

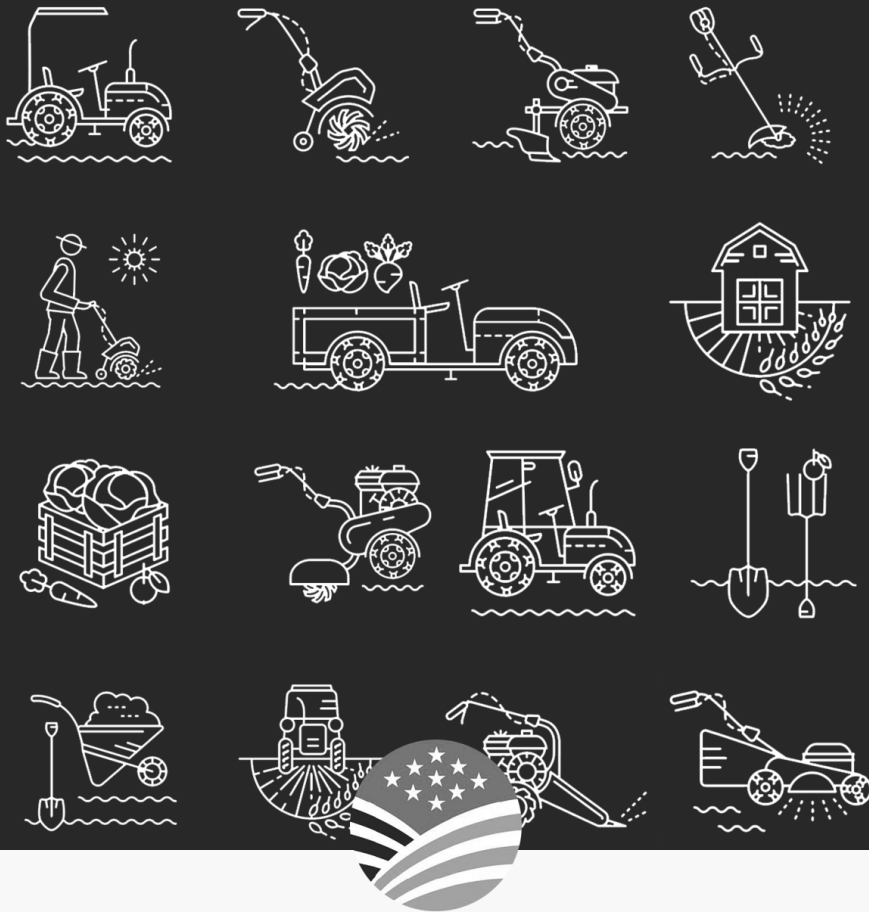


AGRICULTURA, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEGURANÇA ALIMENTAR

Anais do VI Simpósio ABC (Argentina-Brasil-Cuba)

Everaldo Zonta | Marcos Gervasio Pereira
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2023



AGRICULTURA, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEGURANÇA ALIMENTAR

Anais do VI Simpósio ABC (Argentina-Brasil-Cuba)

Everaldo Zonta | Marcos Gervasio Pereira
(ORGANIZADORES)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

**Agricultura, Mudanças Climáticas e Segurança Alimentar
Anais do VI Simpósio ABC (Argentina-Brasil-Cuba)**

Diagramação: Nataly Evilin Gayde
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Everaldo Zonta
Marcos Gervasio Pereira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A532 Agricultura, Mudanças Climáticas e Segurança Alimentar -
Anais do VI Simpósio ABC (Argentina-Brasil-Cuba) /
Organizadores Everaldo Zonta, Marcos Gervasio
Pereira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-1957-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.570231710>

1. Agricultura. 2. Clima. 3. Segurança alimentar. I.
Zonta, Everaldo (Organizador). II. Pereira, Marcos Gervasio
(Organizador). III. Título.

CDD 338.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

VI SIMPÓSIO ABC: ARGENTINA-BRASIL-CUBA

“Agricultura, Mudanças Climáticas e Segurança Alimentar”

ANAIS DE RESUMOS EXPANDIDOS

Coordenadores:

Prof. Dr. Everaldo Zonta

Prof. Dr. Marcos Gervasio Pereira

Comissão organizadora:

Andrés Calderín Garcia - Professor Associado e pesquisador do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Everaldo Zonta - Professor Titular e pesquisador do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Marcos Gervasio Pereira - Professor Titular e pesquisador do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho - Professor Titular e pesquisador do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Edição e organização dos anais:

Cristiane Figueira da Silva

Marcos Gervasio Pereira

Maura Santos Reis de Andrade da Silva

Priscila Silva Matos

Sandra Santana de Lima

Rodrigo Camara de Souza

Comissão científica (Revisores dos resumos expandidos):

Andrés Calderín Garcia

Cristiane Figueira da Silva

Camila da Costa Barros de Souza

Erica Souto Abreu Lima

Farley Alexandre da Fonseca Breda

Juliano Bahiense Stafanato

Marcos Gervasio Pereira

Maura Santos Reis de Andrade da Silva

Priscila Silva Matos

Sandra Santana de Lima

Rodrigo Camara de Souza

VI Simpósio ABC: Argentina-Brasil-Cuba

6 a 9 de dezembro de 2022

- Seropédica, Rio de Janeiro – Brasil

O Simpósio ABC (Argentina-Brasil-Cuba), é fruto de uma parceria que surgiu ao longo do convívio e troca de experiências entre docentes e discentes do Programa de Pós- Graduação em Agronomia – Ciência do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Escola para Graduados da Faculdade de Agronomia da Universidade de Buenos Aires (FAUBA) e das Universidade Agrária de Havana (UNAH-Cuba) e a Universidade de Havana (UH) e o Instituto de Ecologia e Sistemática de Cuba (IES-Cuba).

A primeira versão do evento foi realizada em 2016, sendo que este tem sido realizado anualmente pelo Departamento de Solos da UFRRJ, com apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da mesma Instituição. A cada ano são abordados diferentes temas, através de palestras ministradas por pesquisadores e professores dos diferentes países além da apresentação de trabalhos científicos desenvolvidos pelos alunos de graduação e pós-graduação da UFRRJ e de outras instituições. O evento contribui para o fortalecimento das linhas de pesquisas vigentes do Programa de Pós-Graduação e criação de novas.

O evento foi realizado no período de 6 a 9 de dezembro de 2022 com o tema: Agricultura, Mudanças Climáticas e Segurança Alimentar, tendo sido apresentadas 8 palestras e 60 trabalhos nas modalidades pôster e oral.

Esperamos que o Simpósio mantenha a sua continuidade contribuindo dessa forma, para a geração e resgate de conhecimentos e troca de experiências entre pesquisadores e instituições argentinas, brasileiras e cubanas, de modo a fortalecer os sistemas sustentáveis de produção.

Os editores

CAPÍTULO 1 1**INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NA DUREZA DO ORGANOMINERAL GRANULADO**

Andreia Laurindo de Almeida Gomes


Juliana Itaborahy da Costa

Milene Ramos

Ricardo de Castro Dias

Dieini Melissa Teles dos Santos

Everaldo Zonta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5702317101>**CAPÍTULO 2 8****AVALIAÇÃO DA DUREZA DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PRODUZIDOS A PARTIR CASCALHO DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO E TORTA DE MAMONA**

Andreia Laurindo de Almeida Gomes

Milene Ramos

Juliana Itaborahy da Costa

Dieini Melissa Teles dos Santos

Everaldo Zonta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5702317102>**CAPÍTULO 3 15****ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL EÁREA DE REGENERAÇÃO FLORESTAL EM SEROPÉDICA, RJ**

Aurea Pinto dos Ramos


Igor de Sousa Morais

Clara Fontes Oliveira Azevedo

Anelise Dias

Sandra Santana de Lima

Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5702317103>**CAPÍTULO 4 21****DESENVOLVIMENTO E ACÚMULO DE SÓDIO EM PLANTAS DE *Atriplex nummularia* CULTIVADAS EM SOLO COM CASCALHO DE PERFURAÇÃO DE POÇOS TERRESTRES**

Andressa Gonçalves Gomes

Rafael Gomes da Mota Gonçalves


Maura Santos Reis de Andrade da Silva

Daniel de Paula Andrade

Arthur Linhares Basilio


Juliano Bahiense Stafanato

Everaldo Zonta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5702317104>


CAPÍTULO 527**ESTOQUE E QUALIDADE NUTRICIONAL DA SERAPILHEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL NA MATA ATLÂNTICA**

Aurea Pinto dos Ramos
Wilbert Valkinir Cabreira
Thassiany de Castro Alves
Gilsonley Lopes dos Santos
Anelise Dias
Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5702317105>


CAPÍTULO 633**TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM BIOCARVÕES COMERCIAIS**

Ayhessa Cristina Santos de Lima
Danielle França de Oliveira Torchia
Kimberly Christina Marques da Silva
Franciele de Souza Rocha
Tadeu Augusto van Tol de Castro
Andrés Calderín García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5702317106>


CAPÍTULO 740**MODELAGEM HIPSOMÉTRICA MISTA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Bruno Fonseca Martins
Karla Lima Ribeiro
Julia Martins Dias de Oliveira
Danilo Henrique dos Santos Ataíde
Marco Antonio Monte
Emanuel José Gomes de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5702317107>

CAPÍTULO 847**ATRIBUTOS QUÍMICOS EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA SUBMETIDA À DIFERENTES INTENSIDADES DE USO AGRÍCOLA**


Caio Simões dos Santos Nicolau
Carlos Wagner Ribeiro Junqueira
Hugo de Souza Fagundes
Gilsonley Lopes dos Santos
Tiago Paula da Silva
Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5702317108>

CAPÍTULO 953

TEORES DE FÓSFORO OBTIDOS COM DIFERENTES EXTRATORES EM
UMA TOPOSSEQUÊNCIA NA BAIXADA
FLUMINENSE - RJ


Carlos Wagner Ribeiro Junqueira
Caio Simões dos Santos Nicolau
Otavio Augusto Queiroz dos Santos
Nivaldo Schultz
Tiago Paula da Silva
Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5702317109>

CAPÍTULO 10.....60

RESISTÊNCIA DO ORGANOMINERAL PELETIZADO EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES FONTES DE AGLUTINANTES

Dieini Melissa Teles dos Santos
Juliana Itaborahy da Costa
Milene Ramos
Andreia Laurindo de Almeida Gomes
Ricardo de Castro Dias
Everaldo Zonta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171010>

CAPÍTULO 1167

RESISTÊNCIA MECÂNICA DO ORGANOMINERAL PASTILHADO EM FUNÇÃO
DO NÍVEL DE COMPACTAÇÃO


Dieini Melissa Teles Dos Santos
Juliana Itaborahy Da Costa
Milene Ramos
Andreia Laurindo De Almeida Gomes
Guilherme Oliveira Do Carmo
Everaldo Zonta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171011>

CAPÍTULO 12.....74

APROVEITAMENTO DE FÓSFORO POR HÍBRIDO *zea mays* EM ROCHAS
FOSFÁTICAS SEDIMENTARES COM O TRATAMENTO DEMICROORGANISMOS

Emanuelly Ribeiro dos Santos
Luc Felicianus Marie Rouws

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171012>

CAPÍTULO 13.....79**SELEÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS HALOTOLERANTES E HALOFÍLICAS COM POTENCIAL DE SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATO**

Érico Atilio de Paiva Teles

Júlia Ferreira Xavier

João Vitor da Silva Gonçalves

Fernanda Seixas Arcenio

Everaldo Zonta

Irene da Silva Coelho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171013>**CAPÍTULO 14.....86****ADSORÇÃO DE FIPRONIL E FIPRONILSULFONA EM NANOTUBOS DE CARBONO**

Felippo B. Lima

Thales das C. Vieira

Neubi F. Xavier Junior

Glauco F. Bauerfeldt

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171014>**CAPÍTULO 15.....92****EFEITO DA ADIÇÃO DE BIOCARVÃO NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DA CAMA DE FRANGO**

Fernando José Pereira Ferreira


Luciana Mendes do Espírito Santo

Carlos Antônio dos Santos

Farley Alexandre da Fonseca Breda

Camila da Costa Barros de Souza


Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171015>**CAPÍTULO 16.....99****DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM SOLO ARENOSO PARA A CULTURA DO MILHO EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA A REGIÃO DE BALSAS - MA**

Fernando José Pereira Ferreira

Julio Cesar Francisco Ferreira de Araújo Junior


Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171016>

CAPÍTULO 17..... 106

APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO (DRES)
EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ARGILOSO NA REGIÃO DE
CACHOEIRAS MACACU-RJ


Flávio Lessa Machado
Guilherme Kangussu Donagemma
Róberson Machado Pimentel
Josiane da Silva Torres Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171017>

CAPÍTULO 18.....112

ANÁLISE ESPECTRAL POR FTIR E ANÁLISE QUIMIOMÉTRICA DE
BIOCARVÕES COMERCIAIS


Franciele de Souza Rocha
Danielle França de Oliveira Torchia
Kimberly Christina Marques da Silva
Ayhessa Cristina Santos de Lima
Tadeu Augusto Van Tol de Castro
Andrés Calderín García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171018>

CAPÍTULO 19.....118

AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE MATA E PASTAGEM EXTENSIVA DA REGIÃO
SERRANA DO RIO DE JANEIRO PARA A DETERMINAÇÃO DE VALORES
ORIENTADORES


Gabriela da Rocha Saldanha
Rayana da Rocha Sarmento
Julio Cesar Francisco Ferreira de Araujo Junior
Farley Alexandre da Fonseca Breda
Erica Souto Abreu Lima
Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171019>

CAPÍTULO 20 125

UTILIZAÇÃO DA AVEIA PRETA COMO PLANTA DE COBERTURA EFICIENTE
PARA AUMENTAR A QUALIDADE DO SOLO

Guilherme Oliveira do Carmo
Dérique Biassi
Maura Santos Reis de Andrade da Silva
Thassiany de Castro Alves
Priscila Silva Matos
Everaldo Zonta


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171020>

CAPÍTULO 21..... 132**CARACTERIZAÇÃO ESPECTROSCÓPICA DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS FOSFATADOS À BASE DE BIOCÁRVÃO**

Hellen Fernanda Oliveira da Silva

Danielle França de Oliveira Torchia


Andrés Calderín García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171021>**CAPÍTULO 22 139****CONTRIBUIÇÕES DA QUÍMICA TEÓRICA PARA A PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE FERTILIZANTES NITROGENADOS**

Henrique Cury Boaro

Neubi Francisco Xavier Junior

Glauco Favilla Bauerfeldt


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171022>**CAPÍTULO 23 145****FRACIONAMENTO GRANULOMÉTRICO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM TOPOSSEQUÊNCIA EM ÁREA DE VITICULTURA NO MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL – RJ**

Hugo Assis Gama

Otavio Augusto Queiroz dos Santos

Tiago Paula da Silva

Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171023>**CAPÍTULO 24 150****AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E FÍSICOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO**

Hugo Assis Gama


Otavio Augusto Queiroz dos Santos

Mickaelly Lucas Gera da Silva

Arthur Linhares Basilio

Everaldo Zonta

Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171024>**CAPÍTULO 25 156****VARIAÇÃO TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM ÁREAS DE SISTEMA PLANTIO DIRETO APÓS QUEIMA NO BIOMA CERRADO, MINAS GERAIS**


Igor de Sousa Moraes

Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto

Robert Ferreira


José Luiz Rodrigues Torres

Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171025>


CAPÍTULO 26 163**PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO COM DIFERENTES TIPOS DE PREPARO DO SOLO**

Eduardo Albano Gomes de Abreu
Thassiany de Castro Alves
Raphael Fontes Machado Ferreira
Jhulia Kathelen Carvalho de Oliveira dos Santos
Everaldo Zonta
Nivaldo Schultz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171026>


CAPÍTULO 27 169**EFEITOS DA APLICAÇÃO DE BIOCARVÕES NA EMISSÃO DA FLUORESCÊNCIA TRANSIENTE DA CLOROFILA α EM PLANTAS DE ARROZ *Oryza sativa* L.**

Danielle França de Oliveira Torchia
Tadeu Augusto Van Tol de Castro
Camila da Costa Barros de Souza
Kimberly Christina Marques da Silva
Everaldo Zonta
Andrés Calderín García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171027>


CAPÍTULO 28 175**ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DA BUVA (*Conyza* spp.) COM APLICAÇÃO DE HERBICIDAS**

James Matheus Ossacz Laconski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171028>


CAPÍTULO 29 181**PLANTIO DIRETO DE ABÓBORA EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO**

Jander Barbosa da Silva Júnior
Felipe Castro da Silva
Camilla Santos Reis de Andrade da Silva
Jhonatan Marins Goulart
José Guilherme Marinho Guerra
Ednaldo da Silva Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171029>

CAPÍTULO 30 187**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE TOMATE DO TIPO *GRAPE* SUBMETIDOS A ADUBAÇÃO COM FONTES ALTERNATIVAS**

Jéssica Franciele Kaminski Ramos
Gabriel Carlos Francisco
João Augusto Dourado Loiola
Taila Leticia Antunes de Oliveira
Marcos Constantin Marostica
Augusto Vaguetti Luchese

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171030>

CAPÍTULO 31..... 193

APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS ASSOCIADOS A MICRONUTRIENTES NO ACÚMULO DE MANGANÊS, FERRO E COBRE PARA A CULTURA DO MILHO

Jéssica Franciele Kaminski Ramos

João Augusto Dourado Loiola

Gabriel Carlos Francisco

Ricardo de Castro Dias

Everaldo Zonta

Vinicius de Melo Benites

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171031>

CAPÍTULO 32 199

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO SOBRE O CARBONO ORGÂNICO EM SOLOS FRÁGEIS

Jhulia Kathelen Carvalho de Oliveira dos Santos


Thassiany de Castro Alves

Tiago Paula da Silva

Mateus Belarmino da Silva

Marcos Gervasio Pereira

Everaldo Zonta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171032>

CAPÍTULO 33205

FRAÇÕES ORGÂNICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE CAMBISSOLOS DO PARQUE NACIONAL DE ITATIAIA

João Pedro Coumendouros Scott


Luciele Hilda da Silva Miranda

Melania Merlo Ziviani

Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto

Marcos Gervasio Pereira

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171033>

CAPÍTULO 34 212

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES FOSFATADOS MULTINUTRIENTES PRODUZIDOS A PARTIR DE ROCHA FOSFÁTICA DE PRATÁPOLIS

João Augusto Dourado Loiola

Vinicius de Melo Benites


Gabriel Carlos Francisco

Jéssica Franciele Kaminski Ramos

Ricardo de Castro Dias

Everaldo Zonta

Paulo César Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171034>

CAPÍTULO 35220

VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA (NH₃) NAS EXCRETAS DE BOVINOS SOB DIFERENTES TIPOS DE DIETA AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO


João Guedes Borré
Israel Oliveira Ramalho
Bruno Grossi Costa Homem
Bruno José Rodrigues Alves
Robert Michael Boddey
Segundo Urquiaga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171035>

CAPÍTULO 36226

PROJEÇÃO DA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE CARBONO ATÉ 2050 DA INDÚSTRIA CIMENTEIRA NO BRASIL


Josiane da Silva Torres Machado
Eduardo De Moraes Rego Fairbairn
Flávio Lassa Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171036>

CAPÍTULO 37 231

BIODISPONIBILIDADE DE COBRE E CHUMBO NOS SOLOS NATURAIS DA REGIÃO NORTE E NOROESTE DO RJ


Julio Cesar Francisco Ferreira de Araújo Junior
Gabriela da Rocha Saldanha
Farley Alexandre da Fonseca Breda
Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho
Erica Souto Abreu Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171037>

CAPÍTULO 38237

GEOESTATÍSTICA NA MODELAGEM DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO

Karla Lima Ribeiro
Bruno Fonseca Martins
Lucas da Silva Cardoso
Danilo Henrique dos Santos Ataíde
Marco Antonio Monte
Emanuel José Gomes de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171038>


CAPÍTULO 39244**ANÁLISE ESTRUTURAL DE BIOCHARS COMERCIAIS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE RMN E ANÁLISES QUIMIOMÉTRICAS**

Kimberly Christina Marques da Silva
Danielle França de Oliveira Torchia
Franciele de Souza Rocha
Ayhessa Cristina Santos de Lima
Tadeu Augusto Van Tol de Castro
Andrés Calderín García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171039>


CAPÍTULO 40250**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREAS AGRÍCOLAS NA MESO REGIÃO DO MÉDIO PARAÍBA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Lucas Medeiros Fagundes
Robert Ferreira
Tiago Paula da Silva
Antonino José Jacques Gambôa Fernandez de Oliveira Netto
Gustavo Donida Zantedeschi
Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171040>


CAPÍTULO 41.....256**FRAÇÕES LÁBEIS E HUMIFICADAS DA MATÉRIA ORGÂNICA EM ORGANOSSOLOS HÁPLICOS DO PARQUE NACIONAL DE ITATIAIA**

Luciele Hilda da Silva Miranda
João Pedro Coumendouros Scott
Melania Merlo Ziviani
Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto
Marcos Gervasio Pereira
Lúcia Helena Cunha dos Anjos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171041>

CAPÍTULO 42263**EXTRATO DE FOLHA DE MORINGA MELHORA A GERMINAÇÃO E ESTIMULA O DESENVOLVIMENTO RADICULAR DE PLANTAS DE ARROZ**

Maria Eduarda Pimentel de Melo
Leandro Azevedo Santos
Argemiro Sanavria
Erinaldo Gomes Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171042>

CAPÍTULO 43270


EXTRATO DE MORINGA ESTIMULA O METABOLISMO DE PLANTAS DE ARROZ CULTIVADAS COM BAIXO SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO

Maria Eduarda Pimentel de Melo

Leandro Azevedo Santos

Argemiro Sanavria

Erinaldo Gomes Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171043>

CAPÍTULO 44276

BIOANÁLISE DE SOLOS FRÁGEIS SOB SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO NA BAIXADA FLUMINENSE

Mateus Belarmino da Silva


Guilherme Oliveira do Carmo

Thassianyde Castro Alves

Eduardo Albano Gomes de Abreu

Priscila Silva Matos

Everaldo Zonta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171044>

CAPÍTULO 45282

PRODUÇÃO ORGÂNICA DE SEMENTES DE FEIJÃO NA ENTRELINHA DA PITAYA

Monara Abreu Mendes

Aline da Silva Costa

Luiza Butruce Aleluia Pinhoda Silva

Antônio de Amorim Brandão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171045>

CAPÍTULO 46289

ESTUDO DA TOXIDEZ E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DA PLANTA PANC *Xanthosoma Sagittifolium* L. Schott EM CÉLULAS DE *Saccharomyces cerevisiae*


Nathalia Soares Camargo

Aline Teixeira Ferreira Furtado

Neide Mara de Menezes Epifânio

Douglas Siqueira de Almeida Chaves


Cristiano Jorge Riger

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171046>

CAPÍTULO 47295

ESPECTROSCOPIA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DO CARBONO 13 APLICADA A AMOSTRAS DE ÁCIDOS FÚLVICOS EXTRAÍDAS DE DIFERENTES FONTES


Octávio Vioratti Telles de Moura
Tadeu A. Van Tol de Castro
Raphaella Esterque Cantarino
Samuel de Abreu Lopes
Andrés Calderín García
Ricardo Luiz Louro Barbara

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171047>

CAPÍTULO 48 301

PRODUÇÃO DE FITOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PLANTIO EM CULTIVO ORGÂNICO


Raphael Fontes Machado Ferreira
Thassiany de Castro Alves
Jhulia Kathelen Carvalho de Oliveira dos Santos
Eduardo Albano Gomes de Abreu
Priscila Silva Matos
Everaldo Zonta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171048>

CAPÍTULO 49306

EFEITOS DA APLICAÇÃO DO EXTRATO DE *Moringa oleifera* LAM. NOTEOR DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM PLANTAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)


Raphaella Esterque Cantarino
Tadeu Augusto van Tol de Castro
Samuel de Abreu Lopes
Danielle França de Oliveira Torchia
Orlando Carlos Huertas Tavares
Andrés Calderín García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171049>

CAPÍTULO 50 312

TIPOS DE CARBONOS E PROPRIEDADES DOS ÁCIDOS FÚLVICOS DE SOLOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Raphaella Esterque Cantarino
Tadeu A. van Tol de Castro
Danielle França de Oliveira Torchia
Marcos Gervasio Pereira
Orlando Carlos Huertas Tavares
Andrés Calderín García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171050>

CAPÍTULO 51..... 319

MASSA SECA DE CANA-DE-AÇÚCAR E ATRIBUTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DO USO EXTRATO HÚMICO DE CHORUME DE ATERRO SANITÁRIO COMO INSUMO AGRÍCOLA


Roberto Martins Nazareth
Arthur Pontes Coelho Jorge
Irene da Silva Coelho
Everaldo Zonta
Nivaldo Schultz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171051>

CAPÍTULO 52326

APLICAÇÃO FOLIAR DO EXTRATO AQUOSO DE *Kappaphycus alvarezii* INFLUENCIANDO NO ACÚMULO DE MASSA SECA E TEORES DE PIGMENTOS EM PLANTAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) VAR. NIPPONBARE


Samuel de Abreu Lopes
Raphaella Esterque Cantarino
Orlando Carlos Huertas Tavares
Danielle França de Oliveira Torchia
Tadeu Augusto van Tol de Castro
Andrés Calderín García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171052>

CAPÍTULO 53332

DOSE VS RESPOSTA PARA PRODUÇÃO DE MASSA SECA RADICULAR DE ARROZ (*Oryza sativa*) var. PIAÚI SOB APLICAÇÃO RADICULAR DE ÁCIDO FÚLVICO DE VERMICOMPOSTO


Samuel de Abreu Lopes
Raphaella Esterque Cantarino
Orlando Carlos Huertas Tavares
Danielle França de Oliveira Torchia
Tadeu Augusto van Tol de Castro
Andrés Calderín García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171053>

CAPÍTULO 54338

AValiação ECOTOXICOLÓGICA DO CASCALHO DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO DO PRÉ-SAL NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO FEIJÃO- CAUPI

Sandra Santana de Lima
Petrus Gabriel de Freitas Marques
Thiago Costa Lima Ferreira
Arthur Linhares Basilio
Júlia Carina Niemeyer
Everaldo Zonta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171054>


CAPÍTULO 55 344**DETERMINAÇÃO TEÓRICA DE PROPRIEDADES ESTRUTURAIS E ELÉTRICAS DE NANOTUBO DE CARBONO**

Thales Das C. Vieira

Felippo B. Lima

Neubi F. Xavier Junior

Glauco F. Bauerfeldt


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171055>**CAPÍTULO 56 351****PROJEÇÕES FUTURAS PARA A PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL PARA O MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO**

Thamires Franco da Conceição

Alessandra Royá da Silva

Gabriele Dias da Silva


Henderson Silva Wanderley

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171056>**CAPÍTULO 57 356****BALANÇO GERAL DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA NO PERÍODO DE 1990 A 2020**

Thiago Rezende Lima do Carmo

Segundo Sacramento Urquiaga Caballero

Bruno José Rodrigues Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171057>**CAPÍTULO 58 362****VARIAÇÕES DOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DO SOLO EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA COM DIFERENTES INTENSIDADES DE USO AGRÍCOLA**

Tiago Paula da Silva


Caio Simões dos Santos Nicolau

Carlos Wagnerribeiro Junqueira

Nivaldo Schultz

Gilsonley Lopes dos Santos

Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171058>**CAPÍTULO 59 369****AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E VEGETAÇÃO NATIVA NO CERRADO**

Vanessa Cristine Serra Pereira


Raquel Valério Dias

Clara Fontes e Oliveira Azevedo

Isabel Silva Pereira

Ana Paula Guimarães

David Villas Boas Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171059>

CAPÍTULO 60 374

QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS PRODUZIDAS COM RESÍDUOS ORGÂNICOS

Victória M^a Monteiro Mendonça


Thainá Salazar de Assis

Gilsonley Lopes dos Santos

Everaldo Zonta

José Carlos Arthur Júnior

Marcos Gervasio Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57023171060>

SOBRE OS ORGANIZADORES 381

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NA DUREZA DO ORGANOMINERAL GRANULADO

Data de aceite: 03/07/2023

Andreia Laurindo de Almeida Gomes

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Juliana Itaborahy da Costa

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Milene Ramos

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Ricardo de Castro Dias

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciências do Solo
(UFRRJ)

Dieini Melissa Teles dos Santos

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciências do Solo
(UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Agronomia
(UFRRJ)

RESUMO: As propriedades físicas dos organominerais são pouco compreendidas, mas devem ser avaliadas pois influenciam a eficiência agrônômica. O objetivo do trabalho foi avaliar a dureza do organomineral produzido a partir de cascalho de perfuração de poços de petróleo *onshore* e torta de

mamona em diferentes granulometrias. O ensaio foi conduzido no departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em fatorial de 9 proporções de cascalho *onshore*:torta de mamona (1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 e 9:1) e 2 testemunhas (cloreto de potássio e superfosfato triplo) x 2 faixas granulométricas (4-3 e 2 mm) x 4 repetições. A dureza dos grânulos de 4-3 mm foi superior em 63% em relação aos de 2 mm. A proporção 1:9 apresentou maior dureza nas diferentes faixas granulométricas.

PALAVRAS-CHAVE: cascalho *onshore*, resistência física, tamanho do grânulo.

INFLUENCE OF GRANULOMETRY ON THE HARDNESS OF GRANULATED ORGANOMINERAL

ABSTRACT: The physical properties of organominerals are poorly understood, but they must be evaluated as they influence agronomic efficiency. The aim of this work was to evaluate the hardness of the organomineral produced from *onshore* oil drilling gravel and castor bean pie in different granulometries. The experiment was carried

out in the Soils Department of the Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica-RJ. The experimental design was completely randomized in a factorial of 9 proportions of onshore gravel: castor bean pie (1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8: 2 and 9:1) and 2 controls (potassium chloride and triple superphosphate) x 2 granulometric bands (4-3 and 2 mm) x 4 repetitions. The hardness of the 4-3 mm granules was 63% higher than the 2 mm granules. The 1:9 ratio showed greater hardness in the different granulometric ranges.

KEYWORDS: granule size, *onshore* gravel, physical resistance.

INTRODUÇÃO

A cadeia dos fertilizantes agrícolas possui grande importância para o setor do agronegócio brasileiro, pois a produção de fertilizante não acompanha a demanda interna levando a uma dependência por importações. No ano anterior cerca 85% da demanda pelo insumo derivou da importação (ANDA, 2021).

O Brasil possui extensão territorial e diversidade climática capaz de alcançar grandes produções de diversas culturas. No entanto, os solos das regiões tropicais e subtropicais são predominantemente de baixa fertilidade em virtude da remoção acelerada de nutrientes em razão da alta temperatura e precipitação. Essas condições exigem práticas de manejo como a calagem e alta quantidade de nutrientes para as plantas (NOVAIS et al., 2007). A adubação quando manejada de forma incorreta, sobretudo os fertilizantes minerais, pode causar impactos ambientais como a poluição do solo e da água (SAVCI, 2012).

Os fertilizantes podem ser classificados como minerais, orgânicos ou organominerais (combinação dos minerais e orgânicos) (BRASIL, 2004).

No que tange os fertilizantes organominerais esses possuem maior eficiência de uso pois minimizam as perdas dos nutrientes por lixiviação ou volatilização, promove melhorias na estrutura do solo em virtude do fornecimento da matéria orgânica, e reduz o uso das fontes convencionais (ZONTA et al., 2021). A utilização de subprodutos industriais para compor o fertilizante organomineral (FOM) mostra-se uma alternativa eficiente para a destinação de passivos ambientais (CRUSCIOL et al., 2020; BENITES et al., 2022). O cascalho derivado da perfuração de poços de petróleo possui potencial de uso na agricultura em virtude do conteúdo de potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes (FREITAS, 2013; GUEDES, 2014).

A legislação brasileira define as propriedades químicas do FOM, porém poucas são as exigências quanto à natureza física (BRASIL, 2020). As propriedades físicas dos FOMs são importantes pois atuam no comportamento no solo e na eficiência agrônômica (ANTILLE et al., 2013). Características como a granulometria e a dureza atuam na segregação de durante o transporte, armazenamento, aplicação no campo e na taxa de dissolução no solo, influenciando na resposta da cultura.

O objetivo do trabalho foi avaliar a dureza do organomineral produzido a partir de cascalho de perfuração de poços de petróleo terrestre (*onshore*) e torta de mamona em diferentes granulometrias.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, no município de Seropédica, RJ. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com um fatorial de 9 proporções de cascalho *onshore*:torta de mamona (1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 e 9:1) e 2 testemunhas (cloreto de potássio-KCl e superfosfato triplo-SFT) x 2 faixas granulométricas (4-3 e 2 mm) x 4 repetições. Reescrever os tratamentos, só entendi quais foram seus tratamentos quando li os seus resultados. Os tratamentos foram constituídos pela média de 15 grânulos por repetição.

Para a produção do FOM foi utilizado um granulador com diâmetro de disco de 60 cm, ângulo de inclinação de 45° e velocidade de 35 a 40 rpm.

O cascalho foi peneirado em uma malha com abertura de 1 mm. Já a torta de mamona foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante e moída em moinho do tipo Willey (facas), de aço inox e passada em peneira de 1 mm. Em seguida os resíduos foram pesados de acordo com cada proporção e homogeneizados em misturador tipo “V”. Durante o processo de formulação foi adicionado água destilada com o auxílio de um borrifador. Após a formulação, os fertilizantes foram acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até a massa constante.

Para a classificação granulométrica foi utilizado um jogo de peneiras. Os grânulos passados em malha de 4 mm e retidos na de 2 mm corresponderam a faixa de 4-3 mm e os passados em malha de 2 mm e retidos na de 1 mm corresponderam a faixa de 2 mm (BRASIL, 2020). A variável analisada foi a dureza do grânulo com o auxílio de um durômetro, modelo 298 DGP de até 20 kgf. A Figura 1 apresenta os resíduos utilizados para produção FOM e as diferentes faixas granulométricas.



Figura 1 – Resíduos utilizados na produção do organomineral e as diferentes granulometrias. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene ($p \geq 0,05$), respectivamente, com posterior análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A análises foram realizadas utilizando o programa R (R CORE TEAM®, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A granulometria do organomineral influencia na dureza do fertilizante. A média dos grânulos de 4 e 3 mm com 0,39 kgf apresentaram maior resistência mecânica cerca de 63% quando comparado aos com tamanho de 2 mm com 0,24 kgf (Tabela 1). Os resultados indicam que quanto maior o tamanho do grânulo maior será a dureza, contudo a IN n° 61 de 08 de julho de 2020 do MAPA que rege as exigências dos fertilizantes orgânicos e biofertilizantes sólidos permite a comercialização de grânulos em uma faixa entre 4,8 e 1 mm.

Com relação a resistência dos grânulos nas diferentes proporções dos organominerais, o tratamento 1:9 apresentou dureza significativa nas diferentes faixas granulométricas. Esses resultados podem estar relacionados com a matéria orgânica que está atuando como ligante entre as partículas. Conforme observado por Allaire e Parent (2004).

As maiores durezas dos FOMs com granulometria entre 3 e 4 mm foram observadas nos tratamentos 1:9 com 0,75 kgf e 9:1 com 0,72 kgf, ambos foram superiores cerca de 1, 2, 3 e 4 vezes em relação às proporções 2:8 com 0,57 kgf, 8:2 com 0,34 kgf, 7:3 com 0,26 kgf e 6:4 com 0,18 kgf, respectivamente. Para os demais tratamentos não houve diferença significativa. Os resultados apontam que maiores proporções seja de cascalho ou torta de mamona tendem a se comportar como agentes cimentantes, promovendo aumento da resistência dos grânulos.

Tabela 1 – Dureza dos grânulos do fertilizante organomineral em função de diferentes proporções de cascalho *onshore* e torta de mamona e diferentes granulometrias (mm).

| Proporção | Granulometria | | | |
|-----------|---------------|-----|------|-----|
| | 4 a 3 mm | | 2 mm | |
| | kgf | | | |
| 1:9 | 0,75 | Aa | 0,57 | Ba |
| 9:1 | 0,72 | Aa | 0,32 | Bb |
| 2:8 | 0,57 | Ab | 0,36 | Bb |
| 8:2 | 0,34 | Ac | 0,19 | Bc |
| 7:3 | 0,26 | Ad | 0,17 | Bcd |
| 4:6 | 0,25 | Ade | 0,16 | Bcd |
| 3:7 | 0,23 | Ade | 0,16 | Bcd |
| 5:5 | 0,20 | Ade | 0,13 | Bcd |
| 6:4 | 0,18 | Ae | 0,12 | Bd |
| CV (%) | | | | 9,8 |

Letras maiúsculas nas linhas representam a média da dureza em relação a granulometria e letras minúsculas nas colunas representam a média da dureza entre as proporções. Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quando avaliado a dureza dos grânulos de tamanho 2 mm, nota-se que o tratamento 1:9 com 0,57 kgf foi superior em 1,6, 1,8, 3 e 4,8 vezes em comparação aos tratamentos 2:8 com 0,36 kgf, 9:1 com 0,32 kgf, 8:2 com 0,19 kgf e 6:4 com 0,12 kgf, respectivamente (Tabela 1). Já os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa.

Antille et al. (2013) avaliaram faixas granulométricas e observaram dureza entre 1,18 e 4,33 N mm⁻² concluindo que o diâmetro ideal dos grânulos está entre 1,10 e 5,50 mm com cerca de 80% das partículas na faixa de 2,25 a 4,40 mm.

Ao comparar a resistência do FOM com 4 e 3 mm em relação aos fertilizantes convencionais, nota-se que a dureza das proporções 1:9 e 9:1 foram superiores ao cloreto de potássio (0,60 kgf) cerca de 25 e 20%, respectivamente (Figura 2A). Já a proporção 2:8 foi semelhante ao KCl. Enquanto para as demais proporções (3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3 e 8:2) a dureza do mineral foi superior variando entre 2 a 3 vezes.

Allaire e Parent (2003), observaram que o FOM apresentou distribuição mais homogênea que os grânulos minerais e atribuíram o resultado a segregação de partículas dos fertilizantes minerais (separação das partículas em virtude dos diferentes tamanhos). O tamanho do grânulo influencia na resistência que interfere na segregação de partículas durante o armazenamento, transporte, distribuição e influencia na eficiência do uso do fertilizante pelas culturas.

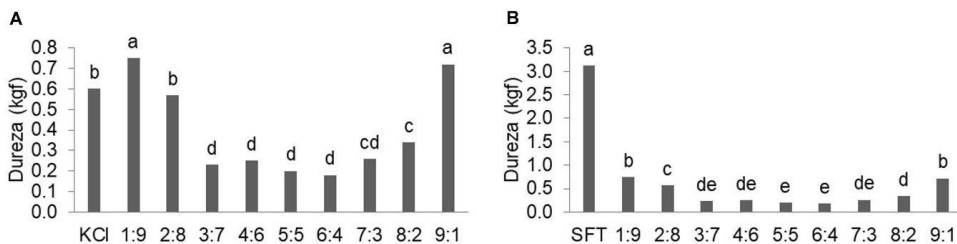


Figura 2 – Dureza dos grânulos de 4-3 mm. A) Organomineral e KCl (cloreto de potássio); B) Organomineral e SFT (superfosfato triplo). Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV de 8,5.

No entanto, quando comparado o FOM com o superfosfato triplo (3,12 kgf), observa-se que nenhuma das proporções apresentaram dureza superior ao fertilizante mineral (Figura 2B). A dureza do superfosfato triplo foi cerca de 4 vezes maior em comparação aos melhores resultados descritos anteriormente para os tratamentos 1:9 e 9:1. E ainda quando comparado a resistência do superfosfato triplo com os demais tratamentos do organomineral, observa-se um aumento variando entre 6 a 17 vezes. Para a dureza do FOM com tamanho de 2 mm nota-se que não houve proporção superior em relação ao cloreto de potássio (Figura 3A). A média da dureza da proporção 1:9 apresentou resistência semelhante ao KCl e ambos foram superiores cerca de 1,7 vezes em comparação com as

proporções 2:8 e 9:1, e superiores em 3 e 5 vezes em relação às proporções 8:2 e 6:4, respectivamente. Os demais tratamentos não foram significativos.

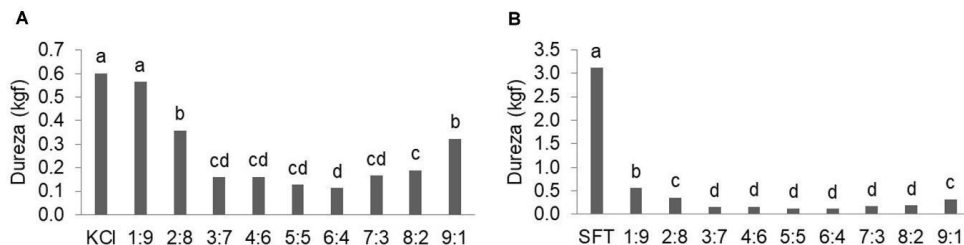


Figura 3 – Dureza dos grânulos de 2 mm. A) Organomineral e KCl (cloreto de potássio); B) Organomineral e SFT (superfosfato triplo). Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV de 10%.

Quando comparado a dureza dos FOMs de 2 mm com o superfosfato triplo observa-se a mesma tendência dos grânulos de 4-3 mm. O SFT apresentou maior resistência variando entre 5,5 a 26 vezes em relação ao FOM (Figura 3B).

Os resultados indicam que novos ensaios devem ser realizados a fim de compreender outras propriedades físicas dos organominerais e não limitando apenas ao tamanho do grânulo. Paré et al. (2009) afirmam que propriedades físicas dos grânulos facilmente mensuráveis podem prever outras propriedades físicas que são, mais difíceis de avaliar. No estudo os autores demonstraram que a densidade aparente influenciou outras densidades, porosidades e dureza do grânulo

CONCLUSÕES

Os grânulos de 4 e 3 mm apresentaram maior resistência mecânica.

A proporção 1:9 do organomineral apresentou maior dureza nas diferentes faixas granulométricas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALLAIRE, S.E.; PARENT, L.E. Physical properties of granular organic-based fertilisers, Part 1: Static Properties. **Biosystems Engineering**, v. 87, n. 1, p. 79-87, 2004.

ALLAIRE, S.E.; PARENT, L.E. Size Guide Number and Rosin–Rammler Approaches to describe Particle Size Distribution of Granular Organic-based Fertilisers. **Biosystems Engineering**, v. 86, n. 4, p. 503–509, 2003.

ANDA – ASSOCIAÇÃO DE NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Macro Indicadores. Disponível em: <http://anda.org.br/pesquisa_setorial/>. Acesso em: 13 out. 2022.

ANTILLE, D.L. et al. Characterisation of Organomineral Fertilisers Derived from Nutrient-Enriched Biosolids Granules. **Applied and Environmental Soil Science**, p. 1-11, 2013.

BENITES, V.M. et al. Organomineral Fertilizer Is an Agronomic Efficient Alternative for Poultry Litter Phosphorus Recycling in an Acidic Ferralsol. **Frontiers in Agronomy**. v.4, p.1-13, 2022.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO —

MAPA. Decreto n° 4.954, de 14 de janeiro de 2004.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO —

MAPA. Instrução Normativa (IN) n° 61, de 08 de julho de 2020.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Organomineral Fertilizer as Source of P and K for Sugarcane. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 5398, 2020.

FREITAS, F.C. **Caracterização química de cascalhos de perfuração de poços de petróleo e seus efeitos em plantas e nas bases trocáveis do solo**. 2013. 135p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2013.

GUEDES, J.N. **Estratégias de manejo do cascalho oriundo da perfuração de poços de petróleo**. 2014. 146p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2014.

NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do Solo** – SBCS. Viçosa, 2007.

PARÉ, M.C. et al. Physical properties of organo-mineral fertilizers - Short Communication. **Canadian Biosystems Engineering**, v. 51, n. 3, p. 21-27, 2009.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

SAVCI, S. Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment. **APCBEE Procedia**, Hong Kong, v.1, p.287-292, 2012.

ZONTA, E.; STAFANATO, J.B.; PEREIRA, M.G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: ZONTA, E.; STAFANATO, J.B.; PEREIRA, M.G. BORGES, A.L. (Ed. Técn.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília: 2. ed., Embrapa, 2021, p. 265-303.

AVALIAÇÃO DA DUREZA DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PRODUZIDOS A PARTIR CASCALHO DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO E TORTA DE MAMONA

Data de aceite: 03/07/2023

Andreia Laurindo de Almeida Gomes

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Milene Ramos

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Juliana Itaborahy da Costa

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Dieini Melissa Teles dos Santos

Doutoranda do Programa de
Pós-graduação em Agronomia-Ciências
do Solo (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Agronomia
(UFRRJ)

petróleo *onshore* e a torta de mamona na produção de fertilizantes organominerais. O ensaio foi conduzido no departamento de Solos da UFRRJ, Seropédica-RJ, em delineamento inteiramente casualizado com fatorial de 3 proporções de cascalho:torta de mamona (4:6, 5:5, 6:4 e controle absoluto) x 2 aglutinantes (polivinilpirrolidona-PVP e alginato de Na) x 3 doses (1,5, 2,5 e 3,5%) x 2 faixas granulométricas (4-3 e 2 mm) x 4 repetições. A variável analisada foi a dureza do grânulo. A dose de 2,5% de PVP proporcionou maior dureza na relação de 5:5 com os grânulos entre 4 a 3 mm. Já a dose de 3,5% de PVP promoveu maior resistência na proporção de 4:6 com os grânulos entre 2 mm.

PALAVRAS-CHAVE: granulometria, resíduo, resistência, sustentabilidade.

RESUMO: Os insumos agrícolas de maior impacto na produtividade são os fertilizantes e corretivos, especialmente quando considerando clima tropical e solos naturalmente ácidos e com baixa fertilidade natural. O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial uso da combinação entre o cascalho de perfuração de poços de

EVALUATION OF THE HARDNESS OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS PRODUCED FROM GRAVEL FROM DRILLING OIL WELLS AND CASTOR CAKE

ABSTRACT: The agricultural inputs with the greatest impact on productivity are fertilizers and correctives, especially when considering tropical climate and naturally

acidic soils with low natural fertility. The aim of this work was to evaluate the potential use of the combination of gravel from *onshore* oil wells and castor bean cake in the production of organomineral fertilizers. The experiment was carried out in the Department of Soils of the UFRRJ, Seropédica-RJ, in a completely randomized design with a factorial of 3 ratios of gravel: castor bean cake (4:6, 5:5, 6:4 and absolute control) x 2 binders (polyvinylpyrrolidone-PVP and Na alginate) x 3 doses (1.5, 2.5 and 3.5%) x 2 granulometric bands (4-3 and 2 mm) x 4 repetitions. The analyzed variable was the granule hardness. The dose of 2.5% of PVP provided greater hardness in the ratio of 5:5 with granules between 4 to 3 mm. The dose of 3.5% of PVP promoted greater resistance in the proportion of 4:6 with the granules between 2 mm.

KEYWORDS: granulometry, residues, resistance, sustainability.

INTRODUÇÃO

Os insumos agrícolas de maior impacto na produtividade são os fertilizantes e corretivos, especialmente quando considerando clima tropical e solos naturalmente ácidos e com baixa fertilidade natural (FONCESA, 2018).

No processo de perfuração de poços de petróleo são utilizados fluidos para resfriar a broca e facilitar o rompimento da camada rochosa. Esses fluidos possuem em sua constituição elevadas concentrações de sódios e a presença de metais pesados, sobretudo o bário. Conforme o fluido de perfuração retorna a superfície transporta com ele o cascalho derivado da perfuração (IOGP, 2016). Durante a fase exploratória, gera-se um elevado volume de cascalho embebido com o fluido de perfuração, material que na maioria das vezes é descartado na área de exploração ou sítios de tratamentos que ficam geralmente próximos (SANTOS et al., 1995).

Diversos trabalhos vêm demonstrando o potencial para a utilização de resíduos a agricultura, como corretivo de acidez, fonte de nutrientes e condicionador, promovendo melhorias nas propriedades físicas, químicas e físico-químicas dos solos (CABRAL et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2008; CHIBA et al., 2008; ZONTA et al., 2005; SIMONETE et al., 2003).

Em razão disso, a utilização de práticas de manejo sustentáveis que façam o reuso de resíduos se tornou uma alternativa viável para utilização na formulação de fertilizantes organominerais (FOMs) dando uma destinação adequada a esses materiais e aumentando a eficiência da utilização dos nutrientes contidos nos resíduos. Os FOMs têm como vantagem em relação aos fertilizantes minerais a utilização como matéria prima de resíduos que são passivos ambientais de outros sistemas de produção (BENITES et al., 2012).

Quando se trata de fertilizantes granulados é imprescindível analisar a dureza pois o grau da resistência mecânica vai determinar se o produto pode ser transportado e armazenado sem que o grânulo se quebre ou esfarele (FONSECA, 2018).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial uso da combinação entre o cascalho de perfuração de poços de petróleo *onshore* e a torta de mamona na produção de fertilizantes organominerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica-RJ, em delineamento inteiramente casualizado com fatorial de 3 proporções de cascalho:torta de mamona (4:6, 5:5, 6:4 e controle absoluto) x 2 aglutinantes (polivinilpirrolidona-PVP e alginato de Na) x 3 doses (1,5, 2,5 e 3,5%) x 2 faixas granulométricas (4-3 e 2 mm) x 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela média de 15 grânulos por repetição.

