tendo como limites mínimo e máximo os valores 90,23 e 116,63 g.kg⁻¹, respectivamente. Valores estes considerados altos se comparados com os valores encontrados por Teles et al. (2002), que analisando aadição ou não de macronutrientes, micronutrientes e nematicida obtiveram um valor médio de matéria seca de 72,90 g.kg⁻¹, tendo como limites mínimo e máximo os valores 60,00 e 88,80 g.kg⁻¹.

Tratamentos		MS	PB
AdO (t/ha)	AdM	g.kg ⁻¹	
0	Sem AdM	104,33 ^a	29,16 ^a
10		104,13 ^a	29,13 ^a
20		109,73 ^a	28,56 ^a
30		109,70 ^a	27,96 ^a
0	Com AdM	93,40 ^a	24,50 ^a
10		90,23 ^a	27,86 ^a
20		101,46 ^a	28,53 ^a
30		116,63 ^a	20,36 ^a
C.V. (%)		9,19	17,55

Tabela 1 – Teor de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) na parte aérea da palma miúda aos 270 dias após o plantio, em função das doses de adubação orgânica (AdO), com e sem adubação mineral (com AdM e sem AdM)

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Teles et al. 2002, observaram o teor de matéria seca de 73 g.kg⁻¹, em palmas que foram analisadas também aos 270 dias após o plantio, cultivadas em vaso em casa de vegetação. Júnior et al, 2010 analisando apenas aplicações de doses crescentes de adubação mineral com fósforo e potássio em neossolo regolítico, também não observaram efeito significativo para o fator citado. Eles estimaram que

o peso médio geral da matéria seca foi de 60,87 g.kg⁻¹, valor inferior ao encontrado no presente trabalho no qual o teor médio de matéria seca referente aos tratamentos onde se aplicou matéria orgânica acrescentada de adubação mineral foi de 97,30 g.kg⁻¹. Tal diferença, provavelmente ocorreu pelo fato da diferença de colheita do trabalho citado que foi de 90 dias a menos que presente trabalho.

Vale destacar que de maneira geral a palma forrageira apresenta baixa percentagem de matéria seca, o que pode comprometer, quando fornecida em grande quantidade, a necessidade de matéria seca dos animais. Entretanto, essa característica da palma forrageira representa grande aporte de água, o qual é um fator limitante na maior parte do ano em regiões semiáridas.

Assim como ocorreu na matéria seca os valores encontrados de proteína bruta (PB) nos tratamentos com adubação mineral e sem adubação mineral (**Tabela 1**) não mostraram diferença significativa ($P>0,05$), todos eles foram inferiores aos obtidos por Lopes (2005) PB 45,3 g/kg.

O valor médio de proteína bruta observado foi de 27,35 g.kg⁻¹, tendo como limites mínimo e máximo os valores de 20,36 e 29,16 g.kg⁻¹ (Serafim, 2014). Vale salientar que a palma forrageira tradicionalmente é conhecida como uma planta com baixo teor de proteína bruta, em média 48,3 g.kg⁻¹, valores superiores aos observados no presente trabalho. Devido esse baixo teor recomenda-se associar esta forragem com outro alimento proteico e fibroso antes de fornecer aos animais.

Donato et al. 2014, analisando diferentes doses de esterco bovino em relação a diferentes espaçamentos observou que os teores de proteína bruta variam com as doses aplicadas do esterco, independentemente dos espaçamentos de plantio que foram utilizados. O teor médio de proteína bruta encontrada foi de 107 g.kg⁻¹, teor este bem acima do encontrado no presente trabalho (27,35 g.kg⁻¹). Observaram também que os teores de proteína bruta nos cladódios de palma forrageira apresentaram um comportamento linear ascendente em resposta às doses de esterco aplicadas ao solo.

4-CONCLUSÕES

Os teores obtidos de matéria seca e proteína bruta não foram influenciados em relação as doses crescentes de adubação orgânica acrescidas ou não de adubação mineral.

REFERÊNCIAS

Donato, P. E. R.; Pires, A. J. V.; Donato, S. L. R.; Silva, J. A.; Aquino, A. A. **Valor nutritivo da Palma forrageira “gigante” cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino.** Revista Caatinga, Mossoró-RN, v. 27, n. 1, p163 – 172, jan. – mar., 2014.

Dubeux, J. C. B.; Araújo, F. J. T.; Santos, M. V. F. dos.; Lira, M. de A.; Santos, D. C. dos.; Pessoa, R. A. S. **Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-201**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.5, n.1, p.129-135. 2010.

Dubeux, J. J. C. B.; Santos, M. V. F. dos.; Lira, M. de A.; Santos, D. C. dos.; Farias, I.; Lima, L. E.; Ferreira, R. L. C. **Productivity of Opuntiaficus-indica(L) Miller under diffe-rent N and P fertilization and plant population in northeast Brasil**. Journal of Arid Environments, v.67, n.3, p.357-372, 2006.

Dubeux Junior, J. C. B.; Santos, M. V. F. **Exigências nutricionais da palma forrageira**. In: Menezes, R. S. C.; Simões, D. A.; Sampaio, E. V. S. B. (eds.). **A Palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 2.ed.. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p.105- 128.

EMBRAPA – **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1999. EMBRAPA-SNLCS. 216p.

LOPES, J. S.; Jaeger, S.; Tavares, J. T. Q.; Silva, A. M.; Ledo, C. A. S. **Composição bromatológica de palma forrageira (nopalea coccinellifera salm dyck) amonizada**. Revista Magistra, Cruz das Almas – BA, v. 17, n.3, p. 107 – 113, set/dez., 2005.

Melo, A. A. S.; Ferreira, M. A.; Verás, A. S. C.; Lira, M. de A.; Lima, L. E. de; Vilela, M. da S.; Melo, E. O. S. de; Araújo, P. R. B. **Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (Opuntia ficus indica Mill) em dietas para vacas em lactação**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.3, p.727-736. 2003.

MINISTÉRIO DA INTERGRAÇÃO REGIONAL – MI. Secretaria de Políticas Públicas de Desenvolvimento Regional. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Brasília, 2005. 35p.

Nobel, P.S. **Biologia ambiental**. In: **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Traduzido por SEBRAE/PB. João Pessoa: SEBRAE/PB, p.36-48, 2001.

Novais, R. F.; Mello, J. W. V. **Relação solo-planta**. IN: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, L. E. F.; Neves, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.133-204.

Oliveira, F. T. DE; Souto, J. S.; Silva, R. P.; Andrade Filho, F. C.; Pereira Júnior, E. B. **Palma forrageira: adaptação e im-portância para os ecossistemas áridos e semiáridos**. Revista Verde, v.5, n.4, p.27-37, 2010.

Santos, D. C.; Farias, I.; Lira, M.A.; Santos, M. V. F.; Arruda, G. P.; Coelho, R. S. B.; Dias, F. M.; Warumby, J. F.; Melo, J. N. **Manejo e utilização da palma forrageira**

(*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco: cultivo e utilização. Recife: IPA, 2002. 45p. (IPA. Documentos).

Serafim, V. F.; Barros, J. L.; Gomes, V. M.; Donato, S. L. R.; Seixas, A. A.; Alves, D. D.; Ribeiro, E. E. A. **Composição bromatológica da palma forrageira “Gigante” adubada com esterco bovino em diferentes espaçamentos.** Trabalho apresentado no 8º Fórum de Ensino, Pesquisa, Extensão e Gestão. Montes Claros, 2014.

Teles, M. M.; Santos, M. V. F.; Dubeuxj. J. C. B.; Bezerra N. E.; Ferreira, R. L. C.; Lucena, J. E. C.; Lira, M. de A. **Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* Mill.) cv. Gigante.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.1, p.52-60, 2002.