O equipamento utilizado para a produção do FOM foi um disco granulador com diâmetro de 60 cm, ângulo de inclinação de 45° e velocidade de 35 a 40 rpm.

O cascalho foi peneirado em uma malha com abertura de 1 mm. Já a torta de mamona foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante e moída em moinho do tipo Willey, de aço inox e passada em peneira de 1 mm. Em seguida os resíduos foram pesados de acordo com cada proporção e homogeneizados. Durante o processo de formulação foi adicionado água destilada com o auxílio de um borrifador. Após a formulação, os fertilizantes foram acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante.

Para a classificação granulométrica foi utilizado um jogo de peneiras. Os grânulos passados em malha de 4 mm e retidos na de 2 mm corresponderam a faixa de 4-3 mm e os passados em malha de 2 mm e retidos na de 1 mm corresponderam a faixa de 2 mm (BRASIL, 2020). A variável analisada foi a dureza do grânulo com o auxílio de um durômetro, modelo 298 DGP de até 20 kgf.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene ($p \geq 0,05$), respectivamente, com posterior análise de variância pelo teste F, a 0,05 de significância, foram ajustadas equações de regressão, adotando-se o modelo linear. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa R (R CORE TEAM®, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses dos aglutinantes influenciaram no aumento da resistência mecânica dos grânulos do organomineral. A Figura 1 apresenta os dados da dureza dos grânulos obtidos entre as faixas granulométricas 4 e 3 mm. Ao observar a proporção 4:6 nota-se que o aumento da dose de ambos os aglutinantes proporcionou um aumento linear da resistência do grânulo. A dose de 3,5% de PVP com 0,92 kgf promoveu maior resistência cerca de 3,7 vezes em comparação ao controle absoluto com 0,25 kgf e 1 vez em relação a dose de 3,5% do alginato com 0,86 kgf (Figura 1A). Com relação ao comportamento da proporção 5:5, nota-se que a maior resistência foi observada quando aplicado 2,5% de PVP com 1,21 kgf, superior cerca de 6 vezes quando comparado ao controle com 0,20 kgf, e 1,2 vezes superior à dose máxima de alginato (3,5%) com 1 kgf (Figura 1B). Observa-se ainda que doses acima de 2,5% de PVP houve uma redução da resistência do grânulo.

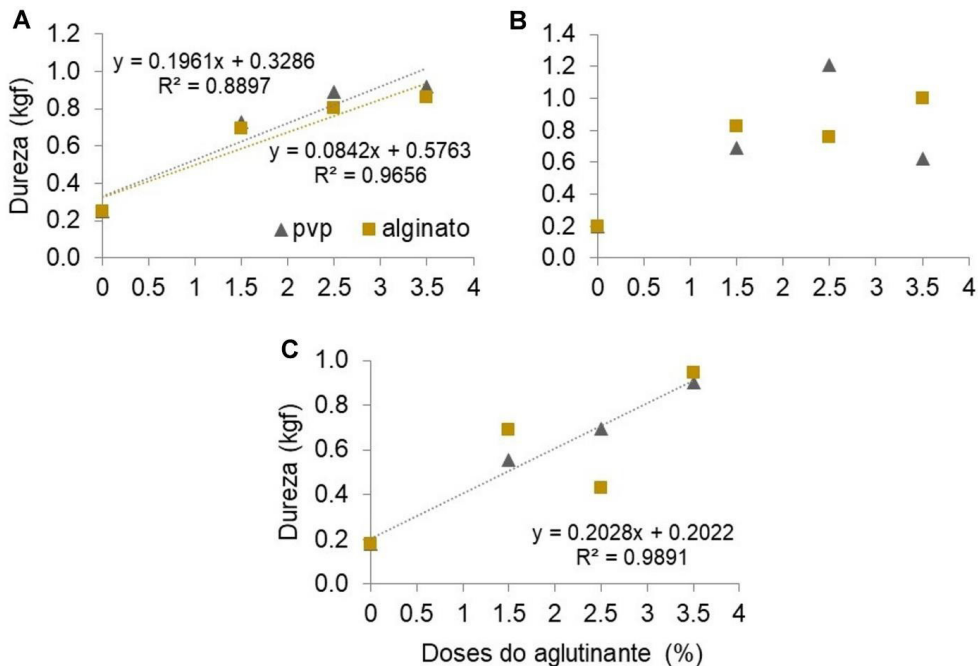


Figura 1 – Dureza do organomineral granulado com 4 e 3 mm em função de diferentes níveis e aglutinantes. A) Proporção 4:6 do organomineral; B) Proporção 5:5 do organomineral; C) Proporção 6:4 do organomineral. Dados submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e análise de regressão.

Ao observar a dose de 6:4 nota-se que com a adição do PVP ocorre um aumento linear da dureza do grânulo. Enquanto, ao adicionar a dose de 3,5% do alginato com 0,94 kgf houve um aumento da dureza dos grânulos de 5 vezes em comparação ao controle com 0,18 kgf e 1 vez em relação a dose de 3,5% PVP (0,90 kgf) (Figura 1C).

Os dados apresentados corroboram com os de Nascimento et al. (2020) onde foi observado que quando adicionado à mistura do organomineral uma proporção de 3% o aglutinante óxido de magnésio foi capaz de melhorar a resistência do grânulo em até 4 vezes, quando comparado ao controle sem adição de aglutinante.

A dureza, também chamada de consistência, é a resistência dos grânulos de fertilizantes à ação mecânica. Portanto, grânulos pouco resistentes são mais susceptíveis à quebra durante os processos de armazenamento, transporte e manuseio do produto, e podem originar partículas desuniformes em termos de tamanho, gerando, como consequência, aumento da porcentagem de pó e segregação das partículas, tornando o produto comercialmente inadequado (REIS JUNIOR et al., 2012).

A Figura 2 mostra a dureza dos grânulos em relação às doses do aglutinante, incluindo apenas a granulometria entre 2 a 1 mm. Observa-se que as doses dos aglutinantes influenciaram no aumento da resistência mecânica dos grânulos do FOM. Ao avaliar a proporção 4:6 nota-se uma resposta semelhante aos grânulos de 4 e 3 mm onde o aumento

das doses dos aglutinantes também promoveu um aumento linear da dureza do fertilizante. A dose de 3,5% de PVP (1,02 kgf) proporcionou maior dureza em 6,4 vezes em comparação ao controle (0,16 kgf) e superior em 1 vez em relação a maior dose de alginato (0,83 kgf) (Figura 2A). Para a proporção 5:5 do fertilizante, houve um maior aumento da dureza com a adição do aglutinante alginato na dose 3,5% (0,77 kgf) com um aumento de 6 vezes quando comparado ao controle (0,13 kgf) (Figura 2B). Já para o PVP na mesma proporção, a dose que proporcionou maior dureza foi a de 2,5% (0,68 kgf) e acima desse valor o polímero não foi capaz de aumentar a resistência do fertilizante.

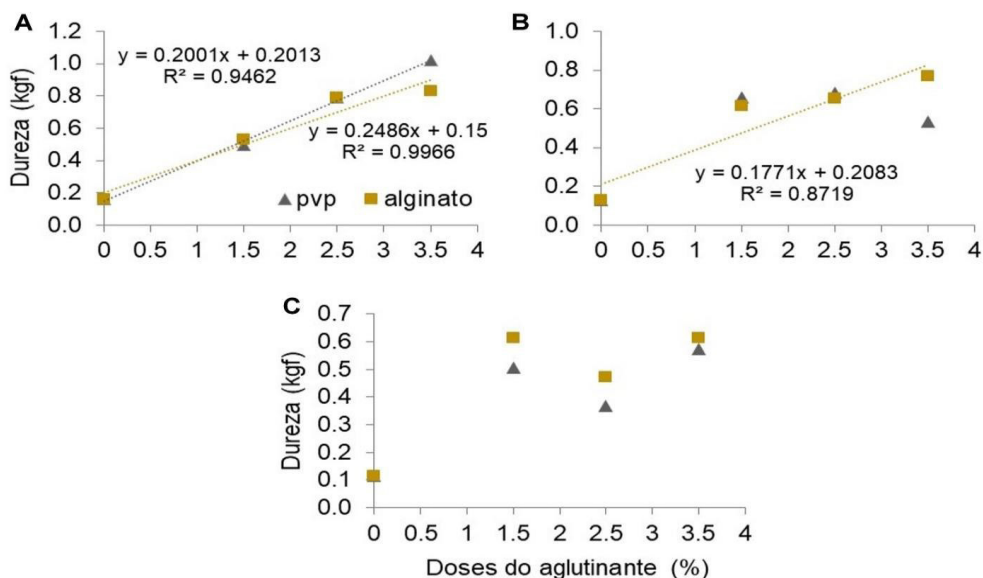


Figura 2 – Dureza do organomineral granulado com 2 mm em função de diferentes níveis e aglutinantes. A) Proporção 4:6 do organomineral; B) Proporção 5:5 do organomineral; C) Proporção 6:4 do organomineral. Dados submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e análise de regressão.

Já em relação a proporção 6:4 do FOM, nota-se que a dose de 1,5% de alginato promoveu a mesma dureza que a dose 3,5% com 0,62 kgf (Figura 2C). Os dados indicam que para essa proporção doses acima de 1,5% de alginato não são recomendadas para aumentar a dureza do fertilizante.

Fertilizantes com a dureza dos grânulos inferiores a 1,4 kgf são considerados fracos para serem manuseados sem que haja comprometimento da sua forma original. Já a faixa entre 1,4 e 2,3 kgf são considerados de média resistência. Contudo os valores ideais, ou seja, desejáveis são acima de 2,3 kgf (NOVAIS et al., 2007).

Observa-se que para o presente estudo sob diferentes níveis e aglutinantes, e diferentes faixas granulométricas os valores de dureza dos FOMs foram considerados fracos, ou seja, não apresentam resistência adequada para que sua estrutura seja preservada até

a chegada no campo. Entretanto, essa fragilidade pode ser corrigida por meio da adição de agentes com propriedades aglutinantes capazes de promover o aumento da resistência física dos fertilizantes sem afetar a eficiência agrônômica dos FOMs (ALCARDE et al., 1998; NASCIMENTO et al., 2020).

Os resultados do presente estudo sugerem que novos ensaios com maiores níveis ou a adição de outros polímeros devem ser realizados a fim de aumentar a resistência do FOM.

CONCLUSÕES

A dose de 2,5% de polivinilpirrolidona proporcionou maior dureza na relação de 5:5 com os grânulos entre 4 a 3 mm.

A dose de 3,5% de polivinilpirrolidona promoveu maior resistência na proporção de 4:6 com os grânulos entre 2 mm.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALCARDE, J.C.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. Os adubos e a eficiência das adubações. ANDA, São Pulo, 35p. (Boletim Técnico, 3), 1998.

BENITES, V.M. et al. Dejetos viram fertilizantes. **Revista a lavoura: Edição especial: Sustentabilidade**, Rio de Janeiro, v. 690, n. 115, p. 64 – 68, 2012.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Instrução Normativa (IN) nº 61, de 08 de julho de 2020.

CABRAL, F. et al. Use of pulp mill inorganic wastes as alternative liming materials. **Bioresource Technology**. v. 99, p. 8294–8298, 2008.

CHIBA, M.K.; MATTIAZZO, M.E.; OLIVEIRA, F.C. Cultivo de cana-de-açúcar em Argissolo tratado com lodo de esgoto. I - Disponibilidade de nitrogênio no solo e componentes de produção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32 p. 643- 652, 2008.

FONSECA, R.C.D. Desenvolvimento de fertilizantes organominerais fosfatados produzidos a partir de diferentes resíduos agrícolas. 2018.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL AND GAS PRODUCERS (IOGP).Report 557 - Drilling Waste Management Technology Review. London, UK. 2016. 102p.

NASCIMENTO, C.O. et al. The effect of different ceramic materials to improve hardness of organomineral fertilizer granules. **International Journal of Applied Ceramic Technology**, v. 17, n. 1, p. 153-161, 2020.

NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS. 2007.

OLIVEIRA, D.Q.L et al. Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.1, p. 417-424, 2008.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

REIS JUNIOR, R.A.; SILVA, D.R.G. Avaliação das características físicas e físico- químicas de fertilizantes nitrogenados e fosfatados revestidos por polímeros. **Revista Magistra**, Cruz das Almas, v. 24, n. 2, p. 145- 150, 2012.

SANTOS, M.F.L.; FACHEL, J.M.G.; PULGATI, F.H. Efeitos do descarte de cascalho de perfuração revestido com fluido não aquoso (NAF) sobre as comunidades macrobênticas de águas profundas da Bacia de Campos-Brasil. In: III Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador – Bahia. **Anais...** Salvador – Bahia , 1995.

SIMONETE, M.A. et al. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p.1187- 1195, 2003.

ZONTA, E. et al. Avaliação de sítios de disposição, no solo, de Resíduos da Exploração & amp.; Produção, Relatório Parcial. PETROBRAS-PDP/TEP nº 005, 2005.

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL E ÁREA DE REGENERAÇÃO FLORESTAL EM SEROPÉDICA, RJ

Data de aceite: 03/07/2023

Aurea Pinto dos Ramos

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Igor de Sousa Morais

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

Clara Fontes Oliveira Azevedo

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

Anelise Dias

Professora do Departamento de Fitotecnia (UFRRJ)

Sandra Santana de Lima

Doutora em Agronomia - Ciência do Solo (UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

área de regeneração florestal do bioma Mata Atlântica de Seropédica, RJ. O SAF apresentava 8 anos de implantação e a área de fragmento de floresta tropical subcaducifólia em regeneração (FL) com aproximadamente 28 anos. Nas áreas foram coletadas amostras de terra para avaliação dos atributos químicos. Na área de SAF foram verificados os maiores valores de pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P em comparação à área de floresta; refletindo em maiores valores de soma de bases, capacidade de troca catiônica do solo esaturação por bases. Verificou-se diferença entre as áreas para os atributos analisados, exceto para H^+Al , em que na área de FL foi observado os maiores teores em relação a área de SAF. O SAF foi mais eficiente para a manutenção e melhoria da qualidade do solo quando comparado com área de regeneração florestal, contribuindo para a proteção da biodiversidade e aumento de fertilidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: agrofloresta, atributos do solo, conservação do solo

RESUMO: A devastação do Bioma Mata Atlântica pode ser atenuada com o uso de sistemas conservacionistas em sistemas de produção agrícola que promovam a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo. O objetivo do estudo foi analisar os atributos químicos do solo em uma área de sistema agroflorestal (SAF) e

SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES IN AGROFORESTRY SYSTEMS AND FOREST REGENERATION AREA IN SEROPÉDICA, RJ

ABSTRACT: The devastation of the Atlantic Forest Biome can be mitigated with the use of conservation systems in agricultural production systems that promote the maintenance and/or improvement of soil quality. The objective of the study was to analyze the chemical attributes of the soil in an area of agroforestry system (AFS) and forest regeneration area (FR) of the Atlantic Forest biome of Seropédica, RJ. The AFS had been established for 8 years and the area of a subdeciduous tropical forest in regeneration (FR) had approximately 28 years. In the areas, soil samples were collected to evaluate the chemical attributes in the collected soil samples. In the AFS area, the highest values of pH, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ and P were verified in comparison to the forest area; reflecting in higher values of base sum, soil cation exchange capacity and base saturation. There was a difference between the areas for the attributes analyzed, except for H+Al, in which the highest levels were observed in the FR area in relation to the AFS area. The AFS was more efficient for the maintenance and improvement of soil quality when compared to the forest regeneration area, contributing to the protection of biodiversity and increasing soil fertility.

KEYWORDS: agroforestry, soil conservation, soil attributes

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é o terceiro maior bioma do Brasil e a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano (CARDOSO, 2016). Considerado um dos biomas mais ricos em biodiversidade do mundo, este bioma também é um dos mais devastados e ameaçados do planeta (INPE, 2019), possuindo a menor área de vegetação original catalogada, sendo o bioma mais propenso a extinção entre os estabelecidos no Brasil (MYERS et al., 2000).

A supressão da vegetação, a exploração madeireira, as queimadas, a conversão de campos em pastagens e as monoculturas são alguns dos impactos que a Mata Atlântica vem sendo submetida há muitos anos (DRUMMOND, 2008). A conservação e manejo dos ecossistemas têm sido objetivos amplamente divergentes na Mata Atlântica brasileira (SIMINSKI; FANTINI, 2016), considerando que as práticas conservacionistas do solo, podem proporcionar ações que minimizem uso de combustíveis fósseis, desmatamento e queima de biomassa vegetal (MASCARENHAS et al., 2017), o uso dessas práticas deveria ser mais aplicado.

A incorporação da floresta em áreas agricultáveis tem promovido o desenvolvimento de sistemas de produção integrados, a exemplo dos sistemas agrofloretais (SAF), que atuam na recuperação de áreas degradadas, sequestro de carbono, e produção de alimentos (CÂNDIDO et al., 2016; MASCARENHAS et al., 2017). Os benefícios associados à adoção dos SAFs englobam desde a manutenção da cobertura do solo, protegendo-o contra os impactos ambientais e antrópicos; e o aumento da biodiversidade, propiciando maior equilíbrio ao sistema edáfico (OLIVEIRA et al., 2017). Nesse contexto, faz-se

necessário a investigação da eficiência ambiental dos SAFs para subsidiar práticas de manejo que causem menor impacto ao ambiente e aumentem a resiliência do solo. Este estudo teve como objetivo analisar os atributos químicos do solo em uma área de SAF e uma área de regeneração florestal do bioma Mata Atlântica de Seropédica, RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Seropédica, RJ (22° 45'S e 43°41'W, e à altitude de 33 m), mais precisamente no *campus* principal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). A área de SAF possui 8 anos de implantação, com aproximadamente 2.000 m², localizada no campo experimental do Departamento de Fitotecnia do Instituto de Agronomia da UFRRJ. Enquanto a outra área refere-se a um fragmento de floresta tropical subcaducifólia em regeneração por aproximadamente 28 anos, sob o bioma Mata Atlântica. Os solos das áreas avaliadas apresentam horizonte superficial de textura arenosa, com predomínio das classes Argissolo Amarelo e Planossolo Háptico (SANTOS et al., 2018).

A coleta de amostras de terra foi realizada no mês de abril de 2022 (final do período chuvoso). Em cada uma das áreas foram coletadas, na profundidade de 0-10 cm, cinco amostras simples para perfazer uma amostra composta, em um total de oito amostras compostas por área e um conjunto de 16 unidades amostrais (duas áreas avaliadas x oito réplicas de campo). Posteriormente, as mesmas foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de malha de 2,00 mm, obtendo-se assim a fração terra fina seca ao ar (TFSA); material utilizado para a realização das análises de caracterização dos atributos químicos do solo. Foram analisados os atributos pH em água, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, K⁺, Na⁺, H⁺+Al³⁺ e P, de acordo com os métodos propostos por Teixeira et al. (2017). Posteriormente, foram calculados os valores do complexo sortivo do solo (a soma de bases trocáveis, S; o correspondente a capacidade de troca catiônica à pH 7,0, T; e a saturação por bases do solo, V).

Os dados de solo foram analisados quanto a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. As variáveis que não apresentaram distribuição normal ou homogeneidade foram transformadas de acordo com o teste de Box-Cox e foram novamente testadas. Na sequência, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste de F (ANOVA) quando os pressupostos de normalidade e homogeneidade foram atendidos (variáveis transformadas ou não). Todos os testes foram realizados à 5% de significância pelo Software R (R CORE TEAM, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de SAF foram quantificados os maiores valores de pH e teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ em comparação a área de Floresta (Tabela 1). O pH foi ligeiramente ácido nas áreas

estudadas, estando na faixa ideal para um ótimo desenvolvimento vegetal (LIRA et al., 2012). Os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} são considerados de médios a altos segundo parâmetros para o estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013), indicando que a diversidade da cobertura vegetal no sistema conservacionista pode estar favorecendo a manutenção de uma parte desses elementos via ciclagem de nutrientes. A diversificação da cobertura vegetal e o manejo associado contribuem com maior deposição de material vegetal (raízes, galhos, folhas), que ao serem mineralizados influenciam nas reações químicas no solo e ajudam na melhoria de sua fertilidade e conseqüentemente na qualidade do solo (SOUZA et al., 2012). Esses resultados podem ser reflexo da alta atividade de decomposição da MOS, realizada pela biota do solo, proveniente da diversidade de espécies vegetais na área durante 8 anos da sua implantação.

Tabela 1 - Caracterização dos atributos químicos do solo sob sistema agroflorestal e florestal no campus da UFRRJ, Seropédica, RJ.

| Áreas | pH | $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$ | Al^{3+} | H+Al | |
|--------|---------------------------------|--|--|-------------------|--------------------|
| | H_2O | $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ | | | |
| SAF | 6,08 a | 2,17 a 1,57 a | | 0,0 ^{ns} | 1,41 ^{ns} |
| FL | 5,09 b | 0,77 b 0,53 b | 0,0 | 1,16 | |
| CV (%) | 6,53 | 13,75 27,88 | 0,0 | 32,18 | |
| Áreas | K^+ | P | Valor S | Valor T | Valor V |
| | mg dm^{-3} | | $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ | % | |
| SAF | 308 a | 147 a 4,70 a | 6,12 a | | 75,84 a |
| FL | 86 b | 6 b 1,57 b | 2,74 b | | 57,66 b |
| CV (%) | 11,34 | 20,14 0,56 | 20,37 | 13,44 | |

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste F ($P < 0,05$). ns ausência de significância pelo Teste F ($P > 0,05$). SAF: Sistema agroflorestal; FL: Floresta nativa.

Para os atributos Al^{3+} e acidez potencial (H+Al) não foram observadas diferenças entre as áreas, ressaltando que os valores de Al^{3+} foram nulos em ambas as áreas (Tabela 1). Adicionalmente, foi verificado na área de SAF maiores teores de K^+ e P. Os maiores teores de nutrientes contribuíram para a elevação da soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (T) e saturação por bases (V) na área de SAF em comparação a área de floresta (Tabela 1). Soares et al. (2021) registraram resultados semelhantes de K^+ e P em estudo sobre características químicas do solo em sistema agroflorestal e floresta primária, sendo observados maiores teores destes nutrientes na área de SAF em comparação a mata nativa. Possivelmente, os maiores valores dos atributos químicos e do complexo sortivo podem estar associados as práticas conservacionistas no SAF em conjunto com uma eficiente ciclagem de nutrientes das coberturas vegetais.

CONCLUSÕES

O sistema agroflorestal foi mais eficiente em relação a manutenção e melhoria da qualidade do solo, quando comparado com área de regeneração florestal, contribuindo para o aumento d fertilidade do solo.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, CNPq, FAPERJ.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CÂNDIDO, V. A. et al. Sistema agroflorestal para recomposição de reserva legalem de reserva legal em propriedades de agricultores familiares. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 2, p. 65-72, 2016.

CARDOSO, J. T. **A Mata Atlântica e sua conservação**. Florianópolis, v.31, 2016.

DRUMMOND, G.M. Introdução. In: MACHADO, A B. M.; PAGLIA, A. P. (orgs). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 1. ed., Brasília: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2008.

FREIRE, L.R. et al. **Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro**. Editora Universidade Rural, Seropédica - RJ, p. 87 - 105, 2013.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2019**. São José dos Campos, SP, 2019.

LIRA, R.B. et al. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da Caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 18-24, 2012.

MASCARENHAS, A.R.P. et al. Atributos físicos e estoques de carbono do solosob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental. **Revista Brasileira de Pesquisa Florestal**, v. 37, n. 89, p.19-27, 2017.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403,2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10706275/>

OLIVEIRA, K.J.B. et al. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 23-33, 2017.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R **Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2020. URL <https://www.R-project.org/>

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed., rev.e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FANTINI, A.C.; SIMINSKI, A. Manejo de florestas secundárias da Mata Atlânticapara produção de madeira: possível e desejável. **Revista Brasileira de Pós- Graduação**,v. 13, n. 32, p. 673 - 698, 2017.

SOARES, A.F. et al. Características químicas do solo sob sistema agroflorestal e floresta primária no município de Pacajá, Pará, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.6, p.45-59, 2021.

TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. EMBRAPA (ed.). Brasília: Embrapa Solos, 2017.

DESENVOLVIMENTO E ACÚMULO DE SÓDIO EM PLANTAS DE *Atriplex nummularia* CULTIVADAS EM SOLO COM CASCALHO DE PERFURAÇÃO DE POÇOS TERRESTRES

Data de aceite: 03/07/2023

Andressa Gonçalves Gomes

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Rafael Gomes da Mota Gonçalves

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Maura Santos Reis de Andrade da Silva

Pós-Doutoranda em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Daniel de Paula Andrade

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Arthur Linhares Basilio

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Juliano Bahiense Stefanato

Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

RESUMO: A composição química do cascalho de poços terrestre resulta em um material de caráter salino e que pode gerar grandes impactos ambientais se destinado de forma incorreta no solo. Assim, é importante que pesquisas sejam realizadas buscando mitigar os efeitos provocados pela presença de sais (especialmente sódio) no solo. A *Atriplex nummularia*, planta halófito e hiperacumuladora de sais, possui grande potencial na fitoextração de sais presentes em solos salinizados. Neste estudo, avaliou-se o potencial de plantas de *Atriplex nummularia*, sob dois sistemas de condução (com poda e sem poda), na fitoextração de sódio do solo proveniente do uso de resíduo de poços de petróleo terrestres. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação durante 240 dias. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 com 4 repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de cascalho de perfuração de poços de petróleo (0, 5, 10, 20 e 40 Mg ha⁻¹) e duas modalidades de condução das plantas (com e sem poda). Observou-se que o teor acumulado no tecido vegetal e o extraído do solo aumentou conforme se elevava a dose de cascalho.

Não houve diferença média entre os sistemas de condução com podas sem poda, dentro dos mesmos tratamentos. O Acúmulo de sódio do solo foi realizado pelas plantas de *Atriplex nummularia*, configurando-se como boa alternativa para recuperação de solos com presença de sais.

PALAVRAS-CHAVE: fitoextração, resíduo de poços de petróleo, sódio

DEVELOPMENT AND ACCUMULATION OF SODIUM IN *Atriplex nummularia* PLANTS CULTIVATED IN SOIL WITH GRAVEL FROM EARTH WELL DRILLING

ABSTRACT: The chemical composition of gravel from terrestrial wells results in a material with a saline character that can generate great environmental impacts if incorrectly disposed of in the soil. Thus, it is important that research is carried out seeking to mitigate the effects caused by the presence of salts (especially sodium) in the soil. *nummularia*, a halophyte plant and hyperaccumulator of salts, has great potential in the phytoextraction of salts present in salinized soils. In this study, we evaluated the potential of *Atriplex nummularia* plants, under two driving systems (with and without pruning), in the phytoextraction of sodium from the soil from the use of gravel from residual waste from oil terrestrial wells. The experiment was carried out in a greenhouse for 240 days, using pots containing 10 kg of soil (Haplic Planosol - sandy texture). The experimental design adopted was completely randomized in a 5x2 factorial scheme with 4 replications, totaling 40 experimental units. The treatments corresponded to the application of 5 doses of oil well drilling gravel (0, 5, 10, 20 and 40 Mg ha⁻¹) and 2 modalities of driving systems (with and without pruning). It was observed that the content accumulated in the plant tissue and that extracted from the soil increased as the gravel dose was increased. There was no mean difference between the management systems with and without pruning, within the same treatments. Sodium phytoextraction from the soil was carried out by *Atriplex nummularia* plants, constituting a good alternative for soil recovery using gravel from terrestrial drilling.

KEYWORDS: phytoextraction, residual waste, sodium.

INTRODUÇÃO

A produção de petróleo proveniente de poços terrestres sustenta grande parte da matriz energética brasileira. Desse modo, o aumento na dependência dessa matriz energética gera um aumento gradual no volume de resíduos, dentre eles, o cascalho. O cascalho de perfuração de poços terrestres é composto por fragmentos de rochas trituradas e fluido de perfuração, sendo que a composição química desse material é formada por baritina, soda cáustica, cloreto de sódio e outros componentes sintéticos (PETROBRAS, 2022; CAENN et al., 2011). Toda essa composição resulta em um material de caráter salino que pode gerar grandes impactos ambientais se destinados de forma incorreta no solo.

Nesse contexto, é importante que sejam desenvolvidas tecnologias para mitigar os efeitos provocados pela presença de sais no solo. Uma dessas possibilidades é o uso de vegetação halófitas com potencial hiperacumulador. A *Atriplex nummularia* se encaixa nesse perfil devido a sua capacidade de produzir grandes quantidades de biomassa, suportando

altos níveis de salinidade e apresenta taxas elevadas de absorção de sais solúveis (PORTO et al., 2001). Além disso, a prática cultural da poda nessa espécie também é destacada como uma forma de aumentar a capacidade de absorção de sais (LE HOUÉROU, 1992).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de desenvolvimento de plantas de *Atriplex nummularia*, sob dois sistemas de condução (com poda e sem poda) em solo com presença de cascalho de perfuração de poços terrestres, além da capacidade de acumular sódio nos tecidos vegetais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, utilizando-se a camada superficial de um solo classificado como Planossolo Háplico, com textura arenosa. As mudas de *Atriplex nummularia* utilizadas para a instalação do ensaio foram preparadas pelo método de propagação vegetativa de estacas retiradas de plantas matrizes. O ensaio foi implantado em vasos plásticos com área de 0,096 m² contendo 10 kg de solo.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os tratamentos corresponderam a aplicação de cinco doses de cascalho (0, 5, 10, 20 e 40 Mg ha⁻¹) e 2 modalidades de condução das plantas (com e sem poda).

O período de condução para o ensaio foi de 240 dias. Ao final do experimento, foram determinados os teores biodisponíveis de sódio no solo com extrator melich 1 (TEIXEIRA et al., 2017), teor de sódio no tecido vegetal (USEPA, 1996) e massa seca das plantas. Foi realizada a análise descritiva dos dados através do programa Microsoft® Office Excel (2007) e o teste de comparação de comparação de médias pelo R Core.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os valores de massa seca das plantas de *Atriplex nummularia*. De modo geral, foi observado uma tendência de maior produção de MS nas plantas cultivadas com doses intermediárias de cascalho (10 e 20 Mg.ha⁻¹).

Verifica-se também que a dose de 20 Mg.ha⁻¹ no sistema sem poda apresentou maior valor médio. O tratamento sem a realização de poda teve diferença estatística superior em relação ao com poda.

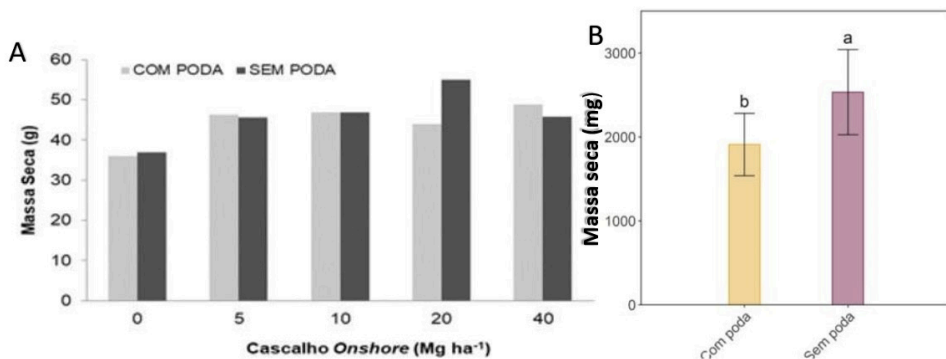


Figura 1 - Massa seca de plantas de *Atriplex nummularia* cultivadas em Planossolo com diferentes doses de cascalho de perfuração de poços de petróleo terrestre conduzidas sem poda e com poda (A); Massa seca geral das plantas conduzidas com e sem poda (B).

Os teores de sódio no solo, antes do plantio das mudas de *Atriplex* (solo + cascalho) e depois da colheita das plantas, são apresentados na Figura 2. De modo geral, observa-se um aumento no teor de Na conforme a dose é aumentada, confirmando o potencial do cascalho em elevar os teores de sódio no solo. Em todas as doses os teores de Na antes do cultivo de *Atriplex* são superiores aos obtidos após a colheita, demonstrando assim, uma capacidade desta planta em acumular sódio em seus tecidos. De acordo com os dados obtidos por Porto et al. (2001), a *Atriplex nummularia* extrai do solo cerca de 1.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de sal. Já no estudo desenvolvido por Leal et al. (2008) foi extraído aproximadamente 370 kg ha⁻¹.ano⁻¹.

Pelo período menor deste ensaio, não é possível realizar esta estimativa.

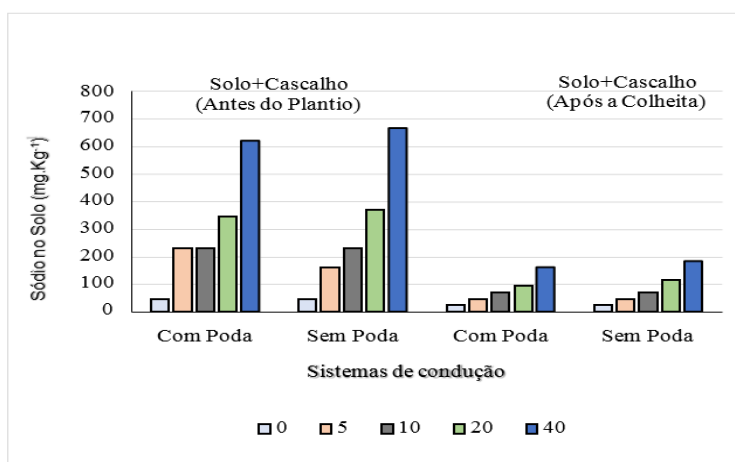


Figura 2 - Teor de sódio no solo (antes e depois do cultivo de *Atriplex*) com diferentes doses de cascalho de perfuração de poços de petróleo terrestre cultivado com plantas de *Atriplex numulária*.

O teor de sódio na parte aérea das plantas de *A. nummularia* cultivadas com diferentes doses de cascalho de perfuração de poços de petróleo terrestre está apresentado na Figura 3. A aplicação de cascalho terrestre ao solo proporcionou aumento nos teores de Na nos tecidos vegetais em todas as doses avaliadas. Foi observado diferença estatística no sistema de condução. As plantas conduzidas sem poda tiveram maior teor de sódio nos tecidos vegetais. Possivelmente, esse comportamento está relacionado a maior produção de massa seca.

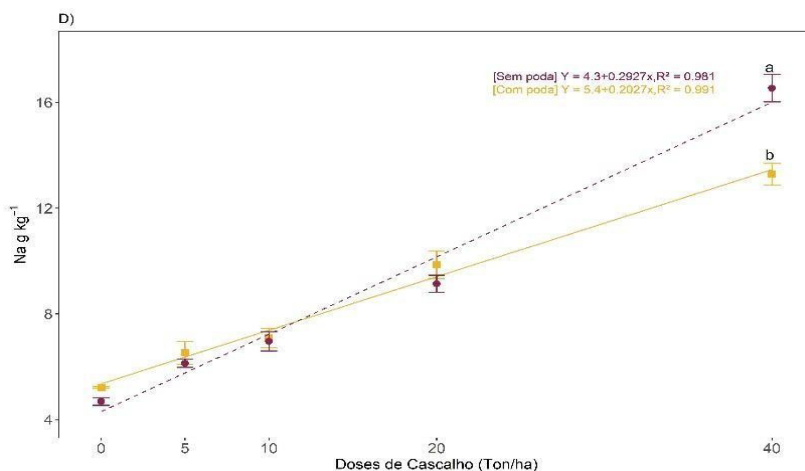


Figura 3 - Teor de sódio em plantas de *Atriplex nummularia* cultivadas com diferentes doses de cascalho de perfuração de poços de petróleo terrestre conduzidas sem poda e com poda.

CONCLUSÕES

As plantas de *Atriplex nummularia* tiveram um bom desenvolvimento em solo com presença de alto teor de sais.

O teor de sódio no tecido vegetal teve diferença significativa entre os sistemas de condução com poda e sem poda.

Houve acúmulo de sódio nos tecidos de *Atriplex nummularia*, configurando-se como uma alternativa para recuperação com presença de sais decorrentes do uso de cascalho de perfuração terrestre.

AGRADECIMENTOS

À Petrobrás; à UFRRJ e ao Departamento de Solos da UFRRJ.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CAENN, R.; DARLEY, H.C.H; GRAY, G.R. Composition and properties of drilling and completion fluids. **Gulf professional publishing**, 2011.

LE HOUÉROU, H.N. The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean basin: a review. **Agroforestry Systems**, v. 18, p.107–148, 1992.

PETROBRAS. Áreas de atuação exploração e produção de petróleo e gás. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

PORTO, E. R.; AMORIM, M.C.C; SILVA, L.G.A. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 111-114, 2001.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF : Embrapa, 2017.

USEPA - United State Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. 1996.

ESTOQUE E QUALIDADE NUTRICIONAL DA SERAPILHEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL NA MATA ATLÂNTICA

Data de aceite: 03/07/2023

Aurea Pinto dos Ramos

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (PPGA-CS/UFRRJ)

Wilbert Valkinir Cabreira

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais – Silvicultura (PPGCAF-DS/UFRRJ)

Thassiany de Castro Alves

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (PPGA- CS/UFRRJ)

Gilsonley Lopes dos Santos

Doutor em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ)

Anelise Dias

Professora do Departamento de Fitotecnia (UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

RESUMO: Os sistemas agroflorestais (SAF's) podem desempenhar papel fundamental na ciclagem de nutrientes uma vez que conjugam aspectos da

conservação do solo e da produção sustentável do sistema. Assim, o objetivo desse estudo foi comparar uma área de SAF com um fragmento florestal (FL), avaliando o estoque de serapilheira, bem como, sua qualidade nutricional. Para a coleta da serapilheira, utilizou-se um gabarito metálico com dimensões de 25x25 cm. O material coletado, foi seco a 60 °C até peso constante, para determinação do estoque, e posteriormente triturado em moinho e submetido à digestão sulfúrica, para a quantificação dos teores nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Além disso, foi determinada a umidade pelo método gravimétrico e a temperatura do solo. Na área de SAF foram observados os maiores teores totais de P e K, enquanto em FL foram quantificados os maiores teores de N. Entretanto, para o estoque da serapilheira não houve diferença entre as áreas. Adicionalmente, na área de FL, foi observada maior umidade na serapilheira e menor temperatura do solo. Os SAF's podem favorecer os teores nutricionais e estoque de serapilheira do sítio, tornando-se uma alternativa para uso do solo em áreas de Mata Atlântica fragmentada.

PALAVRAS-CHAVE: agrofloresta, ciclagem de nutrientes, nutrição florestal.

STOCK AND NUTRITIONAL LITTER QUALITY IN AGROFORESTRY SYSTEM IN THE ATLANTIC FOREST

ABSTRACT: Agroforestry systems (AFS's) can play a key role in nutrient cycling as they combine aspects of soil conservation and system production. Thus, the objective of this research was to compare the AFS with a forest fragment (FF), evaluating the litter stock as well as its nutritional quality. For litter collection, a 25x25 cm metallic gabarite was used. The material collected was dried at 60 °C until constant weight, to determine the stock, and then ground in a mill and subjected to sulfuric digestion to quantify the nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) contents. In addition, gravimetric moisture and soil temperature were determined. The AFS area favored higher total levels of P and K, while in FF higher levels of N were quantified. However, for the litter stock there was no difference between the areas. In addition, in FF, higher humidity was observed in the litter and lower temperature in the soil. AFS's can favor the nutritional contents and litter stock of the site, becoming an alternative for land use in areas of fragmented Atlantic Forest.

KEYWORDS: agroforestry, nutrient cycling, forest nutrition.

INTRODUÇÃO

Devido ao intenso processo de conversão de áreas de florestas nativas em áreas de pastagens, monocultivos agrícolas e/ou florestais plantados, a paisagem da Mata Atlântica resultou no que pode ser chamado de “agromosaicos” (TABARELLI et al., 2010), uma paisagem em que pequenos fragmentos de florestas nativas se encontram imersos numa matriz agrícola e/ou pecuária com baixa permeabilidade gênica (RIBEIRO et al., 2011). Devido a atual paisagem do bioma Mata Atlântica, práticas conservacionistas vêm sendo utilizadas para mitigar os impactos ocasionados pelos processos de antropização. Assim, diferentes técnicas de manejo que resultam num uso de menor impacto ao solo têm sido objeto de estudos em ambientes que no passado eram ocupados pela Mata Atlântica. Nesse contexto, os sistemas agroflorestais (SAFs) podem desempenhar papel fundamental, uma vez que conjugam princípios da conservação e produção em um mesmo sistema, mantendo a cobertura do solo, protegendo-o contra impactos e aumentando a diversidade das espécies, propiciando maior equilíbrio no sistema (OLIVEIRA et al., 2017). Diante disso, este estudo teve como objetivo, quantificar o estoque de serapilheira e avaliar a sua qualidade nutricional em um sistema agroflorestal em comparação a um fragmento florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no *campus* da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizada no município de Seropédica 22°45'36"S e 43° 42'00"W e altitude de 33m. Foram selecionadas duas áreas, sendo que em uma delas verifica-se a presença de um Sistema Agroflorestal (SAF) e outra área consiste em um fragmento florestal (FL). A

área do SAF tem aproximadamente 2.000 m² e 8 anos de implantação, localizada no campo experimental do Departamento de Fitotecnia do Instituto de Agronomia da UFRRJ. Enquanto o fragmento florestal consiste em uma floresta tropical subcaducifólia em regeneração no bioma Mata Atlântica, sendo possível perceber sinais de várias intervenções antrópicas, uma vez que essa área apresenta um histórico de atividades silviculturais e também se verifica a ocorrência de espécies exóticas nas áreas circunvizinhas. Atualmente, o fragmento é utilizado para o desenvolvimento de aulas práticas e atividades de educação ambiental, por meio de uma trilha interpretativa que percorre seu interior. Os solos das áreas avaliadas apresentam horizonte superficial com textura arenosa, com predomínio das classes Argissolo Amarelo e Planossolo Háptico (SANTOS et al., 2018).

A amostragem foi realizada em abril de 2022 (final do período chuvoso) para a avaliação do estoque e qualidade nutricional da serapilheira dentro de cada área para cada ponto de amostragem (n=8), três subamostras de serapilheira foram coletadas usando um gabarito metálico 25 x 25 cm para formar um ponto de amostragem. Para todos os pontos foi mensurada a temperatura do solo com auxílio de um geotermômetro digital. A serapilheira coletada foi seca a 60 °C até peso constante, determinando-se a umidade pelo método gravimétrico (Ug%). Posteriormente, o material foi triturado em moinho, submetido à digestão sulfúrica e quantificado dos teores nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) conforme Tedesco et al. (1995).

Os dados foram analisados quanto a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. As variáveis que não apresentaram distribuição normal ou homogeneidade foram transformadas de acordo com o teste de Box- Cox. Na sequência, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste F (ANOVA) quando os pressupostos de normalidade e homogeneidade foram atendidos) Todos os testes foram realizados à 5% de significância pelo Software R versão 3.5.0 (R Development Core Team, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de SAF, foram observados os maiores teores totais de fósforo (P) e potássio (K), enquanto em FL foram quantificados os maiores teores de nitrogênio (N). Entretanto, no que se refere ao estoque da serapilheira não foi observada diferença entre as áreas (Figura 1).

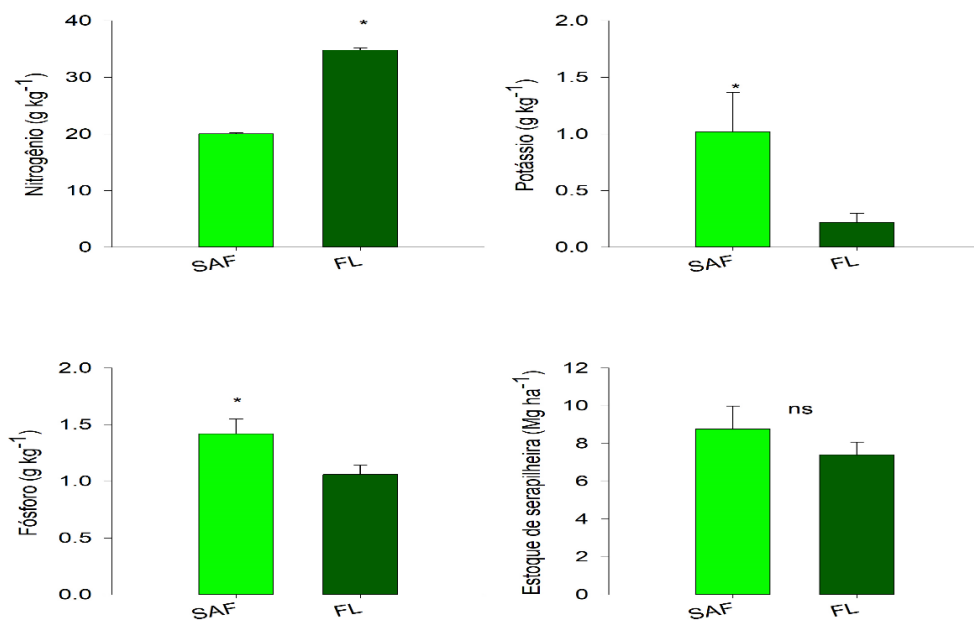


Figura 1 - Estoque da serapilheira e teores totais de nitrogênio, fósforo e potássio sob sistema agroflorestal e fragmento florestal no *campus* da UFRRJ, Seropédica RJ. * presença de significância pelo Teste F ($P < 0,05$). ^{ns} ausência de significância pelo Teste F ($P > 0,05$). SAF: Sistema agroflorestal; FL: fragmento florestal.

A qualidade da serapilheira observada nas áreas, em particular no SAF, pode desempenhar um papel importante na facilitação da restauração do solo por meio de efeitos nas comunidades biológicas e nas funções que elas regulam (MATOS et al., 2020). Elevados valores de N na serapilheira da área de floresta, podem estar associados ao estágio sucessional do fragmento florestal, uma vez que, geralmente, essas áreas possuem muitas espécies pioneiras e leguminosas, as quais, possuem baixa massa por área foliar, altas concentrações de N e baixos teores de fibras e lignina (GIEBELMANN et al., 2011). Nesse sentido, a serapilheira dessas espécies tende a se decompor mais rapidamente (HOPKINS et al., 2017). Apesar de não ter sido verificada diferença entre os sítios para o estoque de serapilheira, foi observado um elevado aporte de serapilheira em ambos os locais.

Quanto a temperatura média do solo e umidade da serapilheira estas variaram entre as áreas. Na área de SAF foram registrados os menores valores, com uma média de 25,9°C e 61,1% de umidade, enquanto na área de FL foi registrada temperatura de 24,0°C e 98,03% de umidade (Figura 2). Esta variação, provavelmente está relacionada à organização espacial do plantio, assim como o tempo de adoção do manejo utilizado no SAF, que possivelmente gerou maior heterogeneidade da cobertura de serapilheira na

área, contribuindo para uma maior evaporação e conseqüentemente menores valores de umidade da serapilheira. Por outro lado, o dossel mais fechado na área de FL, proporcionou maior sombreamento e conseqüentemente menor temperatura em comparação ao SAF.

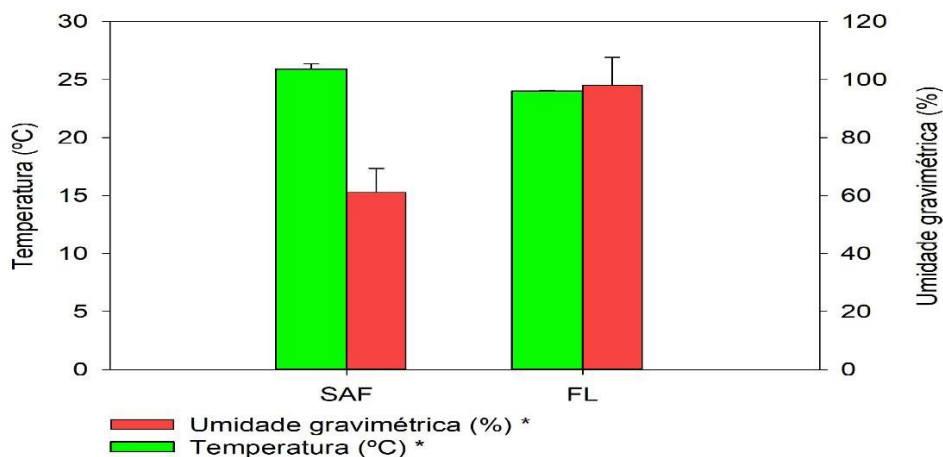


Figura 2 - Umidade gravimétrica (%) e temperatura do solo (°C) em áreas sob sistema agroflorestal e florestal no *campus* da UFRRJ, Seropédica RJ. * presença de significância pelo Teste F ($P < 0,05$). SAF: Sistema agroflorestal; FL: fragmento florestal.