Van Soest, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. Ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

Wanderley, W.L.; Ferreira, M.A.; Andrade, D.K.B. et al. **Palma forrageira (*Opuntiaficus indica*, Mipp) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) na alimentação de vacas leiteiras.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

ABSTRACT: As a way of minimizing the effects of drought and the strong seasonality of forage production in the semiarid, some plants resistant to water deficiency, such as forage palm, have been increasingly used as an alternative to these more arid regions of the northeast. The objective of this work was to evaluate the effect of different doses of organic fertilization (bovine manure), in the presence and absence of mineral fertilizer, on the dry matter and crude protein levels of the small forage palm. The research was carried out in the greenhouse of the Escola Agrícola de Jundiá/UFRN, Macaíba-RN. The experiment was conducted from September 2012 to May 2013, in pots with samples of a Quartzarenic Neosol in an experimental design of randomized blocks, with the treatments distributed in a 4 x 2 factorial arrangement, where the first factor corresponded to the doses of (0; 10; 20; 30 t ha⁻¹ of cattle manure), and the second factor to the presence and absence of mineral fertilization (P and K), in three replications. Each experimental unit was composed of a plastic vessel filled with 15 dm³ of soil, containing a small palm cladodium. Manual cutting of cladodes was carried out nine months after planting and then the dry matter and crude protein contents were determined. The dry matter and crude protein contents were not influenced by the management of organic and mineral fertilization at a 5% probability level.

KEYWORDS: cactus, herd of cattle, semiarid, management of fertilization.

CAPÍTULO XXVII

TEORES FOLIARES DO ABACAXIZEIRO EM DECORRÊNCIA DO USO DE ESTERCO DE GALINHA

**Glaudson Luiz Facas
Gabriel Henrique de Aguiar Lopes
Ana Paula Fiuza Ramalho
Weber Pazeto dos Santos
Rodrigo Merighi Bega**

TEORES FOLIARES DO ABACAXIZEIRO EM DECORRÊNCIA DO USO DE ESTERCO DE GALINHA

Glaudson Luiz Facas

Aluno do curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto - SP;
glaudson_facas@hotmail.com

Gabriel Henrique de Aguiar Lopes,

Alunos do curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto – SP; Alunos do curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto – SP;

Ana Paula Fiuza Ramalho

Alunos do curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto – SP;

Weber Pazeto dos Santos

Alunos do curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto – SP;

Rodrigo Merighi Bega

Professor do curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto.

RESUMO: O crescimento da avicultura para atender a demanda por carne e ovo gera grande quantidade esterco de galinha. Em razão da proximidade das granjas com as regiões produtoras de abacaxi é comum seu uso como condicionador do solo, apesar da escassez de resultados científicos sobre os resultados. Sendo assim o presente trabalho teve como objetivo avaliar efeito da aplicação de esterco de galinha no solo, incorporado e em cobertura, nos atributos químicos da folha do abacaxizeiro. O experimento foi conduzido em blocos casualizados cujos tratamentos constituíram de cinco doses de esterco de galinha (0; 50; 100; 200; 400 g planta⁻¹) com quatro repetições. As parcelas possuíam 80 plantas em uma área de 22,75 m² (3,5 m x 6,5 m), com espaçamento de 1,10 x 0,80 x 0,35 m, sendo dois experimentos distintos, pois as aplicações com esterco de galinha constituíram de dois modos diferentes, sendo um incorporado e o outro aplicado em cobertura. Foram coletadas as folhas F para determinação dos teores de NO³⁻, H₂PO⁴⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO⁴⁻, B(OH)³, Cu²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺, Zn²⁺. Apenas a aplicação em cobertura aumentou os teores foliares de B e Fe, e diminuíram o teor de N.

PALAVRAS-CHAVE: Material orgânico, nutrição, fertilidade do solo.

1-INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro *Ananas comosus* (L.) Merrill originário do Brasil é uma planta exigente em fertilidade do solo, porém são cultivados em regiões de solos pobres em fertilidade, onde a matéria orgânica tem grande importância no fornecimento de nutrientes (Bayer & Mielniczuk, 1999). Kiehl (2010) relatou que o efeito da matéria orgânica sobre a produtividade pode ser direto, por meio do fornecimento de nutrientes ou pelas modificações das propriedades físicas do solo, melhorando o ambiente radicular e estimulando o desenvolvimento das plantas.

O esterco de galinha contém apenas fezes apresentando altos níveis de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, o que o torna um fertilizante orgânico com

potencial de uso em várias culturas, podendo ser aplicado antes do plantio ou em cobertura (Faridullah et al., 2009) e passou a ser utilizado nos sistemas produtivos em razão do desenvolvimento da avicultura comercial e de sua maior oferta (Costa et al., 2009). Menezes et al. (2003) reforçam que resíduos orgânicos, como o esterco de galinha são considerados insumos de baixo custo e de alto retorno econômico para a agricultura, além do retorno direto da atividade.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar efeito da aplicação de esterco de galinha no solo, incorporado e em cobertura, nos atributos químicos da folha do abacaxizeiro.

2-MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em novembro de 2013, no município de Colômbia-SP, cujas coordenadas geográficas são 20°10'33"S e 48°41'20"O. O local possui clima tropical com temperatura média em torno de 23°C e precipitação pluvial com 1429 mm anuais. O solo apresenta, textura franco arenosa e baixa declividade sendo classificado como Latossolo Vermelho (Oxisol) segundo Embrapa (2013). Para obtenção de melhores resultados, a cultura foi manejada de acordo com os tratos culturais realizados pelos agricultores da região. Sendo assim, foram realizadas duas adubações com sulfato de amônio (20 g planta⁻¹), quatro com 20-00-20 (60 g planta⁻¹).

A presente pesquisa é composta de dois experimentos distintos, pois a aplicação do esterco de galinha ocorreu de dois modos diferentes, sendo um incorporado ao solo no sulco de plantio e o outro aplicado na cobertura na linha de plantio. Utilizou-se o cultivar Pérola e mudas do tipo filhote. Os esterco de galinha (0; 50; 100; 200; 400 g planta⁻¹) com quatro repetições, seguindo-se o delineamento de blocos casualizados. As parcelas possuíam 80 plantas em uma área de 22,75 m² (3,5 m x 6,5 m), com espaçamento de 1,10 x 0,80 x 0,35 m.

Coletou-se aleatoriamente 10 folhas F segundo Py (1969), e, de cada amostra, apenas o meio da folha foram encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de NO³⁻, H₂PO⁴⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO⁴⁻, B(OH)³, Cu²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺, Zn²⁺, de acordo com procedimentos seguidos por Bataglia et al. (1983).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F), considerando o nível de significância de 5% de probabilidade.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Detectou-se efeito do uso em cobertura do esterco de galinha nos teores foliares de Nitrogênio, Boro e Ferro. B e Fe tiveram seus valores acrescidos enquanto o N decresceu com o aumento da dose de esterco de galinha (**Tabela 1**).

Doses	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g planta ⁻¹	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
INCORPORADO											
0	22,6	1,1	27,1	4,0	4,2	1,3	5,0	5,0	145,5	494,8	11,0
50	21,6	1,1	28,9	4,1	2,6	1,5	6,6	3,5	133,5	399,0	11,0
100	22,0	1,1	28,7	3,8	2,7	1,5	4,5	5,0	133,5	431,8	11,5
200	21,4	1,1	30,3	3,8	2,6	1,5	4,8	3,3	146,0	410,0	11,0
400	21,3	1,4	30,5	4,6	2,8	1,8	5,8	4,3	134,8	453,0	11,5
F _{doses} ⁽¹⁾	1,04 _{ns}	0,91 _{ns}	0,77 _{ns}	1,92 _{ns}	1,10 _{ns}	3,03 _{ns}	0,25 _{ns}	1,05 _{ns}	0,26 _{ns}	1,37 _{ns}	0,24 _{ns}
Cv(%) ⁽²⁾	4,8	20,6	10,8	11,6	42,7	12,4	63,2	38,0	18,4	14,8	10,1
COBERTURA											
0	21,6	1,3	27,0	4,4	2,7	1,8	3,6	5,5	223,5	439,8	10,5
50	20,4	1,5	24,9	4,4	2,4	1,8	1,9	9,0	241,5	421,0	9,8
100	22,2	1,4	27,7	4,8	2,7	1,9	3,0	3,0	290,0	444,3	10,0
200	21,1	1,4	24,7	4,5	2,6	1,9	5,2	3,0	282,5	386,5	9,3
400	19,9	1,1	26,9	5,5	3,2	1,7	5,0	2,8	346,5	387,8	10,0
F _{doses} ⁽¹⁾	3,67*	0,92 _{ns}	2,48 _{ns}	1,91 _{ns}	1,88 _{ns}	0,44 _{ns}	3,24*	0,77 _{ns}	5,05*	1,19 _{ns}	0,54 _{ns}
Cv(%) ⁽²⁾	4,5	20,3	6,6	14,3	15,6	15,0	41,0	131,7	15,4	12,2	12,5

* = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade; (2): coeficiente de variação.