CONCLUSÕES

O manejo com SAF favoreceu os teores nutricionais e estoque de serapilheira, contribuindo para controle da temperatura do solo, com isso, este manejo pode ser considerado como uma alternativa viável para uso do solo em áreas de Mata Atlântica fragmentada.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, CNPq, FAPERJ.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GIEBELMANN, U.C. et al. Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the Atlantic Rainforest of Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 49, p. 5-10, 2011.

HOPKINS, B.C.L. et al. Tree functional diversity affects litter decomposition and arthropod Community composition in a tropical forest. **Biotropica**, v. 49, p. 903-911, 2017.

MATOS, P.S. et al. Linkages among Soil Properties and Litter Quality in Agroforestry Systems of Southeastern Brazil. **Sustainability**, v. 12, p. 9752, 2020.

OLIVEIRA, K.J.B. et al. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p.23- 33, 2017.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL <https://www.R-project.org/>

RIBEIRO, M.C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: Zachos, F.E., Habel, J.C. (Eds) **Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas**. Heidelberg: Springer, 2011, p. 405– 434.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TABARELLI, M. et al. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, p. 2328-2340, 2010.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. PortoAlegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM BIOCARVÕES COMERCIAIS

Data de aceite: 03/07/2023

Ayhessa Cristina Santos de Lima

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Danielle França de Oliveira Torchia

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Kimberly Christina Marques da Silva

Estudante de Licenciatura em Ciências Agrícolas (UFRRJ)

Franciele de Souza Rocha

Estudante de graduação em Engenharia Florestal (UFRRJ)

Tadeu Augusto van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Andrés Calderín García

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

A composição do biocarvão é importante para definir qual a dose e como ele poder ser aplicado. No presente trabalho foram analisados quatro tipos diferentes de biocarvões presentes no mercado, com a finalidade de verificar se há um padrão na composição. Os biocarvões foram analisados em analisador CHN e também digeridos para posteriores análises em espectrofotômetro de absorção atômica, fotômetro de chama e espectrofotômetro de luz visível. Na análise de CHN, B1 apresentou maiores teores de C (78%), seguido por B4 (72%), B2 (71%), e B3 (67%). Os teores de N e O foram maiores em B3, com 1% e 29% respectivamente e o teor de H foi maior em B2 (71%). O teor de P foi consideravelmente maior em B3 e B4, sendo $273,5 \text{ g kg}^{-1}$ e $274,5 \text{ g kg}^{-1}$. B2 apresentou maiores teores de K e Na, sendo $4,27 \text{ g kg}^{-1}$ e $0,93 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. B3 apresentou maiores teores de Mg, Fe e Ca. Os teores de Cu foram semelhantes em todos os biocarvões. Portanto, nota-se que mesmo biocarvões comerciais apresentam teores de nutrientes diferentes, os quais irão interferir na sua aplicabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: biocarvão, condicionante, nutrientes, solo.

RESUMO: O biocarvão é um material rico em carbono e que tem sido estudado em diversas aplicações, principalmente, como condicionante de solo e fertilizante.

MACRO AND MICRONUTRIENT CONTENT IN COMMERCIAL BIOCHARS

ABSTRACT: Biochar is a carbon-rich material that has been studied in several applications, mainly as a soil conditioner and fertilizer. The composition of biochar is important to define the dose and how it can be applied. In the present work, four different types of biochars present in the market were analyzed, in order to verify if there is a pattern in the composition. The biochars were analyzed in a CHN analyzer and also digested for further analysis in an atomic absorption spectrophotometer, flame photometer and visible light spectrophotometer. In the CHN analysis, B1 showed the highest levels of C (78%), followed by B4 (72%), B2 (71%), and B3 (67%). The N and O contents were higher in B3, with 1% and 29% respectively, and the H content was higher in B2 (71%). The P content was considerably higher in B3 and B4, being 273.5 g kg⁻¹ and 274.5 g kg⁻¹. B2 showed higher levels of K and Na, being 4.27 g kg⁻¹ and 0.93 g kg⁻¹, respectively. B3 showed higher levels of Mg, Fe and Ca. Cu contents were similar in all biochars. Therefore, it is noted that even commercial biochars have different nutrient contents, which will interfere with their applicability.

KEYWORDS: biochar, conditioning, nutrients, soil.

INTRODUÇÃO

O Biochar ou Biocarvão é o produto obtido a partir de processos como pirólise, HTC, liquefação hidrotermal e torrefação, onde a composição da biomassa, temperatura, e a pressão desempenham papéis fundamentais na produção (CHI et al., 2021). É um material carbonáceo de granulosidade fina possuindo elevado teor de carbono (LEHMANN & JOSEPH, 2015). Possui ampla diversidade de biomassas que podem ser utilizadas na sua composição, proporcionando assim diferentes funções agrônomicas e ambientais. Apresenta um elevado potencial como condicionador de solo, melhorando suas propriedades químicas, físicas e biológicas e possui alta resistência à degradação (LONE et al., 2015). Sua aplicação proporciona a imobilização de metais, aumenta a resistência pedológica a seca devido à sua capacidade de retenção de água e demonstra forte influência no aumento do pH (ANTO et al., 2021; DAS et al., 2020; KAMAU et al., 2019; NAGHDI et al., 2019; XIAO et al., 2018).

No que tange o uso agrícola, a aplicação do biochar pode atuar tanto na reserva de nutrientes, como na estabilização do húmus, devido a formação de complexos de carvão-argila-húmus, e, com isso, pode aumentar o rendimento das culturas (YE et al., 2020). Entretanto, as suas propriedades, bem como o seu potencial uso agrônomico e seus efeitos no solo variam de acordo com a origem e os nutrientes presentes na matéria prima, bem como as condições de produção. O presente trabalho tem como objetivo analisar os teores de macro e micronutrientes em diferentes biocarvões comerciais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudadas quatro marcas diferentes de biocarvões disponíveis no mercado (B1, B2, B3 e B4), ambos de origem vegetal. A quantificação elementar (CHN) foi realizada utilizando o aparelho LECO Trupec CHN e o oxigênio determinado por diferença. Para quantificação de metais, as amostras foram abertas usando digestão ácida, conforme adaptado do método EPA 3050. Foram pesados 0,25 g de amostra e inseridas em tubos de digestão. Um volume de 5 ml de ácido nítrico (HNO_3 P.A) foi adicionado a cada tubo e colocado no bloco digestor em uma capela com exaustão por 15 minutos a 95°C . Posteriormente, outros 10 ml de ácido nítrico foram adicionados, e mantido por mais 2 h no blocodigestor. As amostras foram retiradas do bloco digestor, e 8 ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) foram adicionados. O volume da amostra foi elevado a 50 ml com água destilada e depois filtrado. A quantificação foi realizada usando um espectrofotômetro de absorção atômica (VARIAN 55B), o conteúdo de K^+ e Na^+ foram determinados usando um fotômetro de chama (DIGIMED DM-62) e o conteúdo de P através da colorimetria de mavanadato (MALAVOLTA, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores totais de N, C, H e O obtidos por analisador CHN estão descritos na Figura 1. Os biochars apresentam altos teores de C, todos acima de 60 % sendo considerados de classe 1, de acordo com as normas propostas pela International Biochar Initiative (IBI, 2015). Altos teores de carbono indicam biochars com maior recalcitrância, por possuírem maior quantidade de anéis aromáticos em sua estrutura (FEITOSA et al., 2020). Foram observados baixos teores de N nos biochars avaliados, indicando maior volatilização durante o processo da degradação térmica. Os teores de O e H foram baixos, visto que no processo de pirólise ocorre a perda de água e a volatilização de hidrocarbonetos, resultando numa redução dos teores de H e O (TORCHIA et al., 2020). Valores baixos de O e H podem ser associados com maior hidrofobicidade do biochar devido à menor presença de grupos funcionais (HARDY et al., 2017).

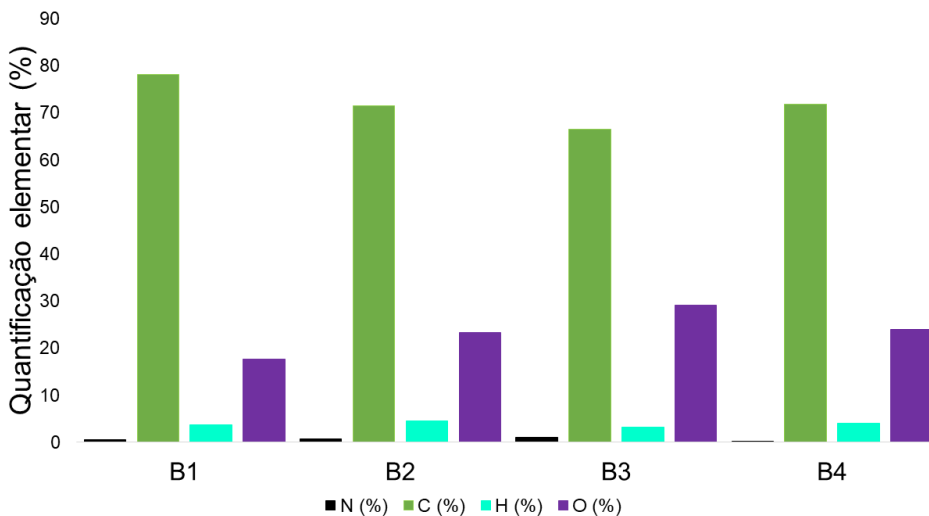


Figura 1 – Teores de C, H, N e O de biocarvões comerciais obtidos por analisador CHN.

Em relação aos macros e micronutrientes destacam-se os valores elevados de P nos biochars B3 e B4, sendo 273 g kg^{-1} e 274 g kg^{-1} , o que é bem alto em comparação a biochars derivados de palha de trigo e arroz em temperaturas de 300 a 500 °C (NAEEM, 2014) e biochar de lodo de esgoto (YUAN et al., 2016). Destaca-se também a baixa concentração de Ca e Mg no B1, em relação aos demais, mas a concentração de Ca ainda está dentro do que é encontrado na literatura, entretanto, os valores de Mg na literatura são mais elevados (NAEEM, 2014). Também foi observado baixa concentração de Fe em B1 quando comparadas aos demais biochars, de modo que essa diferença poder ocorrer devido à diferenças entre o material de origem, visto que Fe não é perdido durante o processo de volatilização (GONÇALVES, 2016). Já o teor de Cu não apresentou alterações expressivas entre os diferentes biochars. Por se tratar de biocarvões comerciais, não se sabe ao certo quais as condições de produção foram utilizadas, entretanto, sabe-se que ao partir de uma mesma matéria prima pode haver diferenças elementares nos produtos, variando assim de acordo com o tipo de reator e as condições de trabalho, na qual ocorrem estas reações de conversão térmica (ROCHA et al., 2004; TORCHIA et al., 2020). Desse modo, entende-se que a caracterização prévia do biocarvão é necessária antes da sua aplicação, visto que as características químicas podem influenciá-las propriedades e, conseqüentemente, mudar a função do biocarvão ao ser aplicado.

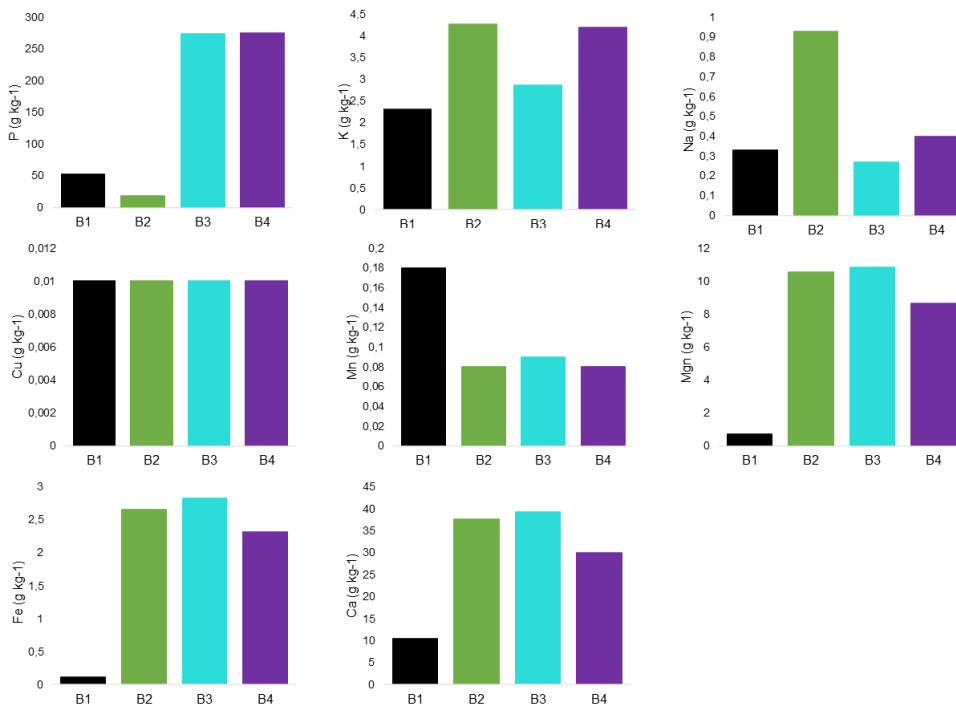


Figura 2 – Teores de macro e micronutrientes em diferentes biocarvões.

CONCLUSÕES

Conclui-se que os teores de macro e micronutrientes presentes nos biochar variam em função de cada marca estudada, o que mostra que o processo de degradação térmica utilizado pode ter sido diferente entre eles. Todos os biochars apresentaram altos teores de C e baixos valores de N, O e H. Os biochars B3 e B4 possuem conteúdos mais altos de nutrientes, destacando-se os elevados teores de P quando comparados aos demais. O B1 apresentou teores de nutrientes inferiores aos demais biocarvões estudados, entretanto ainda dentro do que é encontrado na literatura. Portanto, mesmo os biocarvões comerciais podem apresentar concentrações diferentes de nutrientes, o que pode influenciar na sua aplicabilidade no solo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Química Biológica do solo, Laboratório de Relação Solo-Planta, ao PPGA-CS e à UFRRJ. Também agradecemos às agências de fomento CAPES, FAPERJ e CNPq pela disponibilização de recursos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANTO, S. et al. Activation strategies for biochar to use as an efficient catalyst in various applications. **Fuel**, v. 285, p. 119205, 2021.

CHI, N.T.L. et al. A review on biochar production techniques and biochar based catalyst for biofuel production from algae. **Fuel**, v. 287, p. 119411, 2021.

DAS, S.K. et al. Valorizing biomass to engineered biochar and its impact on soil, plant, water, and microbial dynamics: a review. **Biomass Convers Biorefinery**, v. 12, p. 4183-4189, 2020.

FEITOSA, A.A. et al. Caracterização química de amostras de biocarvão de casca de banana e bagaço de laranja carbonizados a 400 e 600°C. **Revista Virtual De Química**, v. 12, n. 4, p. 901-912, 2020.

GONÇALVES, F.M. **Caracterização de biocarvões e suas capacidades de retenção de nutrientes**. 2016. 86p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pósgraduação em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos, Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

HARDY, B. et al. Long term change in chemical properties of preindustrial charcoal. **Organic Geochemistry**, v. 107, p. 33-45, 2017.

IBI. (2015). Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil. <http://www.biochar-international.org/characterizationstandard>.

KAMAU, S. et al. Short-term influence of biochar and fertilizer biochar blends on soil nutrients, fauna and maize growth. **Biology and Fertility of Soils**, v. 55, p. 661–673, 2019.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for Environmental Management: Science and Technology**. Earthscan, London, 2009.

LONE, A.H. et al. Biochar for Sustainable Soil Health: A Review of Prospects and Concerns. **Pedosphere**, v. 25, p. 639-653, 2015.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., & OLIVEIRA, S.A. Evaluation of the Nutritional Status of Plants: Principles and Applications (2nd ed.), 1997.

NAEEM, M.A. Yield and nutrient composition of biochar produced from different feedstocks at varying pyrolytic temperatures. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v. 51, p. 75-82, 2014.

NAGHDI, M. et al. Pine-wood derived nanobiochar for removal of carbamazepine from aqueous media: adsorption behavior and influential parameters. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 12, n. 8, p. 5292-5301, 2019.

ROCHA, J.D. et al. Aspectos Teóricos e Práticos do Processo de Pirólise de Biomassa. Curso “Energia na Indústria de Açúcar e Alcool”. UNIFEI, 2004.

TORCHIA, D.F.O. et al. Production and characterization of biochar obtained from different biomass and pyrolysis temperature. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 39, p. 415-427, 2021.

XIAO, R. et al. Recent developments in biochar utilization as an additive in organic solid waste composting: a review. **Bioresource Technology**, v. 246, p. 203-213, 2017.

YE ,L. et al. Biochar effects on crop yields with and without fertilizer: a meta- analysis of field studies using separate controls. **Soil Use Manag**, v. 36, n. 1, p. 2-18, 2020.

YUAN, Y. et al. Sewage sludge biochar: Nutrient composition and its effect on the leaching of soil nutrients. **Geoderma**, v. 267, p. 17-23, 2016.

ZHAO, L. et al. Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures. **Journal of Hazardous Materials**, v. 256,p. 1-9, 2013.

MODELAGEM HIPSOMÉTRICA MISTA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

Data de aceite: 03/07/2023

Bruno Fonseca Martins

Estudante de graduação em Engenharia Florestal (UFRRJ)

Karla Lima Ribeiro

Estudante de graduação em Engenharia Florestal (UFRRJ)

Julia Martins Dias de Oliveira

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ)

Danilo Henrique dos Santos Ataíde

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ)

Marco Antonio Monte

Professor do Departamento de Silvicultura (UFRRJ).

Emanuel José Gomes de Araújo

Professor do Departamento de Silvicultura (UFRRJ).

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de modelos tradicionais e mistos no ajuste de relação hipsométrica, em um fragmento de floresta estacional semidecidual. Os dados foram

disponibilizados pelo inventário Florestal de Minas Gerais, em 19 unidades amostrais de um fragmento de floresta estacional semidecidual localizado no Parque Estadual de Nova Baden em Lambari, Minas Gerais. Inicialmente, foi realizado o ajuste de dez modelos de relação hipsométrica, lineares (8) e não lineares (2), para a estimativa da altura total das árvores individuais. A melhor equação, selecionada com base nas estatísticas de ajuste superiores, foi submetida a inclusão das covariáveis espécie e família botânica. Para avaliar a precisão das equações ajustadas, considerou-se o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa ($S_{yx\%}$), significância dos coeficientes e análise gráfica de resíduos. A inclusão das covariáveis favoreceram o aumento do R^2_{aj} , a diminuição do $S_{yx\%}$ e aumentam a homogeneidade na distribuição gráfica dos resíduos. Desse modo, a estratégia de inclusão de covariáveis pela modelagem mista, viabilizou uma melhoria significativa na qualidade do ajuste do modelo de linear de Trorey, principalmente, quando a variabilidade da covariável espécie foi incorporada aos coeficientes.

PALAVRAS-CHAVE: floresta nativa, modelagem mista, relação hipsométrica.

MIXED HYSOMETRIC MODELING IN A SEMI-DECIDUAL SEASONAL FOREST FRAGMENT

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the performance of traditional and mixed models in the adjustment of the hypsometric relation, in a fragment of seasonal semideciduous forest. Data were provided by the Forestry Inventory of Minas Gerais, in 19 sampling units of a semideciduous seasonal forest fragment, located in the Nova Baden State Park in Lambari, Minas Gerais. Initially, ten models of hypsometric relationship, linear (8) and non-linear (2), were adjusted to estimate the total height of individual trees. The best equation, selected based on the superior adjustment statistics, was submitted to the inclusion of the species and botanical family covariates. To assess the accuracy of the adjusted equations, the adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}), standard error of the estimate ($S_{yx\%}$), significance of the coefficients and graphical analysis of residuals were considered. The inclusion of the covariates favored the increase of the R^2_{aj} , the decrease of the $S_{yx\%}$ and the good homogeneity in the graphical distribution of the residuals. Thus, the strategy of covariates through mixed modeling enabled a significant improvement in the quality of the adjustment of Trorey's linear model, mainly when the variability of the covariate species was incorporated into the coefficients.

KEYWORDS: native forest, mixed modeling, hypsometric relationship.

INTRODUÇÃO

A altura das árvores é uma variável muito importante na mensuração e manejo de florestas, pela sua forte correlação com o volume de madeira em povoamentos florestais, e seu significado ecológico em florestas inequiduais, auxiliando na compreensão da estrutura vertical da comunidade (CURTO et al., 2018). Nesse último caso, é possível conhecer por meio da altura, as espécies de maior importância ecológica, a sua relação com a riqueza e diversidade de espécies, além do crescimento e produção de biomassa, sendo importante indicador de sustentabilidade ambiental (SOUZA e SOUZA, 2004).

Em inventários florestais é usual medir o diâmetro de todas as árvores das unidades amostrais, enquanto se avalia a altura de indivíduos selecionados. O conjunto desses dados é utilizado para estabelecer uma relação matemática da altura em função do diâmetro, conhecida como relação hipsométrica (BARROS et al., 2002). Na literatura florestal, diversos autores têm relatado fatores que influenciam na relação entre a altura e o diâmetro, tais como a idade, qualidade do sítio florestal, espécie, família botânica, densidade do plantio, genética, posição sociológica, tortuosidade do fuste, entre outros (MENDONÇA et al., 2015; MACHADO et al., 2008; BARROS et al., 2002). Autores como Barros et al. (2002), constataram melhoria na precisão das estimativas quando estes fatores foram incorporados aos modelos testados. A modelagem mista, portanto, surge como uma alternativa à modelagem tradicional (OLIVEIRA et al., 2015), tornando-se importante a realização de estudos que visam identificar covariáveis que influenciam na relação hipsométrica de florestas inequiduais e o seu efeito na precisão e exatidão na

estimativa da altura.

Deste modo, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de modelos tradicionais e mistos no ajuste de relação hipsométrica, em um fragmento de floresta estacional semidecidual.

MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados foi disponibilizado pelo Inventário Florestal de Minas Gerais, de um fragmento de floresta estacional semidecidual (com área amostral de 1,9 hectares), contido no Parque Estadual de Nova Baden, localizado no município de Lambari, Minas Gerais. Segundo a classificação de Köppen, o clima do local é do tipo “Cwa”, temperado úmido com inverno seco e verão quente.

Os dados se referem ao inventário florestal de 19 unidades amostrais, em que foram mensuradas as variáveis circunferência a 1,30 m do solo (CAP) e altura total das árvores (h) de todas as árvores. O diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) de cada árvore foi calculado dividindo o CAP pelo número pi (π). No total, foram mensurados 2416 fustes.

Foram ajustados dez modelos tradicionais de relação hipsométrica (Tabela1), oito lineares e dois não lineares.

Tabela 1 - Modelos de relação hipsométrica ajustados para o fragmento florestal.

| Nº | Modelo | Denominação |
|----|---|----------------|
| 1 | $h = \beta_0 + \beta_1 \cdot d$ | Linear Simples |
| 2 | $h = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d^2$ | Trorey |
| 3 | $h = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{d}$ | Assmann |
| 4 | $h = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln d$ | Henricksen |
| 5 | $\ln h = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln d$ | Stoffels |
| 6 | $\ln h = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{d}$ | Curtis |
| 7 | $\frac{1}{h - 1,30} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{d}$ | Petterson |
| 8 | $\frac{1}{h} = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d^2$ | Prodan |
| 9 | $h - 1,3 = \frac{\beta_0 + \beta_1 \cdot d^2}{d^2}$ | Naslund |
| 10 | $h - 1,3 = \frac{\beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d^2}{d^2}$ | Prodan |

Em que: ln = logaritmo neperiano; h = altura total (m); d = diâmetro a 1,3 m do solo (cm); β_0 , β_1 , β_2 = coeficientes de regressão

Após a avaliação dos modelos tradicionais, foi selecionado aquele de melhor desempenho, em que se avaliou a modelagem mista, por meio da inclusão das covariáveis espécie e família botânica, em cada um dos seus parâmetros. Os modelos tiveram sua precisão testada por meio do coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), erro padrão relativo ($S_{yx\%}$), análise gráfica de resíduos, além da significância dos coeficientes, com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar que todos os modelos ajustados pela modelagem tradicional apresentaram significância estatística, ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 2 - Coeficientes e estatísticas de ajuste de modelos hipsométricos tradicionais ajustados para um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual.

| Nº | Q ₀ | Q ₁ | Q ₂ | S _{yx%} | R ² _{aj.} | F |
|----|----------------|----------------|----------------|------------------|-------------------------------|----------|
| 1 | 6,1241* | 0,2995* | | 29,0751 | 0,5115 | 1763,30* |
| 2 | 4,5857* | 0,4808* | -0,0033* | 27,8547 | 0,5516 | 1036,00* |
| 3 | 15,7423* | -54,0673* | | 31,5385 | 0,4252 | 1246,10* |
| 4 | -2,9040* | 5,4042* | | 28,2163 | 0,5399 | 1976,19* |
| 5 | 1,0182* | 0,5022* | | 28,1834 | 0,5410 | 2083,11* |
| 6 | 2,7844* | -5,3532* | | 30,4062 | 0,4658 | 1128,91* |
| 7 | 0,0524* | 0,9712* | | 32,4608 | 0,3911 | 1344,45* |
| 8 | -3,5907* | 1,2848* | 0,0301* | 30,7011 | 0,4553 | 802,34* |
| 9 | 5,2799* | 0,0664* | | 30,0161 | 0,4794 | 1948,07* |
| 10 | -2,0105* | 1,1588* | 0,0320* | 27,7384 | 0,5554 | 1041,86* |

^{ns}= não significativo; e * = significância a 5%.

Através da análise da distribuição gráfica dos resíduos (Figura 1), foi possível verificar alta amplitude e tendência associada à dispersão dos resíduos para todos os modelos avaliados. Tal comportamento é esperado para florestas nativas, tendo em vista a alta variabilidade das alturas dentro de uma mesma classe de diâmetro, e a ampla diversidade de espécies, que apresentam parâmetros de crescimento e estágios sucessionais distintos (CURTO et al., 2014).

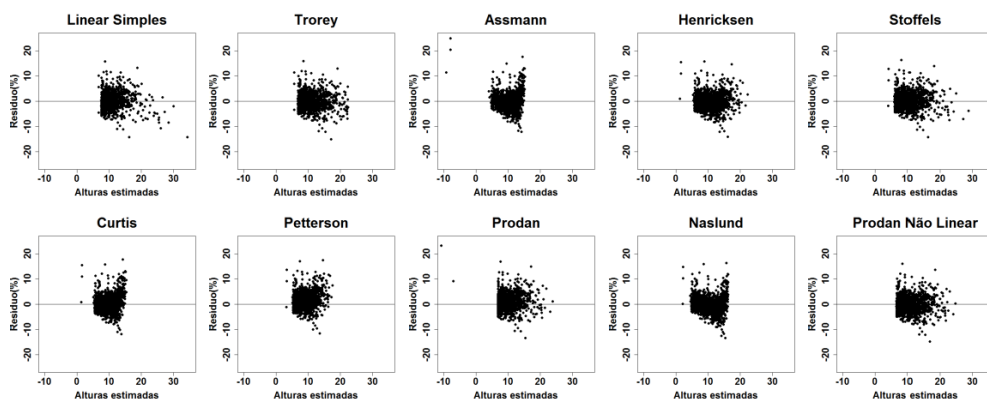


Figura 1 - Distribuição dos resíduos dos modelos tradicionais, ajustados para o fragmento florestal.

Sendo assim, o modelo linear de Trorey foi escolhido para avaliação dos efeitos mistos, levando em consideração a distribuição mais homogênea dos resíduos, juntamente com as estatísticas de precisão ($R_{2aj.} = 0,55$; $S_{yx\%} = 27,85$).

Na Tabela 3, estão apresentadas as estatísticas de ajuste do modelo selecionado ajustado com a inclusão das covariáveis espécie e família botânica. Pode-se observar que todos os parâmetros dos modelos testados foram significativos ($\alpha < 0,05$), indicando que os efeitos mistos associados à espécie e família botânica podem incrementar a precisão de modelos hipsométricos.

Tabela 3 - Parâmetros estatísticos dos modelos ajustados com a inclusão das covariáveis espécie e família botânica, para o fragmento florestal.

| Modelo | β_0 | β_1 | β_2 | $S_{yx\%}$ | $R_{2aj.}$ |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Espécie | | | | | |
| Trorey | 4,5857* | 0,4808* | -0,0033* | 27,8547 | 0,5516 |
| Trorey.b ₀ | 4,8549* | 0,4540* | -0,0032* | 25,6573 | 0,6205 |
| Trorey.b ₁ | 4,6025* | 0,4819* | -0,0039* | 25,7333 | 0,6182 |
| Trorey.b ₂ | 4,1795* | 0,5453* | -0,0055* | 26,2613 | 0,6022 |
| Trorey.b ₀₁₂ | 4,8050* | 0,4753* | -0,0040* | 24,2473 | 0,6618 |
| Família Botânica | | | | | |
| Trorey.b ₀ | 4,6958* | 0,4630* | -0,0032* | 26,5752 | 0,5927 |
| Trorey.b ₁ | 4,5395* | 0,4847* | -0,0038* | 26,8513 | 0,5842 |
| Trorey.b ₂ | 4,2596* | 0,5287* | -0,0048* | 27,0953 | 0,5766 |
| Trorey.b ₀₁₂ | 4,4411* | 0,5121* | -0,0046* | 25,7171 | 0,6188 |

As covariáveis espécie e família botânica aumentaram significativamente a qualidade de ajuste do modelo de Trorey, comprovada pelo aumento do $R^2_{aj.}$ e diminuição do $S_{yx\%}$. A adição da covariável espécie proporcionou um aumento em média de 7,22% no $R^2_{aj.}$ e uma redução em média de 2,44% no $S_{yx\%}$, para as quatro combinações do modelo (quando o efeito aleatório foi incorporado ao intercepto, aos coeficientes β_1 e β_2 , e a interação entre os três coeficientes). Observou-se também, um ganho em precisão quando se aplica a família botânica como efeito aleatório em relação ao modelo simples, porém de forma menos expressiva. Mendonça et al. (2015), avaliando a modelagem hipsométrica para povoamento de eucalipto, que houve melhoria nos valores de $S_{yx\%}$ quando a variabilidade da idade e do material genético foram consideradas no acréscimo de covariáveis no ajuste.

Pela análise da Figura 2, observou-se que após a inclusão das covariáveis espécie e família botânica a distribuição dos resíduos foi mais centralizada, sendo esta balanceada e com redução da tendenciosidade.

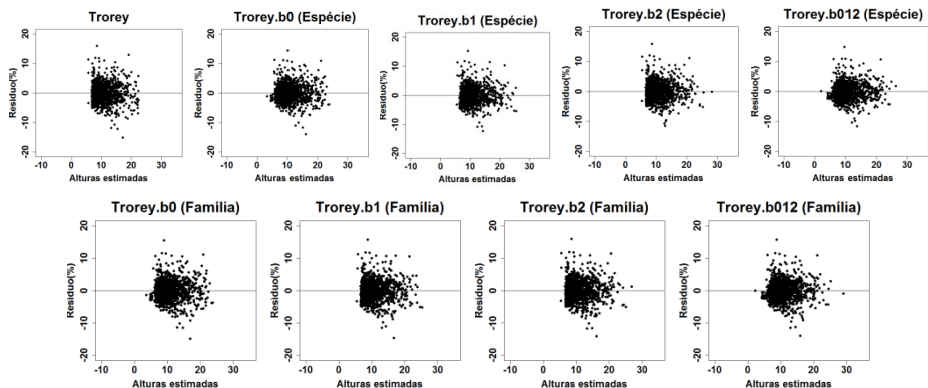


Figura 2 - Distribuição dos resíduos dos modelos mistos, ajustados para o fragmento florestal.

Dentre os modelos modificados, a estratégia da inclusão da covariável espécie na interação dos três coeficientes foi a mais precisa, sendo considerada a mais adequada para o estabelecimento da relação hipsométrica.

CONCLUSÃO

A utilização da teoria dos modelos lineares de efeitos mistos possibilita aumento na acurácia na estimativa da altura de árvores em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, especialmente quando a variabilidade do fator aleatório espécie é incorporada aos parâmetros do modelo linear de Troyey.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, E.J.G. et al. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p. 257–268, 2012.

BARROS, D.A. et al. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 25, p. 3–28, 2002.

CURTO, R.A. et al. Relações hipsométricas em Floresta Estacional Semidecidual. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 1, p. 57-66, 2014.

CURTO, R.A. et al. Modelos de relação hipsométrica por classe de aproveitamento em floresta de transição Cerrado-Amazônia no Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, p. 687–700, 2018.

MACHADO, S.A. et al. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 5-16, 2008.

MENDONÇA, A.R.D., CARVALHO, S.D. P.C., CALEGARIO, N. Modelos hipsométricos generalizados mistos na predição da altura de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 107–115, 2015.

OLIVEIRA, G.M.V. et al. Equações hipsométricas para *Eucalyptus* spp, não manejado em idade avançada com técnicas de inclusão de covariantes. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 483–492, 2015.

SOUZA, D.R.D., SOUZA, A.L.D., Estratificação vertical em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 691– 698, 2004.

ATRIBUTOS QUÍMICOS EM UMA TOPOSEQUÊNCIA SUBMETIDA À DIFERENTES INTENSIDADES DE USO AGRICOLA

Data de aceite: 03/07/2023

Caio Simões dos Santos Nicolau

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Carlos Wagner Ribeiro Junqueira

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Hugo de Souza Fagundes

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (UFRRJ)

Gilsonley Lopes dos Santos

Pós-Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ)

Tiago Paula da Silva

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

RESUMO: A Baixada Fluminense possui em suas áreas de produção agrícola, o predomínio de solos com textura arenosa na camada arável. Essa condição afeta diretamente a produção agrícola e a perda de nutrientes por lixiviação, que se agrava por práticas de manejo não conservacionista. Tendo em vista estes aspectos, o objetivo

deste estudo foi avaliar os atributos químicos, em uma topossequência com diferentes intensidades de uso agrícola. Em cada terço foi aberta uma trincheira, e descrito um perfil, classificando-o quanto a ordem e subordem, e em cada horizonte do perfil foi coletada uma amostra de terra. Após seca ao ar, as amostras de terra foram passadas por peneira de 2,0 mm de diâmetro de malha obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), a qual foi utilizada para quantificar os atributos químicos Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} e os teores de carbono orgânico total (COT). A partir dos resultados obtidos, observou-se que a área com maior intensidade de utilização agrícola possui maiores teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e valores de pH mais elevados, em contrapartida menores teores de COT. A área com menor intensidade de uso apresenta menores teores de nutrientes, mas em compensação maiores teores de COT. A correlação de Pearson demonstrou que na área com menor intensidade de uso o COT está mais correlacionado a fração areia. Estes resultados demonstraram que a utilização agrícola do solo sem adoção de prática conservacionista altera a dinâmica dos atributos químicos no solo.

PALAVRAS-CHAVE: fertilidade do solo, solos arenosos, estoque de carbono no solo.

CHEMICAL ATTRIBUTES IN TOPOSEQUENCE WITH DIFFERENT INTENSITIES OF AGRICULTURAL USE

ABSTRACT: The Baixada Fluminense has in its agricultural production areas a predominance of soils with a sandy texture in the arable layer. This condition directly affects agricultural production and the loss of nutrients by leaching, which is aggravated by non-conservationist management practices. In view of these aspects, the objective of this study was to evaluate the chemical attributes in a topossequence with different intensities of agricultural use. In each third a trench was opened and a profile described, classifying it according to order and suborder, and in each horizon of the profile a soil sample was collected. After air-drying, the soil samples were passed through a 2.0 mm diameter sieve, obtaining fine air-dried soil (TFSA), which was used to quantify the chemical attributes Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} and total organic carbon (TOC) contents. From the results obtained, it was observed that the area with greater intensity of agricultural use has higher levels of Ca^{+2} , Mg^{+2} and higher pH values, on the other hand, lower TOC levels. The area with lower intensity of use presents lower nutrient contents, but in compensation higher TOC contents. Pearson's correlation showed that in the area with less intensive use the TOC is more correlated to the sand fraction. These results demonstrate that the agricultural use of the soil without adopting conservationist practices alters the dynamics of the chemical attributes in the soil.

KEYWORDS: soil fertility, sandy soils, soil carbon stock.

INTRODUÇÃO

Os solos são fundamentais para o desenvolvimento e estabelecimento da vida na terra (MACIEL et al., 2001). Logo é necessário a manutenção deste recurso natural de grande relevância. Alguns aspectos que tornam o solo suscetível a degradação estão relacionados ao relevo, a textura e ao manejo adotado.

O relevo afeta a capacidade produtiva dos solos em função da declividade que contribui para os processos erosivos. O estado do Rio de Janeiro possui uma paisagem predominantemente acidentada, com relevo irregular (CRUZ et al., 2009). As áreas de topossequência apresentam uma tendência a perda de nutrientes nos terços superiores de paisagem, o que pode resultar na necessidade de práticas conservacionista para uma menor degradação do solo. A textura é um dos fatores que mais limita a produção, texturas mais arenosas nos horizontes superficiais, contribuem para uma baixa retenção de água, capacidade de retenção de nutrientes, e suscetibilidade a processos erosivos eólicos e hídricos (FARIAS NETO et al., 2019). Em solos de textura arenosa as práticas de manejo, podem também acarretar em inúmeros problemas, como a rápida decomposição da matéria orgânica e intensificação dos processos erosivos.

Para minimizar esses problemas em áreas agrícolas é essencial a adoção de técnicas que diminuam o revolvimento excessivo do solo, paralelo a adoção de práticas conservacionistas, como o emprego de plantas de cobertura, cultivo em nível e sistemas de plantio direto (DONAGEMMA et al., 2016), de modo a manter e/ou aumentar a produtividade dessas áreas.

O objetivo deste estudo foi avaliar as modificações dos atributos químicos em perfis de solo ao longo de uma toposequência (terço superior, terço médio e terço inferior) submetida a diferentes intensidades de uso agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizada no município de Seropédica, Rio de Janeiro, cujas coordenadas geográficas são 22°45'39.2"S 43°41'52.2"W. O clima segundo Köppen é Aw tropical de inverno seco e verão chuvoso, com precipitação pluviométrica média anual de 1200 mm, e temperatura média de 23,5 °C.

O estudo foi localizado na área experimental do Instituto de Agronomia, que vem sendo utilizada para a realização de experimentos com diferentes tipos de culturas. Na área foram abertos três perfis numa toposequência, em diferentes pontos da pendente, a saber: terço superior, terço médio e terço inferior, a declividade média da área é de aproximadamente 5%. Cada terço da toposequência possui um uso agrícola distinto. O terço superior apresenta uma maior intensidade de uso, o terço médio uso moderado, visto a maior fragilidade aos processos erosivos, cultivado com pastagem, e o terço inferior é uma área que se encontra em pousio.

Os perfis foram descritos e coletados segundo (SANTOS et al., 2017). Foram coletadas amostras de terra de cada horizonte, sendo estas posteriormente levadas para laboratório. O material foi seco ao ar, destorroado e passado por peneira de 2,0 mm de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA) a qual foi utilizada para as análises de caracterização dos atributos químicos e a matéria orgânica do solo (TEIXEIRA et al., 2017).

Na TFSA foram realizadas as seguintes análises: pH em água na relação 1:2,5 (solo:água); Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, analisados por titulometria (TEIXEIRA et al., 2017). A textura das amostras de solo foi adquirida por meio do teste de granulometria, seguindo o método da pipeta (TEIXEIRA et al., 2017). Também foram determinados os teores de carbono orgânico total (COT), por meio da oxidação com dicromato de potássio a 0,2 mol L⁻¹ em meio ácido e pela titulação por sulfato ferroso amoniacal a 0,1 mol L⁻¹, segundo Yeomans & Bremner (1988).

Os perfis de solo foram classificados segundo Santos et al. (2018). Com base nos dados obtidos, foi avaliada a correlação de Pearson entre os atributos do solo ao longo da toposequência, tendo auxílio do software R Core Team (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SANTOS et al., 2018), a partir da identificação dos atributos morfológicos, físicos,

químicos e mineralógicos, como Plintossolo Argilúvico (terço superior) e Planossolo Háplico, (terço médio e terço inferior). Apartir dos resultados obtidos nas análises em cada perfil, foi possível verificar algumas características influenciadas pelo uso do solo, bem como, pela posição da paisagem. Os valores de pH indicam a acidez do solo, sendo que os valores variaram de 4,30 a 5,80, 5,02 a 5,34 e 4,70 a 5,56, nos terços superior, médio e inferior da paisagem, respectivamente.

No terço superior os maiores valores de pH foram observados nos horizontes superficiais, associado principalmente a atividade agrícola, sendo verificada redução destes valores em profundidade. No terço médio, os horizontes superficiais tendem a apresentar menores valores de acidez em superfície, com aumento em profundidade. No terço inferior observa-se o mesmo padrão constatado no terço superior, com maiores valores de pH nos horizontes superficiais, diminuindo em profundidade.

Em estudo realizado em áreas de plantio de eucalipto no mesmo município, Corrêa Neto et al. (2007), avaliando as modificações dos atributos edáficos em diferentes terços da paisagem (terço superior, terço médio e terço inferior), observaram resultados similares aos verificados neste estudo, sendo os menores valores determinados no terço médio.

Os teores de Ca^{+2} variaram de 1,70 e 2,60 cmolc dm^{-3} , 0,00 e 1,60 cmolc dm^{-3} e 0,00 e 2,10 cmolc dm^{-3} , respectivamente em cada terço da paisagem. O Mg^{+2} variou de 1,40 a 5,30 cmolc dm^{-3} , 2,50 a 4,20 cmolc dm^{-3} e 1,50 a 3,60 cmolc dm^{-3} , respectivamente em cada posição da paisagem. Observou-se um padrão decrescente dos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} , sendo verificados maiores teores no terço superior da paisagem, e os menores teores no terço inferior. Os maiores valores no perfil localizado no terço superior podem ser decorrentes do manejo com emprego de calagem e adubação de forma mais intensa nesta área.

No entanto, Rodrigues et al. (2016), em um estudo realizado no Paraná, em diferentes terços de uma topossequência, em uma área de reflorestamento, observaram que os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} tendiam a aumentar nas partes mais baixas da paisagem. Logo, o decréscimo nas concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} em terços mais baixos verificados nesse estudo, pode estar associado ao grau de utilização dessas áreas, visto que as áreas com maior intensidade de utilização, tendem a receber maior aporte de nutrientes.

Quanto as concentrações de alumínio (Al^{+3}), observou-se maiores valores em profundidade nos terços superior e médio, enquanto no terço inferior esses valores foram mais homogêneos ao longo do perfil. No terço superior e médio pela utilização de corretivos no solo, o Al^{+3} foi neutralizado nas camadas mais superficiais. No terço inferior, pela não adoção de calagem observou-se maiores teores de Al^{+3} .

Quanto aos teores de COT estes variaram de 1,04 a 6,64 g kg^{-1} , 1,61 a 11,24 g kg^{-1} e 1,26 a 6,98 g kg^{-1} , nos terços superior, médio e inferior respectivamente. O terço superior foi aquele no qual foram quantificados os menores teores, padrão que pode estar associado a maior intensidade de uso agrícola, principalmente pelo revolvimento, que

acelera a decomposição da matéria orgânica.

Enquanto o terço inferior foi aquele no qual verificaram-se os maiores teores de COT na área que é utilizada com pastagens e menor grau de utilização agrícola quando comparada com terço superior. Segundo Ivo et al. (2018), em estudo realizado em Alagoas, com diferentes sistemas de manejo, verifica-se que as áreas com sucessão pastagem lavoura, contribuem para o aumento do conteúdo de carbono, padrão que também foi verificado neste estudo.

Os resultados da correlação de Pearson são apresentados na Figura 1, a correlação dos teores de areia foi negativa com os teores de argila e silte, sendo positiva entre argila e silte, correlações estas com significância de 1% (***). Para os teores de Al^{+3} verificou-se correlação negativa com os teores de COT e Mg^{+2} , com significância de 5% (**) e 10% (*), respectivamente. Para os demais atributos a correlação não foi significativa (Figura 1).

Para os valores de COT foi observada correlação positiva com os atributos Ca^{+2} , pH e areia (Figura 1). O pH apresentou correlação positiva com argila, silte, Ca^{+2} , Mg^{+2} e COT. Os atributos de fertilidade mantiveram-se correlacionados, em sua maioria positivamente com as frações de menor tamanho no solo (argila e silte). O padrão verificado neste estudo é similar ao observado por Cerri e Magalhães (2012), em um trabalho realizado em uma área de produção de cana-de-açúcar em São Paulo, que confirmaram a relação entre os atributos químicos com as frações de argila, pela maior capacidade de reter nutrientes.

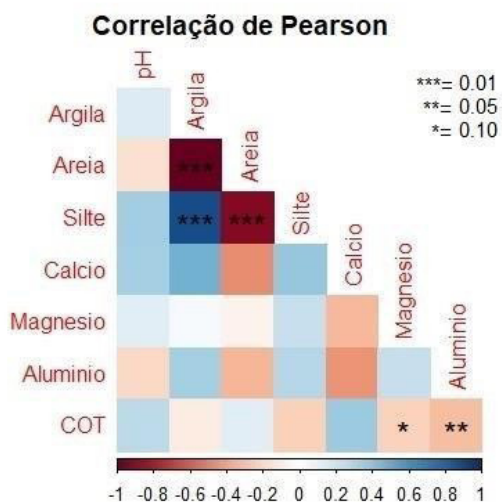


Figura 1 - Correlação de Pearson entre os atributos avaliados na toposequência.

CONCLUSÕES

A intensidade e tipo de uso agrícola do solo afetou a dinâmica dos nutrientes na toposequência estudada.

No terço médio, foi verificado os maiores teores de COT, menores valores pH e menor disponibilidade de nutrientes, o que pode ser atribuído a este ponto de paisagem ser submetido aos processos erosivos em maior intensidade.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ e ao CNPq.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CERRI, D.G.P.; MAGALHÃES, P.S.G. Correlation of physical and chemical attributes of soil with sugarcane yield. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, p. 613-620, 2012.

CORRÊA NETO, T.A et al. Atributos edafológicos e parâmetros dendrométricos de plantios de eucalipto em uma toposequência no campus daUFRRJ, seropédica (RJ). **Ciência Florestal**, v. 17, p. 43-51, 2007.

CRUZ, C.B.M. et al. Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro. **Anais... XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30, 2009.

DONAGEMMA, G.K. et al. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1003- 1020, 2016.

FARIAS NETO, A.L et al. (Ed.). **Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. pt. 1, cap. 5, p. 52-60.

IVO, W.; SANTOS, C.; ALBUQUERQUE, P. Estoques de carbono do solo em razão da conversão de cana-de-açúcar em pastagem e eucalipto. In CONTECC'2018- CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2018, p. 1-5.

MACIEL, M. M. et al. **Agricultura**, v. 411, n. 83, p. 36-95, 2001.

RODRIGUES, A. L. et al. Atributos de um solo florestal em uma toposequência e relações com a comunidade arbórea. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 145-154, 2016.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**, 2017.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p.1467-1476, 1988.

TEORES DE FÓSFORO OBTIDOS COM DIFERENTES EXTRATORES EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA NA BAIXADA FLUMINENSE - RJ

Data de aceite: 03/07/2023

Carlos Wagner Ribeiro Junqueira

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Caio Simões dos Santos Nicolau

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Otávio Augusto Queiroz dos Santos

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia- Ciência do Solo (UFRRJ)

Nivaldo Schultz

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

Tiago Paula da Silva

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo (UFRRJ).

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

arenosa na camada arável, assim como fração rica em óxidos, este que possuem alta capacidade de adsorção de Fósforo, de forma que não se torna disponível para absorção pelas plantas. Com base nestas características este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento de diferentes métodos de determinação do teor de fósforo em uma topossequência, sob diferentes formas de uso agrícola. O Trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica – RJ. Nesta área foi selecionado uma topossequência, no terço superior, médio e inferior, aberto um perfil de solo, e coletado amostras em cada horizonte. As amostras foram destorroadas e peneiradas, em malha 2,0 mm. Com estas análises foram quantificadas os atributos químicos, fósforo e carbono orgânico total (COT). Com base nos resultados obtidos pelos diferentes extratores, o método de Mehlich⁻¹ foi o que apresentou os maiores resultados, quando comparado ao método de Olsen. O terço médio foi o que apresentou os menores teores de fósforo, em função de sua maior vulnerabilidade aos processos erosivos, carreando o fósforo junto as frações mais finas do solo, em contrapartida os maiores

RESUMO: O fósforo é um elemento crucial para o desenvolvimento vegetal, com papel nos processos metabólicos das plantas. Os solos da Baixada fluminense apresentam com característica marcante a textura

teores de COT, em função do manejo com pastagem e esse por sua vez menos intenso que no terço superior. Os teores de fósforos foram maiores no terço inferior quando comparado aos demais, em função da condição de deposição do material carreado das partes mais altas da paisagem. O método que melhor se ajustou a condição de solo da área foi o Mehlich¹, em comparação ao método de Olsen.

PALAVRAS-CHAVE: disponibilidade de Fósforo, carbono orgânico, extratores de fósforo, manejo agrícola.