Tabela 1. Atributos químicos da folha "F" 13 meses após a aplicação de esterco de galinha no modo incorporado e em cobertura no solo.1):

A redução do teor de N nas folhas para as maiores doses de esterco de galinha (**Figura 1**), provavelmente é em razão do aumento do consumo do N do solo pelos microrganismos que supostamente aumentaram em função do aumento significativo do teor de P no solo, detectados e discutidos anteriormente por Facas et al. (2014) e Ramalho & Facas (2014). Resultados semelhantes foram encontrados por Cleveland et al. (2002), afirmando que a baixa disponibilidade do P limita a atividade microbiana.

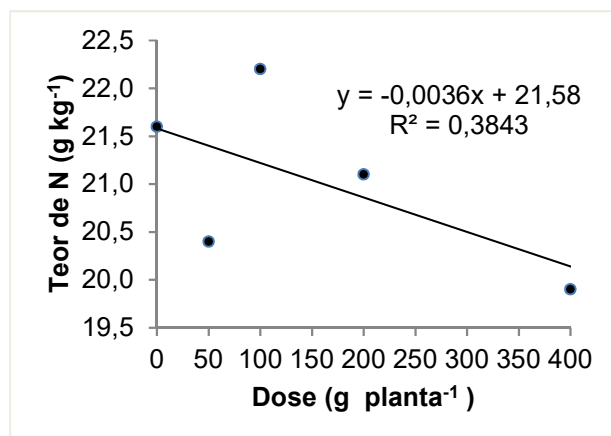


Figura 1. Teor de Nitrogênio na folha F em função do aumento da dose de esterco de galinha no solo.

O aumento do teor foliar de B (**Figura 2**), provavelmente, se deve a presença deste elemento nos materiais orgânicos, sendo que Scaramuzza et al. (2002) cita, como a principal fonte de boro, os materiais orgânicos, concomitantemente, o pH do solo, possivelmente condicionou um melhor ambiente para sua absorção (Facas et. al. 2014; Ramalho & Facas 2014).

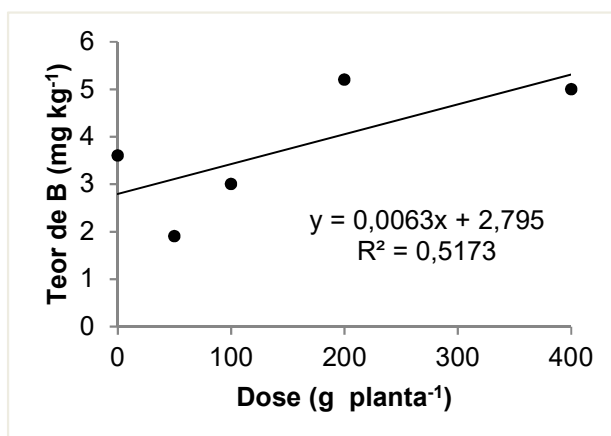


Figura 2. Teor de Boro na folha F em função do aumento da dose de esterco de galinha no solo.

O teor de ferro teve ganho na ordem de 123 mg kg⁻¹ (**Figura 3**), entre a testemunha e a dose máxima, possivelmente pela formação de complexos solúveis ou quelatos. Esses agentes quelantes podem se originar de substâncias produzidas pela decomposição da MO do solo, pela ação de microrganismos (Lindsay, 1974). Dechen & Nachtigall (2006) cita que teores adequados de MO, ocasiona melhor aproveitamento do Fe pelas plantas, devido a sua característica redutora e acidificante, sendo capaz de formar quelatos em condições adversas de pH.

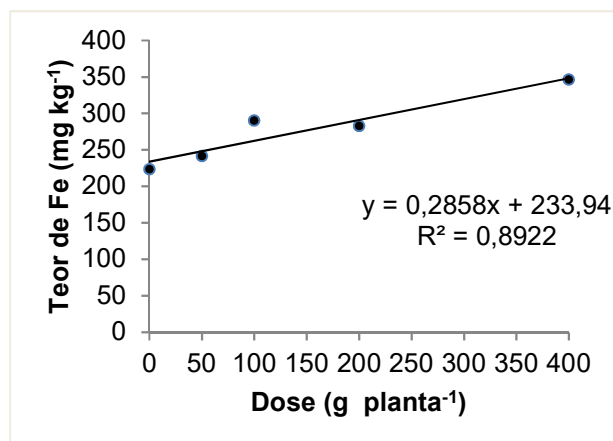


Figura 3. Teor de Ferro na folha F em função do aumento da dose de esterco de galinha no solo

4-CONCLUSÕES

A aplicação de esterco de galinha no solo de modo cobertura provocaram aumento nos teores foliares de B e Fe, quanto para o N decréscimo.

5-AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a proprietário Jaime Ap. Facas pela cessão da área do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F. et al. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. ed. Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.
- CLEVELAND, C. C.; TOWNSEND, A. R. & SCHMIDT, S. K. Phosphorus limitation of microbial processes in moist tropical forests: evidence from short-term laboratory incubations and field experiments. *Ecosystems* 5:680-691, 2002.
- COSTA, A. M.; BORGES, N. E.; SILVA, A. A. et al. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p. 1991-1998, 2009. Número especial.

DECHEN, A. R. & NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S., ed. Nutrição mineral de plantas. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-374.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação SPI, 2013. 353p.

FACAS, G. L.; TESTA, C. A.; RAMALHO, A. P. F. et al. Efeito de esterco de galinha nos atributos químicos de um Latossolo. In: Congresso Peruano de la Ciencia del Suelo, 20, Cusco, 2014. Anais. Cusco: Sociedad Peruana de La Ciencia del Suelo, 2014.

FARIDULLAH, M. I.; YAMAMOTO S.; HONNA T. et al. Characterization of trace elements in chicken and duck litter ash. *Waste Management*, 29:265-271, 2009.

KIEHL, E. J. Novos fertilizantes orgânicos. Piracicaba, 2010. 248p.

LINDSAY, W. L. Role of chelation in micronutrient availability. In: CARSON, E. W., ed. The plant root and its environment. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. P.507-524.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; ANDRADE, C. L. T. et al. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. *Revista Plantio Direto*, 24:30-35, 2003.

PY, C. Lã Piña Tropical. Barcelona: Editorial Blume, 1969.278p.

RAMALHO, A. P. F. & FACAS, G. L. Efeito de esterco de galinha aplicado em cobertura no solo cultivado com abacaxi. In: Congresso Nacional de Iniciação Científica, 14, Tatuapé, 2014. Anais.

Tatuapé: Conic - Semesp, 2014. p. 3-5.

SCARAMUZZA, J. F.; COUTO, E.G.; SELVA, E.C. et al. Estudo da distribuição espacial entre boro e matéria orgânica e entre fósforo e zinco, em um solo de Nova Mutum-MT. In: Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, 2. USP/ESALQ. Viçosa, 2002. CD-ROM.

SILVA, I. R. & MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: Novais, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. 1 ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 275-374.

Sobre os autores

ADILSON ALVES COSTA Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal da Paraíba (2004); Mestrado em Manejo de Solo e Água pelo PPGMS/UFPB (2007); Doutorando em Ciência do Solo pelo Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo (PPGCS/DSER/UFPB); Atua como professor Assistente, nível B, dedicação exclusiva, na Universidade do Estado da Bahia - UNEB, campus de Barreiras.

ADILSON PELÁ Professor da Universidade Estadual de Goiás; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual de Goiás; Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Doutorado em Agronomia (Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; E-mail para contato: adilson.pela@ueg.br.