PHOSPHORUS CONTENTS OBTAINED WITH DIFFERENT EXTRACTORS IN A TOPOSEQUENCE IN BAIXADA FLUMINENSE, RJ

ABSTRACT: Phosphorus is a crucial element for plant development, with a role in plant metabolic processes. The soils of Baixada Fluminense have a striking characteristic of the sandy texture in the arable layer, as well as a fraction rich in oxides, which have a high phosphorus adsorption capacity, so that it is not available for absorption by plants. Based on these characteristics, this study aimed to evaluate the behavior of different methods for determining the phosphorus content in a toposequence, under different forms of agricultural use. Work was conducted in the experimental area of the Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ), in the municipality of Seropédica - RJ. In this area, a toposequence was selected, in the upper, middle and lower thirds, a soil profile was opened, and samples were collected in each horizon. The samples were crushed and sieved in a 2.0 mm mesh. With these analyses, the chemical attributes of phosphorus and total organic carbon (TOC) were quantified. Based on the results obtained by the different extractors, the Mehlich¹ method showed the best results when compared to the Olsen method. The middle third was the one that presented the lowest levels of phosphorus, due to its greater vulnerability to erosion processes, carrying phosphorus together with the finer soil fractions, in contrast to the highest levels of TOC, due to the management with pasture and this in turn less intense than in the upper third. The phosphorus contents were higher in the lower third when compared to the others, due to the condition of deposition of the material carried from the highest parts of the landscape. The method that best adjusted the soil condition of the area was Mehlich¹, compared to the Olsen method.

KEYWORDS: availability of phosphorus, organic carbon, phosphorus extractors, agricultural management.

INTRODUÇÃO

O fósforo é um dos elementos mais abundante na natureza, e é indispensável para o desenvolvimento e crescimento do vegetal, pois ele interfere em todo o metabolismo da planta, apesar de ser absorvido em pequenas quantidades por difusão (BUCHANAN et al., 2000), sendo absorvido pelas plantas na forma de ânions $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} .

Apesar deste predomínio de óxidos na fração argila, expressão da fração areia nestes solos é maior, tornando estes altamente permeáveis, com baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de matéria orgânica e conseqüentemente com uma baixa adsorção de íons. Segundo Valladares et al. (2003) solos com textura mais argilosa

possuem maior capacidade de adsorção de P, com destaque para aqueles originados a partir de rochas básicas ou alcalinas. Dentre as principais possibilidades de perdas de P na agricultura destacam-se o processo de erosão laminar que carreiam os nutrientes sobre a superfície do solo.

Há vários métodos de extração para estimar teor de fósforo no solo, em função da complexidade de seu comportamento nos solos brasileiros. O método mais usual no país é o de Mehlich⁻¹, também denominado de Carolina do Norte, a sua utilização em função do caráter ácido de boa parte dos solos no Brasil. Esse método com essa solução extratora pode ser quantificado os teores de P-lábil, fósforo disponível, que se encontra ligado ao ferro e alumínio. Contudo, não é possível determinar-se o P ligado ao cálcio (Ca⁺²), denominado de P-não lábil, também denominado de fósforo não disponível.

O método de Olsen é capaz de quantificar o fósforo na forma P-lábil. Em decorrência de sua solução extratora alcalina, que libera P ligado a Fe e Al em pH elevado. Já a determinação do fósforo remanescente visa obter um índice de fator capacidade de P dos solos, em sua mensuração se quantifica o P que permanece em solução de equilíbrio em resposta a uma concentração de P adicionada ao solo (DONAGEMMA et al., 2008).

Tendo em vista a importância de macronutrientes este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento de diferentes métodos de determinação do teor de fósforo em uma toposequência, sob diferentes formas de uso agrícola, em Seropédica, no *campus* da UFRRJ.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no *campus* da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro, nas coordenadas geográficas 22°45' 39.2"S e 43°41' 52.2"W. O clima é classificado como Aw segundo o modelo de Köppen, como verão quente e chuvoso e o inverno frio e seco, com precipitação média anual de 1.260 mm e temperatura média anual de 24°C.

A área selecionada localiza-se no setor de grandes culturas na área experimental do Instituto de Agronomia. Foi selecionada uma toposequência, e abertos perfis localizados em diferentes pontos da paisagem e, a saber: terço superior, terço médio e terço inferior. A declividade da área é de aproximadamente 5%.

Cada terço da toposequência é submetido a um diferente tipo de uso agrícola. O terço superior é aquele que apresenta uma maior intensidade de uso, o terço médio intensidade de uso moderada sendo observada maior suscetibilidade aos processos erosivos, utilizado principalmente com pastagem, e o terço inferior é uma área que se encontra sem utilização (área de pousio).

Os perfis foram descritos e coletados segundo Santos et al. (2015). Foram coletadas amostras de cada horizonte, sendo estas posteriormente levadas para laboratório.

Após o preparo, nas amostras foram realizadas as quantificações químicas, do pH em água na relação 1:2,5 (solo:água); Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} trocáveis extraídos com KCl 1 mol L^{-1} , analisados por titulometria; P , Na^+ e K^+ extraídos pelo método Mehlich-1 e analisados por colorimetria (P) e fotometria de chama (K^+ e Na^+). A acidez trocável ($\text{H}+\text{Al}$), extraída com solução de acetato de cálcio, analisados por titulometria (TEIXEIRA et al., 2018). Neste material também foi determinada a granulometria, pelo método da pipeta (TEIXEIRA et al., 2018). Foram determinados os teores de carbono orgânico total (COT), por meio da oxidação com dicromato de potássio a 0,2 mol L^{-1} em meio ácido e pela titulação por sulfato ferroso amoniacal a 0,1 mol L^{-1} , segundo Yeomans & Bremner (1988).

Para a determinação do P pelo método do fósforo remanescente foi utilizada 5,0 g de solo que foram submetidos a 50 mL da solução de CaCl_2 10 mmol L^{-1} , contendo 60 mg L^{-1} de P (DONAGEMMA et al., 2008). Após uma hora de homogeneização foi realizada a filtração da solução, sendo na sequência determinado o teor de fósforo por colorimetria a 660 nm (TEIXEIRA et al., 2018).

Para extração de P pelo método de Olsen, foi utilizada solução alcalina tamponada de NaHCO_3 0,5 mol L^{-1} a pH 8,5. Foi utilizado 5,0 g de solo e 100 mL de solução extratora na qual foram homogeneizadas por cinco minutos e deixadas em repouso por 30 minutos. Em seguida o material foi filtrado e separados 5 mL do extrato. Neste foi adicionado 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio e 30 mg de ácido ascórbico em pó. O P foi determinado por colorimetria a 660 nm (OLSEN et al., 1954).

Os perfis de solo foram classificados segundo Santos et al. (2018). As representações foram realizadas com auxílio do software R Core Team (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos atributos morfológicos, físicos e químicos os solos foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2008), como, no terço superior, Plintossolo Argilúvico, no terço médio e terço inferior Planossolo Háptico.

Os teores de fósforo avaliados principalmente nos horizontes superficiais, em função destes horizontes serem mais facilmente modificáveis em função das atividades agrícolas. Os valores de fósforo remanescente, que representa a capacidade de adsorção de P dos solos, variaram de 30,45 a 78,76 mg kg^{-1} . Os pontos de paisagem que apresentaram maiores valores foram os terços superior e inferior, sendo o terço médio com uma menor capacidade de adsorção de fósforo que os demais (Tabela 1). Os menores valores de P remanescente no horizonte superficial deste perfil podem estar associados aos maiores valores de COT que contribuem para a retenção do íon fosfato.

Com o emprego do extrator de Mehlich-1, os maiores valores de P foram observados no terço superior e no terço inferior, nos horizontes superficiais em todos os pontos da

paisagem, com teores variando de 1,20 a 1,40 mg kg⁻¹, respectivamente, enquanto no terço médio a concentração no horizonte superficial foi de apenas 0,63 mg kg⁻¹ no horizonte superficial deste perfil (A1) (Tabela 1). Menores teores de P neste horizonte pode ser em função da maior suscetibilidade que este ponto possui quanto aos processos erosivos. Os maiores teores de fósforo no terço inferior podem estar associados aos teores de matéria orgânica verificados neste ponto de paisagem, associado ao material transportado das partes mais altas da paisagem contribuindo para o aumento do conteúdo de P (Tabela 1).

Os teores de fósforo extraídos a partir do método de Olsen foram menores, quando comparados ao método de Mehlich-1. Vale destacar que os extratores possuem a função de reproduzirem o comportamento das plantas quanto absorção deste nutriente, e o método de Olsen é empregado para a quantificação de P em áreas com pH básico (Tabela 1).

Os valores de pH variam de 4,30 a 5,80, valores estes considerados ácidos, sendo os maiores valores verificados nos horizontes superficiais no terço superior (Tabela 1). Este padrão pode ser atribuído a utilização agrícola em maior intensidade, o que pode ter contribuído para a melhoria da fertilidade natural do solo. No terço médio foram verificados os horizontes superficiais com maior caráter ácido (Tabela 1), em função da maior intensidade dos processos erosivos, e conseqüentemente a maior remoção de bases.

No terço inferior, os horizontes superficiais apresentam pH menos ácido em comparação ao terço médio, no entanto estes valores foram menores em comparação aqueles observados no terço superior (Tabela 1), essa condição pode estar associada ao transporte e deposição de bases dos pontos mais altos da paisagem. Em função dos valores de pH do solo, o método mais indicado para quantificação dos teores de P disponível é o de Mehlich-1, pelo seu caráter ácido (SILVA e RAIJ, 1999).

Quanto os teores de COT estes variaram de 0,46 a 11,24 g kg⁻¹ (Tabela 1) sendo observado um padrão distinto do verificado para o P. Os maiores valores de COT (11,24 g kg⁻¹) nos horizontes superficiais foram observados no terço médio, apesar de apresentar maior suscetibilidade aos processos erosivos, o manejo agrícola com pastagem ocorre de forma menos intensa em comparação ao terço superior. No terço inferior foram verificados maiores teores de COT que o terço superior nos horizontes superficiais, valores entre 6,98 e 5,69 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Esse padrão pode estar associado a este ponto de paisagem estar em pousio, e receber materiais carregados das partes mais altas.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo nos horizontes dos perfis da toposequência. ⁽¹⁾

| T. País. | Horiz. | cm | | Remane. | Olsen | Mehlich-1 | |
|----------|--------|---------|------|---------------------|-------|-----------|--------------------|
| | | | | mg kg ⁻¹ | | | g kg ⁻¹ |
| T. SUP. | A1 | 0-20 | 5,80 | 71,15 | 0,05 | 1,22 | 5,69 |
| T. SUP. | E | 20-40 | 5,73 | 71,31 | 0,23 | 0,75 | 5,12 |
| T. SUP. | Bt1 | 40-54 | 5,44 | 54,53 | 0,13 | 0,46 | 3,23 |
| T. SUP. | Bt2 | 54-75 | 5,62 | 37,58 | 0,14 | 0,44 | 6,64 |
| T. SUP. | Btf1 | 75-92 | 5,50 | 30,45 | 0,02 | 0,47 | 1,65 |
| T. SUP. | Btf2 | 92-141 | 4,79 | 47,87 | 0,02 | 0,43 | 1,04 |
| T. SUP. | BC | 141-164 | 4,30 | 37,90 | 0,20 | 0,38 | 0,99 |
| T. MÉD. | A1 | 0-9 | 5,02 | 65,61 | 0,02 | 0,63 | 11,24 |
| T. MÉD. | E | 9-18 | 5,22 | 64,82 | 0,02 | 0,62 | 9,36 |
| T. MÉD. | Bt1 | 18-39 | 5,17 | 43,76 | 0,02 | 0,46 | 4,06 |
| T. MÉD. | Bt2 | 39-60 | 5,26 | 40,59 | 0,02 | 0,44 | 4,45 |
| T. MÉD. | BC | 60-90 | 5,26 | 29,82 | 0,50 | 0,44 | 2,26 |
| T. MÉD. | Cg1 | 90-106 | 5,26 | 52,62 | 0,08 | 0,42 | 3,29 |
| T. MÉD. | Cg2 | 106-132 | 5,34 | 50,25 | 0,02 | 0,44 | 0,73 |
| T. INFE. | A1 | 0-15.5 | 5,56 | 74,64 | 0,05 | 1,40 | 6,98 |
| T. INFE. | E1 | 15.5-30 | 5,23 | 74,32 | 0,28 | 1,08 | 1,77 |
| T. INFE. | E2 | 30-41 | 4,94 | 74,32 | 0,11 | 0,78 | 4,37 |
| T. INFE. | E3 | 41-55 | 4,78 | 72,58 | 0,08 | 0,69 | 2,66 |
| T. INFE. | Bt1 | 55-70 | 4,70 | 70,36 | 0,11 | 0,70 | 1,67 |
| T. INFE. | Bt2 | 70-94 | 4,95 | 72,42 | 0,34 | 0,85 | 0,46 |
| T. INFE. | Cg | 94-117 | 4,95 | 78,76 | 0,13 | 0,77 | 1,26 |

⁽¹⁾ Valores totais dos atributos químicos dos solos. Terço superior (T. SUP), Terço médio (T. MED), Terço inferior (T. INFE), Carbono Orgânico Total (COT), Terço da Paisagem (P. País), Horizonte (Horiz) e remanescente (Remane.).

CONCLUSÕES

Em todos os perfis estudados foram quantificados baixos teores de P disponível. O método que melhor se aplica as condições do solo em questão foi o método de Mehlich-1, em função das condições de acidez do solo. O terço médio foi aquele mais afetado pelo fator relevo e manejo agrícola em relação aos teores de fósforo disponível.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ e ao CNPq.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BUCHANAN, B.B. et al. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1.367p.

DONAGEMMA, G.K. et al. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de Latossolos após pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1785-1791, 2008.

OLSEN, S.R. **Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939)**. US Department of Agriculture, 1954.

SANTOS, H.G. dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, F.C. & RAIJ, B.V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 267-288, 1999.

TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ed. Brasília, Embrapa, 2018.

VALLADARES, G.S. et al. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.111-118, 2003.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, p.1467-1476, 1988.

RESISTÊNCIA DO ORGANOMINERAL PELETIZADO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE AGLUTINANTES

Data de aceite: 03/07/2023

Dieini Melissa Teles dos Santos

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciências do Solo (UFRRJ)

Juliana Itaborahy da Costa

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Milene Ramos

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Andreia Laurindo de Almeida Gomes

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Ricardo de Castro Dias

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciências do Solo (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Agronomia (UFRRJ)

RESUMO: A resistência ao esmagamento é uma das propriedades físicas que contribuem para o aumento da eficiência de uso do organomineral. O objetivo do trabalho foi avaliar a dureza do

organomineral formulado com diferentes proporções de cascalho de perfuração de poços de petróleo *onshore* e torta de mamona com e sem aglutinantes. Foram conduzidos dois ensaios no departamento de Solos da UFRRJ, Seropédica-RJ, em um delineamento inteiramente casualizado. O primeiro: 9 proporções de cascalho:torta de mamona (1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 e 9:1) e 2 testemunhas (cloreto de potássio e superfosfato triplo) x 4 repetições. O segundo: fatorial das 3 melhores proporções do ensaio anterior (4:6, 5:5 e 6:4) x 2 aglutinantes (polivinilpirrolidona-PVP e alginato de Na) x 3 doses (0,5, 1, 2% e controle absoluto) x 4 repetições. Os resultados do primeiro ensaio indicam que o tratamento 4:6 apresentou maior dureza, cerca de 2 vezes superior em relação a 9:1 e 2:8. Em relação ao segundo ensaio, a dose de 2% de pvp e alginato proporcionou maior dureza nas proporções 4:6 e 5:5. Já a dose de 0,5% de pvp promoveu dureza superior a dose de 2% de pvp e semelhante a dose de 2% de alginato na proporção 6:4. **PALAVRAS-CHAVE:** diferentes aditivos, dureza, resíduos como insumo agrícola.

STRENGTH OF PELLETIZED ORGANOMINERAL AS A FUNCTION OF DIFFERENT BINDING SOURCES

ABSTRACT: Crushing resistance is one of the physical properties that contribute to increasing the efficiency of organomineral use. The aim of the study was to evaluate the hardness of the organomineral formulated with different proportions of *onshore* oil drilling gravel and castor oil cake with and without binders. Two experiments were carried out in the Department of Soils at UFRRJ, Seropédica-RJ, in a completely randomized design. The first: 9 ratios of gravel: castor pie (1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 and 9:1) and 2 controls (potassium chloride and triple superphosphate) x 4 replicates. The second: factorial of the 3 best proportions from the previous assay (4:6, 5:5 and 6:4) x 2 binders (polyvinylpyrrolidone-PVP and Na alginate) x 3 doses (0.5, 1, 2% and control absolute) x 4 repetitions. The results of the first test indicate that the 4:6 treatment showed greater hardness, about 2 times higher than the 9:1 and 2:8. In relation to the second test, the dose of 2% pvp and alginate provided greater hardness in the proportions 4:6 and 5:5. On the other hand, the dose of 0.5% of pvp promoted hardness superior to the dose of 2% of pvp and similar to the dose of 2% of alginate in the proportion 6:4.

KEYWORDS: different additives, hardness, residues as agricultural input.

INTRODUÇÃO

Os fertilizantes agrícolas são insumos importantes para a reconstrução e manutenção da fertilidade do solo, sobretudo, em regiões com elevado grau de intemperismo. Essas condições exigem práticas de manejo como a calagem e alta quantidade de nutrientes para as plantas (NOVAIS et al., 2007).

Para alcançar produtividade para abastecimento interno e competitividade no mercado externo a agricultura brasileira depende da importação de fertilizantes minerais. Segundo a ANDA, em 2021, a produção de fertilizantes no Brasil correspondeu a pouco mais de 15% do total entregue ao mercado.

Neste contexto, o emprego da técnica de combinação entre diferentes fontes minerais e orgânicas configura-se em uma estratégia para minimizar a dependência por nutrientes externos. Diversos estudos demonstram a eficiência agrônômica dos fertilizantes organominerais (FOMs) em diferentes culturas (CRUSCIOL et al., 2020; MUMBACH et al., 2020; SILVA et al., 2020; BENITES et al., 2022). Outra vantagem na utilização do FOM é quanto a sua maior eficiência de uso quando comparado aos fertilizantes minerais, sobretudo, pela redução de perdas dos nutrientes por lixiviação ou volatilização (ZONTA et al., 2021).

Outro benefício do uso do FOM está atrelado a utilização de subprodutos como fonte de matéria-prima para a formulação. Neste sentido, o cascalho derivado da perfuração de poços de petróleo possui potencial para ser utilizado como insumo agrícola, em virtude da composição química e do volume gerado. Freitas (2013) e Guedes (2014) realizaram ensaios de eficiência agrônômica com o cascalho e observaram o aumento dos teores de

bases no solo, incrementando cálcio, magnésio e potássio e micronutrientes como ferro e manganês.

Entretanto, para desenvolver novos fertilizantes é importante a compreensão das propriedades físicas pois afetam o armazenamento, aplicação, comportamento no solo e eficiência agrônômica. Características como a alta resistência ao esmagamento e a abrasão são fundamentais para evitar a formação de partículas finas e problemas de segregação que resultam em distribuição desuniforme de nutriente no campo (ANTILLE et al., 2013).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a dureza do organomineral formulado com diferentes proporções de cascalho de perfuração de poços de petróleo terrestre (*onshore*) e torta de mamona com e sem aglutinantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois ensaios no departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro–UFRRJ, Seropédica-RJ, em um delineamento inteiramente casualizado. O **primeiro**: 11 tratamentos: 9 proporções de cascalho:torta de mamona (1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 e 9:1) e 2 testemunhas (cloreto de potássio-KCl e superfosfato triplo-SFT) x 4 repetições. O **segundo**: fatorial das 3 melhores proporções do ensaio anterior (4:6, 5:5 e 6:4) x 2 aglutinantes (polivinilpirrolidona-PVP e alginato de Na) x 3 doses (0,5, 1, 2% e controle absoluto) x 4 repetições. Os tratamentos foram formados pela média de 15 pellets por repetição.

O equipamento utilizado para a produção do FOM foi a peletizadora modelo CSF 200/260 mm com capacidade de produção até 350 kg h⁻¹ e produz pellets com 2 mm. O cascalho foi peneirado em uma malha com abertura de 1 mm. Já a torta de mamona foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante e moída em moinho do tipo Willey (facas), de aço inox e passada em peneira de 1 mm. Em seguida os resíduos foram pesados de acordo com cada proporção e homogeneizados em misturador tipo “V”. Para realizar a correção da umidade para 35%, foi determinada a umidade inicial dos resíduos (TEDESCO et al., 1995).

Após a formulação, os fertilizantes foram acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 65 °C até massa constante. A variável analisada foi a dureza dos pellets com o auxílio de um medidor de compressão digital portátil chamado de durômetro, modelo 298 DGP com escala de até 20 kgf.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene ($p \geq 0,05$), respectivamente, com posterior análise de variância pelo teste F, a 0,05 de significância. Para o primeiro ensaio as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e para o segundo foram ajustadas equações de regressão, adotando-se o modelo linear. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa R (R CORE TEAM[®], 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do primeiro experimento indicam que as diferentes proporções dos resíduos influenciam na resistência mecânica do organomineral. Na Figura 1 observa-se que a dureza dos pellets do tratamento 4:6 com 1,21 kgf foi superior cerca de 2 vezes em relação aos tratamentos 9:1 com 0,76 kgf e 2:8 com 0,56 kgf. Para os demais tratamentos não houve diferença significativa.

De acordo com Antille et al. (2013) para desenvolver novos fertilizantes é importante a compreensão das propriedades físicas, pois influenciam no armazenamento, distribuição, segregação de partículas, comportamento no solo e eficiência agrônômica. Contudo, na IN n° 61 de 08 de julho de 2020 do MAPA que rege as especificações dos fertilizantes organominerais poucas são as discriminações quanto às propriedades físicas, e com relação aos FOMs peletizados limita-se apenas a sua natureza física (BRASIL, 2020). Paré et al. (2009) observaram que dentre as 15 propriedades físicas avaliadas a densidade e a resistência são as mais importantes pois além de serem consideradas fáceis, de baixo custo e rápidas de mensurar podem prever cinco outras propriedades físicas que são mais difíceis de medir ou calcular.

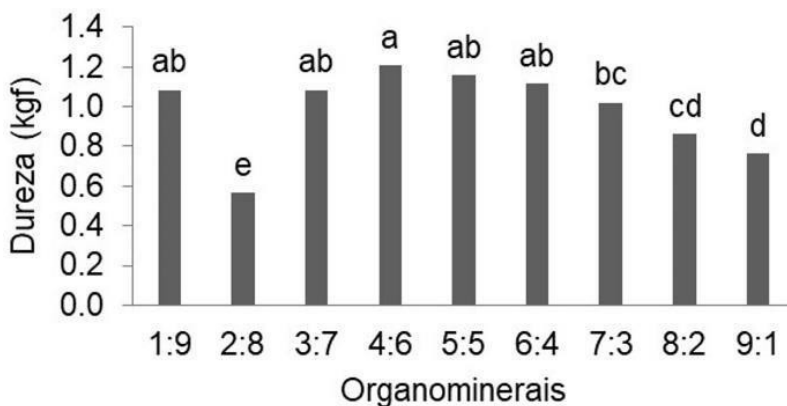


Figura 1 – Dureza dos pellets de organominerais com diferentes proporções de cascalho *onshore* e torta de mamona. Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV de 7,4%.

Ao avaliar a resistência das 3 proporções medianas que apresentaram maiores durezas (4:6, 5:5 e 6:4) em relação aos fertilizantes solúveis, observa-se que os FOMs apresentaram dureza superior (média de 1,16 kgf) cerca de 2 vezes em comparação ao KCl (0,60 kgf). No entanto, ao comparar os FOMs com o SFT observa-se que o fertilizante fosfatado apresentou dureza (3,12 kgf) cerca de 2,7 vezes superior em relação ao organomineral (Figura 2). Esses resultados sugerem a necessidade de adicionar agentes aglutinantes visando elevar a dureza dos pellets.

Segundo Antille et al. (2013) a dureza é uma propriedade física importante para manutenção da integridade do FOM. Maior resistência ao esmagamento e à abrasão são necessárias para evitar a segregação granulométrica que resulta em distribuição desuniforme de nutrientes no campo.

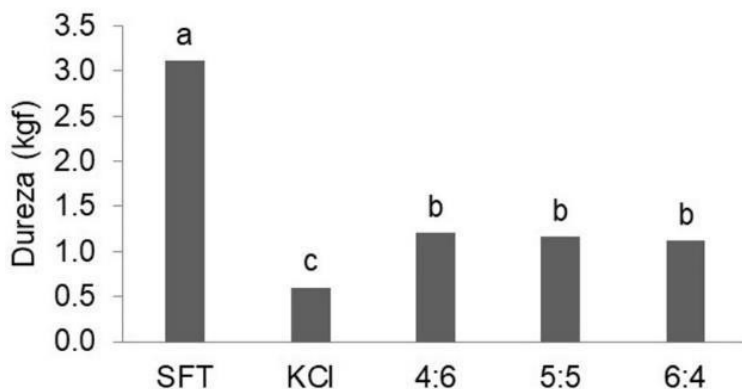


Figura 2 – Dureza dos organominerais e minerais. Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV de 5,8%.

Para a condução do segundo experimento foram selecionadas as 3 proporções medianas que apresentaram maiores durezas (4:6, 5:5 e 6:4) no ensaio anterior. As doses dos aglutinantes influenciaram no aumento da dureza dos FOMs. Ao avaliar a proporção 4:6 nota-se que houve um crescimento linear na dureza dos pellets com o aumento das doses de pvp. A dose de 2% de pvp proporcionou dureza superior com 20,22 kgf cerca de 16,7 vezes em comparação ao controle absoluto com 1,21 kgf e 1 vez em relação a dose de 2% de alginato (Figura 3A).

Com relação à proporção 5:5 os resultados apontam que a dose de 2% tanto do pvp quanto do alginato de Na proporcionaram aumento semelhante na dureza com 17,13 e 18,08 kgf, respectivamente, de 14,8 e 15,6 vezes, respectivamente, quando comparado com o controle absoluto com 1,16 kgf (Figura 3B).

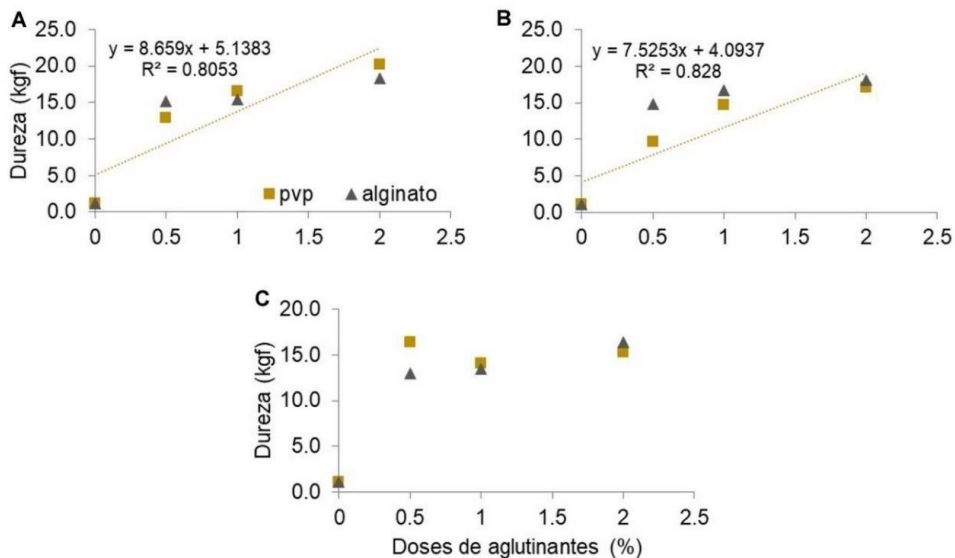


Figura 3 – Dureza do pellet em função de diferentes níveis e agentes aglutinantes. A) Proporção 4:6 do organomineral; B) Proporção 5:5 do organomineral; C) Proporção 6:4 do organomineral. Dados submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e análise de regressão.

Já ao avaliar a proporção 6:4 nota-se que a dose de 0,5% de pvp (16,39 kgf) proporcionou dureza superior 1 vez quando comparado com a dose de 2% de pvp (15,27 kgf) e semelhante a dose de 2% de alginato (16,45 kgf). Ainda a dose de 0,5% de pvp apresentou dureza cerca de 14,6 vezes superior em relação ao controle absoluto (1,12 kgf) (Figura 3C). Doses superiores a 0,5% de pvp não é recomendado pois promove redução da resistência ao esmagamento.

Os resultados apontam que independentemente das diferentes proporções dos resíduos do FOM ao adicionar a menor dose (0,5%) de pvp e alginato é possível aumentar a dureza no mínimo em 8 e 11 vezes, respectivamente, quando comparado ao controle absoluto. É importante destacar que a dureza é apenas uma das propriedades que deve ser levada em consideração na formulação do FOM. Portanto, a combinação ótima do FOM deve ser escolhida em função da sua combinação física, química e propriedades de resposta da planta (PARE et al., 2010).

CONCLUSÕES

A proporção 4:6 apresentou a maior dureza.

A dose de 2% de pvp e alginato proporcionou maior dureza nas proporções 4:6 e 5:5.

A dose de 0,5% de pvp promoveu a maior dureza na proporção 6:4.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDA. Macro Indicadores. Disponível em: <http://anda.org.br/pesquisa_setorial/>. Acesso em: 30 out. 2022.

ANTILLE, D.L. et al. Characterisation of Organomineral Fertilisers Derived from Nutrient-Enriched Biosolids Granules. **Applied and Environmental Soil Science**, p. 1-11, 2013.

BENITES, V.M. et al. Organomineral Fertilizer Is an Agronomic Efficient Alternative for Poultry Litter Phosphorus Recycling in an Acidic Ferralsol. **Frontiers in Agronomy**. v.4, p.1-13,2022.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO —

MAPA. Instrução Normativa (IN) n° 61, de 08 de julho de 2020.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Organomineral Fertilizer as Source of P and K for Sugarcane. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 5398, 2020.

FREITAS, F.C. **Caracterização química de cascalhos de perfuração de poços de petróleo e seus efeitos em plantas e nas bases trocáveis do solo**. 2013. 135p. Tese (Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2013.

GUEDES, J.N. **Estratégias de manejo do cascalho oriundo da perfuração de poços de petróleo**. 2014. 146p. Tese (Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2014.

MUMBACH, G.L. et al. Agronomic efficiency of organomineral fertilizer in sequential grain crops in southern Brazil. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 4, p. 3037–3049, 2020.

NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do Solo** – SBCS. Viçosa, 1017p, 2007.

PARÉ, M.C. et al. Physical properties of organo-mineral fertilizers - Short Communication. **Canadian Biosystems Engineering**, v. 51, n. 3, p. 21-27, 2009.

PARE, M.C. et al. Improving Physical Properties of Organo-Mineral Fertilizers: Substitution of Peat by Pig Slurry Composts. **Applied Engineering in Agriculture**, 26(3), 447–454, 2010.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

SILVA, R.C.D. et al. Phosphate Organomineral Fertilizer Usage Compared to Mineral Phosphate in Corn Cultivation. **Journal of Agricultural Science**, v. 12,n.7, p.92, 2020.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. *Boletim técnico* n. 5, 2ª edição, Departamento de Solos, UFRGS, Porto Alegre, 174p, 1995.

ZONTA, E.; STAFANATO, J.B.; PEREIRA, M.G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: ZONTA, E.; STAFANATO, J.B.; PEREIRA, M.G. BORGES, A.L. (Ed. Técn.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília: 2. ed., Embrapa, 2021, p. 265-303.

RESISTÊNCIA MECÂNICA DO ORGANOMINERAL PASTILHADO EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE COMPACTAÇÃO

Data de aceite: 03/07/2023

Dieini Melissa Teles Dos Santos

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciências do Solo (UFRRJ)

Juliana Itaborahy Da Costa

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Milene Ramos

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Andreia Laurindo De Almeida Gomes

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Guilherme Oliveira Do Carmo

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Agronomia (UFRRJ)

minerais importados. O objetivo do estudo foi avaliar a dureza do organomineral produzido com diferentes proporções de cascalho de perfuração de poços de petróleo *onshore* e torta de mamona. O ensaio foi conduzido no departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica- RJ. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em um esquemafatorial com 9 proporções de cascalho *onshore*:torta de mamona (1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 e 9:1) e 2 testemunhas (cloreto de potássio e superfosfato triplo) x 4 compactações (1, 2, 3 e 4 ton) x 4 repetições. A carga de 4 ton proporciona maior dureza cerca de 12, 18 e 77% em relação aos formulados produzidos aplicando 3, 2 e 1 ton, respectivamente. A proporção 1:9 apresentou dureza superior quando aplicado cargas de 4, 3 e 2 ton. O organomineral apresentou dureza inferior ao superfosfato triplo, indicando a necessidade de adição de aglutinante.

PALAVRAS-CHAVE: ciclagem de nutrientes, dureza, fertilizante combinado, cascalho *onshore*.

RESUMO: O uso de resíduos para a produção de organominerais é uma importante estratégia para fornecer nutrientes às plantas e reduzir a dependência do país por fertilizantes

MECHANICAL STRENGTH OF TABLET ORGANOMINERAL DUE TO THE COMPACTION LEVEL

ABSTRACT: The use of residues for the production of organominerals is an important strategy to supply nutrients to plants and reduce the country's dependence on imported mineral fertilizers. The aim of this work was to evaluate the hardness of the organomineral produced with different proportions of gravel from *onshore* oil wells and castor bean pie. The experiment was carried out in the Soils Department of the Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica-RJ. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme with 9 proportions of *onshore* gravel:castor bean pie (1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8 :2 and 9:1) and 2 controls (potassium chloride and triple superphosphate) x 4 compactions (1, 2, 3 and 4 ton) x 4 repetitions. The 4 ton load provided greater hardness about 12, 18 and 77% in relation to the formulated ones produced by applying 3, 2 and 1 ton, respectively. The 1:9 ratio showed superior hardness when applied loads of 4, 3 and 2 ton. The organomineral showed lower hardness than triple superphosphate, indicating the need for the addition of a binder.

KEYWORDS: combined fertilizer, hardness, nutrient cycling, *onshore* gravel.

INTRODUÇÃO

O agronegócio é um setor de grande importância econômica para o país, no ano anterior foi responsável por mais da metade das exportações de insumos e contribuiu com 27,4% para o Produto Interno Bruto (CEPEA, 2021). Esse cenário é resultado da implantação de tecnologias que potencializam a exploração das áreas produtivas.

Dentre os insumos requeridos pelo setor, os fertilizantes compõem um dos pilares de sustentação da agricultura, pois garantem o balanço nutricional das plantas, favorecendo o aumento da produtividade das culturas (NOVAIS et al., 2007). Os fertilizantes são classificados em minerais, orgânicos ou combinados (organominerais).

Os fertilizantes minerais são produtos de ordem mineral natural, advindos de rochas, ou sintético produzidos na indústria química e fornecem às plantas um ou mais nutrientes (BRASIL, 2004). O Brasil possui uma alta taxa de importação de fertilizantes desta natureza, no ano anterior foram importados cerca de 85% do fertilizante utilizado nas lavouras e pastagens (ANDA, 2021). Além da dependência pelo insumo a forma de obtenção e o uso indiscriminado podem promover a degradação do solo, poluição do ar e das fontes de água (SAVCI, 2012).

No que tange os fertilizantes orgânicos estes são derivados de diferentes materiais, no solo aumenta a CTC, disponibiliza nutrientes para as plantas, atua como agente ligante entre os componentes do solo, favorece a infiltração e a retenção de água (NOVAIS et al., 2007). Contudo, em virtude da menor concentração de nutrientes são requeridos maiores volumes para atender a necessidade das culturas.

Neste contexto, o uso do fertilizante organomineral (FOM) configura-se como uma estratégia capaz de minimizar os impactos gerados pelo uso de uma única fonte de nutriente. Os organominerais possuem maior eficiência de uso pois minimizam as perdas dos

nutrientes seja por lixiviação ou volatilização (ZONTA et al., 2021). Estudos comprovaram a eficiência dos FOM em diversas culturas (CRUSCIOL et al., 2020; MUMBACH et al., 2020; SILVA et al., 2020). Outro benefício do uso do organomineral é a possibilidade de utilização de diversos resíduos como fonte de matéria prima mineral e orgânica.

Resíduos como o cascalho gerado durante a perfuração de poços de petróleo possui potencial para ser utilizado na produção do organomineral, em virtude da composição química e do volume gerado. Ensaios avaliando a eficiência agrônômica do uso do cascalho demonstram o aumento nos teores de bases no solo, incrementando cálcio, magnésio e potássio e micronutrientes ferro e manganês (FREITAS, 2013; GUEDES, 2014).

Para a produção do FOM alguns parâmetros físicos devem ser atendidos como a granulometria, densidade e dureza, pois influenciam na taxa de liberação de nutrientes, espaço de armazenamento e resistência ao transporte e aplicação.

O objetivo do trabalho foi avaliar a dureza do organomineral produzido com diferentes proporções de cascalho de perfuração de poços de petróleo terrestre (*onshore*) e torta de mamona.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, no município de Seropédica-RJ. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em um esquema fatorial com 9 proporções de cascalho *onshore*:torta de mamona (1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 e 9:1) e 2 testemunhas (cloreto de potássio-KCl e superfosfato triplo-SFT) x 4 compactações (1, 2, 3 e 4 ton) x 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela média de 15 pastilhas por repetição.

Para a produção do FOM foi utilizado uma prensa pastilhadora hidráulica com capacidade de até 15 ton com uma matriz de aço inoxidável para produção de pastilhas com 4 mm. O cascalho foi passado em peneira com malha de 0,5 mm. Já a torta de mamona foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante e moída em moinho do tipo Willey (facas), de aço inox, e posteriormente moída em moinho de bolas e peneirada em malha de 0,5 mm. Em seguida os resíduos foram pesados de acordo com cada proporção e homogeneizados em misturador tipo “V”. Para realizar a correção da umidade para 18%, foi determinada a umidade inicial dos resíduos (TEDESCO et al., 1995).

Após a formulação, os fertilizantes foram acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 65 °C até a massa constante.

A variável analisada foi a dureza do organomineral com o auxílio de um medidor de compressão digital portátil chamado de durômetro, modelo 298 DGP com escala de até 20 kgf. A Figura 1 representa um fluxograma da produção do fertilizante.



Figura 1 – Fluxograma da produção do organomineral pastilhado.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene ($p \geq 0,05$), respectivamente, com posterior análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa R (R CORE TEAM[®], 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grau de compactação influencia diretamente na dureza do fertilizante organomineral. A carga de 4 ton com 1,40 kgf proporcionou ao organomineral dureza superior em cerca de 12, 18 e 77% em relação aos formulados produzidos aplicando 3 ton com 1,25 kgf, 2 ton com 1,19 kgf e 1 ton com 0,79 kgf, respectivamente (Tabela 1). Fachini et al. (2021) observaram maior compactação nos pellets de organomineral e atribuíram à diminuição do volume de poros. O que pode estar relacionado com a maior dureza encontrada no organomineral quando aplicado carga de 4 ton. É importante destacar que cargas superiores a 4 ton ocorre o extravasamento do material da matriz, comprometendo a formação das pastilhas.

Em relação a dureza das diferentes formulações do FOM, a proporção 1:9, com maior relação de material orgânico, apresentou diferença significativa quando empregado 4, 3 e 2 ton (Tabela 1). Respostas semelhantes foram encontradas por Allaire e Parent (2004) que ao avaliar as propriedades físicas do organomineral observaram maior resistência à tração com o aumento do conteúdo orgânico. Os autores indicam que a matéria orgânica confere ligações entre as partículas tão fortes quanto alguns aglutinantes utilizados na produção do FOM.

Quando aplicado 4 ton, a proporção 1:9 (1,89 kgf) apresentou dureza superior em 14 e 73% em relação às proporções 2:8 (1,66 kgf) e 4:6 (1,09 kgf), respectivamente. Para as demais proporções não houve diferença significativa. Ao analisar os FOMs com 3 ton, a maior dureza foi observada para a proporção 1:9 (1,68 kgf) cerca de 15 e 75% quando

comparado com as proporções 7:3 (1,46 kgf) e 4:6 (0,96 kgf), respectivamente. Já as demais proporções não foram significativas.

Tabela 1 – Dureza das pastilhas do fertilizante organomineral em função de diferentes proporções (casalho *onshore*:torta de mamona) e diferentes compactações (ton).

| Proporção | Compactação | | | |
|-----------|-----------------|----------|----------|---------|
| | 4 ton | 3 ton | 2 ton | 1 ton |
| | ----- kgf ----- | | | |
| 1:9 | 1,89Aa | 1,68Ba | 1,62Ca | 0,45Dd |
| 2:8 | 1,66Ab | 1,35Bbc | 1,29Cb | 0,59Dcd |
| 3:7 | 1,49Abc | 1,26Bcd | 1,29Cb | 0,86Dab |
| 7:3 | 1,49Abc | 1,46Bb | 1,23Cbc | 0,98Da |
| 8:2 | 1,31Acd | 1,13Bdef | 1,03Cd | 0,90Dab |
| 9:1 | 1,27Ade | 1,11Bdef | 1,04Cd | 0,83Dab |
| 5:5 | 1,24Ade | 1,24Bcde | 1,11Cbcd | 0,94Da |
| 6:4 | 1,17Ade | 1,05Bef | 1,06Ccd | 0,84Dab |
| 4:6 | 1,09Ae | 0,96Bf | 1,06Ccd | 0,73Dbc |
| CV (%) | 7,2 | | | |

Letras maiúsculas nas linhas representam a média da dureza em relação a compactação e letras minúsculas nas colunas representam a média da dureza entre as proporções. Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para os FOMs com 2 ton, a proporção 1:9 com 1,62 kgf apresentou dureza superior em cerca de 26, 56 e 57% em comparação com as proporções 2:8 e 3:7 ambas com 1,29 kgf, 9:1 com 1,04 kgf e 8:2 com 1,03 kgf, respectivamente (Tabela 1). Não houve diferença significativa para as demais proporções. Já quando observado a dureza dos FOMs com 1 ton, nota-se que as proporções 7:3 com 0,98 kgf e a 5:5 com 0,94 kgf foram semelhantes entre si e superior cerca 2 vezes, em relação a proporção 1:9 com 0,45 kgf. As demais proporções não foram significativas. A dureza é uma propriedade física importante na manutenção da integridade do FOM durante o armazenamento, transporte e distribuição no campo. Maior resistência ao esmagamento e à abrasão são necessárias para evitar a segregação granulométrica que resulta em distribuição desuniforme de nutrientes no campo (ANTILLE et al., 2013).

Ao comparar a dureza dos FOMs, compactados com 4 ton, em relação aos fertilizantes minerais, observa-se que os organominerais apresentaram maior resistência ao esmagamento em relação aos grânulos do KCl (Figura 2A). A proporção 1:9 apresentou dureza cerca de 3 vezes superior ao KCl (0,60 kgf).

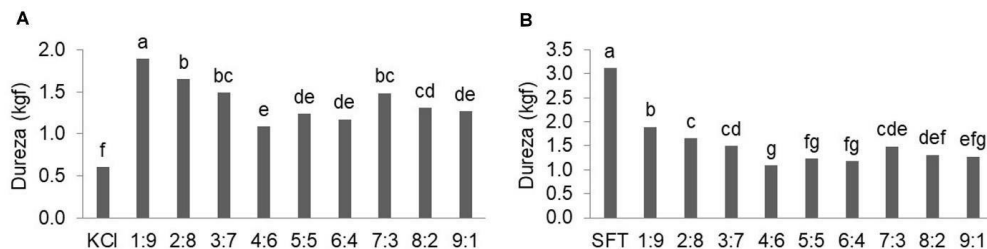


Figura 2 – Dureza das pastilhas de organominerais comprimidos com 4 ton. A) Organomineral e KCl (cloreto de potássio); B) Organomineral e SFT (superfosfato triplo). Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV de 6%.

Entretanto, a mesma tendência não foi observada ao comparar a dureza dos organominerais com o SFT (Figura 2B). A maior dureza foi observada no fertilizante fosfatado com 3,12 kgf, superior cerca de 1,7, 1,9 e 2,9 vezes quando comparado às proporções 1:9, 2:8 e 4:6, respectivamente. Esses resultados indicam a necessidade de adição de produto aglutinante na formulação do organomineral.

Os aglutinantes são agentes ligantes que conferem maior dureza ao fertilizante. Segundo Nascimento et al. (2020) o aumento da dureza está intimamente relacionado com o aditivo e sua concentração. Ao avaliar cinco materiais ligantes com diferentes doses, os autores observaram que 3% de óxido de magnésio promoveu maior dureza do organomineral em até 4 vezes em relação ao controle sem prejudicar a taxa de liberação dos nutrientes.

CONCLUSÕES

A carga de 4 ton proporciona maior dureza ao organomineral.

A proporção 1:9 apresentou dureza superior quando aplicado 4, 3 e 2 ton.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALLAIRE, S.E.; PARENT, L.-E. Physical Properties of Granular Organic-based Fertilisers, Part 1: **Static Properties**, v. 87(1), p. 79–87, 2004.

ANDA. Macro Indicadores. Disponível em: <http://anda.org.br/pesquisa_setorial/>. Acesso em: 04 out. 2022.

ANTILLE, D.L. et al. Characterisation of Organomineral Fertilisers Derived from Nutrient-Enriched Biosolids Granules. **Applied and Environmental Soil Science**, p. 1-11, 2013.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO — MAPA. Decreto n° 4.954, de 14 de Janeiro de 2004.

CEPEA. PIB- Agro/CEPEA: PIB do agro cresce 8,36% em 2021; participação no PIB brasileiro chega a 27,4%. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agro-cresce-8-36-em-2021-participacao-no-pib-brasileiro-chega-a-27-4.aspx>>. Acesso em: 04 out. 2022.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Organomineral Fertilizer as Source of P and K for Sugarcane. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 5398, 2020.

FACHINI, J. et al. Novel K-enriched organomineral fertilizer from sewage sludge- biochar: Chemical, physical and mineralogical characterization. **Waste Management**, v.135, p. 98–108, 2021.

FREITAS, F.C. **Caracterização química de cascalhos de perfuração de poços de petróleo e seus efeitos em plantas e nas bases trocáveis do solo**. 2013. 135p. Tese (Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2013.

GUEDES, J.N. **Estratégias de manejo do cascalho oriundo da perfuração de poços de petróleo**. 2014. 146p. Tese (Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2014.

MUMBACH, G.L. et al. Agronomic efficiency of organomineral fertilizer in sequential grain crops in southern Brazil. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 4, p. 3037–3049, 2020.

NASCIMENTO, C.O. et al. The effect of different ceramic materials to improve hardness of organomineral fertilizer granules. **Int J Appl Ceram Technol**, v.17, p.153– 161, 2020.

NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do Solo** – SBCS. Viçosa, 1017p, 2007.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

SAVCI, S. Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment. **APCBEE Procedia**, Hong Kong, v.1, p.287-292, 2012.

SILVA, R.C.D. et al. Phosphate Organomineral Fertilizer Usage Compared to Mineral Phosphate in Corn Cultivation. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 7, p. 92, 2020.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. *Boletim técnico*. 5, 2ª edição, Departamento de Solos, UFRGS, Porto Alegre, 174p, 1995.

ZONTA, E.; STAFANATO, J.B.; PEREIRA, M.G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: ZONTA, E.; STAFANATO, J.B.; PEREIRA, M.G. BORGES, A.L. (Ed. Técn.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília: 2. ed., Embrapa, 2021, p. 265-303.

APROVEITAMENTO DE FÓSFORO POR HÍBRIDO *zea mays* EM ROCHAS FOSFÁTICAS SEDIMENTARES COM O TRATAMENTO DE MICRORGANISMOS

Data de aceite: 03/07/2023

Emanuelly Ribeiro dos Santos

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Luc Felicianus Marie Rouws

Pesquisador da Embrapa Agrobiologia

RESUMO: Fósforo (P) é um dos principais nutrientes que limitam a produtividade agrícola. Os principais desafios relacionados a esse nutriente são a disponibilidade limitada a nível global com poucos países fornecendo grande parte do mesmo e preços elevados e escassez são um risco. Outro problema é que boa parte do fósforo adicionado ao solo fica retida na forma de matéria orgânica ou em complexos com cátions (Fe^{3+} , Ca^{2+} e Al^{3+} por exemplo) ou com coloides, deixando o nutriente pouco disponível. Existe um interesse grande em identificar novas fontes de P (rochas, por exemplo) e insumos microbianos com capacidade de aumentar a eficiência de uso de fontes recalcitrantes. O presente trabalho tem o objetivo de estabelecer procedimentos para a identificação de combinações de rochas com alto teor de P e microrganismos (bactérias) capazes de

ajudar na disponibilização do P desse tipo de rocha. Para esse fim, tem-se usado o milho como planta teste e avalia-se o seu desempenho quando cultivado na presença de diferentes fontes P em combinação de microrganismos. Uma curva de resposta da planta a doses incrementais de P foi elaborada e identificou-se vasos com capacidade de 1 kg de terra como os melhores recipientes para a testagem. Iniciou-se ensaios com duas rochas fosfáticas em combinação com seis diferentes microrganismos.

PALAVRAS-CHAVE: bactérias, fósforo, milho, rocha, superfosfato.

USE OF PHOSPHORUS BY *Zea mays* HYBRID IN PHOSPHATE MINERAL ROCKS WITH THE TREATMENT OF MICROORGANISMS

ABSTRACT: Phosphorus (P) is one of the main nutrients limiting agricultural productivity. The main challenges related to this nutrient are availability at a global level with few Countries providing most of it, high prices and shortages are a risk. Another problem is that much of the phosphorus added to the soil is retained in the form of organic matter or in complexes with cations (Fe^{3+} , Ca^{2+} , and Al^{3+} for example) or with

colloids, making the nutrient less available. There is a great deal of effort in identifying new sources of P (rocks, for example) and microbial inputs capable of increasing the efficiency of using recalcitrant sources. The work presented aims to establish procedures for the identification of rock combinations with high P content and microorganisms (bacteria) able to help in the availability of P from this type of rock. For this purpose, corn has been used as a test plant and its performance is evaluated when cultivated in the presence of different sources of P in combination of microorganisms. A plant response curve to incremental doses of P was prepared and pots with a capacity of 1 kg of soil were identified as the best recipients for testing. Tests were started with two phosphate rocks in combination with six different microorganisms.

KEYWORDS: bacteria, phosphorus, corn, rock, superphosphate.

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é macronutriente mineral essencial para o desenvolvimento vegetal. Os solos brasileiros, situados em faixa tropical, em sua grande parte latossolos, argissolos e neossolos, apresentam deficiência de P, por apresentarem forte adsorção desse elemento nos colóides do solo, tornando-o para as plantas (BENEDITO, 2007). Na agricultura o P é adicionado através de fertilizantes fosfatados, oriundos da rocha fosfática, que ao ser acidificada produz os fosfatos solúveis, tendo alto valor para o produtor visto que grande parte é advinda de importações. Existe um interesse mundial em aplicar microrganismos (bactérias e fungos principalmente) na agricultura no intuito de combater doenças e pragas e promover o crescimento de culturas agrícolas. Ademais, os microrganismos dissolvem o fósforo complexado de rochas não processadas ao liberarem ácidos orgânicos na rizosfera, um exemplo são os fungos micorrizos, como o *Glomus clarum*.

Um produto da fonte de P é o fertilizante Superfosfato triplo (SFT), o qual pode ser utilizado em tratamentos com microrganismos para o aproveitamento do fósforo. Nesse trabalho usou-se um esquema de seleção onde a planta estará presente, junto à seleção de microrganismo.

MATERIAL E MÉTODOS

O primeiro experimento foi conduzido em tubetes de 300 g, contendo Latossolo Vermelho eutroférico (SANTOS et al., 2018), coletado na camada de 0-20 cm de profundidade. Cada tubete recebeu duas sementes de milho (híbrido AG 8740), e 50 mL de solução nutritiva. A solução nutritiva forneceu todos os macro e micronutrientes essenciais, com exceção do P, foram: 200 mg.kg⁻¹ de K (KCl) e N (uréia); 80 mg.kg⁻¹ de S (NH₄2SO₄); 100 mg.kg⁻¹ de Mg (MgSO₄.7H₂O); 0,8 mg.kg⁻¹ de B (H₃BO₃); 0,15 mg.kg⁻¹ de Mo (Na₂MoO₄.2H₂O); 4 mg.kg⁻¹ de Zn (ZnSO₄.7H₂O); 3,6 mg.kg⁻¹ de Mn (MnCl₂.4H₂O); 1,5 mg.kg⁻¹ de Fe (FeCl₃.6H₂O); 1,3 mg.kg⁻¹ de Cu (CuSO₄.5H₂O). A solução em questão, foi aplicada aos sete DAE e uma dose de reforço, contendo nitrogênio e potássio aos 20 DAE com

delineamento de seis tratamentos.

No segundo experimento foi montado em casa de vegetação, com delineamento de blocos ao acaso. Utilizou-se SFT e houve a aplicação de solução nutritiva de KCl e Ureia. Assim, observa-se o gráfico da massa seca em diferentes doses de P, apresentado na figura 1.

O terceiro experimento avaliou diferentes fontes de P: sem adição de P, SFT, rocha OCP e rocha Morro Verde Portanto, para as três fontes de P foram acrescentados 20 mg de P por vaso.

Avaliou-se também inoculantes comerciais, estirpes e controle não inoculado. Antes da instalação do experimento, todas as formulações de inoculantes foram submetidas à diluição seriada (base 10) para fins de controle de qualidade e quantificação.

O quarto experimento foi montado em casa de vegetação, com delineamento de blocos ao acaso, foi realizado com maiores doses de P e menos microrganismos. Para todas as fontes de acrescentou-se 20 mg de P por vaso, e utilizou-se 50 ml de solução nutritiva por vaso (Figura 2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, os resultados mostram que não se obteve resposta das plantas para as doses de reforço da solução nutritiva, apresentando cada vez mais deficiência de P. Além disso, a planta tinha pouco espaço para se desenvolver. Por fim, era esperada uma curva aonde o fósforo chegasse a seu auge, e a partir do ponto máximo descaísse e parasse de fazer efeito. Contudo, o ponto não foi atingido, já que a planta precisava cada vez mais de nutrientes.

No segundo experimento, os resultados mostram que até a dose 120 a planta estava respondendo bem a maiores doses de fosfato; após isso o crescimento da planta estabilizou. Portanto, as doses 120 a 160 são as mais apropriadas para dose de referência (Figura1).

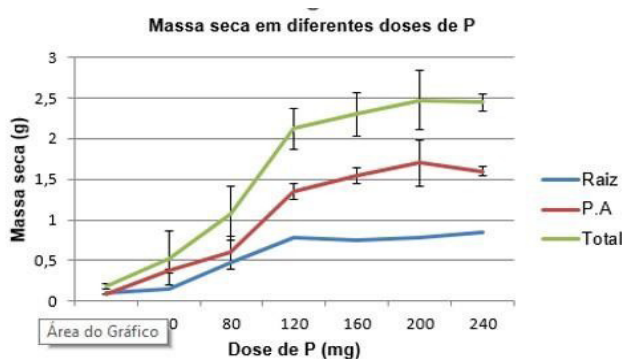


Figura 1- Massa seca em diferentes doses de fósforo, mostrando a eficiência de P nos tratamentos em vasos de 1 kg. A imagem refere-se ao experimento 2.

No terceiro experimento feito em casa de vegetação, para ver a eficiência dos inoculantes em combinação com diferentes fontes de fósforo, foi feita uma diluição seriada para ver a quantidade de colônias viáveis.

O resultado desse experimento mostrou que o tratamento sem inoculação teve melhor desempenho com o SFT, uma vez que a quantidade de P usada nesse experimento foi pequena, e a quantidade de bactérias foi muito grande.

No quarto experimento, o Biomafos decolou muito nos tratamentos com morro verde, em comparação a outras fontes. Posteriormente, foi feita uma investigação sobre possíveis causas, já que era esperado um resultado mais baixo nessa fonte, por ser mais pobre em P comparada as outras. Assim, foi descoberto que houve uma acidulação na fonte, o que explica o seu bom desempenho. Devido a isso, os resultados não devem ser levados em consideração, já que a fonte não estava em seu estado natural. Também, os outros inoculantes não parecem ser eficientes nesse experimento se comparado as parcelas sem inoculantes (Figura 2).

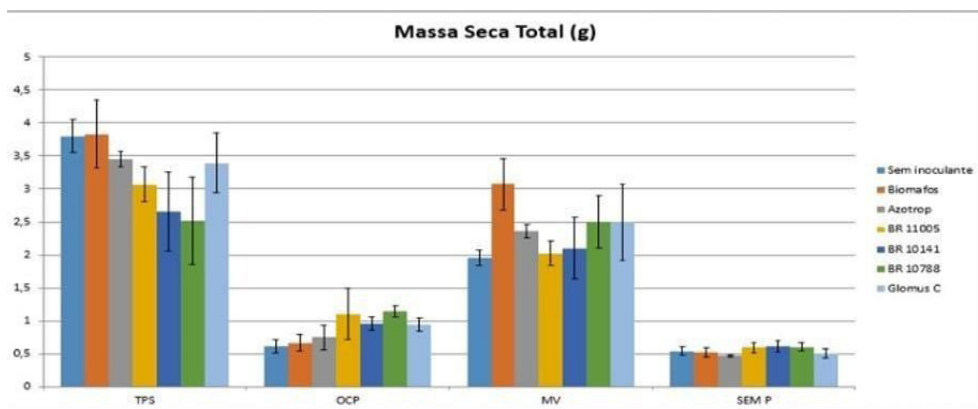


Figura 2 - Massa seca de plantas milho, inoculadas após cultivo em solo com diferentes fontes de P.

CONCLUSÕES

No experimento 1, os tubetes não funcionam para esse tipo de experimento, pois quanto menor o espaço, maior o sofrimento da planta, e o substrato fica compactado em cima e úmido em baixo.

No experimento 2, os vasos de 1kg funcionam para esse tipo de experimento, assim, a planta responde a doses maiores de fosfato até 120, e após essa dose a planta estabiliza.

No experimento 3, todos inoculantes tiveram bom desempenho no SFT. Já o controle sem inoculante apresentou melhor desempenho dos que os outros (com exceção do fungo), uma hipótese é que esses microrganismos estavam competindo o nutriente com a planta.

No experimento 4, os diferentes inoculantes não foram eficientes nesse experimento se comparados as parcelas sem inoculantes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial ao orientador desse projeto Luc Rouws, por todo ensinamento durante toda a realização dos experimentos. Também à aluna de mestrado Jéssica Kaminski Ramos, pela colaboração e troca de informações e ao seu orientador Bruno Alves. Por fim, agradeço à EMBRAPA Agrobiologia, pela oportunidade de realizar esse projeto como aluna de iniciação científica pela PIBIC.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BASHAN, Y.; KAMNEV, A.A.; DE-BASHAN, L.E. **Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate- solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure.** 4. ed. [S.L]: Biology & Fertility Of Soils, 2013. 49 v.

BENEDITO, D.S. **Eficiência agrônômica de fontes alternativas de fósforo e modelo de predição do uso de fosfatos naturais.** 2007. 121 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G.; REIN, T.A. **Princípios metodológicos para avaliação agrônômica de fontes de fósforo.** 2. ed. Planaltina: Comitê de Publicações, 1986. 24 p.

LICHTFOUSE, E. **Genetic engineering, biofertilisation, soil quality and organic farming.** 4. ed. France: Springer, 2010. 421 p.

PII, Y. et al. **Microbial interactions in the rhizosphere:** beneficial influences of rhizobacteria plant growth promoters in the process of acquiring nutrients. A review. 51. ed. Beltsville, Maryland And Washington: National Agricultural Library, 201. 415 p.

RICHARDSON, A.E. et al. **Acquisition of phosphorus and nitrogen in rhizosphere and promotion of plant growth by microorganisms.** [S.L]: Springer, 2009.

ZUTTER, N. et al. **Displacements in the rhizobiome during consecutive in-plant enrichment for phosphate- solubilizing bacteria differentially affect the P status of corn.** [S.L]: John Wiley; Sons Ltd And Society For Applied Microbiology, 2021.19 p.

SELEÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS HALOTOLERANTES E HALOFÍLICAS COM POTENCIAL DE SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATO

Data de aceite: 03/07/2023

Érico Atílio de Paiva Teles

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciências do Solo (PPGA-CS)

Júlia Ferreira Xavier

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciências do Solo (PPGA-CS)

João Vitor da Silva Gonçalves

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Fernanda Seixas Arcenio

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor Titular; Departamento de Solos (UFRRJ)

Irene da Silva Coelho

Professora Associada; Departamento de Microbiologia e Imunologia Veterinária (UFRRJ)

RESUMO: A salinização dos solos coloca em risco a produção agrícola mundial, pois afeta cada vez mais regiões do planeta. Outra questão que tem limitado a produção agrícola é a baixa disponibilidade de fósforo no solo para as plantas. Isso ocorre devido à baixa concentração natural desse elemento nos solos e pela sua alta afinidade a outros elementos, o que reduz a eficiência de fertilizantes fosfatados. A utilização de inoculantes de bactérias solubilizadoras de fosfato vem se apresentando como uma abordagem promissora tanto para o estabelecimento e incremento da produção de culturas sob condições de deficiência nutricional, quanto para aquelas que se desenvolvem sob estresse ambiental. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a capacidade de solubilização de fosfato de cálcio dibásico em meio sólido e líquido de 29 isolados bacterianos provenientes da rizosfera de plantas halófitas. A partir dos resultados observados, dois isolados, *Bacillus sp.* (186) e *Kushneria sp.* (102), ambos halotolerantes, apresentaram resultados promissores no que tange a capacidade de solubilização de fosfato mineral. Para confirmar a capacidade de promoção de crescimento desses isolados será necessário a realização de ensaios de

inoculação em casa de vegetação e em campo para avaliar as contribuições das estirpes bacterianas na produtividade de plantas.

PALAVRAS-CHAVE: estresse salino, microbiologia do solo, plantas halófitas; promoção de crescimento vegetal.

SELECTION OF HALOTOLERANT AND HALOPHILIC RHIZOBACTERIA WITH POTENTIAL FOR PHOSPHATE SOLUBILIZATION

ABSTRACT: Soil salinization puts world agricultural production at risk, as it affects more and more regions of the planet. Another issue with limited agricultural production is the low availability of phosphorus in the soil for plants. This is due to the low natural concentration of this element in soils and its high affinity to other elements, which reduces the efficiency of phosphate fertilizers. The use of inoculants of phosphate-solubilizing bacteria has been presented as a promising approach for the establishment and increase of the production of cultures under conditions of nutritional deficiency, as for those that develop under environmental stress. Thus, this work aimed to evaluate the solubilization capacity of dibasic calcium phosphate in solid and liquid media of 29 bacterial isolates from the rhizosphere of halophytic plants. From the observed results, two isolates, *Bacillus* sp. (186) and *Kushneria* sp. (102), both halotolerant, showed promising results regarding the solubilization capacity of mineral phosphate. To confirm the growth-promoting capacity of these isolates, inoculation tests in a greenhouse and the field will be necessary to evaluate the contributions of bacterial strains to plant productivity.

KEYWORDS: salt stress, soil microbiology, halophyte plants; promotion of plant growth.

INTRODUÇÃO

A salinização dos solos é um dos fatores abióticos que mais colocam em risco a produção agrícola. Sua ocorrência está ligada a fatores ambientais como a taxa de precipitação e evaporação, o intemperismo de rochas, relevo, altura do lençol freático, entre outros. Contudo, atividades antrópicas como o manejo inadequado da água e do solo e utilização de agrotóxicos e fertilizantes químicos, podem intensificar o processo de salinização (SANGAR et al., 2021).

O fósforo (P) é o segundo macronutriente mais limitante para o desenvolvimento de culturas vegetais (ZHU et al., 2011). Na fase sólida do solo o fósforo encontra-se majoritariamente associado a compostos orgânicos ou a fração mineral, uma vez que o P solúvel possui uma grande afinidade com outros elementos presentes no solo, como cálcio em solos calcários e, ferro e alumínio em solos ácidos (GOMES, 2010). Dessa forma, quando adicionado aosolo, o P é rapidamente imobilizado e se torna inacessível às plantas, o que aumenta a demanda de fertilizantes minerais, que pode gerar diversos problemas ambientais como a poluição de solos e corpos d'água, além de representar um desperdício desse recurso bastante limitado (GAMUYAO et al., 2012). Outra questão importante é a dependência do comércio internacional de fertilizantes, em 2018 os fertilizantes fosfatados

representaram 23% do total de importações de fertilizantes do país (GLOBALFERT, 2019), e, fatores externos, como os atuais conflitos no leste europeu, levam ao aumento dos custos de importação e podem colocar em risco a produção nacional.

Em vista disso, a aplicação de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) capazes de tolerar alta salinidade é um dos principais focos de pesquisa no que tange o estabelecimento de estratégias que possibilitem uma agricultura sustentável em solos afetados por sais, apresentando um melhor aproveitamento dos recursos ambientais. Dessa forma, trabalhos tem demonstrado que a utilização de bactérias solubilizadoras de fosfato é uma estratégia viável em solos com baixa disponibilidade desse nutriente e afetados por sais (ZHU et al., 2011).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de solubilizar fosfato de cálcio dibásico (CaHPO_4) em meio sólido e em meio líquido de bactérias provenientes da rizosfera de plantas halófitas.

MATERIAL E MÉTODOS

Origem dos isolados: Vinte e nove bactérias, pertencentes aos gêneros *Bacillus* sp. (7), *Brevibacterium* sp. (1), *Halomonas* sp. (6), *Kushneria* sp. (5), *Micrococcus* sp. (1) *Oceanobacillus* sp.(1), *Ochrobacterium* sp. (3), *Pseudomonas* sp. (4) e *Salinicola* sp. (1), foram analisadas. Estas bactérias foram isoladas da rizosfera das plantas halófitas *Sporobolus virginicus*, *Cyperus ligularis*, *Blutaparon portulacoides* e *Salicornia gaudichadiana*. As coletas foram realizadas em diferentes regiões do estado do Rio de Janeiro, sendo estas: planícies hipersalinas (Guaratiba-RJ), salina desativada (São Pedro da Aldeia- RJ) e entorno da lagoa hipersalina (Araruama-RJ). Os isolados bacterianos foram identificados a nível de gênero (XAVIER, 2021); e classificados quanto a salinidade em halotolerantes e halofílicos (AMOOZEGAR et al., 2019).

Avaliação da capacidade de solubilização de fosfato mineral em meio sólido: Os isolados bacterianos foram inoculados em tubos de ensaio contendo 5 mL de meio DYGS e incubados por 24 horas a 150 rpm. Posteriormente, a densidade óptica (DO) de cada cultura foi ajustada para 0,9- 1,0 por espectrofotometria a 600 nm. Uma alíquota de 7 uL das culturas foi inoculada em discos de papel de 6 mm dispostos sobre meio sólido NBRIP acrescido 3% de NaCl e contendo CaHPO_4 como fonte de fosfato. As bactérias foram inoculadas no meio em triplicata e, como controle positivo foi inoculada em cada placa a estirpe de *Gluconacetobacter diazotrophicus* PAI 5. A determinação do halo de solubilização formado ao redor das colônias foi realizada no terceiro e décimo dia após a inoculação. Os índices de solubilização (IS) foram calculados através da fórmula:

$$IS = \text{diâmetro do halo (mm)} / \text{diâmetro da colônia (mm)}$$

Os isolados foram classificados quanto à capacidade de solubilização em baixa ($IS < 2$), média ($2 \leq IS \leq 4$) e alta ($IS > 4$) (BERRAQUERA et al., 1976).

Avaliação da solubilização de fosfato mineral em meio líquido: Os isolados bacterianos foram cultivados e tiveram suas densidades ópticas ajustadas como descrito anteriormente. Utilizou-se o meio de cultura líquido NBRIP acrescido 3% de NaCl contendo CaHPO_4 e o pH ajustado para 7,0. Os isolados foram inoculados no meio em triplicata. Para o teste, 300 μL de cada cultura foi inoculado em tubos falcon de 50 mL contendo 35 mL de meio NBRIP e mantidas sob agitação de 150 rpm por 14 dias. A concentração de fosfato solúvel foi determinada no dia da inoculação (tempo 0) e ao fim do período de incubação (tempo final de 14 dias) como descrito por Teixeira et al. (2017). Para isso, uma alíquota de 10 mL de cada amostra foi transferida para tubo falcon de 15 mL e centrifugada a 6000 rpm por 10 min. O sobrenadante foi filtrado com auxílio de filtro de seringa com membrana de 0,22 μm . O filtrado foi usado para a determinação de fosfato solúvel e do pH.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os 29 isolados bacterianos, o isolado de *Kushneria* (58) apresentou alto índice de solubilização no teste em meio sólido, 16 tiveram índice médio, nove, baixo e três não apresentaram formação de halo de solubilização após o período de incubação (Figura 1). No entanto, é comum que BSF desenvolvam-se nos meios sem produzir halos visíveis, mesmo após várias transferências para o mesmo meio (BASHAN et al., 2012). Assim, a não formação de halo não é um indicativo definitivo que um isolado não tem a capacidade de solubilizar fosfato, e os testes em placas devem ser complementados com testes em meio líquido.

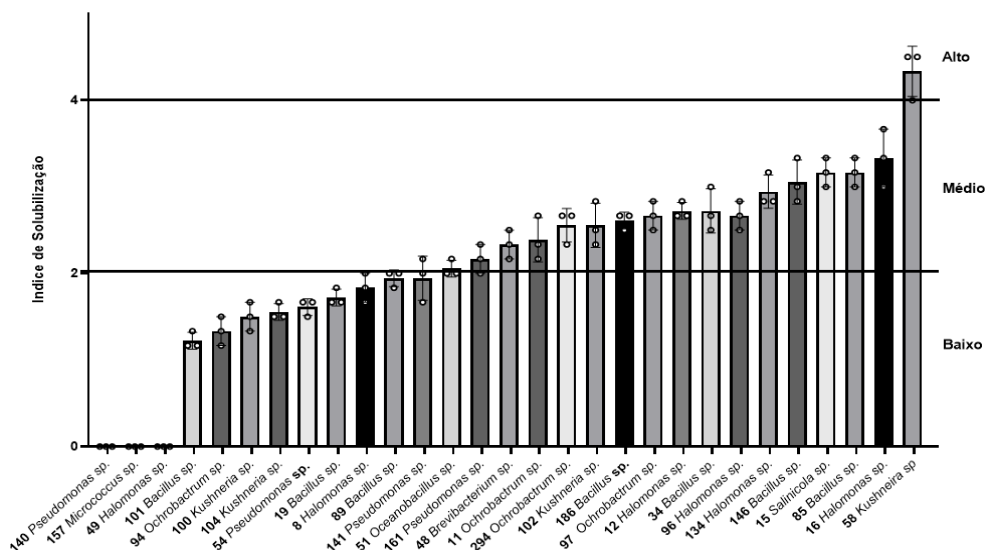


Figura 1 – Média e desvio padrão do índice de solubilização em meio sólido de bactérias halotolerantes e halofílicas isoladas da rizosfera de plantas halófitas.

Nos testes em meio de cultura líquido, todos os isolados apresentaram algum nível de solubilização do fosfato de cálcio dibásico (Figura 2), assim como a redução do pH (Figura 3). O isolado de *Bacillus* sp. (186) apresentou a maior capacidade de solubilização, atingindo aproximadamente 126 g/L de P solubilizado no meio após os 14 dias de incubação, além da maior redução do pH, para 3,9. O isolado *Kushneira* sp. (102) também apresentou uma variação de P solúvel elevada em relação aos demais, de 110 g/L e um pH final de 4,0.

É possível notar que a acidificação do meio está relacionada com a capacidade de solubilização dos isolados, uma vez que os isolados que apresentaram a menor taxa de P solubilizado, também promoveram as menores reduções de pH, a exemplo dos isolados 19, 34, 54 e 94. Porém esta relação não ocorreu em todos os isolados, como o isolado *Halomonas* sp. (12) e *Bacillus* sp. (85) que reduziram o pH para 3,8 e 4 e solubilizaram cerca de 70 g/L e 80 g/L de P, respectivamente. Já o isolado *Brevibacterium* sp. (48) reduziu o pH a 4,5 e solubilizou aproximadamente 100 g/L.

Para confirmar a capacidade de promoção de crescimento desses isolados será necessário a realização de ensaios de inoculação em casa de vegetação e em campo para avaliar as contribuições das estirpes bacterianas na produtividade de plantas. Além disso, em solos intemperizados, como a maior parte dos solos brasileiros, o fosfato está geralmente associado a metais como ferro e alumínio, o que indica a necessidade de testes de solubilização com outras fontes de fosfato mineral (GOMES et al., 2010).

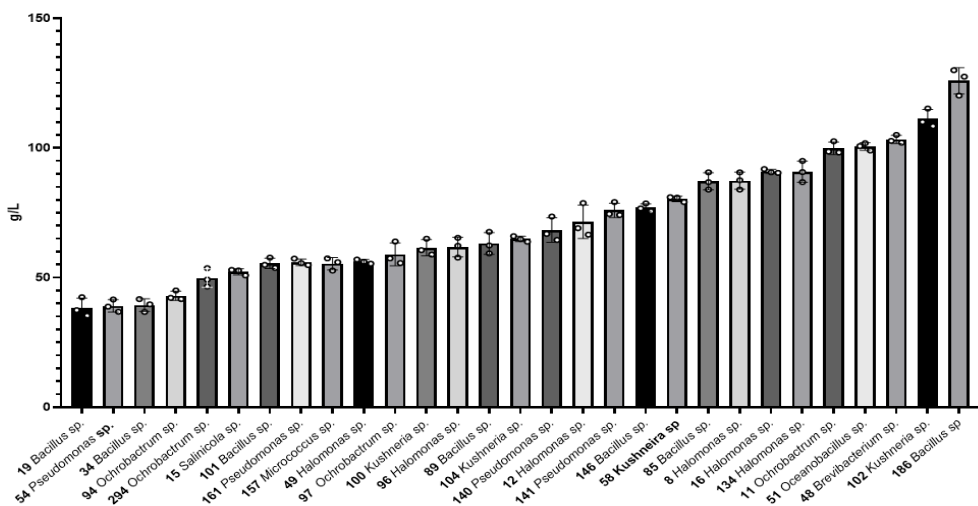


Figura 2 – Média e desvio padrão do índice de solubilização em meio líquido de bactérias halotolerantes e halofílicas isoladas da rizosfera de plantas halófitas.

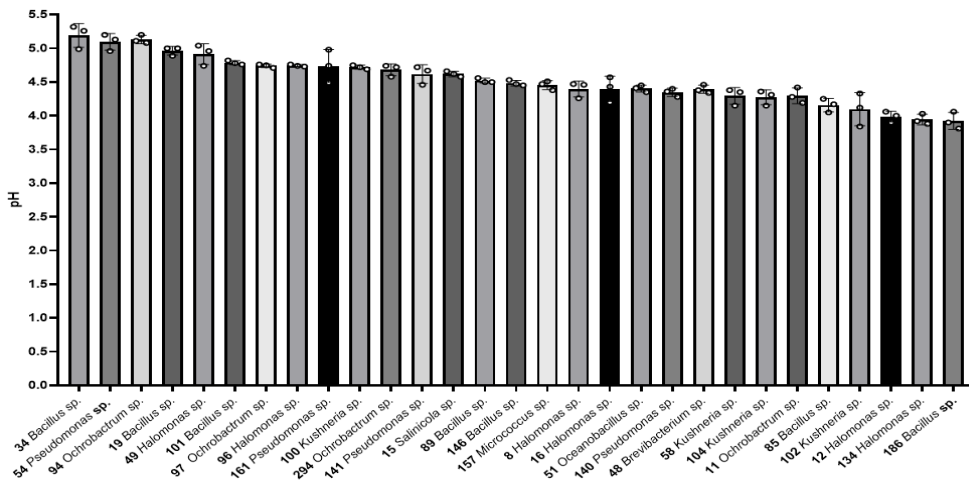


Figura 3 – Média e desvio padrão do pH do meio líquido após 14 dias.

CONCLUSÕES

As bactérias provenientes da rizosfera de plantas halófitas analisadas nesse trabalho foram capazes de solubilizar fósforo a partir do fosfato de cálcio dibásico em pelo menos um dos meios de cultura testados. A partir dos resultados observados, os isolados 186 e 102 são promissores para o desenvolvimento de inoculantes biológicos para promover o melhor aproveitamento do fosfato em solos salinos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMOOZEGAR, M. A. et al. Halophiles and their vast potential in biofuel production. **Frontiers in microbiology**, v. 10, p. 1895, 2019.

BASHAN, Y.; KAMNEV, A. A.; DE-BASHAN, L. E. Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n. 4, p. 465–479, May 2013.

BERRAQUERA, F. R.; BAYA, A.; CORMENZANA, A. R. Establecimiento de índices para el estudio de la solubilización de fosfatos por bacterias del suelo. **Ars. Pharm.** 1976.

GAMUYAO, R. et al. The protein kinase Pstol1 from traditional rice confers tolerance of phosphorus deficiency. **Nature**, v. 488, n. 7412, p. 535–539. 2012.

GLOBALFERT. Fosfatados – Principais origens de importação no Brasil em 2018. Boletins. Disponível em: <https://www.globalfert.com.br/boletins/fosfatados-principais-origens-de-importacao-no-brasilem-2018-2/>. Acesso em: 01 Out. 2022

GOMES, E.A. et al. Prospecção de Comunidades Microbianas do Solo Ativas no Aproveitamento Agrícola de Fontes de Fósforo de Baixa Solubilidade. **Documentos** 107, 2010.

SAGAR, A. et al. Halotolerant Rhizobacteria for Salinity-Stress Mitigation: Diversity, Mechanisms and Molecular Approaches. **Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 490, 2022.

XAVIER, J. F.; **Isolamento e Caracterização de Bactérias Associadas À Rizosfera de Plantas Halófitas**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciências do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2021.

ZHU, F. et al. Isolation and Characterization of a Phosphate- Solubilizing Halophilic Bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the Coast of Yellow Sea of China. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2011, p. 615032, 2 Jun. 2011.

ADSORÇÃO DE FIPRONIL E FIPRONILSULFONA EM NANOTUBOS DE CARBONO

Data de aceite: 03/07/2023

Felippo B. Lima

Estudante de graduação em Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Thales das C. Vieira

Estudante de graduação em Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Neubi F. Xavier Junior

Pesquisador na University of Surrey (Reino Unido)

Glauco F. Bauerfeldt

Professor do Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

SWNT[10,0]. Os resultados sugerem modos de adsorção dissociativa de fipronil e fipronilsulfona na borda do nanotubo, no qual um átomo de oxigênio do grupo sulfona é transferido para um átomo de carbono da borda do nanotubo. Este modo de adsorção resulta na passivação da borda com átomo de oxigênio. Dessa forma, os resultados sugerem intensa adsorção de fipronil e fipronilsulfona em nanotubos de carbono, encorajando a adoção destes como sensores para determinação analítica.

PALAVRAS-CHAVE: CNT, inseticida, PM6, sensores eletroquímicos, zig-zag.

ADSORPTION OF FIPRONIL AND FIPRONIL SULFONE IN CARBON NANOTUBES

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo caracterizar e quantificar a adsorção de fipronil e seu metabólito, fipronilsulfona, em superfície de nanotubo de carbono por métodos teóricos e verificar se nanotubos de carbono preenchem as características necessárias para serem adotados como sensores eletroquímicos na determinação destes compostos em matrizes ambientais. Cálculos teóricos foram conduzidos em nível PM6 adotando um modelo de nanotubo de carbono de paredes simples,

ABSTRACT: This work aims to characterize and quantify the adsorption of fipronil and its metabolite, fipronilsulfone, on carbon nanotube surface by theoretical methods and to verify if carbon nanotubes fulfill the necessary characteristics to be adopted as electrochemical sensors in the determination of these compounds in environmental matrices. Theoretical calculations were performed at the PM6 level using a single-walled carbon nanotube model, SWNT[10,0]. Results suggest

dissociative adsorption mode of fipronil and fipronil sulfone on the edge of the nanotube, in which an oxygen atom from the sulfone group is transferred to a carbon atom on the edge of the nanotube. This adsorption mode also results in passivation of the edge with oxygen atom. Thus, intense adsorption of fipronil and fipronilsulfone on carbon nanotubes is suggested, encouraging their adoption as sensors for analytical determination.

KEYWORDS: CNT, electrochemical sensors, insecticide, PM6, zigzag.

INTRODUÇÃO

Devido ao aumento na densidade populacional e, conseqüentemente, a alta demanda para a produção de alimentos, considerável aumento no uso de agrotóxicos vem sendo observado.

Fipronil é um inseticida da classe dos fenilpirazóis que atua no sistema nervoso, paralisando ou matando o organismo alvo (GANT et al., 1998). Este composto é amplamente utilizado devido à sua eficácia no combate a insetos resistentes a outros pesticidas. A Food and Agriculture Organization (FAO) define valores limite máximo de resíduos (MRL) de fipronil em diferentes culturas, e o valor mais baixo é 0,002 mg kg⁻¹ para cevada e trigo (FAO-WHO, 2022). A Agência Nacional de Saúde Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece que o valor inferior do MRL é de 0,01 mg kg⁻¹ para culturas como algodão, arroz, cevada, feijão, milho, soja e trigo (ANVISA, 2022). O fipronil é também encontrado como ingrediente ativo em formulações e medicamentos veterinários (ALVES-BRANCO et al., 2001).

A contaminação dos recursos naturais por grande parte de agrotóxicos gera um problema indescritível de poluição ambiental, sendo frequentemente detectados em corpos d'água, podendo atingir ecossistemas e causar inúmeros problemas de saúde a animais e seres humanos (MONTAGNER et al., 2017).

No Brasil, relatos da ocorrência de vestígios de fipronil foram reportados em três regiões distintas no Brasil: no estado do Rio Grande do Sul, em águas superficiais (MARCHESAN et al., 2010), no estado de São Paulo, em águas superficiais e água potável (BARIZON et al., 2020; MONTAGNER et al., 2019; SCHEEL e TEIXEIRA TARLEY, 2020) e no estado do Mato Grosso do Sul, em águas superficiais (SPOSITO et al., 2018). No estado do RJ, a ocorrência de Fipronil foi recentemente relatada na bacia hidrográfica do Guandu (FERREIRA et al., 2021).

O desenvolvimento de nanomateriais e tecnologia eletrônica acelerou a desenvolvimento de técnicas de (bio)sensores eletroquímicos que fornece um novo método para detecção rápida em biomarcadores de doenças metabólicas (ZHANG & DU, 2020) e analitos diversos, incluindo pesticidas. E, entre estes, o fipronil. Zhang e Du (2020) sugerem que biossensores e sensores eletroquímicos podem igualar ou até superar métodos tradicionais de análise devido ao seu excelente desempenho.

Entendendo a boa ação de materiais nanoestruturados na composição de sensores para determinação de fipronil, estendemos a questão à determinação de seu metabólito: fipronilsulfona. E levantamos a dúvida: nanotubos de carbono (CNT) seriam bons nanomateriais para a determinação deste metabólito?

Modificações estruturais podem eventualmente potencializar algumas propriedades moleculares de especial interesse visando as aplicações de CNT como catalisadores e sensores eletroquímicos. Especificamente como sensores, modificações estruturais podem efetivamente acelerar a transferência de elétrons (ZHAO et al., 2018), permitindo transdução aprimorada de sinais eletroquímicos e melhor desempenho do sensor para a detecção da molécula alvo.

O objetivo central deste trabalho é obter, através de cálculos teóricos, as propriedades moleculares e energias de adsorção de fipronilsulfona em modelos de CNT.

MATERIAL E MÉTODOS

Cálculos Mecânico-Quânticos: Cálculos teóricos foram conduzidos em nível semi-empírico PM6 com o programa Gaussian g09 (FRISCH et al., 2009) visando a otimização de geometria das espécies fipronil, fipronilsulfona, o modelo de CNT (assumindo como SWNT[10,0] de comprimentos 13, 15, 17 e 20 Å) e fipronil e fipronilsulfona adsorvidos no CNT. Cálculos de frequências vibracionais foram adotados para a caracterização do ponto estacionário e para a obtenção das propriedades espectroscópicas vibracionais. A energia de adsorção foi calculada de acordo com a Equação 1:

$$E_{ads} = E_{fip/CNT} - E_{fip} - E_{CNT} \quad (1)$$

onde E_{ads} é a energia de adsorção e $E_{fip/CNT}$, E_{fip} e E_{CNT} são as energias eletrônicas, corrigidas por energia vibracional de ponto zero, dos adsorbatos, fipronil/fipronilsulfona e do CNT, respectivamente. Correções de efeito de solvente não foram incluídas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geometria de fipronil e fipronilsulfona. Devido à complexidade molecular, foram exploradas algumas possibilidades conformacionais tanto para fipronil quanto para a fipronilsulfona, todas resultantes das rotações dos anéis. A estrutura mais estável obtida para fipronil (Figura 1) apresenta uma forte interação eletrostática entre os átomos de hidrogênio do grupo NH_2 do anel pirazólico e a ligação do oxigênio com o enxofre. A estrutura de menor energia para fipronilsulfona (Figura 1) foi obtida também mostrando uma forte interação eletrostática entre o átomo de hidrogênio do grupo NH_2 do anel pirazólico e o átomo de oxigênio do grupo OSO da sulfona (distância $NH \cdots O$ igual a 1,964 Å e ângulo $NH - O$ igual a 127,3°) com formação de um pseudo-anel de seis membros.

Adsorção de Fipronil. Observando os parâmetros de adsorção do fipronil (Figura 2) é visível que o CNT tenha a preferência de adsorver fipronil através da interação com o átomo de enxofre na borda, observando também forte interação entre o carbono do anel aromático e um dos cloros de seu grupo funcional com os átomos de carbono do CNT. A energia de adsorção obtida foi -8,87 eV.

Adsorção de Fipronilsulfona. A estrutura de menor energia obtida para a adsorção de fipronilsulfona em modelo SWNT[10,0] do nanotubo de carbono (comprimento de 13 Å) sugere adsorção dissociativa na borda. No caminho de adsorção, um dos oxigênios do grupo sulfona dissocia e reconecta ao carbono da borda do CNT. A estrutura adsorvida é, portanto, o fipronil que apresenta ainda interações com o CNT através de um dos átomos de cloro do anel fenílico, além do próprio carbono do anel formando um novo anel de seis membros. A estrutura é apresentada na Figura 2. A energia de adsorção é de -14,158 eV.

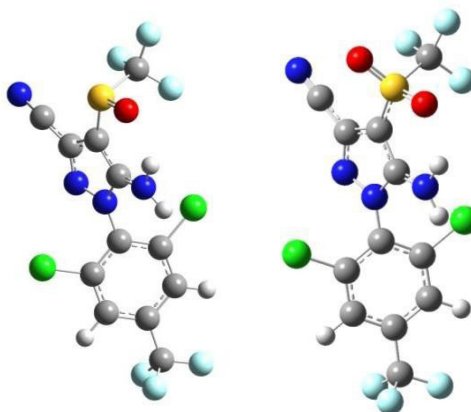


Figura 1. Geometria otimizada, obtida em nível PM6, para fipronil (esquerda) e fipronilsulfona (direita).

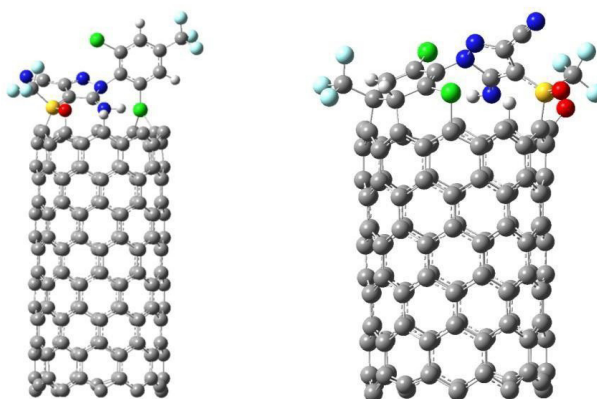


Figura 2. Geometria otimizada, obtida em nível PM6, para fipronil (esquerda) e fipronilsulfona (direita) adsorvidos em SWNT[10,0].

Este modo de adsorção é particularmente interessante, uma vez que se deseja aplicar o CNT para determinação eletroanalítica de fipronil e seus metabólitos. O resultado obtido permite concluir que o fipronil, uma vez adsorvido poderá ser oxidado à fipronilsulfona, caso a borda no CNT esteja passivada por um átomo de oxigênio. Cálculos adicionais são necessários para reconhecer as barreiras deste processo e avaliar a viabilidade cinética deste processo.

CONCLUSÕES

O caminho de menor energia de adsorção de fipronilsulfona em modelo de nanotubo de carbono SWNC[10,0] de 15 Å de comprimento encontrado revelou a dissociação de um átomo de oxigênio do grupo sulfona, com consequente adsorção de fipronil e passivação da borda com átomo de oxigênio. A energia de adsorção obtida, -14,15 eV, corrobora a forte quimiosorção sugerida pela interpretação estrutural. Ainda que esse resultado seja encorajador, novos cálculos ainda são necessários para certificar esse modo de adsorção e, principalmente, as barreiras encontradas no caminho de oxidação do fipronil à fipronilsulfona em superfície de CNT.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FAPERJ (Edital N° 47/2021 – APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO REGIONAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (DCTR) – 2021). LIMA e VIEIRA agradecem ao CNPq pela bolsa PIBITI.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVES-BRANCO, F.P.J.; PINHEIRO, A.C.; SAPPER, M.F.M. O controle da mosca das miíases ou bicheiras (*Cochliomyia hominivorax*). **Comunicado Técnico 40**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55722/1/ct40-2001.pdf>>. Acessado em 12 de setembro de 2022.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **F43 – Fipronil, 2022**. Disponível em : <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/f/4351json-file-1/view>>. Acessado em 12 de setembro de 2022.

BARIZON, R.R.M. et al. Pesticides in the surface waters of the Camanducaia River watershed, Brazil. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, Londres, v. 55, p. 283–292, 2020.

FERREIRA, T.P. et al. Determination of fipronil and fipronil- sulfone in surface waters of the Guandu River basin by high-performance liquid chromatography with mass spectrometry. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Nova York, v. 108, p. 225-233, 2021.

FAO-WHO. Food and Agriculture Organization of the United Nations – World Health Organization. **Codex Alimentarius, International Food Standards**, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticide-detail/en/?p_id=202>. Acesso em 12 de setembro de 2022.

FRISCH, M.J. et al. **Gaussian 09**, Revision C.01. Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.

GANT, D.B. et al. Fipronil: action at the GABA receptor. **Reviews in Toxicology**, Londres, v. 2, n. 1, p. 147-156, 1998.

MARCHESAN, E. et al. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1053–1059, 2010.

MONTAGNER, C.C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, São Paulo, v. 40, n. 9, p. 1094–1110, 2017.

MONTAGNER, C. et al. Ten years-snapshot of the occurrence of emerging contaminants in drinking, surface and ground waters and wastewaters from São Paulo state, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 614–632, 2019.

SCHEEL, G.L.; TARLEY, C.R.T. Simultaneous microextraction of carbendazim, fipronil and picoxystrobin in naturally and artificial occurring water bodies by water- induced supramolecular solvent and determination by HPLC- DAD. **Journal of Molecular Liquids**, Amsterdam, v. 297, 111897, 2020.

SPOSITO, J.C.V. et al. Emerging contaminants in Brazilian rivers: Occurrence and effects on gene expression in zebrafish (*Danio rerio*) embryo **Chemosphere**, Amsterdam, v. 209, p. 696–704, 2018.

ZHANG, C.; DU, X. Electrochemical sensors based on carbon nanomaterial used in diagnosing metabolic disease. **Frontiers in Chemistry**, Lausanne, v. 8, p. 651, 2020.

ZHAO, F. et al. Carbon nanomaterial-enabled pesticide biosensors: Design strategy, biosensing mechanism, and practical application. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, Amsterdam, v. 106, p. 62-83, 2018.

EFEITO DA ADIÇÃO DE BIOCARVÃO NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DA CAMA DE FRANGO

Data de aceite: 03/07/2023

Fernando José Pereira Ferreira

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Luciana Mendes do Espírito Santo

Mestra do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia (UFRRJ)

Carlos Antônio dos Santos

Doutor do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia (UFRRJ)

Farley Alexandre da Fonseca Breda

Doutor do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Camila da Costa Barros de Souza

Doutora do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho

Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

RESUMO: A adição de biocarvão durante a compostagem da cama de frango pode favorecer a atividade microbiana e tornar o processo de mineralização e estabilização da matéria orgânica mais eficiente. Nesse sentido, este estudo objetivou avaliar os parâmetros de temperatura, pH, condutividade elétrica e densidade durante o processo de compostagem da cama de frango com a adição de diferentes doses de biocarvão. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos compreenderam as diferentes proporções de biocarvão que foram adicionados à cama de frango (0%, 5%, 10% e 15%, com base no peso seco), e pela cama de aviário em diferentes tempos de compostagem (0, 7, 14, 30, 60 e 90 dias). Verificou-se que os tratamentos com adição do biocarvão atingiram temperaturas superiores em relação ao tratamento sem biocarvão. Em relação ao pH, as menores doses de biocarvão (0% e 5%) apresentaram um aumento mais expressivo do valor em comparação aos tratamentos de maiores doses (10% e 15%). No que se refere à condutividade elétrica e densidade, o tratamento de maior dose (15%) apresentou valores mais elevados em relação aos

demais. A adição do biocarvão na compostagem intensifica a mineralização da matéria orgânica pelo favorecimento da atividade microbiana, uma vez que o biocarvão fornece sítios para o habitat e reprodução de microrganismos na sua estrutura.

PALAVRAS-CHAVE: Condutividade elétrica, densidade, pH, temperatura.

EFFECT OF BIOCHAR ADDITION ON THE EFFICIENCY OF THE CHICKEN LITTLE COMPOSTING PROCESS

ABSTRACT: The addition of biochar during poultry litter composting can favor microbial activity and make the process of mineralization and stabilization of organic matter more pH, electrical conductivity and density during the chicken litter composting process with the addition of different doses of biochar. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications. The treatments comprised the efficient. In this sense, this study aimed to evaluate the parameters of temperature, different proportions of biochar that were added to the poultry litter (0%, 5%, 10% and 15%, based on dry weight), and the poultry litter at different composting times (0, 7, 14, 30, 60 and 90 days). It was verified that the treatments with the addition of biochar reached higher temperatures than the treatment without biochar. Regarding the pH, the lowest doses of biochar (0% and 5%) showed a more expressive increase in value compared to treatments with higher doses (10% and 15%). With regard to electrical conductivity and density, the treatment with the highest dose (15%) showed higher values than the others. The addition of biochar in the compost intensifies the mineralization of organic matter by favoring microbial activity, since biochar provides sites for the habitat and reproduction of microorganisms in its structure.

KEYWORDS: Density, Electrical conductivity, pH, Temperature.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior exportador mundial de frangos de corte e o terceiro maior produtor mundial, perdendo apenas para os Estados Unidos e para a China (EMBRAPA, 2021). Os resíduos orgânicos que são gerados a partir da produção avícola são conhecidos como cama de aviário, esterco de aviário ou cama de frango, que podem ser destinados a produção agrícola quando devidamente tratados.

Contudo, existem grandes restrições ao uso da cama de frango *in natura* na adubação quando não recebe um tratamento prévio adequado. Um dos danos ambientais associados à aplicação da cama de frango não tratada na agricultura é a contaminação por metais pesados, podendo levar a um acúmulo desses elementos nas camadas superficiais do solo, à contaminação de mananciais e dos alimentos produzidos (KPOMBLEKOU-A e MORTLEY, 2016). Os metais pesados presentes na cama de frango possuem diversas origens, sendo as rações das aves uma das principais fontes desses contaminantes.

Assim, faz-se necessário propor e desenvolver medidas que possam ser adotadas ou intensificadas para diminuir os riscos de contaminação dos ecossistemas. Entre estas medidas, o tratamento de compostagem da cama de aviário antes de ser utilizada como

fertilizante tem merecido crescente destaque, tendo em vista que o tratamento possibilita a redução ou até mesmo a eliminação de patógenos, resíduos e substâncias químicas (HAHN, 2004). Além disso, a adição de biocarvão durante a compostagem pode favorecer os processos dependentes de oxigênio, o que leva a um processo de compostagem mais eficiente. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de biocarvão em diferentes doses (5%, 10% e 15%) nos parâmetros físico-químicos do composto de cama de frango até 90 dias de compostagem.

MATERIAL E MÉTODOS

A cama de aviário foi coletada em granjas localizadas no município de São José do Vale do Rio Preto. O experimento de compostagem foi instalado em casa de vegetação no setor de Horticultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro repetições. Os tratamentos consistem nas diferentes proporções de biocarvão que foram adicionados à cama de frango para a realização da compostagem (0%, 5%, 10% e 15%, com base no peso seco), e pela cama de aviário em diferentes tempos durante 90 dias, em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro de compostagem amostrados. A eficiência do processo de compostagem foi monitorada por meio da temperatura, pH, condutividade elétrica e densidade do composto. A temperatura foi monitorada com termômetros de bulbo de mercúrio. As avaliações dos parâmetros pH, condutividade elétrica (CE) e densidade do composto foram realizadas de acordo com Brasil (2007). Todos os dados gerados foram submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$); e sendo significativos, estes foram comparados pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 e na Tabela 1 são apresentadas as alterações na temperatura do composto de cama de frango sem biocarvão (0%) e com diferentes doses de biocarvão (5%, 10% e 15%) durante 90 dias de compostagem. Observa-se que, aos 31 dias de compostagem, os compostos com biocarvão, atingiram temperaturas mais elevadas, diferindo estatisticamente do composto sem biocarvão. Ademais, os compostos que receberam biocarvão atingiram o pico de temperatura mais precocemente do que o tratamento sem biocarvão. O monitoramento da temperatura durante a compostagem refletem as alterações na atividade microbiana durante a mineralização e humificação da matéria orgânica. Assim, uma vez que o biocarvão, com seus numerosos microporos estruturais fornecem sítios para o habitat e reprodução de microorganismos (CZEKALA et al., 2016), esses resultados sugerem que a adição de biocarvão durante a compostagem da cama de frango promoveu um incremento na atividade microbiana.