ADRIANA AVELINO SANTOS Eng. Agrônomo, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira - SP

ALANA RAYZA VIDAL JERÔNIMO DO NASCIMENTO Graduação em Bacharelado em Ciências e Tecnologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Mestrado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; E-mail para contato: alanarayza15@hotmail.com

ALBERTO DO NASCIMENTO SILVA Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia; Mestrado em Agronomia pela Universidade de Brasília; Doutorando em Agronomia pela Universidade de Brasília;

ALYNE ARAÚJO DA SILVA Mestranda em Solos: Programa de Pós Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas - PPGSQE, pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB; Bolsista CAPES.Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Cariri - UFCA (2015).

ANA CARLA STIEVEN Professora do Centro Universitário de Várzea Grande - UNIVAG; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em MBA de;Gestão de Resíduos do Centro Universitário de Várzea Grande - UNIVAG;Graduação em Biologia pela Faculdade Assis Gurgacz - FAG; Mestrado em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso; Doutorado em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso; Grupo de pesquisa em Ambiente, cultura e sociedade; E-mail para contato: ana.stieven@univag.edu.br

ANA CAROLINA RABELO NONATO Engenheira Agrônoma, graduada na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. Tem experiência nas áreas das ciências do solo, atuando principalmente nos seguintes temas: matéria orgânica do solo,

recuperação de áreas degradadas, física do solo, manejo e conservação do solo, agroecologia e sistemas de produção orgânico e agroflorestal. Trabalhou como docente no SENAI em Curso de Aprendizagem Industrial Básico - Auxiliar no Processamento de Fumo. Também possui experiência com educação ambiental em escolas de ensino médio, e docência em cursos de capacitação das áreas das ciências agrárias. No presente momento é mestranda no Programa de Pós Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas na UFRB. Atua também em: CEFIR, Licenciamento ambiental, consultoria ambiental e agrônômica.

ANA PAULA FIUZA RAMALHO Engenheiro Agrônomo responsável pela aplicação aérea da usina Frutal (BUNGE). Graduação em Agronomia pelo Centro Universitário de Rio Preto. Grupo de pesquisa: GEPEA. E-mail para contato: apfiuza.r@gmail.com

ANTONIA JULLIANA SARAFIM BEZERRA Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER - UFCA); Título de Especialista em Desenvolvimento Regional; Bacharel em Agronomia e licenciatura em Ciências Biológicas. Experiência profissional em elaboração e execução de projetos de ATER, políticas públicas e inclusão social. Participação em grupos e colegiados territoriais, e participação e apresentação de trabalhos em eventos científicos.

BOANERGES FREIRE DE AQUINO (IN MEMORIAM) Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará; Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela ESALQ - Universidade de São Paulo; Doutorado em Agronomy - Soil Fertility and Plant Nutrition -PhD. University of Missouri-Columbia, UMC, Estados Unidos; Pós-PhD em Soil Chemistry and Soil Fertility - North Carolina State University.

BRUNA SANTOS DE OLIVEIRA Graduação em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano; Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual de Goiás; Doutoranda em Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia; E-mail para contato: brunasdoliveira@gmail.com

BRUNO LUCIO MENESES NASCIMENTO Professor da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-UEMASUL e da Faculdade Vale do Aço- Favale; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação Lato Senso de Gestão em Agronegócios e Meio Ambiente da Faculdade Vale do Aço- Favale; Graduação em Ciências Licenciatura com Habilitação em Biologia pela Universidade Estadual do Maranhão-UEMA; Mestrado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Ceará; Doutorado em Engenharia Civil- Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará; Grupo de pesquisa em Química Ambiental da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão- UEMASUL; Consultor Ad Hoc da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico do Maranhão-FAPEMA; E-mail para contato: brunoimpma@hotmail.com;

BRUNO OLIVEIRA LIMA Discente em Engenharia Agrônômica das Faculdades Unidas do Vale do Araguaia (UNIVAR). Conduz experimento na área experimental das Faculdades Unidas do Vale do Araguaia. Estagiou na empresa Agroquima Produtos Agropecuários na região do Vale do Araguaia – MT e Prefeitura Municipal de Barra do Garças - MT; Técnico em Manutenção e Regulagem de Pulverizadores de Pastagem. E-mail para contato: bruno_agro2014@outlook.com

CAÍQUE HELDER NASCENTES PINHEIRO Discente em Engenharia Agrônômica das Faculdades Unidas do Vale do Araguaia (UNIVAR). Ministra aulas de monitoria de Estatística e Experimentação Agrícola, Introdução à Ciência do Solo, Física e Classificação de Solos e Fertilidade de Solos, Nutrição de Plantas e Adubação. Estagiou na área agrícola com foco em produção de soja na região do Vale do Araguaia – MT; Técnico em Manutenção e Regulagem de Pulverizadores de Pastagem; Atualmente é estagiário técnico da empresa Agrobrasil Produtos Agropecuários, atuando na área de implantação e reforma de pastagens, e assistência técnica em aplicações de herbicidas. E-mail para contato: caiquepinheiro12@hotmail.com

CAMILA COSTA DA NÓBREGA Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande; Mestrado em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Doutoranda em Ciência do Solo pela Universidade Federal da Paraíba; E-mail para contato: camilacnobrega@gmail.com

CARLOS AUGUSTO TESTA Engenheiro Agrônomo, supervisor de pesquisa em uma unidade experimental na empresa Cobb-Vantress Brasil. – Graduação em Agronomia pelo Centro Universitário de Rio Preto. Técnico agrícola pelo Centro Paula Souza. Graduação em Agronomia pelo Centro Universitário de Rio Preto. Pós graduando em estudos dos solos e Recuperação de áreas degradadas pela Universidade de Araraquara

CHARLES CARDOSO SANTANA Graduação em Biologia pela Faculdade de Tecnologia e Ciências – FTC; Mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB; Graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia – UNEB.

CIRO DE OLIVEIRA RIBEIRO Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Mestrando em Recursos Florestais pela Universidade de São Paulo; E-mail para contato: cirodeoliveiraribeiro@hotmail.com

DALTON RIBEIRO Graduação em Engenharia Florestal pela Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal; Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual de Goiás; E-mail para contato: dalton.ribeiro@angloamerican.com.

DANIEL HENRIQUE DE MELO ROMANO Graduação em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mestrado em Agronomia, Área de Concentração - Solos e Nutrição de Plantas Universidade Federal do Ceará; MBA -

Especialização em Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Potiguar; Superintendente Agrícola na Empresa Multinacional Del Monte Fresh Produce Brasil LTDA; E-mail para contato: dm_dromano@hotmail.com

DANIEL NUNES DA SILVA JUNIOR Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN; E-mail para contato: danielnunesagr@gmail.com

DANIELA TIAGO DA SILVA CAMPOS Professora na Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Inovação Tecnológica na Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT; Mestrado em Sistemas de Produção pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho - UNESP Campus de Ilha Solteira, SP; Doutorado em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV; Pós-Doutorado em Biologia Celular - Universidade de São Paulo - CENA; Grupo de pesquisa em Microbiologia do Solo; E-mail para contato: camposdts@yahoo.com.br

DANIELA VIEIRA CHAVES Professora da Universidade Federal do Piauí (UFPI); Membro do corpo docente do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí (UFPI); Graduação em Agronomia pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC); Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC); Doutorado em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Pós-doutorado em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) e em Fisiologia Pós-Colheita de Frutíferas pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB); Grupo de Pesquisa: Fisiologia Vegetal e Tecnologia Pós-colheita.

ELAINE HEBERLE Membro do corpo docente do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí (UFPI); Graduação em Agronomia pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC); Doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Pós-doutorado em Fisiologia Vegetal e Tecnologia Pós-colheita pela Universidade Federal do Piauí (UFPI); Grupo de Pesquisa: Fisiologia Vegetal e Tecnologia Pós-colheita. E-mail: elaine.heberle@gmail.com

ELIAS ALMEIDA DOS REIS Técnico Agrícola pela Agro técnica Federal de Catu; Engenheiro Agrônomo pela Universidade do Estado da Bahia - UNEB

ELIZON DIAS NUNES Graduação em Licenciatura Plena em Geografia, Bacharelado em Geografia, Mestrado e Doutorado em Geografia ambos pela Universidade Federal de Goiás. Atua como Geógrafo no Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física - LABOGEF/IESA/UFV. Foi docente da Pontifícia Universidade Católica de Goiás entre os anos de 2013 - 2017. E-mail para contato: elizonnunes@gmail.com

ELVIS HENRIQUE ROCHA DA SILVA Graduação em engenharia agrônômica pelo Centro Universitário de Rio Preto UNIRP; rochaehs@gmail.com

ÊMILIN DE JESUS CASAGRANDE DE SOUZA Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (2013). Atua como Engenheira na Atta Engenharia (atta.eng.br) com modelagem ambiental. Tem experiência na área de Saneamento Ambiental com ênfase em Água e Esgoto, Resíduos Sólidos e Gestão Ambiental. Trabalhou na elaboração de Planos de Saneamento Básico, Amostragem de Resíduos Sólidos Urbanos, participou de Audiências Públicas, Amostragem de Solos e Ensaio de Infiltração de Água no Solo, Elaboração de Relatórios Técnicos, Educação Ambiental (Apresentação de Palestras nas Escolas e Abordagens Porta a Porta).

ENILSON LUIZ SACCOL DE SÁ Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Pelotas (1984), mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1987) e doutorado em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo (2001). Atualmente é professor associado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia e Bioquímica do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: seleção de estirpes, fixação biológica de nitrogênio, microbiologia do solo, promoção de crescimento de plantas e fixação simbiótica de nitrogênio.

ÉERICA DE OLIVEIRA ARAÚJO Professora de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus de Lábrea-AM. Possui Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal da Grande Dourados, Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Graduação em Agronomia pela Universidade do Estado de Mato Grosso e curso profissionalizante em Técnico Agrícola pela Escola Agrotécnica Federal de Colorado do Oeste-RO. Ainda, no decorrer de sua carreira profissional pós-graduou-se à nível de Especialização Lato Sensu em Docência e Gestão do Ensino Superior, Geoprocessamento Ambiental e Gestão do Agronegócio.

ERMELINDA MARIA MOTA OLIVEIRA Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; E-mail para contato: ermelindasolos@gmail.com

ERNANDES SILVA BARBOSA Possui diploma de Técnico em Zootecnia pelo Instituto Federal Goiano - Campus Ceres (2010). Graduou-se em Agronomia no ano de 2016 pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde foi bolsista de Iniciação Científica, trabalhando com atributos químicos do solo sob pastagem manejada com calagem e gessagem em superfície. Foi também monitor da disciplina fertilidade do solo, atuando com amostragem e coleta de solos para fins de

recomendação de calagem e adubação corretiva. Atualmente é estudante do curso de Pós-Graduação em Fitotecnia pela UFRRJ, desenvolvendo o trabalho de pesquisa com impacto de herbicidas na fixação biológica de nitrogênio, junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

FABIO LUIZ ZANATTA Professor da Universidade Federal do Piauí (UFPI); Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL); Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Grupo de Pesquisa: Fisiologia Vegetal e Tecnologia Pós-colheita.

FERNANDO BASQUIROTO DE SOUZA Possui graduação em Engenharia Ambiental (2011) e pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho (2014) pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Atua em projetos de recuperação de áreas degradadas, estudos de viabilidade para aproveitamento de rejeitos e sedimentos, ensaios de infiltração, planos de manejo de bacias hidrográficas e levantamentos pedológicos. Possui experiência na recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão e fluorita, monitoramento ambiental de áreas recuperadas, amostragem de solos e rejeitos, estudo de viabilidade para aproveitamento de sedimentos dragados e planos de manejo de bacias hidrográficas.

FERNANDO RAMOS DE SOUZA Possui curso técnico em meio ambiente pelo Instituto Federal Goiano - Campus Ceres (2009), graduação em Agronomia (2015) e mestrado em Fitotecnia (2017) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Atualmente, cursa doutorado pelo programa de pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fertilidade do solo, trabalhando com amostragem e coleta de solos para fins de recomendação de calagem e adubação corretiva, trabalhou com adubação verde e controle de nematoides e manejo de plantas daninhas nas principais culturas de interesse econômico. E-mail: fernando.agrorural@gmail.com

FERNANDO ZUCHELLO Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2007). Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em março de 2010. Doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em fevereiro 2014. Tendo adquirido experiência na área de Agronomia, com ênfase em Gênese, Morfologia e Classificação dos Solos, e dinâmica de gases no sistema solo-atmosfera, atuando principalmente nos seguintes temas: classificação de solos, propriedades químicas, matéria orgânica do solo, carbono orgânico do solo, nitrogênio, gases de efeito estufa em sistemas agrícolas. Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial A. Estagiário da Embrapa Agrobiologia entre fevereiro de 2008 a março de 2015.

FLÁVIO JOSÉ WRUCK Pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril, Transferência de Tecnologias para Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Sinop, MT; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Mestrado em Fitotecnia e Fitossanidade pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; E-mail para contato: ana.stieven@univag.edu.br

GEAN CORRÊA TELES Possui graduação em Agronomia (2017) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fertilidade do solo, trabalhando com amostragem e coleta de solo para fins de recomendação de calagem e adubação corretiva, trabalhou com adubação verde e manejo de plantas daninhas na cultura do feijão caupi, trabalhou também com extensão rural e assessoria a produtores agrícolas familiares. Atualmente é engenheiro Agrônomo da Secretária Municipal de Agricultura do Município de Barcarena – PA.

GLAIDSON LUIZ FACAS Engenheiro Agrônomo responsável pela produção e comercialização da produção de abacaxi da empresa facas frutas. Graduação em Agronomia pelo Centro Universitário de Rio Preto. Grupo de pesquisa: GEPEA. E-mail para contato: glaudson_facas@hotmail.com

GUALTER GUENTHER COSTA DA SILVA Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; E-mail para contato: gualtermve@gmail.com

HUGO ALBERTO MURILLO CAMACHO Docente no curso de Agronomia das Faculdades Unidas do Vale do Araguaia (UNIVAR). Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Especialista em Educação Ambiental pelo Centro Universitário Barão de Mauá, Ribeirão Preto, SP. Especialista em Docência no Ensino Superior pelas Faculdades Unidas do Vale do Araguaia, Barra do Garças, MT. E-mail para contato: hbarva@gmail.com

IARA BEATRIZ SILVA AZEVEDO Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Mestrado em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Email: iaraazevedo15@hotmail.com;

IZABEL MARIA ALMEIDA LIMA Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Piauí; Especialização em Engenharia e Manejo de Irrigação pelo Instituto de Ensino Superior Múltiplo; Mestrado em Agronomia, Área de Concentração - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Ceará; Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Ceará; E-mail para contato: izabel.agro@yahoo.com.br.

IZABELLI DOS SANTOS RIBEIRO Graduada em Tecnologia Superior em Gestão Ambiental pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (2013) e em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (2007). Mestre em Biologia Geral/Bioprospecção pela Universidade Federal da Grande Dourados (2016). Tem experiência em crescimento vegetal de plantas nativas, gestão resíduos sólidos, monitoramento de fauna silvestre atropelada. Atualmente trabalha com Microbiologia do solo, principalmente avaliando o Carbono da Biomassa Microbiana como indicador de qualidade do solo em áreas sob recuperação. Email: iza-bio@hotmail.com

JANILCI SERRA SILVA Doutoranda em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016). Graduada em Geografia na modalidade Bacharel/Licenciatura pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA (2014). Possui especialização em Gestão Interdisciplinar do Meio Ambiente e Educação Ambiental pelo Instituto de Ensino Superior Franciscano - IESF (2014). Atualmente é auxiliar de pesquisa no Grupo de Estudos e Pesquisa em Edafologia e Pedologia - GEPEPE (certificado pelo CNPq). Trabalha com os seguintes temas: sensoriamento remoto, bacias hidrográficas, clima urbano, planejamento e gestão ambiental.