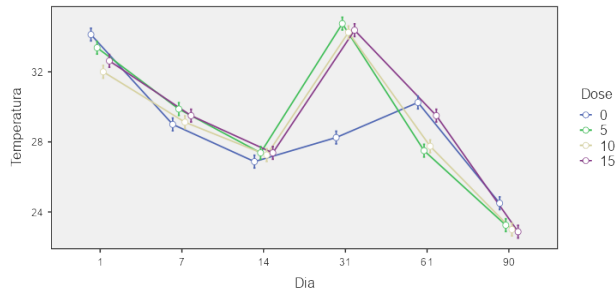


Figura 1. sem adição de biocarvão (0%), com adição de biocarvão (5%, 10% e 15%) durante 90 d Temperatura da cama de frango ias de compostagem e temperatura ambiente.

Tabela 1. Temperatura da cama de frango sem adição de biocarvão (0%), com adição de biocarvão (5%, 10% e 15%) durante 90 dias de compostagem e temperatura ambiente.

| Dose (%) | Dias de compostagem | | | | | |
|----------|---------------------|----------|---------|----------|----------|----------|
| | 1 | 7 | 14 | 31 | 61 | 90 |
| 0 | 34,1 Aa | 29,0 Abc | 26,9 Ad | 28,3 Bcd | 30,3 Ab | 24,5 Ae |
| 5 | 33,4 ABA | 29,9 Ab | 27,4 Ac | 34,8 Aa | 27,5 Bc | 23,3 ABd |
| 10 | 32,0 CBb | 29,1 Ac | 27,3 Ad | 34,3 Aa | 27,8 Bcd | 23,0 Be |
| 15 | 32,6 Cb | 29,5 Ac | 27,4 Ad | 34,4 Aa | 29,5 Ac | 22,9 Be |

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

Em relação ao pH, todos os tratamentos apresentaram uma redução inicial do pH nos primeiros 14 dias de compostagem Figura 2. No início do processo de compostagem, o pH da mistura de resíduos alcança valores mais baixos devido à formação de ácidos orgânicos (HERBETS et al., 2005). Com o passar do tempo, ácidos e proteínas solúveis são metabolizados e, conseqüentemente, o pH se eleva até final da compostagem. Sendo assim, após o 14º dia de compostagem foi observado um aumento do pH do composto em todos os tratamento. Porém, os tratamentos com menor dose de biocarvão (0% e 5%) apresentaram um aumento mais expressivo do pH em comparação com os tratamentos com maior dose de biocarvão (10% e 15%) Tabela 2. O aumento menos expressivo dos tratamentos com maior dose de biocarvão pode ser explicado pela captura da amônia volatilizada nos microporos esturuais do biocarvão, além disso, a rica presença de grupos funcionais de superfície presentes no biocarvão favorecem a captura e transformação do nitrogênio em nitrogênio orgânico (DUAN et al., 2021).

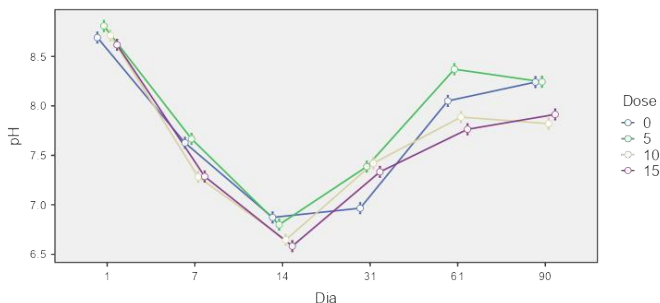


Figura 2. pH da Cama de frango sem adição de biocarvão (0%) e com adição de biocarvão (5%, 10% e 15%) durante 90 dias de compostagem.

Tabela 2. pH da cama de frango sem adição de biocarvão (0%), com adição de biocarvão (5%, 10% e 15%) durante 90 dias de compostagem e temperatura ambiente.

| Dose (%) | Dias de compostagem | | | | | |
|----------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 7 | 14 | 31 | 61 | 90 |
| 0 | 8.69 Ba | 7.63 Ad | 6.87 Ae | 6.97 Be | 8.05 Bc | 8.24 Ab |
| 5 | 8.81 Aa | 7.67 Ad | 6.80 Af | 7.39 Ae | 8.37 Ab | 8.24 Ac |
| 10 | 8.71 Aba | 7.28 Bd | 6.65 Be | 7.42 Ac | 7.89 Cb | 7.82 Bb |
| 15 | 8.62 Ba | 7.29 Bd | 6.58 Be | 7.33 Ad | 7.76 Dc | 7.91 Bb |

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância

Observa-se na Figura 3 e Tabela 3 as alterações na CE da cama de frango sem adição de biocarvão e com adição de biocarvão durante os 90 dias de compostagem. Verifica-se que, quanto maior foi a adição de biocarvão no início da compostagem, maior foi a CE do composto ao final da compostagem.

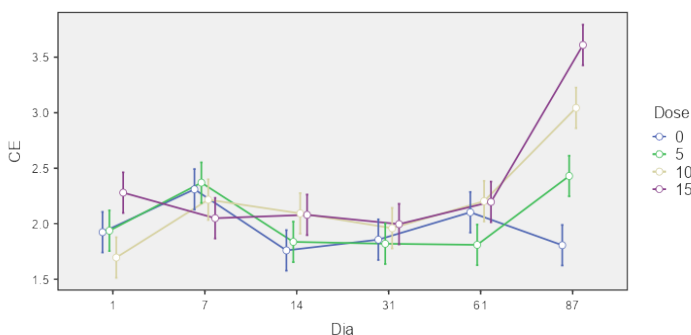


Figura 3. Condutividade elétrica (CE) da cama de frango sem adição de biocarvão (0%) e com adição de biocarvão (5%, 10% e 15%) durante 90 dias de compostagem.

Tabela 3. Condutividade elétrica da cama de frango sem adição de biocarvão (0%), com adição de biocarvão (5%, 10% e 15%) durante 90 dias de compostagem e temperatura ambiente.

| Dose (%) | Dias de compostagem | | | | | |
|----------|---------------------|---------|---------|----------|-----------|---------|
| | 1 | 7 | 14 | 31 | 61 | 87 |
| 0 | 1.92 Bb | 2.37 Aa | 1.76 Ab | 1.86 Ab | 2.10 ABab | 1.81 Db |
| 5 | 1.94 Bb | 2.31 Aa | 1.84 Ab | 1.82 Ab | 1.81 Bb | 2.43 Ca |
| 10 | 1.70 Bc | 2.22 Ab | 2.09 Ab | 1.96 Abc | 2.20 Ab | 3.04 Ba |
| 15 | 2.28 Ab | 2.05 Ab | 2.08 Ab | 2.00 Ab | 2.19 Ab | 3.61 Aa |

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância.

A densidade da cama de frango sem adição de biocarvão (0%) e com adição de biocarvão (5%, 10% e 15%) aumentaram durante os 90 dias de compostagem, conforme demonstrada na Figura 4 e Tabela 4. Ademais, o tratamento com maior dose de biocarvão (15%) apresentou aumento mais expressivo da densidade com a evolução da compostagem, com valor de densidade estatisticamente maior que os outros tratamentos ao final dos 90 dias.

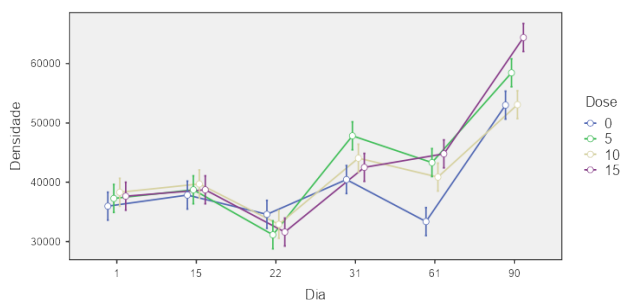


Figura 4. Densidade da cama de frango sem adição de biocarvão (0%) e com adição de biocarvão(5%, 10% e 15%) durante 90 dias de compostagem.

Tabela 4. Densidade da cama de frango sem adição de biocarvão (0%), com adição de biocarvão(5%, 10% e 15%) durante 90 dias de compostagem e temperatura ambiente.

| Dose (%) | Dias de compostagem | | | | | |
|----------|---------------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|
| | 1 | 15 | 22 | 31 | 61 | 90 |
| 0 | 35972.2 Abc | 37841.8 Abc | 34590.4 Ac | 40458.6 Bb | 33375.3 Bc | 53008.2 Ca |
| 5 | 37275.5 Ad | 38732.1 Acd | 31142.1 Ae | 47834.1 Ab | 43318.4 Abc | 58453.1 Ba |
| 10 | 38314.7 Ac | 39718.0 Abc | 32908.8 Ad | 44065.7 Abb | 40876.3 Abc | 53080.5 Ca |
| 15 | 37652.6 Ac | 38731.2 Ac | 34590.4 Ad | 42511.6 Bbc | 44790.7 Ab | 64402.9 Aa |

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância

CONCLUSÕES

Diante das características estruturais do biocarvão, como elevada superfície específica e microporosidade, a adição desse material na compostagem favorece a mineralização da matéria orgânica pelo favorecimento da atividade microbiana, uma vez que o biocarvão fornece sítios para o habitat e reprodução de microrganismos na sua estrutura. Assim, a adição de biocarvão durante a compostagem da cama de frango contribui para a elevação da temperatura, CE e densidade do composto até o final da compostagem, além de contribuir para um aumento menos expressivo do pH.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ, CNPq e CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRASIL. **Instrução Normativa SDA Nº 17 de 21 de maio de 2007**. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA), Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), 2007.

CZEKAŁA, W. et al. Cocomposting of poultry manure mixtures amended with biochar– The effect of biochar on temperature and C-CO₂ emission. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 200, p. 921–92, 2016.

DUAN, Y. et al. Pollution control in biochar-driven clean composting: Emphasize on heavy metal passivation and gaseous emissions mitigation. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 420, 126635, 2021.

EMBRAPA. **Soluções tecnológicas: Fertilizante organomineral granulado obtido a partir de cama de frango**, 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoestecnologicas/-/produto-servico/1300/fertilizante-organomineral-granulado-obtido-a-partir-de-cama-de-frango>. Acesso em: 26 de março de 2021.

HAHN, L. **Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, 2004. 130 p. (Dissertação Mestrado).

HERBETS, R.A. et al. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. **Revista Saúde e Ambiente**, Três Lagoas, v. 6, n. 1, p. 41- 50, 2005.

KPOMBLEKOU-A, K.; MORTLEY, D. **Organic Fertilizers in Alabama: Composition, Transformations, and Crop Response in Selected Soils of the Southeast United States**, Organic Fertilizers - From Basic Concepts to Applied Outcomes, Dr. Marcelo Larramendy (Ed.), InTech. 2016.

DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM SOLO ARENOSO PARA A CULTURA DOMILHO EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA A REGIÃO DEBALSAS - MA

Data de aceite: 03/07/2023

Fernando José Pereira Ferreira

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo

Julio Cesar Francisco Ferreira de Araújo Junior

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo

Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes

Professor do Departamento de Engenharia Agrícola (UEMA)

RESUMO: Um dos principais fatores pelas instabilidades e insucessos das safras agrícolas no Brasil é o clima. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade hídrica para o cultivo do milho frente a mudanças climáticas para a região de Balsas-MA. Utilizou-se o modelo regional Eta, desenvolvido na Universidade de Belgrado, que é empregado operacionalmente pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP), com resolução espacial de 20 km. Foram obtidas as informações definidas apenas para o estado do Maranhão, avaliando as

simulações do clima presente e analisando suas projeções entre 2020e 2049, considerando dois cenários de emissão um intermediário (mais otimista), o RCP 4.5 e outro pessimista, o RCP 8.5. Para a determinação da disponibilidade hídrica para a cultura do milho, nos cenários atuais e futuro, utilizou-se o programa computacional SARRAZON - Sistema de Análise Regional de Risco Agroclimático. Foram feitas projeções com 2 datas de plantios, nas quais compreenderam os meses de outubro e abril para o solo do tipo arenoso. Os dados de projeção apontam que em um período de tempo (2020-2049) a deficiência hídrica será a níveis consideráveis. Devido os efeitos das mudanças climáticas, com menos precipitação, maior perda de água por evapotranspiração e conseqüentemente, impedirá o desenvolvimento da cultura, tanto nos cenários otimistas 4.5 quanto no pessimista 8.5 para a região de balsas.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico, evapotranspiração, temperatura.

AVAILABILITY OF WATER IN SANDY SOIL FOR CORN CROP IN CLIMATE CHANGE SCENARIOS FOR THE REGION OF BALSAS- MA

ABSTRACT: One of the main factors behind the instabilities and failures of agricultural crops in Brazil is the climate. Thus, the objective of this work was to evaluate the water availability for corn cultivation in the face of climate changes for the region of Balsas- MA. We used the Eta regional model, developed at the University of Belgrade, which is operationally employed by the National Centers for Environmental Prediction (NCEP), with a spatial resolution of 20 km. The information defined only for the state of Maranhão was obtained, evaluating the simulations of the present climate and analyzing their projections between 2020 and 2049, considering two emission scenarios, one intermediate (more optimistic), the RCP 4.5 and the other pessimistic, the RCP 8.5. To determine the water availability for the corn crop, in current and future scenarios, the computational program SARRAZON - System of Regional Analysis of Agroclimatic Risk was used. Projections were made with 2 planting dates, which included the months of October and April for the sandy soil type. Projection data indicate that in a period of time (2020-2049) water deficit will be at considerable levels. Due to the effects of climate change, with less precipitation, greater loss of water by evapotranspiration and, consequently, will prevent the development of the crop, both in the optimistic 4.5 and pessimistic 8.5 scenarios for the ferries region.

KEYWORDS: evapotranspiration, hydric balance, temperature.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho no cenário mundial, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos (IBGE, 2020). De acordo com o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) as variações nas temperaturas globais estão sendo ocasionadas cada vez mais pela ação antrópica, e a combustão ou queimas de combustíveis fósseis, continuam sendo os grandes responsáveis por estas alterações, o que os torna uma problemática de caráter global. O relatório aponta ainda que, para manter o aumento médio da temperatura abaixo de 2°C até o ano de 2100, serão necessárias grandes mudanças na matriz energética dos países, com reduções significativas nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) nas próximas décadas (IPCC, 2014).

Segundo Castro (2012), a agricultura nordestina possui grande variabilidade, tanto nas culturas exploradas, quanto na tecnologia empregada para a produção agrícola, o que aliado à irregularidade climática, como os anos de secas e chuvas intensas que se alternam de formas erráticas, dificulta o desenvolvimento, levando à deterioração do solo e da água. Isso evidencia uma melhor compreensão do padrão climático das localidades do Nordeste.

O método de estimativa do balanço hídrico climatológico (BHC) proposto por Thornthwaite e Mather (1955) é uma ferramenta de monitoramento de armazenamento de água no solo, largamente utilizada como instrumento de planejamento estratégico agrícola no âmbito do gerenciamento dos recursos hídricos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a disponibilidade hídrica para o cultivo do milho frente a mudanças climáticas para a região de Balsas – MA.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização Geográfica da área de estudo foi o município de Balsas-MA, que está localizado na região Sul do Estado do Maranhão, como mostra a Figura 1 e possui uma população de aproximadamente 83.528 habitantes e extensão territorial de 13.199,7 km.

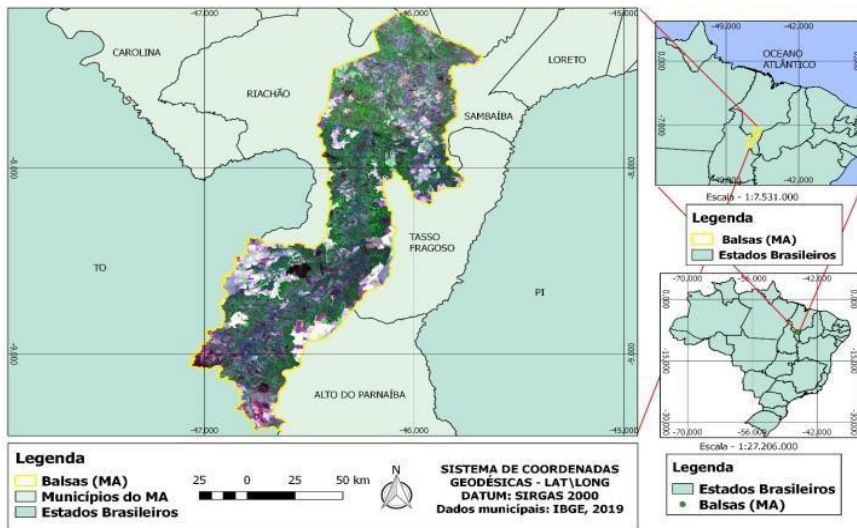


Figura 1. Mapa de localização de Balsas – MA.

Projeções de temperatura do ar

Por ser um estudo regionalizado foi utilizado uma versão aprimorada do modelo regional Eta, desenvolvido na Universidade de Belgrado, que é empregado operacionalmente pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP), com resolução espacial de 20 km lat-lon e 38 níveis verticais, cobrindo a área da América do Sul, América Central e oceanos adjacentes.

O cenário RCP 4.5, aqui considerado como intermediários (mais otimista) compreende uma condição de estabilização da demanda energética mundial, que programas de reflorestamento fortes e políticas climáticas rigorosas. Considera ainda, com relação às emissões de gases efeito estufa, a estabilização das emissões de metano, porém com leve aumento das emissões de CO₂ até 2040, com valor máximo atingido de 650 ppm equivalente na segunda metade do século XXI. Por outro lado, o cenário RCP 8.5, aqui considerado como pessimista, considera um futuro com crescimento contínuo da população e desenvolvimento tecnológico lento e acentuadas emissões de CO₂. Em termos de emissões de gases do efeito de estufa, considera a não priorização a redução das emissões, com uma forte dependência de combustíveis fósseis, (TAYLOR et al., 2012).

Disponibilidade hídrica para a cultura do milho

Para a determinação da disponibilidade hídrica para a cultura do milho, nos cenários atuais e futuro, utilizou-se o programa computacional SARRAZON – Sistema de Análise Regional de Risco Agroclimático, Baron et al., (1996), que representa um modelo agrometeorológico que interrelaciona clima-solo-cultura.

Os principais parâmetros de entrada no programa são:

- a. Agroclimáticos: a precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial;
- b. Solo: Água Disponível – AD e Capacidade de Água Disponível-CAD, determinada pela expressão (1):

$$\text{CAD} = \text{AD} \times \text{Pe} \quad (1)$$

Em que Pe corresponde a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura do milho. Neste estudo foi utilizado Pe de 40 cm. Considerando a classe textural de solo arenoso, segundo (EMBRAPA 2006): Arenoso, com AD = 0,6 mm/cm, o que representa uma CAD = 24 mm

A avaliação da disponibilidade de água para o cultivo do milho foi realizada pelo Índice de Satisfação das Necessidades de Água – ISNA, representado pela relação entre a evapotranspiração real e a máxima da cultura, ou seja, a relação entre a quantidade de água que a planta efetivamente consumiu e a quantidade de água desejável para garantir a produtividade máxima da cultura (ASSAD et al., 1998).

As simulações do balanço hídrico foram estabelecidas a partir do início da estação chuvosa da região, determinada pelo método de Kassam (1979), com início 30 dias antes do plantio e fim 30 dias depois do final do ciclo produtivo, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Períodos de simulação e datas de plantio.

| Início da simulação | Plantio | Colheita | Fim da simulação |
|---------------------|---------|----------|------------------|
| 15/09 | 15/10 | 12/02 | 14/03 |
| 15/03 | 15/04 | 13/08 | 12/09 |

Foram consideradas três classes de ISNA para a cultura do milho:

- ISNA > 0,55 – a semeadura é favorável naquela data;
- 0,45 < ISNA < 0,55 – risco intermediário para a semeadura naquela data;
- ISNA < 0,45 – alto risco de perdas agrícolas para aquela data, sendo, portanto, considerada desfavorável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para plantios realizados no dia 15 de outubro, conforme mostrado na Figura 2 observa-se um aumento lento da disponibilidade hídrica o cultivo milho na fase I- semeadura/emergência até o início da fase II- para desenvolvimento vegetativo do ciclo produtivo nos três cenários analisados. Entre o início da fase de desenvolvimento vegetativo e o fim da fase de floração e enchimento de grãos, há uma estabilidade na disponibilidade hídrica. Na fase IV-Maturação/colheita, observa-se um aumento da disponibilidade hídrica nos três cenários analisados. Portanto, os plantios realizados no dia 15 de outubro apresentam restrição hídrica somente na fase inicial do ciclo produtivo nos três cenários analisados, o que pode inviabilizar a semeadura. Visto que, poderá ocasionar restrição hídrica na fase de floração e enchimento dos grãos considerando a projeção futura para os cenários otimista e pessimista, porém, em relação a climatologia, há disponibilidade hídrica para a manutenção da fase de floração e enchimento de grãos.

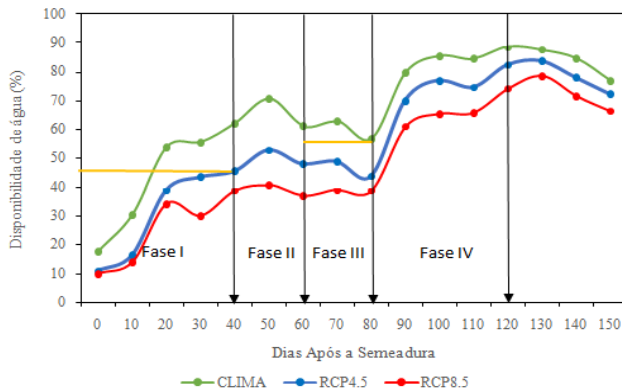


Figura 2. Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão plantio em solo de textura arenosa realizado em 15 de outubro.

Para plantios realizados no dia 15 de abril, conforme mostrado na Figura 3 observa-se inicialmente disponibilidade hídrica para o modelo de climatologia cenário 4.5. Contudo, a partir do 20º dia após o plantio, há uma queda na disponibilidade hídrica para todos os cenários, e esta queda se mantém por todo o desenvolvimento da cultura, com valores do ISNA baixíssimos. Neste sentido, é que, se o plantio ocorrer em abril não haverá água suficiente para prosseguir com o desenvolvimento da cultura, em todas as projeções. Com a ocorrência de uma estiagem durante este período. (Portanto, os plantios realizados no dia 15 de abril apresentam disponibilidade hídrica, até certo ponto, para o cenário de climatologia do cenário 4.5) e logo se tornam inviáveis para o cenário 8.5.

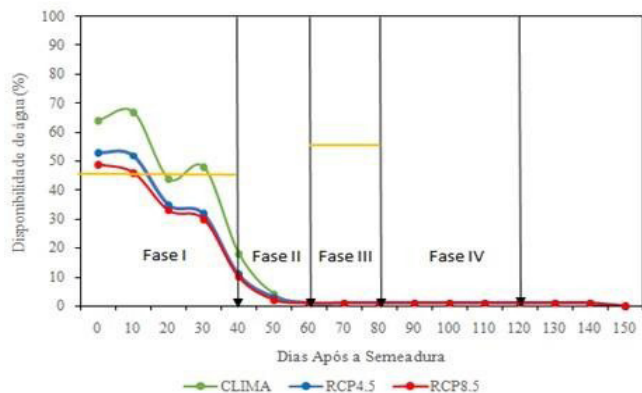


Figura 3. Disponibilidade hídrica para o cultivo de milho na região Sul do estado Maranhão plantio em solo de textura arenosa realizado em 15 de abril.

CONCLUSÕES

As projeções apontam estiagem na fase IV - de maturação dos grãos e quanto mais tarde ocorrer a semeadura, menor será a disponibilidade hídrica, o que pode impactar em perdas na produtividade final da cultura.

Sendo assim, o indicado é fazer uso da safrinha e entrar com tecnologia de irrigação para suprir a necessidade de água.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSAD, E.D. et al. **Uso de modelos numéricos de terreno na espacialização de épocas de plantio.** In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na agricultura. Brasília: EMBRAPA-SPI/Embrapa Cerrados, 1998. p.311-327.

BARON, C. et al. **Manuels d'utilisation de: SARRAMET** 45p **SARRABIL** 35p et **SARRAZON** 29p. Montpellier: CIRAD. 1996.

CASTRO, C.N. **A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento.** BRASÍLIA: IPEA, 2012 (Texto para Discussão do IPEA n. 1786).

EMBRAPA - **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.** 2006. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>> Acesso em: 24 out. 2020.

IBGE – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), 2020.** Disponível em:<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agenciade-noticias/releases/24363-em-abril-ibge-preve-alta-de-2-2-na-safra-de-graos-de-2019>>Acesso em: 12 out. 2020.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

KASSAM, A.H. et al. **Yield response to water.** (Irrigation and Drainage Paper, 33). Rome: FAO, 193p. 1979.

TAYLOR, K.E.; STOUFFER, R.J.; MEEHL, G.A. An overview of CMIP5 and the experiment design. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Nova York, v. 93, n. 4, p.485–498, 2012.

THORTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, p. 104.

APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO (DRES) EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ARGILOSO NA REGIÃO DE CACHOEIRAS MACACU-RJ

Data de aceite: 03/07/2023

Flávio Lessa Machado

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Biosistemas (UFF)

Guilherme Kangussu Donagemma

Pesquisador da Empresa EMBRAPA (EMBRAPA SOLOS)

Róberson Machado Pimentel

Professor do Departamento de Engenharia de Biosistemas (UFF)

Josiane da Silva Torres Machado

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (UFRJ)

RESUMO: A degradação é um problema que atinge cerca de 50% das pastagens do país, atividade antrópica que mais ocupa solos no Brasil. Há uma necessidade de se recuperar essas áreas para a manutenção do rebanho brasileiro. A formação do solo é influenciada por seu material de origem, onde materiais minerais formam a textura do solo. A busca por métodos rápidos, econômicos e de fácil aplicabilidade tem sido a melhor alternativa para análise de campo, como por exemplo o Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo

(DRES). Foram selecionadas 16 áreas experimentais, sendo separadas em 4 níveis de degradação. Foram coletadas três amostras de solo de cada um dos níveis nas 16 áreas experimentais. Após a análise pode-se observar que, apesar de visualmente a pastagem mostrar diferenças, como a presença de plantas invasoras, pequenas áreas de solo exposto, na análise da estrutura do solo estatisticamente não houve diferenças significativas entre os níveis 1, 2 e 3. A diferença ficou mais evidente no nível 4, onde o solo apresentou sinais mais evidentes de degradação, sobretudo na presença considerável de solo exposto. O DRES permitiu a caracterização da qualidade da estrutura do solo de forma rápida e simples.

PALAVRAS-CHAVE: degradação de pastagens, diagnóstico rápido, estrutura do solo, física do solo, manejo.

APPLICATION OF RAPID DIAGNOSIS OF SOIL STRUCTURE (DRES) IN LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CLAYEY IN THE REGION OF CACHOEIRAS MACACU-RJ

ABSTRACT: Degradation is a problem that affects about 50% of the country's pastures,

human activity that most occupies soils in Brazil. There is a need to recover these areas for the maintenance of the Brazilian herd. Soil formation is influenced by its parent material, where mineral materials form the soil texture. The search for fast, economical and easily applicable methods has been the best alternative for field analysis, such as the Rapid Diagnosis of Soil Structure (DRES). Sixteen experimental areas were selected, being separated into four levels of degradation. Three soil samples were collected from each of the levels in the 16 experimental areas. After the analysis, it can be observed that, although visually the pasture shows differences, such as the presence of invasive plants, small areas of exposed soil, in the analysis of the soil structure there were no statistically significant differences between levels 1, 2 and 3. The difference was more evident at level 4, where the soil showed more evident signs of degradation, especially in the considerable presence of exposed soil. The DRES allowed the characterization of the soil structure quality quickly and simply.

KEYWORDS: management, pasture degradation, rapid diagnosis, soil structure, soil physics.

INTRODUÇÃO

A pecuária é a atividade antrópica que mais ocupa os solos, em extensão, no Brasil. O desafio global dos sistemas agropecuários será assegurar a produção de alimentos para uma população mundial estimada em mais de nove bilhões de habitantes até 2050 e ao mesmo tempo evitar e/ou minimizar a degradação ambiental e as alterações climáticas decorrentes desse processo (DICKIE et al., 2014).

A identificação e classificação do nível de degradação das pastagens é o ponto de partida para entender os processos e as causas que desencadearam as perdas quantitativas e/ou qualitativas do pasto, bem como nortear a recuperação ou reforma da pastagem.

As avaliações para determinar o nível de degradação das pastagens envolvem métodos laboratoriais, e de campo. A estrutura do solo está ligada aos processos químicos, físicos e biológicos e seu nível de degradação pode ser analisado e corrigido de acordo com sua estrutura (GENNARO et al., 2015). Uma vez que a qualidade física de um solo melhora, conseqüentemente ocorre indiretamente a melhoria das condições químicas e biológicas, já que esses atributos são interdependentes (DEXTER, 2004).

Para realizar a análise de um solo existem vários métodos laboratoriais e de campo. As análises laboratoriais demandam custos, e tempo devido à distância do local da coleta e os laboratórios. A busca por análises rápidas e baixo custo além de fácil aplicação tem se tornado uma melhor alternativa, como o uso do Diagnóstico Rápido de Estrutura do Solo (DRES), desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Esse método consiste na avaliação das camadas superficiais do solo nos primeiros 25 cm, onde avalia-se o tamanho dos torrões e agregados, além de atividade biológica e profundidade de raízes entre outros (RALISCH et al., 2017).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi qualificar a estrutura do solo em de áreas de pastagens com 4 níveis de degradação na região de Cachoeiras de Macacu/RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda escola da UFF e em propriedades rurais próximas. A classe do solo predominante da área de estudo é o Latossolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa (CARVALHO FILHO et al., 2001). O clima da região, Köppen (1938), tipo Af, tropical, de precipitação anual de 2.419 mm, 21,9 °C é a temperatura média anual. A área de estudo caracteriza-se por colinas dissecadas e morros baixos (entre 10% e 20% de declividade).

Os tratamentos foram: Nível 1 – degradação leve, com predominância da forrageira de interesse; Nível 2 – degradação moderada, com alguma ocorrência de plantas invasoras; Nível 3 – degradação forte, com presença de plantas invasoras e ocorrência de solo exposto; Nível 4 – degradação muito forte, com predominância de solo exposto, erosão e plantas invasoras (SPAIN & GUALDRÓN, 1988; DIAS-FILHO, 2011).

Seguindo as orientações do método foram coletados três blocos de cada repetição de cada nível nas 16 áreas experimentais



Figura 1: Coleta da amostra a) Abertura da minitrincheira; b) Retirada da amostra

Os blocos (figura 2a) foram acomodados em bandejas (figura 2b) para a realização da fragmentação manual do bloco de forma a ser expandido até as laterais (figura 2c).



Figura 2: Operação de coleta dos blocos. a) Remoção do bloco. b) Acomodação do bloco na bandeja plástica. c) Fragmentação manual do bloco de amostra.

O procedimento prevê pontuação para cada camada identificada na amostra levando em consideração indícios de degradação, conforme os critérios (Figura 3) estabelecidos por Ralisch et al. (2017).

Utilizam-se as notas para calcular o índice de qualidade estrutural do solo da amostra (IQEA) e índice de qualidade estrutural do solo (IQES). O IQEA, refere-se à nota da amostra, e é calculado por meio de uma média ponderada, considerando a nota da camada (Qec) e sua respectiva espessura (Equação 1).

Já IQES é calculado pela média aritmética das notas das amostras de solo da área (Equação 2), Em que: $IQEA = [(Ec1 * Qec1) + (Ec2 * Qec2) + (Ec3 * Qec3)] / Etotall$ IQEA: índice de qualidade estrutural do solo da amostra;

Ec: espessura da camada em centímetros;

Qec: nota de qualidade estrutural de cada camada;

Etotal: espessura ou profundidade total da amostra.

Em que: $IQES = (IQEA1 + IQEA2 + \dots + IQEA_n) / n$

IQES: índice de qualidade estrutural do solo na gleba avaliada

n: número total de amostras.

Após a coleta foi realizada a avaliação das amostras considerando a conservação, indícios de degradação, compactação, tamanho e forma dos agregados, a rugosidade, presença ou não de atividade biológica, distribuição de raízes, entre outros. Um dos critérios do DRES avalia o tamanho dos agregados, a forma, a rugosidade, onde os torrões de medida entre 1 e 4 cm tendem a favorecer a atividade biológica, esses recebem assim melhor avaliação. Agregados e fragmentos grandes ou muito pequenos, indicam sinais de compactação e pulverização respectivamente, e não contribuem para uma boa nota (RALISCH et al., 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após calculados os índices de qualidade de estrutura do solo (IQES) dos níveis de degradação foi possível perceber a diferença de notas. A escala de notas do DRES varia entre 1 e 6. O nível 4 apresentou nota (4,22) inferior aos demais níveis (N1, N2 e N3), para os quais foram obtidas notas 5,24, 5,08 e 5,14 respectivamente (Figura 3).



Figura 3: DRES, resultado dos quatro níveis de degradação. N1: Nível de degradação leve; N2: Nível de degradação moderado; N3: Nível de degradação forte; N4: Nível de degradação muito forte. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença estatística entre os níveis de degradação.

As amostras de solo do nível 1 apresentaram indícios de conservação, sendo nesta área verificada mais indícios de presença de matéria orgânica, maior ocorrência de raízes, características grumosas e indícios de menor compactação. Para as amostras N2 e N3 foram verificadas notas semelhantes às do N1, porém apesar da pequena diferença na nota constatou-se sinais de compactação mais evidentes que no N1, além de agregados maiores após a manipulação e maior presença de plantas invasoras. Também no N1 foi verificada maior presença de minhocas, demonstrando atividade biológica ativa, e raízes mais longas. Dessa forma os solos N1, N2 e N3 apresentaram-se mais agregado e o N4 com uma menor presença de agregados. Na área N4 foi verificado maior indício de compactação, com classe de agregados de tamanhos entre 5 e 7 cm, pouca presença de raízes, e significativa presença de solo exposto e plantas invasoras.

CONCLUSÕES

O método de avaliação de campo DRES permitiu, de forma rápida, simples e de baixo custo, a caracterização estrutural do solo. Possibilitando dessa forma a indicação de algum tipo de manejo que possa ser iniciado, preliminarmente, para o processo de recuperação da qualidade desse solo. A aplicação desse método auxilia na análise da qualidade estrutural do solo, porém não exclui a necessidade de realização de outros métodos mais detalhados que o complementem. O método comprova ser eficiente e essencial para tomada de decisão no manejo.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO FILHO, A.; LUMBRERAS, J.F.; SANTOS, R.D. **Os solos do estado do Rio de Janeiro**. In: SILVA, L.C.; SILVA, H.C. (Org.). Estudo agroambiental do Estado do Rio de Janeiro. 1ed. Brasília: CPRM, 2001, v. 1, p. 1-35.

DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part I. **Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth**. Geoderma, Amsterdam, v. 120, p. 201-214, jun. 2004.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar** / Moacyr Bernardino Dias-Filho. — Brasília, DF: Embrapa, 2017.

DICKIE, I.A. et al. **Valores conflitantes: serviços ecossistêmicos e manejo de árvores invasoras**. Invasões biológicas, v. 16, n. 3, pág. 705-719, 2014.

GENNARO, L.A. et al. **Estrutura do solo sob feijão irrigado e diferentes manejo do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 39, n. 2, 2015.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L.C.; MELO, A.S.; SANTI, A.; MARTINS, A.L.S.; BONA, F.D. **Diagnóstico Rápido da**

Estrutura do Solo – DRES. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2017, 64 f.

SPAIN, J.M.; GUALDRÓN, R. **Degradación y Rehabilitación de Pasturas**. In: LASCANO, C.E.; SPAIN, J.M. (Ed.). Establecimiento y Renovación de Pasturas. Cali: CIAT, 1988. p. 269-283.

ANÁLISE ESPECTRAL POR FTIR E ANÁLISE QUIMIOMÉTRICA DE BIOCÁRVÕES COMERCIAIS

Data de aceite: 03/07/2023

Franciele de Souza Rocha

Estudante de graduação em Engenharia Florestal (UFRRJ)

Danielle França de Oliveira Torchia

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Kimberly Christina Marques da Silva

Estudante de Licenciatura em Ciências Agrícolas (UFRRJ)

Ayhessa Cristina Santos de Lima

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Tadeu Augusto Van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Andrés Calderín García

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

agrícola e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos de produção sobre os recursos naturais. A qualidade do biocárvão está relacionada ao tipo de material de origem e ao tipo de processo de pirólise adotado, na mesma forma que a sua composição química e estrutural. O objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização dos grupos funcionais de quatro tipos de biocárvão comerciais (B1, B2, B3 e B4) através da técnica de FTIR e Quimiométrica. Um espectrômetro FTIR VERTEX 70/70v (Bruker Corporation, Alemanha) foi utilizado para gerar espectros de comprimentos de onda entre 400 a 4000 cm^{-1} e as análises quimiométricas foram realizadas através do Unscrambler X 10.4 Package software (Camo Software AS. Inc. Oslo, Norway). Como resultado, todos os quatro tipos de biocárvão tiveram um pico forte na banda de 1600 cm^{-1} referentes aos grupos funcionais carbonílicos (C=O) e alcenos (C=C), mas não tão evidente para B1 e B2. A região de 2500 cm^{-1} a 3200 cm^{-1} refere-se à presença de grupos C-O, o que reforça a presença dos grupos carboxílicos. Foi realizada uma análise de componentes principais (PCA), a qual comprovou forte correlação em termos de composição estrutural entre o B3 e B4, demonstrando assim a semelhança da

RESUMO: O Biocárvão é uma tecnologia eficiente e sustentável, capaz de contribuir na solução de um dos maiores desafios da agricultura brasileira, aumentar a produção

composição estrutural. B1 e B2 não tiveram uma correlação na PCA e como observado nos espectros de FTIR, não tiveram um comportamento parecido.

PALAVRAS-CHAVE: biocarvão, caracterização estrutural, FTIR, produção sustentável.

SPECTRAL ANALYSIS BY FTIR AND CHEMOMETRIC ANALYSIS OF COMMERCIAL BIOCHARS

ABSTRACT: Biochar is an efficient and sustainable technology, capable of contributing to the solution of one of the biggest challenges of Brazilian agriculture, Increase agricultural production and at the same time reduce the impacts of this production on natural resources. The quality of biochar is related to the type of source material and type of pyrolysis process when adopting, as well as its chemical and structural composition. The objective of this work was to characterize the commercial groups of four types of biochar (B1, B2, B3 and B4) through the FTIR and Chemometric technique. A VERTEX 70/70v FTIR spectrometer (Bruker Corporation, Germany) was used to generate wavelengths between 400 and 4000 cm^{-1} and as chemometric measurements performed using the Unscramb X 10.4 Package software (Camo Software AS. Oslo, Norway). As a result, all samples had a strong peak in the 1600 cm^{-1} band resulting in carbonyl (C=O) and alkene (C=C) functional groups, but not so evident for B1 and B2. The region from 2500 cm^{-1} to 3200 cm^{-1} refers to the presence of C-O groups, which reinforces the presence of carboxylic groups. A principal component analysis (PCA) was performed, which proves the strength of the structural composition terms B3 and B4, thus demonstrating the similarity of the structural composition. B1 and B2 did not have a distinct appearance in PCA and, as observed in FTIR, did not have a similar behavior.

KEYWORDS: biochar, FTIR, structural characterization, sustainable production.

INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos maiores desafios do setor agropecuário brasileiro é manter o crescimento da produção e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos dessa produção sobre os recursos naturais (SAMBUICHI et al., 2012), e isso vem sendo cada vez mais necessário uma vez que o Brasil é um dos líderes mundiais em agricultura (BOLFE et al., 2017). O setor agropecuário brasileiro, que representa cerca de 27% do PIB, vem avançando em termos ambientais devido a evolução tecnológica, que tem contribuído para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais sustentáveis, baseados numa agricultura mais conservacionista, na agricultura de baixo carbono e em sistemas integracionistas (como Integração-lavoura-pecuária) (VIEIRA FILHO et al., 2019) e de insumos agrícolas com caráter mais sustentável. Indo nesse viés, o biocarvão surge como um grande potencial insumo agrícola de caráter sustentável.

O termo biocarvão ou biochar foi proposto a partir de estudos de “Terra Preta de Índio (TPI)”, que são solos antropogênicos formados através de anos de atividade antrópica e deposição de material carbonizado ao solo, localizados em algumas porções da região Amazônica, com elevada fertilidade, altos índices de pH, atividade biológica (JÚNIOR et al., 2022), alta capacidade de troca catiônica (TRAZZI et al., 2018), e o biocarvão é um material

com elevada capacidade adsorviva e absorviva, rico em carbono orgânico (50 a 90%), é constituído de elementos químicos como cálcio, potássio e magnésio, elementos que são vitais a nutrição vegetal (JÚNIOR et al., 2012).

Quando aplicado ao solo, o Biocarvão melhora vários aspectos físicos, químicos e biológicos dos solos, como por exemplo aumento da CTC do solo, aumento do conteúdo de carbono orgânico do solo, aumento na retenção de água do solo, aumento no valor de pH do solo, provimento de refúgio para a microbiota nos microporos do biocarvão e entre outros. De acordo com o trabalho de Trazzi et al. (2018), o uso do biocarvão na agricultura tem proporcionado aumentos significativos na produtividade agrícola, cerca de 10%, porém, foi observado que a variabilidade no incremento de produtividade foi grande, entre -28% a 39%.

O tipo de matéria prima utilizada (animal, vegetal, biossólido), bem como o tipo de degradação térmica (pirólise) adotado afetam a qualidade do biocarvão. A fim de entender melhor os seus efeitos no solo e como isso pode influenciar o crescimento e desenvolvimento de culturas agro-florestais, pesquisas a respeito de suas propriedades químicas e físicas vem ganhando notoriedade. Em relação às propriedades químicas, a composição estrutural e química do biocarvão é bastante relativa, sendo particular para cada tipo de biocarvão.

Durante a pirólise, diversos eventos ocorrem na área externa do biocarvão e em sua superfície porosa como quebra de ligações químicas e rearranjos, produzindo dessa forma, grupos funcionais como hidroxilas, carboxilas, aldeídos, amênina, cetona, nitro e éster, os quais possuem a capacidade de participar na doação e recebimento de elétrons (JÚNIOR et al., 2022). Diante disso, foi utilizado a técnica de análise espectral por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e análise quimiométrica, em biocarvões comerciais, a fim de quantificar a presença de grupos funcionais na superfície de quatro tipos de biocarvões comerciais (B1, B2, B3, e B4).

MATERIAL E MÉTODOS

Os espectros de FTIR foram obtidos na região do número de onda de 400 a 4000 cm^{-1} , com resolução espectral de 4 cm^{-1} , coletando 32 varreduras em cada medida. Para isso, um espectrômetro FTIR VERTEX 70/70v (Bruker Corporation, Alemanha) foi acoplado a um dispositivo de refração total atenuado de diamante de platina (ATR), consistindo de um disco diamantado que funciona como um refletor interno. Os materiais foram colocados no cristal ATR para gravar o espectro. Como um espectro branco, os espectros de ar registro foi usado antes de cada análise. Coleção de espectros e a gravação foi realizada usando o software OPUS-Bruker. As análises quimiométricas foram realizadas através Unscrambler X 10.4 Package software (Camo Software AS. Inc. Oslo, Norway) (GARCÍA et al., 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros de FTIR dos diversos biocarvões comerciais estão ilustrados na Figura 1. Em todos biocarvões nota-se uma banda forte na região de $\sim 1600\text{ cm}^{-1}$ referente à presença de grupos C=C e C=O, entretanto, essa banda é menos evidente em B1 e B2. Os grupos C=O no biocarvão mostra a presença de carboxilas, grupos carbonila e cetonas. A banda presente na região de $\sim 2500 - 3200\text{ cm}^{-1}$ refere à presença de grupos C-O, o que reforça a presença dos grupos carboxílicos (FASCIO e LOPES, 2004). A forte banda característica dealcenos (C=C) mostra que com o processo de degradação térmica elementos como O e H podem ter sido perdidos, conferindo aos biocarvões maior recalcitrância e menor presença de grupos funcionais em sua superfície (TORCHIA et al., 2020).

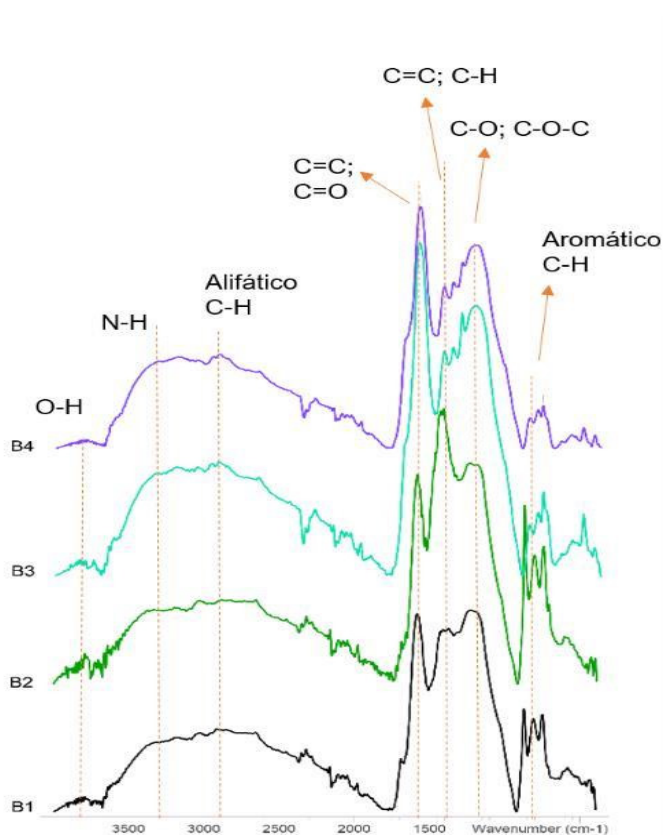


Figura 1 – Espectros de FTIR de diferentes biocarvões comerciais.

A banda larga presente na faixa de $3200\text{--}3400\text{ cm}^{-1}$ é atribuída às vibrações de alongamento O-H e N-H (VERRILLO et al. 2022). Nota-se uma intensidade menor desta banda em B1 e B2, o que infere numa presença menor de grupos -OH e -NH pertencentes a carboxilas ou amidas nesses biocarvões. Grupos C-H, pertencentes à fragmentos CH_3

(~2900 cm^{-1}) foram mais fortes intensos em B3 e B4. A menor intensidade dos grupos alifáticos nos biocarvões B3 e B4 pode estar relacionada com a biomassa de origem ou também com a temperatura em que foram produzidos, podendo ter sido mais amena em comparação aos demais, o que preservaria mais os grupamentos funcionalizados. Em contrapartida, biocarvões produzidos em temperatura mais elevadas tendem a apresentar características estruturais mais aromáticas, o que estaria relacionada com a produção de B1 e B2 (TORCHIA et al., 2020).

A Figura 2 mostra a análise de componentes principais (PCA) (96% da variância explicada total). Verifica-se que B3 e B4 possuem características estruturais semelhantes, os quais estão agrupados na parte positiva da PC-1 (90% da variância explicada).

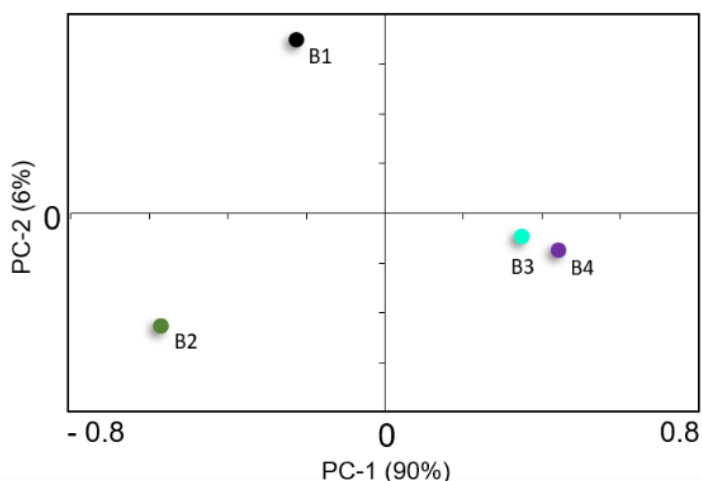


Figura 2 – Análise de PCA dos espectros de RMN de biocarvões comerciais.