JANNE LOUIZE SOUSA SANTOS Docente e coordenadora do curso de Agronomia das Faculdades Unidas do Vale do Araguaia (UNIVAR). Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (2016). Especialista em Docência do Ensino Superior pelas Faculdades Unidas do Vale do Araguaia (UNIVAR - 2017). Mestrado em Agronomia (área de concentração em Solo e Água), pela Universidade Federal de Goiás (PPGA/UFG - 2009). Doutorado em Agronomia (área de concentração em Solo e Água) pela Universidade Federal de Goiás (PPGA/UFG - 2013). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fertilidade e microbiota do solo condicionado com biocarvão (Biochar), qualidade do solo e manejo e conservação do solo. E-mail para contato: agroize@gmail.com

JEFFERSON MATEUS ALVES PEREIRA DOS SANTOS Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Mestrado em Manejo de Solo e Água pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Grupo de Estudos em Solos (GESOLO); Email: jeffersonmaps@gmail.com;

JÉSSICA FERREIRA SILVA Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Goiás; Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás; Doutoranda em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás; E-mail para contato: jessicaferreira.agronoma@gmail.com

JOÃO ALBANY COSTA Possui graduação em Estatística pela Escola Superior de Estatística da Bahia (1982) e graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Bahia (1976). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Experimentação.

JOAO PAULO DE MORAIS OLIVEIRA Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Goiás; Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual de Goiás; Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo; E-mail para contato: joaopaulo.ueg@gmail.com

JOAQUIM MARTINS DE SOUSA FILHO Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI); Mestrando em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI); Grupo de Pesquisa: Fisiologia Vegetal e Tecnologia Pós-colheita.

JONAS SOUSA SANTANA Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI); Grupo de Pesquisa: Fisiologia Vegetal e Tecnologia Pós-colheita.

JOSÉ ALVES PESSOA NETO Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI); Mestrado em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI); Grupo de Pesquisa: Fisiologia Vegetal e Tecnologia Pós-colheita.

JOSÉ FERNANDES DE MELO FILHO Professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Cruz das Almas-Ba da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Graduação pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Bolsista Produtividade em Pesquisa.

JOSÉ VALMIR FEITOSA Possui graduação em Estatística pela Universidade Federal do Ceará; Mestre em Zootecnia (Produção Animal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Doutorado em Zootecnia (Produção Animal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2003). Atualmente é Professor Adjunto IV da Universidade Federal do Cariri e exercer a função de Coordenador do Curso de Agronomia desta Universidade. Atuando principalmente nos temas: Experimentação Agrícola e Estatística Básica no Curso de Agronomia.

JUAN RICARDO ROCHA Possui graduação em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (2016). Atualmente é mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo. Linhas de pesquisa: Ciência do Solo e Produção vegetal.

JUCIER MAGSON DE SOUZA E SILVA Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Mestrado em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; E-mail para contato: jucier.magson@gmail.com

JULIANA GUIMARÃES GEROLA Graduação em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (2016).

KAMILA CABRAL MIELKE Graduação em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, Brasil (2016)

KARINA PATRÍCIA VIEIRA DA CUNHA Professora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Pós Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Grupo de pesquisa: ESTUDOS SOBRE POLUIÇÃO AMBIENTAL (EPA)/CNPq; E-mail para contato: cunhakpv@yahoo.com.br

KÁTIA LUCIENE MALTONI Prof. Adjunto, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Depto Fitossanidade, Eng. Rural e Solos, Ilha Solteira - SP

KELLIAN KENJI GONZAGA DA SILVA MIZOBATA Bióloga, MS em Agronomia, pela UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira - SP

LEANDRO CECÍLIO MATTE Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal da Grande Dourados (2008). Mestre em Produção Animal pela Universidade Camilo Castelo Branco. Atualmente é professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia. Atua no Curso Técnico em Agropecuária e no Curso Superior de Engenharia Agrônômica, ministrando as disciplinas voltadas a fertilidade dos solos e nutrição de plantas.

LEANDRO HAHN Pesquisador em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI (Estação Experimental Caçador). Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (2013). Mestre em Agroecossistemas (2004) e Engenheiro Agrônomo (2002) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Coordenador de Curso de Agronomia, Pesquisador e Professor da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (Uniarp). Tem experiência nas áreas de Fertilidade do Solo, Nutrição Mineral de Plantas, Biologia do Solo, Microbiologia Agrícola e do Ambiente, Experimentação Agrícola.

LEANDRO MARIANO DA SILVA Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Goiás; E-mail para contato: leandro.agroueg@outlook.com

LETÍCIA DA SILVA MENEZES Graduanda em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia; Atua como bolsista de Iniciação Científica

LILIANE DOS SANTOS SARDEIRO Graduanda em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia - UNEB; Grupo de pesquisa: Grupo de Estudos Educação e sustentabilidade Alimentar - GEESA; Solos e Meio Ambiente - SOMA. E-mail para contato: lilianesardeiro@outlook.com.br

LILIANE MENDES GONÇALVES Técnica em química; Laboratório de Solos e Forragens; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás; Goiânia GO

LUAN HENRIQUE BARBOSA DE ARAÚJO Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Mestrado em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Doutorando em Ciências Florestais pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; E-mail para contato: araujo.lhb@gmail.com

LUCAS ESPÍNDOLA ROSA Geógrafo, Especialista em Gestão e Planejamento Ambiental, Mestre em Geografia e Doutorando em Geografia, ambos pela UFG. Atua como Técnico em Mineração no Laboratório de Geomorfologia, Pedologia, e Geografia Física - LABOGEF/IESA/UFG. Tem experiência em atividades de avaliação de impactos ambientais, cartografia. E-mail para contato: lukasespindola@gmail.com

LÚCIA HELENA CUNHA DOS ANJOS Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1980), mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1985), doutorado em Agronomy - Soil Science - Purdue University (1991) e Pós-Doutorado em 1997 na mesma instituição. Atualmente é professora titular da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no Departamento de Solos. É membro do Comitê Nacional para validação e aperfeiçoamento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. É bolsista da FAPERJ - Edital Cientista do Nosso Estado, desde 2003, e Bolsista do CNPq - Produtividade em Pesquisa. Foi Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo, da UFRRJ, no período de 2000-2006. As atividades na Pós-graduação, de âmbito interinstitucional, incluem: membro da Comissão da CAPES de Avaliação de Programas de Pós-graduação na área de Ciências Agrárias até 2012; vice-coordenadora de projeto PROCAD-NF, representando programa consolidado, com curso de pós-graduação da universidade do Acre (UFAC), até 2011, e coordenadora de programa CAPG-BA com a Universidade Nacional de Rio Cuarto (UNRC), a partir de 2011. Coordenadora de 2009 a 2016 do Programa de Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária - PPGCTIA, Centros - Associados UFRRJ / UNRC, Argentina (PG Binacional) e Vice-coord. até março de 2017, e professora visitante no PPGCTIA-UNRC. É membro do Grupo de Trabalho da IUSS (Internacional Union of Soil Science) para elaboração de Sistema Universal de Classificação de Solos (USC) e, a partir de abril 2013, do Grupo de trabalho do WRB (IUSS/FAO) para desenvolvimento da terceira edição do World Reference Base for Soil Resources (WRB). Diretora da Divisão I da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) - Solo no Espaço e no Tempo, a partir de 2011 com mandato até 2018. Pro-reitora Adjunta de Pesquisa e Pós-graduação da UFRRJ, a partir de março de 2017. Comitê Científico para organização do 21th World Congress of Soil Science (IUSS/SBCS), a ser realizado no Rio de Janeiro em Agosto de 2018.

LUDMILA GOMES FERREIRA Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Grupo de

pesquisa: Manejo e conservação de solos; Bolsista Produtividade em Pesquisa pela Fundação Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico; E-mail para contato: ludmila.gf@gmail.com

LUÍS FELIPE SOARES CHEREM Graduação em Geografia (2006), Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (2008) ambos pela UFMG e Doutor em Evolução Crustal e Recursos Naturais pela UFOP (2012). Atualmente é conselheiro da União da Geomorfologia Brasileira – UGB e Professor Adjunto II da UFG. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: indicadores ambientais, geomorfologia fluvial, gestão ambiental, atlas cartográfico e processamento de imagens.