Essa semelhança se dá pela presença da banda referente aos grupos C=C e C=O, que é apresentada de forma mais intensa nesses biocarvões. B1 e B2 estão agrupados em valores negativos da PC-1, entretanto não possuem características espectrais tão semelhantes quanto B3 e B4 possuem.

CONCLUSÕES

As maiores bandas dos espectros de FTIR dos quatro tipos de biocarvão, ocuparam a região entre 1500 cm^{-1} a 1600 cm^{-1} , região representada pelos grupos alcenos (C=C), carbonila (C=O) e C=C, C-H, respectivamente. B1, B3 e B4 tiveram bandas mais intensas em 1600 cm^{-1} , que se refere aos grupos funcionais C=C e C=O, enquanto que o B2 foi em 1500 cm^{-1} referente aos grupos funcionais C=C e C-H. O B4 e B3 apresentaram

características de grupos funcionais semelhantes e se diferenciam do B1 e B2. B1 e B2 também são diferentes entre si como demonstrado na PCA, ambos não tiveram correlação igual o B3 e B4. Biocarvões comerciais podem apresentar características estruturais diferentes, o que pode influenciar na sua aplicabilidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Química Biológica do solo, ao PPGA-CS e à UFRRJ. Também agradecemos às agências de fomento CAPES, FAPERJ e CNPQ pela disponibilização de recursos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BOLFE, E.L. et al. MATOPIBA: análise do uso da terra e a produção agrícola. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18, 2017, Santos. **Anais...** Santos: Inpe, 2017.

FASCIO, M. et al. Flow chart for infrared spectra interpretation of organic compounds. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 670–673, 2004.

JÚNIOR, C.D.C. et al. Uso agrícola e florestal do biochar: estado da arte e futuras pesquisas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 2, e55711225999-e55711225999, 2022.

TORCHIA, D.F.O. et al. Production and characterization of biochar obtained from different biomass and pyrolysis temperature. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v. 39, p. 415-427, 2021.

TRAZZI, P.A. et al. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, p. 875-887, 2018.

VIEIRA FILHO, J.E.R. et al. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. 340 p.

VERRILLO, M. et al. Valorisation of lignins from energy crops and agro-industrial byproducts as antioxidant and antibacterial materials. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 7, 2022.

AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE MATA E PASTAGEM EXTENSIVA DA REGIÃO SERRANA DO RIO DE JANEIRO PARA A DETERMINAÇÃO DE VALORES ORIENTADORES

Data de aceite: 03/07/2023

Gabriela da Rocha Saldanha

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciências do Solo (PPGACS- UFRRJ)

Rayana da Rocha Sarmento

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Solo e Nutrição de Plantas (ESALQ-USP)

Julio Cesar Francisco Ferreira de Araujo Junior

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciências do Solo (PPGACS- UFRRJ)

Farley Alexandre da Fonseca Breda

Pós-Doutorando Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ)

Erica Souto Abreu Lima

Professora do Departamento de Solos (UFRRJ)

Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho

Professor do Departamento de Agrotecnologias e Sustentabilidade (UFRRJ)

RESUMO: A Resolução do CONAMA 420/2009, indica que a coleta de amostras para a determinação de Valores de Referência de Qualidade (VRQ), deve ser realizada em ambientes com baixa interferência antrópica, e os pontos de amostragem devem representar os tipos predominantes de solo. No entanto, não distingue o tipo de cobertura vegetal, mata ou pastagem extensiva, mais indicada para tal amostragem. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar se há interferência no estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) e de Biodisponibilidade (VRB) para Cu, Pb e Cr ao utilizar amostras de solos com diferentes coberturas (mata e pastagem extensiva). As 62 amostras de solo foram coletadas na Região Serrana do Rio de Janeiro, nos municípios de Nova Friburgo e Petrópolis, na profundidade de 0-20 cm. Em laboratório, foram determinados os atributos químicos e granulométricos, teores pseudototais dos metais e fracionamento geoquímico. Os dados foram analisados através da análise descritiva, teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Observou-se que as médias e medianas dos atributos químicos e granulométricos das áreas de mata e

pastagem, não se distanciam do conjunto amostral total, demonstrando semelhança entre as áreas. Também foi observado que os teores pseudototais e biodisponíveis de Cu, Pb e Cr não diferiram estatisticamente, indicando que ambas as coberturas poderiam ser utilizadas na determinação dos VRQ e VRB.

PALAVRAS-CHAVE: dinâmica de metais, elementos-traço, qualidade ambiental.

EVALUATION OF FOREST AND EXTENSIVE PASTURE AREAS IN THE MOUNTAIN REGION OF RIO DE JANEIRO FOR THE DETERMINATION OF GUIDING VALUES

ABSTRACT: CONAMA Resolution 420/2009 indicates that the collection of samples for the determination of Quality Reference Values (QVR) must be carried out in environments with low anthropic interference, and the sampling points must represent the predominant types of soil. However, it does not distinguish the type of vegetation cover, woods or extensive pasture, more suitable for such sampling. Thus, the objective of this work was to evaluate whether there is interference in the establishment of Quality Reference Values (QVR) and Bioavailability Reference Values (VRB) for Cu, Pb and Cr when using samples of soils with different covers (forest and extensive pasture). The 62 soil samples were collected in the Serrana Region of Rio de Janeiro, in the municipalities of Nova Friburgo and Petrópolis, at a depth of 0-20 cm. In the laboratory, the chemical and granulometric attributes, pseudototal levels of metals and geochemical fractionation were determined. Data were analyzed using descriptive analysis, the Shapiro-Wilk normality test and the non-parametric Kruskal-Wallis test. It was observed that the averages and medians of the chemical and granulometric attributes of the forest and pasture areas do not differ from the total sample set, demonstrating similarity between the areas. It was also observed that the pseudototal and bioavailable contents of Cu, Pb and Cr did not differ statistically, indicating that both coatings could be used in the determination of VRQ and VRB.

KEYWORDS: dynamics of metals, environmental quality, trace elements.

INTRODUÇÃO

Dentre as atividades antrópicas, a agricultura pode representar expressiva fonte de metais pesados para o solo, principalmente quando realizada de forma intensiva e convencional, como o realizado na Região Serrana do Rio de Janeiro, nos cultivos de olerícolas. Nessa região, agricultores utilizam de forma massiva e indiscriminada insumos agrícolas, agroquímicos e resíduos orgânicos, que apresentam em sua composição metais pesados, além de utilizar intensa mecanização para o preparo de solo (a favor da pendente), favorecendo assim a degradação dos solos por contaminação nessas áreas (GONÇALVES et al., 2022), que pode refletir na diminuição da funcionalidade do solo e redução da qualidade dos alimentos produzidos.

Devido à crescente problemática de redução da qualidade ambiental, ocasionada, não só em áreas agrícolas, como também em pólos industriais, metalúrgicos e de mineração, relacionada ao aumento dos teores de metais no solo, no Brasil o Conselho Nacional do

Meio Ambiente (CONAMA), por meio de sua Resolução 420/2009, estabeleceu valores orientadores, e determinou que cada estado da federação estabelecesse seus Valores de Referência de Qualidade (VRQ), respeitando a diversidade pedogenética regional (LIMA, 2015). Para a definição de tal indicador, o órgão deliberativo sinaliza que a amostragem deve ser realizada em locais com ou sem baixa interferência antrópica, porém sem definir o melhor tipo de cobertura de solo, mata e/ou pastagem extensiva, dando margem para questionamentos sobre qual seria a mais adequada para tal propósito.

O uso de indicadores embasados nos teores totais de metais no solo é de grande valia, pois através deles é possível identificar áreas onde ações mitigadoras devem ser aplicadas. Entretanto, não é possível avaliar o potencial risco tóxico desses elementos, se fazendo necessária a obtenção de dados que reflitam a fração biodisponível desses elementos, a partir de análises e resultados mais abrangentes, que possibilitem a formulação de Valores de Referência de Biodisponibilidade (VRB), pelos mesmos métodos utilizados para a determinação dos parâmetros indicados pelo CONAMA. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é avaliar se existe interferência no estabelecimento dos VRQs e VRBs para Cu, Pb e Cr, ao se utilizar amostras de solo de áreas sem ou baixa atividade antrópica, que apresentam diferentes coberturas (mata e pastagem extensiva).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com 62 amostras superficiais (0-20 cm) coletadas por Lima (2015), localizadas na Região Serrana do Rio de Janeiro, em áreas sem ou com baixa interferência antrópica, sendo essas amostras coletadas em 17 pontos com cobertura de mata e em 45 pontos com cobertura de pastagem.

Após o preparo e a obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA), as amostras foram analisadas quanto ao teor de matéria orgânica (MO), pH (H₂O), H+Al (acidez potencial), saturação por bases (V%) e capacidade de troca catiônica. Além disso, foi realizada a análise granulométrica segundo a metodologia proposta pela Embrapa (DONAGEMMA et al., 2011).

Para a determinação de Cu, Pb e Cr foram realizadas as aberturas das amostras de terra, utilizando o método de digestão EPA 3051A (USEPA, 2007), realizado em sistema fechado. As concentrações de Cu, Pb e Cr nos extratos foram realizadas por Espectrometria de Emissão com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES).

Na realização do fracionamento geoquímico dos metais foi utilizado o método BCR (Community Bureau of Reference), desenvolvido por URE et al. (1993), com pequena modificação incluindo a fração hidrossolúvel, resultando em cinco frações. No presente trabalho a fração biodisponível é composta pela fração F1 (hidrossolúvel) e F2 (trocável). Para a determinação dos teores de Cu, Pb e Cr nas diferentes frações químicas, os extratos foram submetidos ao aparelho de Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA).

A análise descritiva foi realizada com parâmetros de posição (média e mediana) e amplitude (valores mínimos, máximos, desvio padrão e erro padrão), através da planilha de cálculo do Microsoft® Office Excel®. Para avaliar a influência do tipo de cobertura para a determinação dos VRQs e VRBs foi realizada a análise de normalidade de Shapiro-Wilk ($P < 0,050$) e teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos parâmetros de fertilidade e granulometria nas áreas de mata e de pastagem extensiva.

Tabela 1. Valores médios, desvio padrões, mediana, valores máximos e mínimos de parâmetros de fertilidade dos solos (0-20 cm) de áreas de mata e pastagem.

| | pH | H+Al | SB | CTC | MO | Areia | Silte | Argila |
|-----------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| |cmol _c dm ⁻³ |g dm ⁻³ |g dm ⁻³ |g dm ⁻³ |g dm ⁻³ |g kg ⁻¹ |g kg ⁻¹ |g kg ⁻¹ |
| Mata | | | | | | | | |
| Média | 5,17 | 4,76 | 2,05 | 6,81 | 23,60 | 554,88 | 149,82 | 295,29 |
| DesvPad | 0,43 | 2,48 | 1,46 | 1,94 | 9,27 | 125,65 | 51,07 | 114,78 |
| Mediana | 5,10 | 4,00 | 2,05 | 6,75 | 22,76 | 582,00 | 141,00 | 291,00 |
| Máx | 6,00 | 9,00 | 4,43 | 10,31 | 39,31 | 820,00 | 283,00 | 480,00 |
| Min | 4,50 | 1,00 | 0,25 | 2,55 | 10,34 | 338,00 | 75,00 | 105,00 |
| Pastagem | | | | | | | | |
| Média | 5,28 | 4,41 | 2,31 | 6,72 | 23,07 | 581,11 | 167,76 | 251,13 |
| DesvPad | 0,41 | 2,14 | 1,66 | 2,13 | 6,47 | 141,40 | 75,25 | 102,71 |
| Mediana | 5,40 | 4,00 | 1,81 | 6,38 | 21,72 | 623,00 | 157,00 | 216,00 |
| Máx | 5,90 | 13,50 | 7,47 | 15,15 | 40,51 | 805,00 | 365,00 | 514,00 |
| Min | 4,40 | 1,20 | 0,27 | 2,89 | 12,59 | 262,00 | 33,00 | 111,00 |

Em áreas de mata o pH médio encontrado (5,17) é inferior ao encontrado em áreas de pastagem (5,28). Esse menor valor de pH encontrado em áreas de mata pode estar associado a intensa mineralização da MO, que favorece a acidez dos solos. Entretanto em ambas áreas, o pH ácido encontrado favorece a solubilidade dos metais, principalmente em solos pH dependentes, que nessa condição estão carregados positivamente (RIEUWERTS et al., 2006).

Atributos como teor de matéria orgânica e de argila influenciam na retenção dos metais, e conseqüentemente, nos valores de CTC encontrados nos solos. Em mata, os valores médios encontrados para MO, argila e CTC foram de: 23,60 g dm⁻³; 295,29 g kg⁻¹, e 6,81 cmol_c dm⁻³, respectivamente. Em pastagem, foram encontrados valores médios de MO de 23,07 g dm⁻³, argila de 251,13 g kg⁻¹ e CTC de 6,72 cmol_c dm⁻³. Ou seja, mesmo que

apresentando valores semelhantes, em área de mata foram encontrados os maiores teores de MO e Argila, e conseqüentemente de CTC. De acordo com a análise granulométrica, a maioria dos solos, de ambas as áreas, foram classificados como de textura média (DONAGEMMA et al., 2011).

De forma geral, observa-se na Tabela 1 que as médias dos atributos de mata e pastagem, quando comparadas, não apresentam valores muito diferentes, demonstrando a semelhança entre as áreas estudadas quanto aos seus atributos químicos e granulométricos.

Na Tabela 2 estão demonstrados os parâmetros de posição e amplitude dos teores pseudototais e biodisponíveis de Cu, Pb e Cr nas amostras de solos de áreas de mata e pastagem.

As áreas sob cobertura de mata apresentam os menores teores pseudototais de Cu (10,34 mg kg⁻¹) e Cr (21,19 mg g⁻¹) e o maior teor de Pb (25,36 mg kg⁻¹), quando comparado com áreas de pastagem, onde foram encontrados teores de Cu, Pb e Cr de 18,15 mg kg⁻¹, 21,70 mg kg⁻¹ e 31,56 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios, desvio padrões, mediana, valores máximos e mínimos dos teores pseudototais (Total), biodisponíveis (Bio) dos teores de Cu, Pb e Cr de amostras de solos de áreas de mata e pastagem.

| | Cu-Total | Pb-Total | Cr-Total | Cu-Bio | Pb-Bio | Cr-Bio |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| ----- mg kg ⁻¹ ----- | | | | | | |
| Mata | | | | | | |
| Média | 10,34 | 25,36 | 21,19 | 0,13 | 0,51 | 0,06 |
| DesvPad | 7,32 | 8,61 | 19,84 | 0,10 | 0,56 | 0,15 |
| Mediana | 8,83 | 24,13 | 17,17 | 0,12 | 0,30 | 0,00 |
| Máx | 29,08 | 40,52 | 63,94 | 0,33 | 1,90 | 0,53 |
| Min | 2,56 | 11,58 | 2,95 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| Pastagem | | | | | | |
| Média | 18,15 | 21,70 | 31,56 | 0,25 | 0,66 | 0,31 |
| DesvPad | 19,40 | 7,99 | 20,87 | 0,31 | 0,49 | 0,89 |
| Mediana | 12,65 | 20,16 | 29,19 | 0,14 | 0,60 | 0,00 |
| Máx | 111,74 | 46,21 | 89,01 | 1,35 | 1,75 | 4,43 |
| Min | 2,65 | 9,56 | 0,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Em mata, os menores teores biodisponíveis de Cu, Pb e Cr, que apresentaram teores médios de 0,13 mg kg⁻¹, 0,51 mg kg⁻¹ e 0,06 mg kg⁻¹, respectivamente, podem estar associados a maior capacidade de retenção desses elementos nessa área. Além disso, para Cu e Cr, a menor biodisponibilidade, também pode estar relacionada ao menor teor pseudototal determinados desses elementos em mata.

Em pastagem, mesmo que em pequena diferença, por apresentarem menores teores de MO, Argila e CTC, que são atributos ligados a retenção de metais, pode ter contribuído para os maiores teores biodisponíveis dos elementos estudados, que apresentaram teores médios de 0,25 mg kg⁻¹ para Cu, 0,66 mg kg⁻¹ para Pb e 0,31 mg kg⁻¹ para Cr. E para Cu e Cr, seus maiores teores totais também podem estar auxiliando na contribuição dessa maior labilidade.

Ao comparar ambas as áreas pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk, os teores de Cu, Pb e Cr (pseudototais e biodisponíveis) nos solos, com ambas as coberturas, não apresentaram distribuição normal ($P < 0,050$), exceto para o Pb pseudototal que apresentou valor $P = 0,066$.

Na ausência de normalidade e com valores medianos relativamente próximos, optou-se por comparar as coberturas do solo (mata e pastagem) através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Verificou-se que, tanto os teores pseudototais quanto os biodisponíveis, as diferenças nos valores medianos de Cu, Pb e Cr entre as coberturas de mata e pastagem, não apresentaram diferença estatística significativa ($\alpha > 0,05$).

Diante dos dados analisados, áreas de mata e pastagem extensiva mesmo apresentando diferenças quanto suas características químicas e físicas, teores pseudototais e biodisponíveis, não apresentaram diferença estatística significativa na dinâmica de Cu, Pb e Cr. Este padrão demonstrou que ambas áreas seriam adequadas para as coletas e análises, em futuros trabalhos, visando a determinação do Valor de Referência de Qualidade e o Valor de Referência de Biodisponibilidade.

CONCLUSÃO

As áreas naturais escolhidas para a coleta de solo, mata e pastagem extensiva, não apresentaram diferença entre os teores pseudototais e biodisponíveis de Cu, Pb e Cr, indicando que ambas áreas da Região Serrana – RJ seriam adequadas para as coletas de solos e posterior proposição dos Valores de Referência de Qualidade e Biodisponibilidade dos metais.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a Dr^a Erica Souto, por ceder as amostras utilizadas nos experimentos, e por co-orientar este trabalho. Ao Prof. Dr. Nelson Moura Brasil, pela orientação do trabalho. A todos do Laboratório de Química e Poluição do Solo (LAQUIPO), pela colaboração das análises e no desenvolvimento deste trabalho. A CAPES, CNPq e FAPERJ por contribuir e incentivar a Iniciação Científica dos alunos da graduação, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciências do Solo (PPGA-CS).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **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. 16 p. 2009.

DONAGEMMA, CAMPOS, D.V.B., CALDERANO, S.B., TEIXEIRA, W.G. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro, 230p. 2011.

GONÇALVES, R.G.M. et al. Cadmium and lead transfer factors to kale plants (*Brassica oleracea* var. acephala) grown in mountain agroecosystem and its risk to human health. **Environmental Monitoring and Assessment**, Londres, v. 194, n. 5, p. 1-17, 2022.

LIMA, E.S.A. **Valores de referência de qualidade de metais em solos do estado do Rio de Janeiro e Organossolos no Brasil.** 123f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 2015.

RIEUWERTS, J.S. et al. Influence of soil characteristics on the extractability of Cd, Pb and Zn in upland and moorland soils. **Science of the total Environment**, Amsterdam, v. 366, n. 2-3, p. 864- 875, 2006.

URE, A.M. et al. Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, Londres, v. 51, n. 1-4, p. 135-151, 1993.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Method 3051A – **Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils.** Revision1. Washington, DC, 2007. 30p

UTILIZAÇÃO DA AVEIA PRETA COMO PLANTA DE COBERTURA EFICIENTE PARA AUMENTAR A QUALIDADE DO SOLO

Data de aceite: 03/07/2023

Guilherme Oliveira do Carmo

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Dérique Biassi

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo (UFRRJ)

Maura Santos Reis de Andrade da Silva

Pós-doutoranda em Agronomia (UFRRJ).
FAPERJ nota 10

Thassiany de Castro Alves

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo (UFRRJ)

Priscila Silva Matos

Pós-doutoranda em Agronomia (UFRRJ).
FAPERJ nota 10

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

RESUMO: Mudanças na agricultura convencional são necessárias para que a qualidade do solo seja mantida e melhorada. Para tanto, atividades agrícolas sustentáveis devem ser desempenhadas, de modo a garantir a segurança alimentar da população

mundial que está crescendo continuamente. A utilização de plantas de cobertura se configura como uma prática agrônoma promissora, por atuar na melhoria da saúde do solo e no desempenho das culturas. A aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) é uma espécie conhecida pelos seus alegados benefícios como planta de cobertura, devido a isso, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de aveia preta em associação a calagem e fosfatagem sobre os teores de nutrientes do solo, para melhorar atributos de qualidade do solo em sistema orgânico de produção. Para tanto, análises nutricionais do solo foram realizadas antes e após o plantio da cultura. Os dados mostraram que a aveia preta proporcionou a cobertura satisfatória do solo e influenciou no controle de plantas invasoras. Sua palhada obteve decomposição mais lenta em comparação com trabalhos anteriores, o que proporciona, maior cobertura do solo com resíduos vegetais. Maiores teores de micro e macronutrientes foram acumulados na palhada. A aplicação de calagem, fosfatagem e do cultivo de aveia foi capaz de aumentar os teores de P, Ca e Mg no solo.

PALAVRAS-CHAVE: agroecologia, fertilidade, manejo orgânico, sustentabilidade.

USE OF BLACK OAT AS AN EFFICIENT COVER CROP TO IMPROVE SOIL QUALITY

ABSTRACT: Changes in conventional agriculture are necessary for soil quality to be maintained and improved. To this end, sustainable agricultural activities must be carried out to ensure the food security of the world's population, which is continuously growing. The use of cover crops is a promising agronomic practice, as it works to improve soil health and crop performance. Black oats (*Avena strigosa* Schieb) is a species known for its alleged benefits as a cover plant; due to this, the present work had the objective of evaluating the effect of the application of black oats in association with liming and phosphate on the levels of soil nutrients to improve soil quality attributes in an organic production system.

Therefore, nutritional analyzes of the soil were carried out before and after planting the crop. The data showed that black oat provided satisfactory soil coverage and influenced the control of weeds. Its straw decomposed more slowly than previous work, providing greater soil coverage with plant residues. Higher levels of micro and macronutrients were accumulated in the straw. Liming, phosphate, and oat cultivation increased the soil's levels of P, Ca, and Mg.

KEYWORDS: agroecology, fertility, organic management, sustainability.

INTRODUÇÃO

A população mundial está aumentando continuamente e a previsão é que se atinja no ano de 2050, 9,2 bilhões de pessoas. O crescimento populacional e os recursos naturais estão fortemente associados e desempenham papel de destaque nas mudanças climáticas e na capacidade de agricultores a se adaptarem a tais alterações, especialmente em países em desenvolvimento com rápidas variações demográficas e economias dependentes de recursos naturais (MAJA e AYANO, 2021). Até hoje, a agricultura é chamada a maximizar a produtividade em campo fazendo uso exaustivo de recursos auxiliares (fertilizantes, herbicidas, preparo do solo). Contudo, a intensificação de práticas agrícolas levou ao esgotamento do solo e a poluição ambiental.

Técnicas conservacionistas têm sido desenvolvidas e testadas com intuito de melhorar a qualidade edáfica. Entre elas, destaca-se a utilização de plantas de cobertura nos sistemas agrícolas, tal ferramenta proporciona muitos serviços ecossistêmicos, incluindo controle da erosão do solo, sequestro de carbono, redução da lixiviação e melhoria da disponibilidade de nutrientes, bem como, no aumento da biodiversidade, do pH do solo e na limitação de pragas e ervas daninhas. Destaca-se também, que o manejo orgânico além de proporcionar a nutrição vegetal contribui para entrada de matéria orgânica no solo e associado a plantas de cobertura, podem proporcionar ganhos ainda maiores em face a conservação do solo (SCAVO et al., 2022).

A aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) é muito utilizada na rotação de cultura e apresenta rápido crescimento inicial e alta produção de biomassa, atrelado a isso, possui resistência a doenças e adaptação a solos ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes (SILVA et al., 2021), tais características tornam esta cultura uma boa candidata a ser

aplicada como planta de cobertura e assim, melhorar as características do solo. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi utilizar a aveia preta em associação com a calagem e fosfatagem, para melhorar atributos de qualidade do solo em sistema orgânico de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O preparo da área para instalação do ensaio foi realizado em abril de 2018 em uma unidade de produção orgânica (Sítio do Sol), filiada à ABIO (Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro) e participante da associação de produtores SerOrgânico, situado nas coordenadas 22° 49' 19,79" S e 43° 44' 16,43" W Reta dos 800, Piranema, zona rural do município de Seropédica.

A área encontrava-se com pastagem de pouca utilização em estágio inicial de degradação, com predomínio de diferentes espécies de braquiárias (*Urochloa* sp), grama batatais (*Paspalum notatum*) e algumas plantas invasoras. Inicialmente foi realizada uma análise química do solo na camada de 0-20 cm. O preparo e as análises foram realizados segundo a metodologia descrita por Teixeira et al. (2017). O solo da área foi classificado como Argissolo, textura franco-argilo-arenosa pelo Sistema Brasileiro de Classificação de solo (SiBCS).

De posse da caracterização inicial verificou-se a necessidade de correção de acidez, na qual aplicou-se 2,5 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico com poder relativo de neutralização total de 85,6% (PRNT = 85,6%, CaO = 40%, MgO = 10%). Após a aplicação foi realizada a incorporação com 1 aração e 2 gradagens a 20 cm de profundidade, utilizando arado de disco para a aração e grade niveladora, acoplados a um trator de 65 cv. Aos 60 dias após a calagem realizou-se a aplicação de fósforo na área total (dose equivalente a 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹, na forma de termofosfato com 18% de P₂O₅ total), visto que na análise inicial os teores de fósforo estavam muito baixos. A semeadura da aveia foi realizada juntamente com a fosfatagem, em área total, com distribuição a lanço de 120 kg ha⁻¹ de sementes comerciais cv. EMBRAPA 139, com 98% de pureza e 80% de germinação. Após a distribuição manual, as sementes e o termofosfato foram incorporados a aproximadamente 5 cm de profundidade utilizando motocultivador de pequeno porte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de fertilidade inicial do solo mostrou níveis baixos de P e K (Tabela 1). Baseado nos teores desses dois elementos a classe de fertilidade do solo foi considerada muito baixa. Apesar do pH do solo ter sido classificado como moderadamente ácido e o teor de Al baixo, a soma de Ca+Mg foi classificada no limiar entre baixa e média de acordo com o manual de adubação e calagem do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013). A partir dessas informações para aumentar os teores de Ca e Mg no solo, optou-se por aplicar o calcário dolomítico com poder relativo de neutralização total de 85,6% (PRNT = 85,6%, CaO =

40%, MgO = 10%). Além disso, para a correção do P, que é considerado o elemento mais limitante à produtividade no Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013), realizou-se a fosfatagem com o uso de fosfatos naturais de baixa reatividade.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo antes da implantação do ensaio. Sítio do Sol, Reta de Piranema, Seropédica, RJ. Abril de 2018.

| Prof. | pH | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Al ⁺³ | Na ⁺¹ | H+Al | S | T | V | K ⁺¹ | P |
|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|-------|------|------|----|-----------------|-----------------|
| cm | H ₂ O | | | | cmol _c dm ³ | | | | % | mg | dm ³ |
| 0-20 | 5,40 | 1,27 | 1,28 | 0,25 | 0,04 | 3,52 | 2,93 | 6,45 | 46 | 5 | 2 |

Resultados de amostra composta por 15 amostras simples na camada de 0-20 cm.

Além da calagem e fosfatagem, utilizou-se também a aveia preta que é uma das principais plantas utilizadas como cobertura do solo devido a sua alta eficiência na ciclagem de nutrientes, mobilização de cátions e maior disponibilidade de nutrientes (MELO et al., 2011). No entanto, neste ensaio, a aveia preta apresentou produção de matéria seca 2,02 Mg ha⁻¹, valores estes considerados baixos comparado a resultados de trabalhos desenvolvidos em diferentes regiões brasileiras, onde os acúmulos de massa seca podem chegar a valores entre 4 a 5 Mg ha⁻¹ (AITA et al., 2001).

Apesar da produção de massa seca da aveia ter sido reduzida, foi verificada cobertura satisfatória do solo, que além de fornecer matéria orgânica, influenciou no controle de invasoras. De acordo com Hagemann et al. (2010) a aveia preta atua na supressão de plantas daninhas, por possuir efeito alelopático. De maneira geral, no presente estudo a decomposição da palha foi mais lenta (Figura 1) comparada ao trabalho de Carneiro et al. (2008) em que a palhada de aveia preta apresentou menor tempo de meia vida, sendo de 72 dias em decorrência das elevadas temperaturas e precipitações pluviais da região do Cerrado, que aceleram a decomposição. A decomposição mais lenta da palhada decorre da maior proporção de material lignificado (colmos) e da alta relação C/N (> 30) da aveia preta (SILVA et al., 2012), o que a caracteriza como planta de alta persistência no solo. Resultado vantajoso, pois, preserva maior quantidade de resíduos sobre o solo, contribuindo para a manutenção de umidade e a proteção contra o efeito erosivo e supressão de plantas espontâneas (CRUSCIOL et al., 2008).

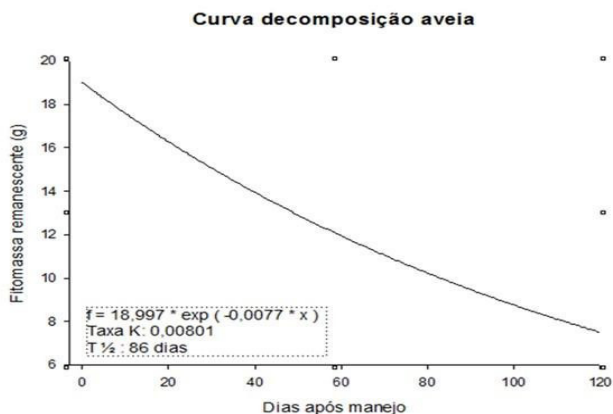


Figura 1 - Taxas de decomposição da palhada da aveia ao longo de 120 dias.

Nas condições deste ensaio, a palhada de aveia acumulou quantidades significativas de nutrientes, sendo 41, 2, 23, 8 e 4 kg ha⁻¹ acumulados de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, respectivamente (Figura 2). Para micronutrientes os acúmulos foram na ordem de 149, 7951, 3378 e 1364 g ha⁻¹ acumulados de cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente.

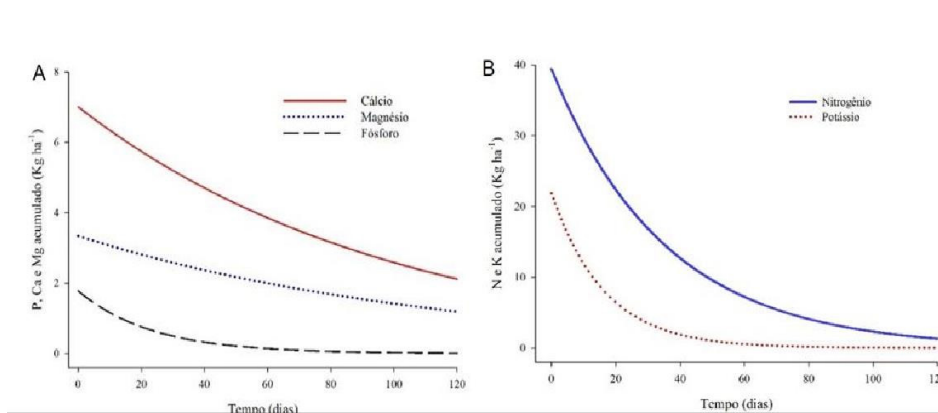


Figura 2 - Nutrientes remanescentes na cultura da aveia durante 120 dias.

A quantidade remanescente do nutriente na palhada é indicativa da quantidade disponibilizada para o solo (COSTA et al., 2014). Assim, quanto menor a quantidade acumulada do nutriente no resíduo em processo de degradação, maior foi sua quantidade liberada para o solo (CRUSCIOL et al., 2008).

No presente estudo, a análise de solo da área após calagem, fosfatagem e cultivo de aveia mostrou, que aumentou os teores de fósforo no solo saindo de 2 mg dm³ para mais

de 25 mg dm³, as melhorias também foram observadas quando os teores de cálcio eram de 1,27 cmolc dm³ e magnésio de 1,28 cmolc dm³ na caracterização inicial e 2,50 cmolc dm³ e 1,10 cmolc dm³ após o cultivo da aveia (Tabela 2).

Tabela 2 - Atributos químicos do solo após o cultivo da aveia. Sítio do Sol, Reta de Piranema, Seropédica, RJ. Abril de 2018.

| Prof | Na ⁺ | Ca ⁺² | Mg ⁺² | K ⁺ | H+Al | Al ⁺³ | S | T | V | m | n | pH | MO | P | K ⁺ |
|------|-----------------|------------------|------------------------|----------------|------|------------------|------|------|------|------|-------|------------------|------|-------|----------------|
| cm | | |Cmolc / dm3.....% | | | | | | | | | H ₂ O | % | mg/L | |
| 0-20 | 0,65 | 2,50 | 1,10 | 0,01 | 1,99 | 0,06 | 4,25 | 6,30 | 67,5 | 1,28 | 10,25 | 5,68 | 2,14 | 25,60 | 3,5 |

CONCLUSÕES

A aveia preta proporcionou a cobertura satisfatória do solo e influenciou no controle de plantas invasoras. Sua palhada obteve decomposição mais lenta em comparação com trabalhos anteriores, o que proporciona, maior cobertura do solo com resíduos vegetais. Maiores teores de micro (Cu, Zn, Fe, Mn) e macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) foram acumulados na palhada. Após a aplicação de calagem, fosfatagem e do cultivo de aveia, proporcionou o aumento P, Ca e Mg no solo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ, pelo auxílio financeiro para o projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

CARNEIRO, M.A.C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.

COSTA, N.R. et al. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 2, p. 166- 173, 2014.

FREIRE, L.R. et al. **Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013.

MAJA, M.M.; AYANO, S.F. The impact of population growth on natural resources and farmers' capacity to adapt to climate change in low-income countries. **EarthSystems and Environment**, Londres, v. 5, n. 2, p. 271-283, 2021.

MELO, A.V. et al. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia- pretacultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 411–420, 2011.

SCAVO, A. et al. The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Londres, v. 42, n. 5, p. 1-25, 2022.

SILVA, M.A. et al. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 12, p. e11101220008- e11101220008, 2021.

TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: Ed.Embrapa Solos, 2017.

CARACTERIZAÇÃO ESPECTROSCÓPICA DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS FOSFATADOS À BASE DE BIOCARVÃO

Data de aceite: 03/07/2023

Hellen Fernanda Oliveira da Silva

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (CPPGA-CS/UFRRJ)

Danielle França de Oliveira Torchia

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (CPPGA-CS/UFRRJ)

Andrés Calderín García

Professor do Departamento de Solos (DS/UFRRJ)

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a caracterização espectroscópica de componentes orgânicos contido no fertilizante organomineral fosfatado a partir dos espectros obtidos em Ressonância Magnética Nuclear do isótopo de carbono de massa treze com rotação no ângulo mágico e polarização cruzada (^{13}C RMN CP/MAS) e a distribuição relativa das regiões de deslocamento químico nos espectros. A partir dos resultados foi possível inferir que o ácido fúlvico (AF) e ácido húmico (AH) tem predomínio de estruturas mais alifáticas, em contrapartida, tanto o biochar de eucalipto

obtido por pirólise lenta a 400°C e o biocarvão comercial apresentaram predomínio de estruturas mais aromáticas e em seguida a presença de grupos carbonilas. Em virtude dessa composição estrutural química, os fertilizantes organominerais fosfatados (65, 55 e 50% de P_2O_5) produzidos a partir destes podem apresentar um potencial mais recalcitrante, hidrofóbico e, conseqüentemente, menos polar. Com isso, a compreensão aprofundada sobre tais estruturas é a essência para atender as perspectivas e desafios na produção e aplicação de fertilizantes de liberação lenta à base de biocarvão, promovendo a agricultura sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Biochar, estrutura, nutrientes, propriedade, substâncias húmicas.

SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION OF ORGANOMINERAL PHOSPHATE FERTILIZERS BASED ON BIOCHAR

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the spectroscopic characterization of each component contained in the organomineral phosphate fertilizer from the spectra obtained in

Nuclear Magnetic Resonance of the carbon isotope of mass thirteen with magic angle rotation and cross polarization (^{13}C NMR CP/MAS) and the relative distribution of chemical shift regions in the spectra. From the results it was possible to infer that fulvic acid (FA) and humic acid (HA) have a predominance of more aliphatic structures, in contrast, both the eucalyptus biochar obtained by slow pyrolysis at 400°C and the commercial biochar showed a predominance of more aromatic structures and then the presence of carbonyl groups. Due to this chemical structural composition, organomineral phosphate fertilizers (65, 55 and 50% P_2O_5) produced from them may have a more recalcitrant, hydrophobic and, consequently, less polar potential. Thus, in-depth understanding of such structures is essential to address the prospects and challenges in the production and application of biochar-based slow-release fertilizers, promoting sustainable agriculture.

KEYWORDS: Biochar, structure, nutrients, property, humic substances.

INTRODUÇÃO

A contradição entre o aumento da população global e a diminuição das terras cultiváveis impõe enormes pressões à produção agrícola. Nas últimas décadas, a aplicação de fertilizantes químicos na produção agrícola aumentou dramaticamente a produção de alimentos, contribuindo para cerca de 50% de rendimento extra das culturas (CHEN et al., 2018a). O uso excessivo de fertilizantes químicos causa o declínio da eficiência dos fertilizantes e sérios problemas ambientais.

O fósforo é um dos elementos essenciais necessários para o crescimento das culturas, e uma grande quantidade de fertilizantes fosfatados são aplicados na produção agrícola. A rocha de fósforo não renovável está se esgotando (Van DIJK et al., 2016).

O fósforo tem baixa solubilidade, e sua disponibilidade para absorção pelas plantas ocorre apenas na forma inorgânica. E a fertilização excessiva de fósforo prejudica gravemente a qualidade das terras agrícolas por meio da salinização do solo e do esgotamento de matéria orgânica (KHAN et al., 2021), aumentando significativamente o risco de perda de fósforo por lixiviação, escoamento e erosão (LI et al., 2020).

Para lidar com as desvantagens dos fertilizantes convencionais, os fertilizantes de liberação lenta ganham cada vez mais atenção global. São definidos como fertilizantes que retardam sua disponibilidade de nutrientes para a absorção das plantas após a aplicação (AAPFCO, 1995). Comparados aos fertilizantes convencionais, têm uma baixa taxa de liberação de nutrientes, prolongando a disponibilidade de nutrientes para a absorção das plantas e diminuindo a perda de nutrientes para o meio ambiente (CHONGQING WANG et al., 2022).

O biochar é um material sólido rico em carbono derivado da biomassa, geralmente produzido através da transformação termoquímica de matérias-primas de biomassa. Devido às suas propriedades únicas, o biochar tem sido investigado para diversas aplicações, inclusive, para reduzir a perda de nutrientes no solo e prolongar a eficiência do fertilizante para a absorção das plantas (KIM et al., 2017). Portanto, o objetivo do presente estudo foi

caracterizar por espectroscopia três formulações diferentes de fertilizantes organominerais fosfatados à base de biocarvão comercial e seus respectivos componentes orgânicos.

MATERIAL E MÉTODOS

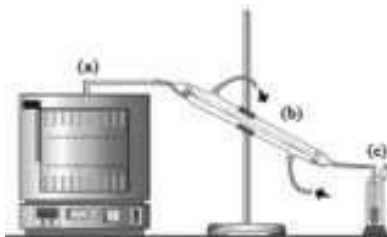
Preparo do biochar: o biochar foi preparado a partir de cavacos de eucalipto (EC) e foi produzido pela técnica de pirólise lenta. O resíduo vegetal foi obtido em conjunto com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.

Os cavacos foram secos em estufa de secagem e esterilização FANEM, modelo 315 SE, a 100°C e posteriormente colocados em recipiente de aço inoxidável. Em escala de bancada foi utilizado um forno tipo mufla fabricado pela Quimis Aparelhos Científicos (modelo Q318M21). Instalou-se um sistema de coleta composto por um condensador de tubo reto e uma proveta para coletar o extrato (Figura 1).

As características espectroscópicas do biochar obtido pela técnica de pirólise lenta foram comparadas com biocarvão comercial.

Figura 1. Produção de biochar pela técnica de pirólise lenta (destilação seca).

(a) mufla, (b) condensador, (c) coletor de condensado. Adaptado de Gomes,2019.



Extração e caracterização das substâncias húmicas: a extração das substâncias húmicas ocorreu através do isolamento e da separação dos constituintes orgânicos de vermicomposto, com o objetivo de obter a caracterização químico- espectroscópica. Para isso, as frações húmicas foram isoladas e purificadas, segundo as instruções da Sociedade Internacional de Substâncias húmicas (IHSS, 2010).

Caracterização espectroscópica por ressonância magnética nuclear em estado sólido do isótopo do ^{13}C em polarização cruzada e rotação no ângulo mágico (CP MAS ^{13}C -NMR): foi realizada no aparelho Bruker AVANCE II RMN A 400 MHz e operando em sequência de ressonância de ^{13}C a 100.163 MHz. Para a obtenção dos espectros, as amostras foram colocadas em um rotor. Os espectros foram obtidos pela coleta de 2048 data points para igual número de scans a um tempo de aquisição de 34 ms e com recycle delay de 5 s. A coleta e a elaboração espectral foram realizadas utilizando o Software Bruker Topsin 2.1.

A aromaticidade, alifaticidade e o índice de hidrofobicidade foram calculados de acordo com García et al. (2016a). Os espectros ^{13}C -NMR foram carregados a partir do software ACD/Spectrum Processor 2019 1.2 e normalizados segundo a normalização por área.

As regiões dos espectros foram integradas para a obtenção da quantidade relativa de estruturas, assim as regiões foram divididas em: alquil - C (CAIq-H,R): 0–46 ppm; metoxilas e N–alquil C (CAIq-O,N): 46–59 ppm; O–alquil C (CAIq-O): 59– 91 ppm; di–O–alquil C (carbonos anoméricos) (CAIq-di-O): 91–110 ppm; carbono aromático (CAr-H,R): 110–142 ppm; O– aromático C (CAr-O): 142–156 ppm; carboxila C (CCOO-H,R): 156–186 ppm e carbonilas C (CC=O): 186–230 ppm (Figura 2A-G).

Produção dos fertilizantes: a partir da mistura dos componentes orgânicos (ácido húmico, ácido fúlvico e biocarvões) e os respectivos percentuais de superfosfato triplo (65, 55 e 50%) foram produzidos em granulador de prato (Figura 2) e em seguida peneirados na malha de 2 milímetros (MAPA, 2015).



Figura 2: Granulador de prato e fertilizante peneirado após granular.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O biochar obtido na temperatura de 400°C apresentou predominância de estruturas aromáticas e alifáticas não funcionalizadas (Figura 3) onde, nessa temperatura, os principais fragmentos funcionalizados estão ausentes na composição estrutural (McBEATH et al., 2014). Torchia e colaboradores (2022) observaram que a temperatura de pirólise influencia fortemente os grupos funcionais da superfície do biochar e que o aumento da temperatura interfere na remoção das ligações de H da lignocelulose na biomassa e as hidroxilas livres sofrem oxidação e são modificadas para carboxilas.

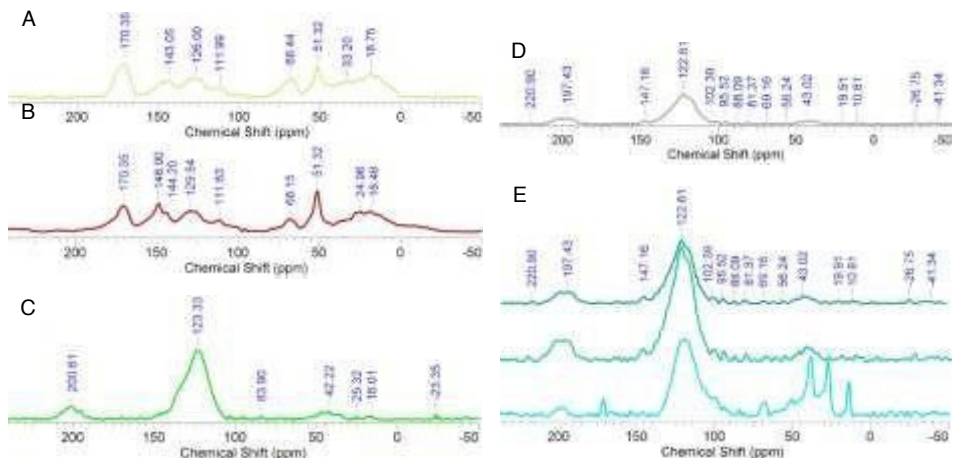


Figura 3. Espectro 13C NMR CP MAS de ácido fúlvico (A), ácido húmico (B), biochar de biomassa de eucalipto obtida por pirólise lenta à 400°C (C), biocarvão comercial (D) e fertilizantes organominerais fosfatados com 50, 55 e 65% P2O5 (E, F e G, respectivamente).

A caracterização espectroscópica indicou que as estruturas na biomassa que se decompõe mais rapidamente pela aplicação da temperatura são os alifáticos funcionalizados, que pertencem a fragmentos de proteínas, peptídeos, ácidos graxos e carboidratos (CAIquil-H,R; CAIquil-N,O ; CAIquil-O e CAIquil-di-O) (Tabela 1). Essas mudanças estruturais durante a pirólise geram diferentes propriedades e influenciam diretamente na dinâmica química do biocarvão, suas funções e, portanto, sua aplicação no solo (TORCHIA et al., 2022).

Tabela 1: Distribuição relativa (% da área total) das regiões de deslocamento químico (ppm) nos espectros 13C CP MAS RMN, aromaticidade, alifaticidade e índice de hidrofobicidade de ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF) extraídos de vermicomposto, biochar de eucalipto à 400°C (BC), biocarvão comercial (CV) e fertilizantes organominerais fosfatados (P2O5 65%, P2O5 55%, P2O5 50%).

| | CAIq-H,R | CAIq-O,N | CAIq-O | CAIq-di-O | CAr-H,R | CAr-O | CCOO-H,R | CC=O |
|-----------|----------|----------|--------|-----------|---------|--------|----------|--------|
| % | | | | | | | | |
| AH | 25 | 1 1 | 6 | 3 | 1 8 | 1 1 | 1 5 | 4 |
| AF | 29 | 9 | 1 0 | 2 | 1 8 | 8 | 1 7 | 3 |
| BC | 7 | 2 | 4 | 3 | 6 1 | 3 | 4 | 1 3 |
| CV | 8 | 2 | 4 | 6 | 5 7 | 3 | 4 | 1 3 |
| P2O5(65%) | 24 | 4 | 5 | 1 0 | 3 7 | 2 | 5 | 6 |
| P2O5(55%) | 15 | 3 | 2 | 6 | 5 2 | 2 | 3 | 1 3 |
| P2O5(50%) | 11 | 6 | 4 | 8 | 5 4 | 2 | 2 | 9 |

| AH | AF | BC | CV | P2O5(65%) | P2O5(55%) | P2O5(50%) | |
|--------------------------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Aromaticidade (%) | 31,38 | 27,08 | 65,98 | 61,85 | 41,94 | 56,25 | 58,33 |
| Alifaticidade (%) | 68,82 | 72,92 | 34,02 | 38,15 | 58,07 | 43,75 | 41,67 |
| HB/Hi | 1,38 | 1,34 | 2,73 | 2,34 | 2,1 | 2,55 | 2,31 |

Comparando as características espectrais das frações, foi possível observar a presença de uma maior alifaticidade em AH e AF. Predomínio de estruturas alifáticas CAIq-H,R e CAIq-O, também indica que estas frações podem estar compostas por substâncias no estágio inicial de humificação (SPACCINI e PICCOLO, 2007). Estes autores relatam que em um material menos maduro, as estruturas mais dominantes são as de características alifáticas (CAIq-H,R e CAIq-O).

O biocarvão com maior hidrofobicidade é obtido a partir biomassa vegetal de eucalipto à 400°C. Moléculas hidrofóbicas também são de grande importância na absorção de nutrientes ou contaminantes. A recalcitrância do biochar é importante para o solo, pois reduz as taxas de mineralização e degradação, fazendo com que o C permaneça no solo e crie condições para que outros processos ocorram (XIAO et al., 2017).

CONCLUSÕES

O biochar produzido e o biocarvão comercial apresentaram características químicas muito semelhantes. Presença de estrutura mais aromática com propriedade hidrofóbica de maior intensidade, com caráter mais recalcitrante.

Sendo assim, o fertilizante organomineral fosfatado que se destacou significativamente foi o P2O5 (50%) com elevado potencial regenerativo do solo, possivelmente contribuirá na estabilidade de agregados e redução do efeito de desintegração, principalmente em solos arenosos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIATION OF AMERICAN PLANT FOOD CONTROL OFFICIALS (AAPFCO), **Official Publication** 48, 1995.

CHEN, S. et al. Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by biochar-based waterborne copolymers. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 615, p. 431-437, 2018.

GARCÍA; A.C. et al. Structure-property-function relationship in humic substances to explain the biological activity in plants. **Scientific Reports**, Londres, v. 6, n. 1, 20798, 2016.

GOMES, F.S. **Investigando a temperatura de pirólise e o carvão vegetal**. Universidade Federal do Espírito Santo. Trabalho de conclusão de curso de graduação (monografia). – Engenharia Florestal, Espírito Santo. 2019.