LUIZ RODRIGUES FREIRE Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1967), Mestrado em Manejo y Fertilidad de Suelos - Facultad de Agronomia Universidad Catolica de Chile (1971) e Doutorado em Agronomia, área de concentração Ciência do Solo, UFRRJ (2015). Aposentou-se no cargo de Professor Titular da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em agosto de 2015. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agronomia, atuando principalmente nos seguintes temas: adubação verde, biota do solo, nutrição de plantas, adubação e calagem e utilização de resíduos em áreas agrícolas.

MANOEL RAMOS DE MENEZES SOBRINHO Possui diploma de Técnico em Zootecnia pelo Instituto Federal Goiano - Campus Ceres (2009). Graduou-se em Agronomia no ano de 2015 pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde foi monitor da disciplina de fertilidade do solo. Atualmente é técnico agrícola na Companhia Nacional do Abastecimento (Conab) atuando com pesquisa e avaliações de safras.

MARCELINO SILVA FARIAS FILHO Professor e chefe do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão, doutor em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista - UNESP, mestre em Agroecologia e licenciado em Geografia pela Universidade Estadual do Maranhão, bacharel em Geografia e licenciado em História pela Universidade Federal do Maranhão. É líder do Grupo de Estudos e Pesquisa em Edafologia e Pedologia - GEPEPE e tem experiência em Cartografia e estudos dos solos, com ênfase em variabilidade dos atributos e classes dos solos e sua conservação.

MARCELO BARCELO GOMES Foi docente e coordenador do curso de Agronomia das Faculdades Unidas do Vale do Araguaia. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás *Campus* Jataí. Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás *Campus* Jataí. Atualmente é doutorando em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso *Campus* Cuiabá. E-mail para contato: marcelobg.mlv@gmail.com

MÁRCIO GLEYBSON DA SILVA BEZERRA Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Mestrado em Produção Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Grupo de Estudos em Solos (GESOLO) e Forragens (GEFOR); Email: marcio_gleybson@hotmail.com;

MARCO AURÉLIO PESSOA DE SOUZA Professor Assistente I; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás; Goiânia GO. Autor correspondente.

MARCOS BACK Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Paraná (1983), mestrado em Geografia com ênfase em Uso e Conservação de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001), Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina (2015). Atualmente é professor titular da Universidade do Extremo Sul Catarinense. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: manejo e conservação de solos, física do solo, reabilitação de áreas degradadas e hidrologia.

MARCOS GERVASIO PEREIRA É Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), concluiu o doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) nesta Instituição em 1996. Atualmente é professor Titular do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Foi chefe do Departamento de Solos, no período de 2000 a 2001. De abril de 2009 até outubro de 2013 foi Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo (CPGA-CS) da UFRRJ. A partir de outubro de 2013 passa a ser Coordenador Substituto do CPGA-CS. É orientador do Curso de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, na UFRRJ. Bolsista de Produtividade 1 C do CNPq e Cientista do Nosso Estado pela FAPERJ. Membro da Comissão da CAPES de Avaliação de Programas de Pós-graduação na área de Ciências Agrárias a partir de 2013. Publicou 337 artigos em periódicos especializados e 520 trabalhos em anais de eventos. Participou em 63 eventos no Brasil. Recebeu 41 prêmios e/ou títulos. Atua na orientação de monografias, trabalhos de conclusão de curso, bolsistas de iniciação científica, dissertações de mestrado, teses de doutorado e supervisão de pós-doutorados nas áreas de Agronomia, Recursos florestais e Engenharia Florestal, Botânica e Ecologia. Recebeu 36 prêmios e/ou homenagens. No período de agosto de 2013 a agosto de 2015 foi 2 Vice-Diretor da Regional Leste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Vice Diretor da Divisão 3 - Uso e Manejo do Solo, da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, participando ainda da Comissão de Planejamento do Uso da Terra desta Divisão, da qual foi Vice-coordenador. Foi membro titular da Comissão de História, Epistemologia e Sociologia da Ciência da Divisão 4 - Solo, Ambiente e Sociedade (SBSCS). A partir de agosto de 2015 passou a ser Diretor da Regional Leste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e Vice-Coordenador da Comissão 3.3 - Manejo e Conservação do Solo e da Água.

Coordena e participa de projetos de pesquisa relacionados a pedologia, ciclagem de nutrientes e uso e manejo do solo nos Biomas, Caatinga, Floresta Atlântica, Cerrado, Pantanal, Amazônico e Pampa.

MARIA MAGALI MOTA DOS SANTOS Possui curso Técnico em Magistério pela Escola Estadual de Itaberaba. Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Foi Bolsista do Programa de Educação Tutorial PET/MEC Agronomia UFRB de 2013 a 2016. Desenvolve pesquisa junto ao Grupo Manejo e Qualidade do Solo. Atualmente é Mestranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Núcleo de Engenharia de Água e Solo na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

MARIA VICTÓRIA FERREIRA RIBEIRO Estudante do Curso de Zootecnia; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO.

MARIA VITÓRIA SERAFIM DA SILVA Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Mestrado em Produção Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Grupo de Pesquisa em Conservação de Forragens e Cactáceas; Email: mariavitoriazoo@hotmail.com;

MAXIMILIANO BAYER Geólogo - Universidad Nacional de San Luis- Argentina, (1994). Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (2002) como Bolsista Capes (Convenio PEC-PG, para alunos estrangeiros). Doutor em Ciências Ambientais CIAMB-UFG (2010) (Bolsista CNPq). Professor Adjunto IESA-UFG. Pesquisador do Laboratório de Geomorfologia, Geografia Física e Solos (LABOGEF-UFG). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia Ambiental, Geomorfologia e Recursos Hídricos, atuando principalmente nos seguintes temas: geomorfologia fluvial, recursos hídricos e planejamento ambiental. E-mail para contato: maxibayer@yahoo.com.ar

MAYARA MAGGI Eng. Agrônomo, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira - SP

MILTON PARRON PADOVAN Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, na área de Agroecologia, e professor efetivo no Mestrado em Biologia Geral (ênfase em Bioprospecção) e Mestrado em Agronegócios e Desenvolvimento, ambos da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Graduado em Biologia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (1995), Doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2002) e Pós-Doutorado em Agroecologia, com ênfase em Sistemas Agroflorestais, pela Universidade Federal de Viçosa.

NICALI BLEYER FERREIRA DOS SANTOS Graduação em Geografia (Bacharelado e Licenciatura) pela Universidade de Brasília (2002), mestrado em Geografia pela Universidade de Brasília (2005), com ênfase em Planejamento Ambiental e

Territorial e doutorado multidisciplinar em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás (2010). Atua como docente na Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC - GO e assessora da Pró-reitora de Extensão da mesma universidade. E-mail para contato: nicalibleyer@hotmail.com

OCLIZIO MEDEIROS DAS CHAGAS SILVA Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2016). Título de Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal do Pará (2010). Foi membro do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão (CEPE) e do Diretório Central dos Estudantes (DCE) da UFRRJ e do Núcleo Interdisciplinar de Extensão entre 2012 e 2013. Foi monitor da disciplina de Fertilidade do Solo entre 2015 e 2016, atuando com recomendação de calagem e de fertilizantes. Atualmente cursa Pós-Graduação em nível de mestrado em Ciências Florestais na UFLA, desenvolvendo pesquisas com dosagem de adubos fosfatados para espécies pioneiras e utilização da palha de café como substrato para produção de mudas de espécies florestais

OSVALDO FERNANDES JÚNIOR Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Departamento de Ciências Humanas – Campus IX (DCH – IX) (2015); Atuou como Bolsista de Iniciação Científica pelo programa PICIN/UNEB.

PAULA FERNANDA CHAVES SOARES Doutorado em Agronomia - Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Seropédica, Brasil; Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Seropédica, Brasil; Especialização em Engenharia Ambiental pela Universidade Iguazu, UNIG, Nova Iguaçu, Brasil; Pós-Doutorado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Seropédica, Brasil; Bolsista do(a): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PAULO ROBERTO DE SOUSA JUNIOR Graduação em engenharia agrônoma pela Universidade de São Paulo ESALQ/USP; Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual Paulista FCAV/UNESP

PRISCILA LIRA DE MEDEIROS Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN; Mestranda em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN; E-mail para contato: lira.priscila@hotmail.com

RAFAEL GOULART MACHADO Engenheiro Agrônomo, graduado em 2008 na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre e Doutor em Ciência do Solo, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2015). Desde 2013 é extensionista rural na empresa oficial de extensão rural do estado do Rio Grande do Sul, EMATER-RS/ASCAR, lotado no município de Coxilha-RS. Foi professor do curso de Agronomia do Instituto de Desenvolvimento Educacional de Passo Fundo por três semestres, ministrando as disciplinas de Experimentação Agrícola e Manejo da Fertilidade do Solo, Adubos e

Corretivos. Revisor das revistas científicas Revista Ciência Rural (UFMS), Engenharia na Agricultura (UFV-MG) e International Journal of Agriculture and Biological Sciences. Tem experiência em Ciência do Solo e Extensão Rural, tendo desenvolvido estudos científicos e atividades de divulgação de tecnologias relacionadas aos temas: Manejo e Fertilidade do Solo; Conservação do Solo e da Água; Ciclo Biogeoquímico do Nitrogênio no Solo; Fixação Biológica do Nitrogênio; Rizobactérias promotoras de crescimento de pastagens.

RAQUEL ALMEIDA CARDOSO DA HORA Engenheira agrônoma pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Desenvolveu trabalhos na área de nutrição mineral de plantas, no grupo de pesquisa Manejo de Nutrientes no Solo e em Plantas Cultivadas - UFRB. Desenvolveu trabalhos no laboratório de Cultura de Tecidos da EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura. Atuou também como voluntária do PET AGRONOMIA UFRB, grupo que desenvolve diversas atividades, voltadas a linha do ensino, pesquisa e extensão. Também desenvolveu trabalhos na área de solos no laboratório de Manejo e qualidade do Solo - UFRB e atualmente é mestranda do programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará.

RÉGIS SANTOS BRAZ Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba; Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Ceará; Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Ceará

RENATO MOLINA DA SILVA JUNIOR Graduação em engenharia agrônômica pelo Centro Universitário de Rio Preto UNIRP;

RICARDO LUÍS LOURO BERBARA Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ-1983), MSc Ciências do Solo pela UFRRJ (1989) e PhD em Biologia do Solo - University of Dundee, Escócia (1995). Pesquisador CNPq e CNE Faperj. Coordena projetos internacionais junto ao Inter-American Institute for Global Change Research - National Science Foundation (Grant GEO-04523250); CAPES-MES (Cuba); PVE Universidad de Navarra - Espanha (CsemF) e Programa ALFA da Comunidade Européia.. É professor Titular da UFRRJ e participa dos cursos de Pós-Graduação em Ciência do Solo e Biotecnologia, ambos da UFRRJ. Atualmente é Reitor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ROBISON YUZO ONO Graduado em Biotecnologia pela Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Mato Grosso do Sul. Realizou estágio obrigatório e extracurricular na Embrapa Agropecuária Oeste. Tem experiência na área de Bioinformática e Microbiologia, com ênfase em Microbiologia de Solo, atuando principalmente com microrganismos relacionados com a fixação biológica de nitrogênio e a produção de inoculantes, sob a orientação do pesquisador Dr. Fábio Martins Mercante.

RODRIGO MERIGHI BEGA possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade de São Paulo (1998), mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical pelo Instituto Agrônomo de Campinas (2003) e doutorado em Agronomia pela

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2014) além de especialização em Gestão em Agronegócios pela Universidade Federal de Viçosa (2004). Atualmente é professor do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto. Tem experiência na área de Agronomia atuando principalmente nos seguintes temas: produção vegetal, erosão, gestão de resíduos, gestão ambiental e produção sucroalcooleira.

RUANA ÍRIS FERNANDEZ CRUZ Graduanda em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Cariri. Atualmente atua como Agente Censitária Municipal (ACM) no Censo Agropecuário 2017 pelo IBGE. Foi membro do time ENACTUS UFCA, onde atuou no projeto Balaio Verde, vencedora nesta gestão do Prêmio We all Win 2016. Contato: e-mail - ruanairis@gmail.com

SEBASTIÃO CAVALCANTE DE SOUSA Doutorado em Desenvolvimento e meio ambiente (PRODEMA-UFC); Mestrado em Agronomia (Ciências do solo e nutrição de plantas) pela Universidade Federal do Ceará (2003). Professor Adjunto da Universidade Federal do Cariri - Campus Crato. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Gênese, Morfologia e Classificação dos Solos. Possui experiência em intercâmbio tecnológico internacional com Cabo Verde - África. Atualmente executa trabalhos em desenvolvimento e meio ambiente.

SELMA SIMÕES DE CASTRO: Graduada e Licenciada em Geografia pela USP (1971), Mestre em Geografia Física pela USP (1979), Doutora em Ciências / Geografia Física pela USP (1990), pós-doutorado em ciência do solo no INRA-Rennes (França) (1991). Professora da USP - Geografia (1975-1997) (Pedologia, Análise de Solos, Solos Tropicais, Geografia Física e Orientação à Pesquisa na graduação e Pós-graduação, Micromorfologia de Solos). Professora titular em Geografia Física e Solos (desde 1997) da UFG - Universidade Federal de Goiás, em Geografia (Mestrado e Doutorado) e em Ciências Ambientais (Doutorado Multidisciplinar) em disciplinas relacionadas a Solos e Impactos Ambientais, Solos e Meio Ambiente, Pedogênese x Morfogênese, Micromorfologia de solos. E-mail para contato: selma@iesa.ufg.br

SIMONE DA SILVA GOMES Possui Graduação em Agroecologia pela Universidade estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS); Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e Doutoranda em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita (UNESP), bolsista CAPES e Integrante do Grupo de Pesquisa de Caracterização do Solo para Fins de manejo específico (CSME). Email: simone.sgomes@hotmail.com.br

SIMONE RODRIGUES MIRANDA CAMARA Discente em Engenharia Agrônômica das Faculdades Unidas do Vale do Araguaia (UNIVAR). E-mail para contato: simonecamara.agro@bol.com.br

TADEU CAVALCANTE REIS Professor da Universidade do Estado da Bahia; Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal da Bahia; Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP; Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP; Grupo de pesquisa: Desenvolvimento Agroambiental; E-mail para contato: tadeu.creis@hotmail.com

TATIANA CRUZ AMARAL Graduação em Agronomia - Universidade Federal de Goiás; Mestrado em Agronomia - Universidade de Brasília.

THIAGO HENRIQUE FERREIRA MATOS CASTAÑÓN Graduação em Agronomia pela Universidade do Estado de Mato Grosso; Mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal do Ceará; Doutorando em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso; Grupo de pesquisa: Grupo de Práticas em Água e Solo (GPAS).

VERÔNICA ALVES VIEIRA Estudante do Curso de Zootecnia; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO.

VINÍCIUS SANTANA MOTA Estudante do Curso de Zootecnia; Escola de Ciências Agrárias e Biológicas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO.

WEBER PAZETO DOS SANTOS Engenheiro Agrônomo, gestor de operações agrícolas com ênfase em colheita mecanizada (USINA RAÍZEN). Graduação em Agronomia pelo Centro Universitário de Rio Preto. Grupo de pesquisa: GEPEA. E-mail para contato: weberpazetto@hotmail.com

WESLEI DOS SANTOS CUNHA Graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Departamento de Ciências Humanas – Campus IX (DCH – IX); Membro do Grupo de Pesquisa: Desenvolvimento Agroambiental, atuando na Linha de Solos e Nutrição de Plantas; Estagiário na Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia (ADAB); E-mail para contato: wsc.agronomo@gmail.com

WILLIAN DE MESQUITA MENDES Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT; Mestrado em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso; E-mail para contato: willianmendes.mesquita@gmail.com

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-93243-65-3



9 788593 243653