IHSS, 2010. **International Humic Substances Society**. Disponível em: < <http://www.humicsubstances.org/> >. Acesso em: 13 de agosto de 2017.

KHAN, H.A. et al. A performance evaluation study of nano biochar as a potential slow release nano fertilizer from wheat straw residue for sustainable agriculture, **Chemosphere**, Amsterdam, v. 285, 131382, 2021.

KIM, J. et al. Combined application of biochar and slow release fertilizer reduces methane emission but enhances rice yield by different mechanisms. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 117, p. 57-62, 2017.

LI, H. et al. Biochar phosphorus fertilizer effects on soil phosphorus availability. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 244, 125471, 2020.

TORCHIA, D.F.O. et al. Production and characterization of biochar obtained from diferent biomass and pyrolysis temperature. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v. 39, p. 415-427, 2022.

VAN DIJK, K.C.; LESSCHEN, J.P.; OENEMA, O. Phosphorus flows and balances of the European union member states. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 542, p. 1078-1093, 2016.

CONTRIBUIÇÕES DA QUÍMICA TEÓRICA PARA A PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

Data de aceite: 03/07/2023

Henrique Cury Boaro

Estudante de graduação na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Neubi Francisco Xavier Junior

Pesquisador na University of Surrey (Reino Unido)

Glauco Favilla Bauerfeldt

Professor do Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DQF-UFRRJ)

RESUMO: Com o objetivo de reduzir o impacto ambiental observado na produção de bens manufaturados empregados na agricultura, investiga-se neste trabalho o mecanismo de obtenção do carbamato de amônio, um produto relevante na cadeia produtiva dos fertilizantes nitrogenados. O principal objetivo é propor um mecanismo cinético adotando um catalisador metálico heterogêneo. Buscando considerar materiais de baixo custo e atrativos economicamente, os esforços são concentrados no estudo das reações em superfícies de cobre. Cálculos baseados na teoria do funcional da densidade foram realizados, com análise termodinâmica estatística e da teoria do

estado de transição para obter parâmetros cinéticos e termodinâmicos adequados para cada etapa. As energias e sítios de adsorção também foram estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: eficiência energética, impacto ambiental, química teórica.

CONTRIBUTIONS FROM THEORETICAL CHEMISTRY FOR THE INDUSTRIAL PRODUCTION OF NITROGEN-BASED FERTILIZERS

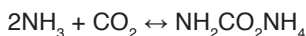
ABSTRACT: Aiming at reducing the environmental impact observed in the production of manufactured goods used in agriculture, this work investigates the mechanism for obtaining ammonium carbamate, since it is a relevant product in the production chain of nitrogen fertilizers. The main goal is to propose a kinetic mechanism for the surface reactions on a metallic heterogeneous catalyst. In order to consider affordable and economically attractive materials in our analysis, we concentrate our efforts on the study of copper and zinc surfaces. Density functional theory calculations were performed along with statistical thermodynamics and transition state theory calculations in order to achieve accurate values for either kinetic

and thermodynamic parameters for each reaction step. Adsorption energies and preferable adsorption modes were also investigated.

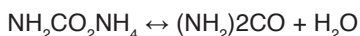
KEYWORDS: energy efficiency, environmental impact, theoretical chemistry.

INTRODUÇÃO

As temáticas da eficiência energética e do meio ambiente incentivam trabalhos em pesquisa e desenvolvimento de novos processos que sejam capazes de oferecer os mesmos produtos e resultados econômicos com menor consumo de energia e menor impacto ambiental que as tecnologias atualmente empregadas, especialmente em escala industrial. Por outro lado, o crescimento populacional exige aumento na produção de alimentos, tendo como uma importante consequência o acréscimo no uso de fertilizantes que irão fornecer os nutrientes necessários ao cultivo de espécies vegetais. Um dos nutrientes mais importantes fornecidos a estas espécies é o nitrogênio, aplicado à produção sob a forma de diferentes fertilizantes (SOUZA, 2012). Dentro deste contexto, a produção de fertilizantes nitrogenados, especialmente a ureia, desponta como um problema de grande relevância visto que as rotas produtivas adotadas nos processos industriais de obtenção destes insumos são identificadas como algumas das mais exigentes em termos de consumo de energia devido à magnitude das pressões e temperaturas que devem ser impostas aos meios reacionais para que se obtenham conversões satisfatórias (SOUZA, 2012). De acordo com informações encontradas na literatura, o processo mais frequentemente adotado para a produção da ureia em escala industrial está intimamente ligado ao processo de obtenção da amônia e às unidades de produção deste insumo, visto que este é empregado na síntese destes fertilizantes nitrogenados. O processo é definido em duas etapas principais, cada uma caracterizada por uma reação química particular. Em um primeiro momento, dióxido de carbono, obtido como subproduto nas plantas de amônia, reage com esta última gerando o carbamato de amônio em uma reação exotérmica e relativamente rápida nas condições empregadas, representada pela equação a seguir:



A seguir, o composto obtido na etapa descrita acima sofre uma decomposição térmica que gerará a ureia, em uma etapa lenta e endotérmica, conforme descrita pela Equação 2 abaixo:



Em função de limitações termodinâmicas e de equilíbrio, este processo é conduzido sob condições bastante agressivas de temperatura e pressão de forma a se obter conversões significativas. Em geral, aos meios reacionais destas indústrias são impostos valores de pressão da ordem de 140 a 200 bar e temperaturas entre 180 e 200 °C (SOUZA, 2012).

Em busca de um meio alternativo para a produção deste importante bem manufacturado, este trabalho é conduzido com o objetivo de estudar e propor novos mecanismos para a síntese da ureia, baseando-se na reação entre CO₂ e NH₃ em diferentes meios reacionais (fase gasosa, solução alcóolica e em superfícies de metais, analisados de forma comparativa) levando à obtenção de carbamato de amônio e tendo como principal meta a redução dos valores de pressão e temperatura hoje empregados, o que diminuirá os níveis globais de consumo de energia envolvidos no processo de produção da ureia. Para estudo dos parâmetros das reações processadas na superfície de metais, foram escolhidos cobre e zinco como metais de transição a serem empregados como catalisadores heterogêneos em função do custo mais baixo quando comparado a outros metais e materiais (BARZAGLI et al., 2016).

MATERIAL E MÉTODOS

Determinação de parâmetros das espécies isoladas

Cálculos DFT foram realizados por meio programa Gaussian 09 (G09), com o objetivo de realizar a otimização de geometria molecular das espécies envolvidas nos sistemas reacionais, conforme reações descritas acima, incluindo estados de transição presentes (TRZESNIAK, 2002). A mesma metodologia de cálculo, aplicada no mesmo programa, também foi empregada para a determinação de frequências vibracionais das mesmas espécies, bem como para determinação das coordenadas intrínsecas de reação (IRC) destes processos. Para tais cálculos, adotou-se o funcional M06-2X com uma base de cálculo aug-cc-pVTZ. Em outros cálculos foram determinadas geometrias ótimas, frequências vibracionais e IRC para os meios reacionais sob efeito de solvente. Para este fim, optou-se por estudar o comportamento do meio reacional na presença de etanol, pois foi identificado que nestas condições os produtos da reação entre CO₂ e NH₃ (isto é, o carbamato de amônio) seriam insolúveis. Para tanto, adotou-se o modelo de cálculo CPCM em M06-2X/aug-cc-pVTZ.

Determinação de parâmetros moleculares em superfície de metais

Informações mecânicas sobre as estruturas cristalinas dos metais propostos como catalisadores e energias de adsorção das espécies moleculares foram obtidas a partir de cálculos DFT realizados por meio do programa Quantum ESPRESSO. Rotinas envolvendo condições periódicas de contorno foram realizadas adotando-se o funcional PBE. Pseudopotenciais ultrasoft (USPP) foram adotados para a descrição dos elétrons das camadas internas. Os parâmetros de entrada para os cálculos realizados são definidos de forma a encontrar valores de grandezas físicas que pudessem descrever o sistema de forma satisfatória sem, no entanto, demandar muitos recursos computacionais. Com os

parâmetros determinados nesta etapa de cálculo, gera-se a entrada para a determinação da energia mínima do sistema, representando a geometria otimizada do cristal que é encontrada ao se processar a rotina de cálculos VC-RLX, onde os parâmetros de rede e os átomos são relaxados durante o cálculo. Por fim, as energias de adsorção e determinação dos sítios preferencias é determinada através da rotina de cálculos RLX. Nesta última etapa, os parâmetros de entrada são estabelecidos adotando-se um número de camadas da estrutura e uma expansão de célula para que sejam minimizados os efeitos de borda do catalisador. Até o momento, a análise considerou o comportamento das espécies envolvidas no sistema em um plano 111 da superfície de cobre.

Parâmetros cinéticos das reações estudadas

Os parâmetros cinéticos e grandezas termoquímicas das reações estudadas foram determinados ao se processar cálculos nas aplicações do pacote KINPRO (VIEIRA et al., 2021), desenvolvido pela equipe do laboratório em que se realiza este estudo. Assim, foi possível obter valores para os coeficientes de velocidade e funções de estado associadas às transformações observadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de energias envolvidas nas reações e coeficientes de velocidade.

As energias envolvidas nas transformações ocorridas no sistema estudado estão dispostas no diagrama de energias a seguir, conforme a Figura 1. Observa-se que barreiras energéticas bastante pronunciadas devem ser superadas com vistas a obter os produtos desejados. Este mesmo diagrama também permite a comparação entre as energias obtidas para a reação processada em fase gasosa e em presença do solvente etanol. Conforme descrito na metodologia do trabalho, os resultados obtidos para as reações em etanol contemplam as etapas ocorridas até a formação do carbamato de amônio.

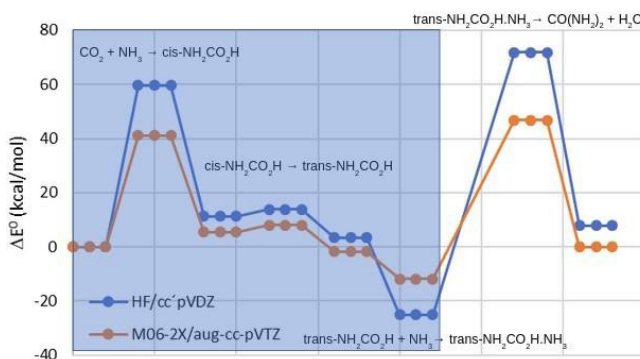


Figura 1 - Diagramas de energia obtidos em níveis M062X/aug-cc-pVTZ e CPCM-M062X/aug-cc-pVTZ

A primeira etapa do processo consiste na reação entre CO_2 e NH_3 produzindo o isômero *cis* do ácido carbâmico. Nota-se uma barreira energética estimada em $41,04 \text{ kcal.mol}^{-1}$ na fase gasosa e em $35,79 \text{ kcal.mol}^{-1}$. Em fase gasosa nota-se que a reação é endotérmica, determinando-se a ΔE em $5,49 \text{ kcal.mol}^{-1}$. Já em fase gasosa a reação se processa de forma ligeiramente exotérmica, com ΔE estimado em $-0,59 \text{ kcal.mol}^{-1}$. A segunda etapa se refere à conversão entre os isômeros *cis* e *trans* do ácido carbâmico. Esta reação foi identificada como exotérmica independentemente de ser processada em fase gasosa ou em etanol. As barreiras energéticas apresentadas foram de $2,45$ e $4,35 \text{ kcal.mol}^{-1}$, respectivamente. A terceira etapa do mecanismo em questão, sem barreira energética, consiste da formação de par iônico a partir da associação de uma molécula de amônia ao isômero *trans* do ácido carbâmico, seguida da transferência de próton entre estas espécies, ocasionando a formação de íons carbamato e amônio (e assim o carbamato de amônio). Esta reação é exotérmica, com $\Delta E = -10,13 \text{ kcal.mol}^{-1}$ em fase gasosa e $\Delta E = -8,35 \text{ kcal.mol}^{-1}$ em etanol. A última etapa, a mais rigorosa energeticamente, é a decomposição do carbamato de amônio, que leva à formação de ureia e água. Observa-se uma barreira energética de $58,77 \text{ kcal.mol}^{-1}$ a ser superada para a conclusão desta etapa.

Análise de parâmetros das superfícies metálicas e adsorção de espécies moleculares

A aplicação da metodologia de cálculos DFT descrita acima para análise das estruturas cristalinas de metais propostos e da adsorção de espécies moleculares sugere que a amônia terá adsorção preferencial nesta superfície em relação ao dióxido de carbono.

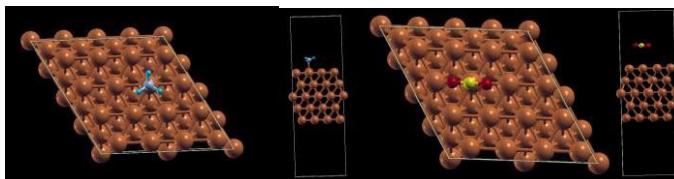


Figura 2 - Modo de adsorção de NH_3 em sítio *top* do plano 111 da superfície de cobre, à esquerda, e interação entre molécula de CO_2 no plano estudado, sem evidências de adsorção, à direita.

A tentativa de adsorção de uma molécula de CO_2 neste plano provocou um aumento nos níveis de energia do sistema da ordem de $0,10 \text{ kcal.mol}^{-1}$ e não foi possível verificar a formação de ligação química, ao passo que a adsorção proposta para uma molécula de amônia no mesmo plano ocasiona uma redução nos níveis de energia do sistema da ordem de $11,76 \text{ kcal.mol}^{-1}$, o que sugere uma interação mais forte desta espécie com a superfície em análise.

CONCLUSÕES

Embora ainda incipientes, os resultados obtidos sugerem o mecanismo reacional que descreve a formação da ureia e de seus intermediários em fase gasosa, em solução de etanol ou em superfícies de metais. As barreiras energéticas e os valores de diferenças de energias envolvidos nos processos indicam as dificuldades intrínsecas que são enfrentadas na análise e melhoria deste sistema. Entretanto, o sucesso obtido na determinação dos parâmetros iniciais do metal adotado como catalisador (o cobre), bem como das energias de adsorção das espécies presentes no sistema, encoraja o prosseguimento desta pesquisa objetivando a elaboração de mecanismo reacional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LNCC-SINAPAD – Santos Dumont (sdumont- chamadas/ paper220119), pelo projeto em curso.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARZAGLI, F.; MANI, F.; PERUZZINI, M. Carbon dioxide uptake as ammonia and amine carbamates and their efficient conversion into urea and 1,3- disubstituted ureas. **Journal of CO2 Utilization**, Amsterdam, v. 13, p. 81-89, 2016. DOI:10.1016/j.jcou.2015.12.006

SOUZA, M.M.V.M. **Processos inorgânicos**. Rio de Janeiro: Editora Synergia, 2012

TRZESNIAK, D. **Modelagem quântica de inibidores enzimáticos**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Física, USP. São Paulo, 2002.

VIEIRA, G.S. et al. **Assessment of Uni and Bimolecular Reaction Kinetics of Dimethoxymethane with the KINPROPackage**. In: 10th European Combustion Meeting, 2021, Virtual Edition. Proceedings of the European Combustion Meeting 2021, 2021.

FRACIONAMENTO GRANULOMÉTRICO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM TOPOSEQUÊNCIA EM ÁREA DE VITICULTURA NO MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL – RJ

Data de aceite: 03/07/2023

Hugo Assis Gama

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Otávio Augusto Queiroz dos Santos

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Tiago Paula da Silva

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

Distrófico argissólico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, respectivamente. Foram coletadas amostras dos horizontes superficiais A e AB e nestas determinado o teor do carbono orgânico total (COT) e realizado o fracionamento granulométrico da matéria orgânica, determinando-se o carbono particulado (COp) e o carbono associado aos minerais (Coam). O manejo do solo associado ao relevo foram os fatores determinantes para as modificações no conteúdo de carbono. Dentre as frações, devido a sua maior labilidade, através da análise da fração COp observaram-se as maiores modificações no perfil P1.

PALAVRAS-CHAVE: carbono orgânico, produção de vinho, qualidade do solo.

RESUMO: O objetivo do estudo foi realizar o fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo e avaliar o conteúdo de carbono orgânico nessas frações em solo sob cultivo de uva, no município de Paraíba do Sul, RJ. Foram avaliados 3 perfis de solo em uma toposequência, a saber: terço superior (P1), terço médio (P2) e terço inferior (P3), classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, Latossolo Vermelho-Amarelo

GRANULOMETRIC FRACTIONING OF ORGANIC MATTER IN A TOPOSEQUENCE IN A VITICULTURE AREA IN THE MUNICIPALITY OF PARAÍBA DO SUL – RJ

ABSTRACT: The objective of the study was to perform the granulometric fractioning of soil organic matter and to evaluate the content of organic carbon in these fractions in soil under grape cultivation, in the municipality of Paraíba do Sul, RJ.

Three soil profiles were evaluated in a toposequence, namely: upper third (P1), middle third (P2), and lower third (P3), classified as Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, respectively. Samples were collected from the superficial A and AB horizons and the total organic carbon (TOC) content was determined. Particulate carbon (POC) and carbon associated with minerals (Coam) were also determined. The soil management associated with the relief were the determining factors for the modifications in carbon content. Among the fractions, due to its greater lability, through the analysis of the COp fraction the greatest changes were observed in the P1 profile.

KEYWORDS: organic carbon, soil quality, wine production.

INTRODUÇÃO

O vinho vem sendo utilizado pelo homem, como bebida e para fins medicinais, desde as grandes civilizações antigas, existindo há mais de 2000 anos (JOHNSON, 1989). A chegada da bebida no Brasil está ligada a colonização portuguesa. A primeira fabricação de vinho no país, após fracassos no plantio de uva, foi realizada em Tatuapé, por Brás Cubas (VALDUGA, 2017).

A produção de vinho no Brasil ocorre em nove regiões com mínimas condições para sua produção. A bebida é produzida pela fermentação de uvas, sendo as espécies *Vitisvinifera* e *Vitislabrusca* as mais utilizadas para a produção (DE LUCCA, 2019).

Os estados que mais se destacam em produção de uva no país são Pernambuco, São Paulo e Rio Grande do Sul, o qual se destaca por apresentara maior produção (IBGE, 2021). No estado do Rio de Janeiro apenas 20 hectares de áreas são cultivados com videiras, com produção total de aproximadamente 125 toneladas. A primeira vinícola do estado do Rio de Janeiro está localizada em Sebollas, Paraíba do Sul, produzindo três mil garrafas anualmente.

O solo é um sistema complexo e aberto, onde ocorre uma permanente troca de matéria e energia com o meio. Fator importante para qualidade do solo, os compostos orgânicos são depositados, principalmente, pelos vegetais, seja pela senescência do material vegetal, seja pela produção de exsudatos radiculares. Sendo assim, o conteúdo de carbono varia de acordo com a quantidade dos resíduos depositados.

Muitos autores destacam a matéria orgânica como indicador de qualidade do solo, devido a sua susceptibilidade e sensibilidade as alterações causadas pela ação humana (CHERUBIN et al., 2015). A matéria orgânica do solo possui diferentes frações, com destaque para as substâncias húmicas e compostos carbonizados, além de organismos vivos (PINTO, 2020).

O carbono orgânico particulado (COP) é caracterizado como partículas as quais permaneceram no solo protegidas pelos agregados (GOLCHIN et al., 1994), e assumem dimensões da fração areia. O carbono orgânico associado aos minerais (Coam) se define por ser a fração da matéria orgânica que se relaciona com a superfície de partículas minerais,

as quais formam os complexos organominerais e estão protegidas pelos colóides do solo. É a fração da matéria orgânica associada às frações silte e argila (CHRISTENSEN, 1996).

Este estudo teve como objetivo realizar o fracionamento granulométrico da matéria orgânica e avaliar o conteúdo de carbono nessas frações, em solo sob vitivinicultura, na Vinícola Real das Ruínas, Paraíba do Sul – RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Vinícola Real das Ruínas, localizada em Inconfidência, Paraíba do Sul – RJ, com coordenadas 22°16'54.40" latitude Sul e 43°11'01.37" longitude Oeste, com altitude aproximada de 578 m. O clima da região é tropical úmido (Aw, de acordo com a classificação de Köppen) com verões úmidos e invernos secos.

A área, na qual está instalado o parreiral possui relevo ondulado, para o plantio das mudas, inicialmente foram realizadas as práticas de adubação e calagem. O cultivo é feito em nível e dessa forma diminuíssse os processos erosivos. As linhas de cultivos são dispostas nos terços superior, médio e inferior. Em cada um dos terços foram abertas trincheiras, sendo os perfis descritos segundo Santos et al. (2015). Após a descrição os perfis foram caracterizados (TEIXEIRA et al., 2017) e classificados (SANTOS et al., 2018) nas seguintes ordens: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, terço superior (P1), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico, terço médio (P2) e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico no terço inferior (P3).

Os horizontes superficiais dos perfis foram levados ao laboratório onde o material foi seco ao ar, destorroado e passado por peneira de malha de 2,00mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Posteriormente foram realizadas análises para a quantificação dos teores do Carbono Orgânico Total (COT) segundo Yeomans e Brenner (1998) e Carbono Orgânico Particulado (COP) e Carbono Orgânico Associado aos Minerais (COam) segundo Cambardella e Elliot (1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de COT variaram entre 9,0 a 23,0 gkg⁻¹, sendo o menor valor sendo observado no horizonte AB do perfil P2 e o maior no horizonte A do perfil P1 (Tabela 1). Para o COP, os valores variaram de 0,1 a 5,4 gkg⁻¹, enquanto os valores de Coam de 8,5 a 19,3 gkg⁻¹. Para COP, os menores valores foram verificados no horizonte A2 do perfil 3 e o maior no horizonte A1 do perfil 2. Quanto aos valores da fração Coamo menor valor foi quantificado no horizonte AB, do perfil 2 e o maior no horizonte A do perfil 1.

Em todos os perfis observou-se os maiores valores de COT e COP nos horizontes mais superficiais, com decréscimo em profundidade (Tabela 1). Dentre os horizontes superficiais, os maiores valores de COT e COP foram observados nos P1 e P2, respectivamente.

Tabela 1. Conteúdo de carbono orgânico total, carbono orgânico particulado e carbono orgânico associado aos minerais nos horizontes superficiais.

| Perfil | Horizonte | COT (gkg ⁻¹) | COp (gkg ⁻¹) | Coam (gkg ⁻¹) |
|--------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| P1 | A | 23 | 3,7 | 19,3 |
| P1 | AB | 16 | 0,5 | 15,3 |
| P2 | A1 | 21 | 5,4 | 15,6 |
| P2 | A2 | 14 | 3,4 | 10,5 |
| P2 | A3 | 15 | 0,2 | 15,2 |
| P2 | AB | 9 | 0,5 | 8,5 |
| P3 | A1 | 15 | 4,7 | 10,5 |
| P3 | A2 | 10 | 0,1 | 10,2 |
| P3 | AB | 11 | 0,4 | 10,9 |

Legenda: COT: Carbono orgânico total; COp: Carbono orgânico particulado; Coam: Carbono orgânico associado aos minerais.

Através da análise dos resultados observa-se uma mudança no teor de carbono de acordo com a posição do perfil na paisagem, sendo observado maior conteúdo de COT no horizonte de perfil localizado no terço superior da paisagem (P1). Os maiores valores verificados nesse ponto de paisagem podem ser atribuídos a maior intensidade do manejo empregado na área adição de esterco de galinha, contribuindo para o aumento dos teores de COT.

Adicionalmente destaca-se também a contribuição do relevo na dinâmica do COT e de suas frações. Foi verificado que os menores conteúdos de COT ocorreram nos perfis localizados nos pontos mais baixos da paisagem.

O relevo é considerado como agente integrante nas mais diversas propriedades do solo nas paisagens, podendo influenciar na produtividade das culturas, segundo Marques Júnior (2009). Manfrinato et al. (2002), afirmam existir uma relação positiva no conteúdo de carbono e a elevação do terreno, devido à redução da temperatura diminuição da atuação dos organismos e com isto favorecendo o acúmulo de matéria orgânica no solo.

Dentre as frações Cop e Coam foram observados menores valores na fração COp. O menor valor da fração COp foi verificado no horizonte A do perfil P1, o que sugere que tanto as práticas de manejo quanto os processos erosivos estão contribuindo para a redução desta fração. Essa fração possui maior labilidade e por isso é mais suscetível as ações do manejo. Devido a maior proteção física e química exercidas pela fração mineral do solo, na fração Coam não foram verificadas grandes modificações.

CONCLUSÕES

A posição do perfil na paisagem associada ao manejo adotado influenciaram nos conteúdos de carbono orgânico total, bem como carbono nas frações granulométricas.

O manejo do solo associado ao relevo acidentado promove diminuição do conteúdo de carbono, principalmente das frações menos protegidos, que é o caso da COP.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 3, p. 777-783, 1992.

CHERUBIN, M. R. et al. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 39, p. 615-625, 2015.

DE LUCCA, A. As uvas *Vitis Vinífera* e *VitisLabrusca*. **Crown Wines**. 2019. <https://crownwines.com.br/as-uvas-vitis-vinifera-e-vitis-labrusca/>. Acesso em 05/10/2022

JOHNSON, H. *Vintage: the story of wine*. **Simon and Schuster**, 1989.

MARQUES JÚNIOR, J. **Caracterização de áreas de manejo específico no contexto das relações solo-relevo**. 2009. 113 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MANFRINATO, W. et al. Monitoring carbon stocks in soil of a forest-pasture chronosequence and determining its origin with isotope technology in Guaraqueçaba (PR), Brazil. In: **International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring, 2002, Taipei**. Proceedings... Taipei: Taiwan Forest ResearchInstitute, Nov. 2002. p. 142-153.

PINTO, L. A. S. R. **Matéria Orgânica e Atributos Edáficos de Agregados em Áreas de Sistemas Plantio Direto no Cerrado Mineiro**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2020

Produção de Uva. **IBGE 2021**. <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/uva/br> Acesso em 05/10/2022.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS R. Det al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7 ed. Viçosa – MG: SBSCS. 2015. 100 p.

TEIXEIRA P. C. et al. **Manual de métodos de análises de solos**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573p.

VALDUGA, F. A história do vinho no Brasil: conheça a trajetória da bebida em território nacional. **Famiglia Valduga Co**. 2017. <https://blog.famigliavalduga.com.br/a-historia-do-vinho-no-brasil-conheca-a-trajetoria-da-bebida-em-territorio-nacional/>. Acesso em 03/10/2022.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p.1467-1476, New York 1988.

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E FÍSICOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO

Data de aceite: 03/07/2023

Hugo Assis Gama

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Otávio Augusto Queiroz dos Santos

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Mickaelly Lucas Gera da Silva

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Arthur Linhares Basilio

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

morfológicos e físicos como indicadores de qualidade do solo, de fácil acesso para agricultores, avaliando as formas de manejo utilizadas e as modificações nos atributos do solo. Para isso, foram realizadas coletas, em mini trincheiras, em propriedades agrícolas de produtores certificados pela ABIO (Associação dos Produtores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro) e avaliados os seguintes atributos: a estrutura, a cor do solo, a textura, densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp) volume total de poros (VTP%) e a estabilidade dos agregados. Nas amostras também foram determinados os teores de carbono orgânico (COT). Foi verificado, através da análise conjunta dos atributos, uma associação entre os teores de COT e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) determinados em laboratório e as cores e o tipo e grau de desenvolvimento da estrutura avaliados no campo, podendo estes dois últimos serem utilizados como indicadores de qualidade pelos produtores, por serem de fácil avaliação.

RESUMO: Tendo em vista a baixa fertilidade natural e textura arenosa nas camadas superficiais dos solos de Seropédica / RJ e seus entornos, o presente estudo teve como objetivo avaliar o emprego de atributos

PALAVRAS-CHAVE: agricultura orgânica, matéria orgânica do solo, indicadores de qualidade do solo.

MORPHOLOGICAL AND PHYSICAL SOIL ATTRIBUTES EVALUATION IN ORGANIC PRODUCTION SYSTEMS.

ABSTRACT: In view of the low natural fertility and sandy texture in the superficial layers of the soils of Seropédica and its surroundings, the present study aimed to evaluate the use of morphological and physical attributes as soil quality indicators, easily accessible to farmers, assessing the forms of management used and the modifications in soil attributes. For this, samples were collected, in mini trenches, from farms of producers certified by ABIO (Association of Biological Producers of the State of Rio de Janeiro) and the following attributes were evaluated: structure, soil color, texture, bulk density (Bd), particle density (Pd) total pore volume (TPV%) and stability of aggregates. Organic carbon contents (TOC) were also determined in the samples. It was verified, through the joint analysis of the attributes, an association between the TOC and stability of aggregates determined in the laboratory and the colors and the type and degree of development of the structure evaluated in the field. The latter two can be used as quality indicators by producers, because they are easy to evaluate.

KEYWORDS: organic agriculture, soil quality indicators, soil organic matter.

INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade do solo, pode ser baseada na análise de atributos físicos, químicos e biológicos, que podem funcionar como indicadores da qualidade do sistema edáfico. Os resultados obtidos podem ser apresentados de forma qualitativa e/ou quantitativa (SILVA, 2019), contribuindo para um melhor direcionamento do manejo adotado em uma determinada área (FERNANDES, 2019).

Buscando melhorar a produção de alimentos, aumentar a conscientização em relação a conservação do solo e o emprego do manejo adequado dentro de sistemas conservacionistas, é crescente o número de agricultores familiares que aderem cada vez mais ao sistema orgânico de produção (MAPA, 2019). Neste sentido, a utilização de índices de qualidade auxilia na caracterização de áreas submetidas à diferentes tipos de manejos, contribuindo desta forma na avaliação do impacto a que estas estão sendo submetidas.

Avaliando propriedades agrícolas localizadas na baixada fluminense, Souza et al. (2020) concluíram que os atributos morfológicos, por apresentarem uma resposta mais rápida ao manejo, podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo, de mais fácil acesso para os agricultores.

A região onde foi desenvolvido o trabalho, baixada fluminense do estado do Rio de Janeiro, apresenta solos com fertilidade baixa fertilidade natural em função da natureza do material de origem, rochas de caráter ácido ou sedimentos produzidos a partir do intemperismo destas rochas (RAMOS et al., 1973), o que diminui o potencial agrônomo das terras, em função das limitações observadas, torna-se necessário o estabelecimento de indicadores que sejam de fácil acesso aos agricultores para que possíveis degradações decorrentes de manejos inadequados possam vir a serem identificadas de forma mais rápida.

A partir do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o emprego de atributos morfológicos e físicos do solo como indicadores de qualidade do solo, de fácil acesso aos agricultores, e correlacioná-los com os resultados de atributos determinados em laboratório, com objetivo de uma avaliação mais rápida das modificações do manejo utilizado.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi realizado em áreas de produtores agrícolas certificados pela ABIO (Associação dos Produtores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro), nas quais foram realizadas coletas para a avaliação dos atributos morfológicos e físicos e o teor de carbono orgânico (COT). Para isto foram abertas mini trincheiras, até a profundidade de 20 cm.

Foram avaliados os seguintes atributos morfológicos: a cor com auxílio da carta de Cores de Munsell, a textura e a estrutura, pelo método expedido segundo os padrões estabelecidos por Santos et al. (2015). Para a avaliação das cores, foram identificados o Matiz, o Valor e o Cromo, através de torrões em amostras secas e úmidas. A textura foi avaliada pelo método expedito, usando o triângulo de classe textural, sendo feita a estimativa dos teores de argila, areia e silte (SANTOS et al., 2015). A estrutura foi avaliada de acordo com os aspectos, presença ou ausência de agregados, sendo eles quando presentes, identificados pela forma, tamanho e grau de desenvolvimento (SANTOS et al., 2015).

Quanto aos atributos físicos, foram avaliados a densidade do solo (D_s), através de amostras indeformadas segundo Teixeira et al. (2017). Para a determinação do COT e densidade de partículas (D_p) foram utilizadas amostras deformadas. As amostras após secas ao ar e destorroadas, sendo passadas por peneira de malha de 2,00mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). A D_p foi determinada com o emprego do método do balão volumétrico (TEIXEIRA et al., 2017). A partir dos dados de D_s e D_p foi calculado o volume total de poros (VTP) pela equação $VTP(\%) = (1 - (D_s/D_p)) \times 100$. Para a determinação da estabilidade dos agregados, foram utilizados torrões que foram coletados nas minitrincheiras, pelo método do peneiramento via úmida (TEIXEIRA et al., 2017), sendo determinado o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP).

Os teores de carbono foram quantificados como carbono orgânico total (COT), foram pesados 0,25g de terra fina seca ao ar, maceradas em gral de porcelana e submetidos a peneiramento em uma malha de 60 mesh. Posteriormente o material, foi submetido a uma reação oxidativa com o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ a $0,167 \text{ mol L}^{-1}$) e ácido sulfúrico (H_2SO_4 concentrado), sendo aquecidas por 30 minutos em temperatura de 170°C , titulados em sequência com sulfato ferroso amoniacal (YEOMANS e BREMNER, 1988).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das análises realizadas foram observadas variações dos atributos dentro de cada propriedade e entre propriedades. Os atributos estrutura, cor e textura são de mais fácil avaliação pelos produtores em comparação aqueles que necessitam de análises em laboratório.

A estrutura variou de blocos angulares a subangulares, de tamanho pequeno a grande e quanto ao seu grau, de fraca a forte. Quanto as cores observou-se variação do matiz entre 2,5 Y e 2,5 YR para as amostras secas e de 5 YR a 10 YR para as amostras úmidas, indicando o predomínio de cores amareladas, característica comum para os solos da região de estudo. Para o valor, componente da cor que está diretamente relacionado com o conteúdo de matéria orgânica, observou-se uma variação de 7 a 3 para as amostras secas e de 6 a 2,5 para as úmidas. Valores mais baixos indicam cores mais escuras que são decorrentes de maior conteúdo de matéria orgânica no solo, reflexo de um manejo mais conservacionista, proporcionando uma maior adição e/ou manutenção da matéria orgânica (KIEHL, 1979).

A textura apresentou uma ampla variação desde amostras que apresentam textura arenosa (teor de argila inferior a 150 g kg^{-1}) a textura argilosa (teor de argila entre 350 a 600 g kg^{-1}), nas amostras estudadas observou-se o predomínio da textura média (teor de argila entre 150 a 350 g kg^{-1}). Texturas mais arenosas contribuem para uma mais rápida decomposição da matéria orgânica em comparação com as mais argilosas.

Quanto aos atributos físicos, para a Ds verificaram-se valores variando entre 0,26 a $1,97 \text{ Mg m}^{-3}$, menores valores de Ds indicam manejos mais conservacionistas, que podem contribuir para uma menor mobilização do solo associado a uma maior adição de matéria orgânica, práticas que favorecem a melhoria da agregação e conseqüentemente aumento da porosidade e diminuição da Ds (SOUZA et al., 2020). Em algumas áreas foram verificados valores elevados de Ds, o que indica que o manejo não está sendo realizado de forma adequada contribuindo para a compactação do solo. Para a Dp os valores estiveram entre 2,08 e $3,07 \text{ Mg m}^{-3}$, a Dp reflete a composição mineralógica dos componentes da amostra de terra, maiores valores de quartzo na fração areia, contribuem para um aumento da Dp, enquanto maiores valores de matéria orgânica promovem a redução de este atributo.

A partir dos valores de Ds e Dp foi calculado VTP%, verificou-se também para este atributo uma ampla variação desde valores muito baixos, 21% até valores extremamente elevados, indicado compactação das áreas concordantes com os valores de Ds. Quanto aos valores do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) estes variaram de 0,300 a 4,011 mm. Os mais baixos valores estão associados as áreas com maiores teores de areia e menores conteúdos de matéria orgânica, que desfavorecem a agregação do solo. Para os teores de COT, observou-se uma amplitude de variação de 0,48 a $60,87 \text{ g kg}^{-1}$, a textura e o manejo foram os principais fatores que contribuíram para os teores de carbono

observados, os manejos mais conservacionistas e as áreas com maior cobertura vegetal proporcionaram aumentos no conteúdo de COT.

CONCLUSÕES

A partir da análise conjunta dos atributos verifica-se que existe uma associação entre os teores de COT e DMP determinados em laboratório e as cores e o tipo e grau de desenvolvimento da estrutura avaliados no campo, demonstrando que estes últimos, por serem de fácil avaliação pelos produtores, podem ser utilizados como indicadores de qualidade, e desta formadirecionar a um melhor manejo das áreas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio das ações de Extensão Universitária através da concessão de bolsas pelo Programa de Bolsas Institucionais de Extensão (BIEXT) e da FAPERJ.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRADY, N.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 716 p.

BRITO, D. **Em 7 anos, triplica o número de produtores orgânicos cadastrados no Ministério da Agricultura**.<http://www.agricultura.gov.br/noticias/em-sete-anos-triplica-o-numero-de-produtores-organicoscadastrados-no-apa#wrapper> .Acesso em 09/10/2022.

FERNANDES, F. S. **Indicadores de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo**. 2019. 37 f. - Dissertação (Mestrado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis). Universidade Federal de São Carlos. <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11067>

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**: Relações solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262p

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. Munsell Soil Color charts. **Macbeth Division of Kollmorgen Corporation**, Baltimore, Maryland, USA. 1950, revised 1975.

OLIVEIRA, G.C. et al. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.291-299,2003.

RAMOS D. P. et al. **Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 8:1-27, 1973.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Editora da UFV; Rio de Janeiro: Embrapa Solos/Editorada UFRRJ, 2013.100p.

SOUZA, R.S. et al. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas de produção orgânica na baixada litorânea fluminense, RJ.** Impacto, Excelência e Produtividade das Ciências Agrárias no Brasil 2.1 ed.: Atena Editora, 2020, p. 72-82

SANTOS R.D et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 7 ed. Viçosa – MG: SBCS. 2015. 100 p.

SILVA, T. A. C. **Indicadores da qualidade de solo na avaliação da condição ambiental de área de lixão desativado emOuro Fino-MG.** 2019. 84f. – Dissertação (Mestrado em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Itajubá. <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/19341>

TEIXEIRA P. C et al. **Manual de métodos de análises de solos.**3. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573p.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p.1467-1476, New York 1988.

VARIAÇÃO TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM ÁREAS DE SISTEMA PLANTIO DIRETO APÓS QUEIMA NO BIOMA CERRADO, MINAS GERAIS

Data de aceite: 03/07/2023

Igor de Sousa Morais

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Robert Ferreira

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

José Luiz Rodrigues Torres

Professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

quantificar as diferentes frações MOS em duas áreas de sistema plantio direto (SPD) em diferentes intervalos de tempo após a queima no bioma Cerrado; e b) mensurar o impacto do incêndio na dinâmica do carbono orgânico no solo. Foram avaliadas duas áreas manejadas sob SPD que foram em 2020 impactadas por incêndios. As áreas que apresentavam diferentes tempos de implantação, a saber: área de SPD implantado há 7 anos, em fase de transição (SPD07); e área de SPD implantado há 20 anos, em fase de consolidação (SPD20). Ambas contavam com diferentes plantas de cobertura (em esquema isolado ou em conjunto): milheto; braquiária; crotalária; milheto + crotalária; e braquiária + crotalária. Para o estudo, foram utilizadas as amostras coletadas em quatro intervalos de tempo após a queima (20°, 40°, 60° e 80° dia). No laboratório, foram realizadas as seguintes análises de MOS:

a) carbono orgânico total (COT); b) carbono orgânico particulado e associado aos minerais (COP e COAM, respectivamente); c) massa e carbono da fração leve livre (FLL e CFLL); e d) carbono orgânico lábil (POXC). A queima influenciou na compartimentalização da MOS ao longo dos 80 dias de avaliação. Na área de SPD20

RESUMO: As queimadas podem causar impactos negativos sobre os atributos edáficos, especialmente quando atingem áreas de produção de alimentos. Em contrapartida, pressupõe-se que adoção de sistemas conservacionistas nessas áreas pode contribuir para uma maior resiliência da matéria orgânica do solo (MOS) após o evento ocorrido ao longo do tempo. O estudo teve como objetivos: a)

foram quantificados teores mais elevados de COT, COP e COAM. A análise de regressão polinomial mostrou variações temporais significativas nas frações de maior labilidade (FLL e CFLL) da MOS no sistema que apresentava o menor tempo de instalação (SPD07; fase de transição).

PALAVRAS-CHAVE: fases do sistema conservacionista, incêndios florestais, queimadas, resiliência da matéria orgânica.

TEMPORAL VARIATION OF SOIL ORGANIC MATTER IN NO-TILLAGE SYSTEMS AFTER BURNING IN THE CERRADO BIOME, MINAS GERAIS

ABSTRACT: Burning can have negative impacts on edaphic attributes, especially when it affects food production areas. In contrast, it is assumed that the adoption of conservation systems in these areas can contribute to greater resilience of soil organic matter (SOM) after the event occurred over time. The study aimed to: a) quantify the different SOM fractions in two no-tillage system (NT) areas at different time intervals after burning in the Cerrado biome; and b) measure the impact of fire on soil organic carbon dynamics. Two areas managed under NT that were in 2020 impacted by fires were evaluated. The areas that presented different implementation times, namely: area of NT implemented 7 years ago, in transition phase (NT07); and area of NT implemented 20 years ago, in consolidation phase (NT20). The areas had different cover crops (in isolated or combined scheme): millet, brachiaria grass, sunn hemp, millet + sunn hemp, and brachiaria + sunn hemp. For the study, we used the samples collected at four-time intervals after burning (20th, 40th, 60th and 80th day). For the study, the samples collected at four-time intervals after burning (20th, 40th, 60th and 80th day) were used. In the laboratory, the following SOM analyses were performed: a) total organic carbon (TOC); b) particulate and mineral-associated organic carbon (POC and MAOC, respectively); c) mass and carbon of the free light fraction (FLF and FLFC); and d) labile organic carbon (POXC). Burning influenced the compartmentalization of SOM throughout the 80 days of evaluation. Higher TOC, POC, and MAOC contents were quantified in the NT20 area. Polynomial regression analysis showed significant temporal variations in the fractions of higher lability (FLF and FLFC) of the SOM in the system that had the shortest installation time (NT07; transition phase).

KEYWORDS: organic matter resilience; forest fires and burning; phases of the conservation system.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Cerrado tem sido submetido à incêndios florestais e queimadas, seja de origem natural (como raios) ou de natureza antrópica. Dados publicados pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial em 2020 mostraram que o Cerrado foi o bioma mais afetado no Brasil com mais de 139.649 km², tendo 6,9% de sua área devastada pelo fogo em comparação a extensão territorial do país (INPE, 2022). A utilização do fogo na realização de atividades no campo é historicamente evidenciada no manejo da agricultura e pecuária em todo cerrado. Em contrapartida, também no Cerrado o sistema de plantio direto (SPD) é uma das estratégias mais eficientes para a melhoria dos atributos edáficos

(DENARDIN et al., 2012). Em função do tempo de adoção do SPD, verificam-se melhorias nas terras quando estas são manejadas corretamente (ROSSET, 2015).

A partir do exposto, a principal hipótese deste estudo é que as queimadas causam impactos negativos sobre os atributos do solo. Em contrapartida, pressupõe-se que adoção do SPD pode contribuir para uma maior resiliência da das frações da matéria orgânica do solo (MOS), tendo seu efeito potencializado em função do tempo de adoção do sistema. O estudo teve como objetivos: a) quantificar as diferentes frações MOS em duas áreas de SPD em diferentes intervalos de tempo após a queima no bioma Cerrado; e b) mensurar o impacto do incêndio na dinâmica do carbono orgânico no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas áreas experimentais do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), *campus* Uberaba, MG (19° 39' 10,17" S e 47° 58' 15,65" W; e variando de 790 a 819 m a altitude). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura média (SANTOS et al., 2018). Avaliaram-se duas áreas manejadas sob SPD que foram em 2020 impactadas pelos incêndios. Anterior as queimadas, as áreas apresentavam diferentes tempos de adoção, a saber: SPD implantado há 7 anos, em fase de transição; e SPD implantado há 19 anos, em fase de consolidação. As áreas contavam com diferentes plantas de cobertura (utilizadas isoladamente ou em conjunto) na sucessão milho/soja ou feijão. As culturas principais eram cultivadas sobre os resíduos vegetais das seguintes plantas de cobertura: milheto (*Pennisetum glaucum* L. cv. ADR500); braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandú); crotalária (*Crotalaria spectabilis*); milheto + crotalária; e braquiária + crotalária.

A amostragem foi realizada logo após o incêndio, e em cada área selecionada foram coletadas três amostras compostas, formadas por um conjunto de amostras simples. As amostras foram coletadas em quatro intervalos após a queima (20°, 40°, 60° e 80° dia) na camada de 00–10 cm de profundidade. O material foi seco ao ar, destorroado e passado por peneira de 2,0 mm de diâmetro de malha obtendo-se a fração terra fina seca ao ar (TFSA) (TEIXEIRA et al., 2017). O carbono orgânico total (COT) do solo foi determinado via oxidação úmida da MOS, segundo Yeomans e Bremner (1988). O fracionamento físico granulométrico foi realizado segundo Cambardella e Elliot (1992), que consiste na separação da MOS em duas frações, fração particulada (relacionada à fração areia do solo, COP) e fração associada aos minerais (relativa às frações argila e silte, COAM). O fracionamento físico densimétrico (SOHI et al., 2001) foi utilizado para obtenção da fração leve livre da MOS (FLL). A determinação do carbono orgânico da fração particulada (COP) e da fração leve livre (CFLL) da MOS também foi realizada segundo Yeomans e Bremner (1988) e o carbono orgânico da fração COAM foi quantificado pela diferença entre o COT e o COP. O carbono orgânico lábil foi quantificado via oxidação com solução de KMnO₄ 0,02

mol L⁻¹ (POXC) (CULMAN et al., 2012).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Para as variáveis que não atenderam aos pressupostos da ANOVA, os dados foram submetidos à transformação pelo método de Box-Cox e em seguida uma nova análise foi realizada. Para cada variável, foram comparadas as fases dos sistemas (transição e consolidação) e os tempos de coleta (20, 40, 60 e 80 dias) em esquema fatorial 2 × 4 em delineamento inteiramente casualizado. Quando o resultado da interação entre os fatores foi significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F, fez-se necessário analisar suas médias de maneira diferenciada no desdobramento. Quando o resultado da interação não foi significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F, foram analisadas suas médias em função do efeito principal por meio do Teste F (variável qualitativa) e análise de regressão (variável quantitativa). Para as análises, utilizou-se o software R (R Development Core Team, 2020) e pacote “*ExpDes.pt*” e “*Ggplot2*”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das frações orgânicas são apresentados na Tabela 1. De modo geral, observou-se um padrão similar para COT, COP e COAM nos intervalos de coleta; em que na área de SPD19 foram quantificados os maiores teores de COT e COAM (20° e 80° dia) e COP (20° dia) (Tabela 1). Os resultados indicam que nesses períodos esta área apresentou maior enriquecimento nos teores de carbono em superfície, com destaque para aquelas que foram utilizadas com braquiária e crotalária manejadas isoladamente ou em consórcio como plantas de cobertura.

Tabela 1. Teores das frações orgânicas nas áreas sob sistemas conservacionistas em diferentes intervalos de tempo após a queima, Uberaba, MG.

| Sistemas | Tempos de coleta (dias) | | | | | Tempos de coleta (dias) | | | | |
|----------|--------------------------------------|---------|---------|---------|----|---------------------------------------|--------|--------|--------|----|
| | 20° | 40° | 60° | 80° | R | 20° | 40° | 60° | 80° | R |
| |COT (g kg ⁻¹)..... | | | | |COP (g kg ⁻¹)..... | | | | |
| SPD07 | 9,45 b | 11,99 a | 11,36 a | 11,18 b | NS | 1,10 b | 1,95 a | 1,81 a | 1,89 a | * |
| SPD19 | 12,62 a | 12,80 a | 12,51 a | 13,45 a | NS | 1,82 a | 1,99 a | 1,89 a | 2,02 a | NS |
| CV. (%) | | | 16,49 | | | | | 37,14 | | |
| |COAM (g kg ⁻¹)..... | | | | |POXC (mg kg ⁻¹)..... | | | | |
| SPD07 | 8,35 b | 10,00 a | 9,55 a | 9,29 b | N | 350 a | 389 a | 315 a | 371 a | NS |
| SPD19 | 10,80 a | 10,85 a | 10,53 a | 11,43 a | N | 303 a | 405 a | 365 a | 378 a | NS |
| CV. (%) | | | 20,11 | | | | | 28,69 | | |
| |FLL (g kg ⁻¹)..... | | | | |CFLL (g kg ⁻¹)..... | | | | |
| SPD07 | 3,87 a | 6,26 a | 5,53 a | 7,00 a | * | 0,82 a | 1,64 a | 1,28 a | 1,59 a | * |
| SPD19 | 4,31 a | 7,12 a | 4,67 | 6,07 a | NS | 0,97 a | 1,26 a | 0,97 a | 1,13 b | NS |
| CV. (%) | | | 38,45 | | | | | 41,08 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem os sistemas dentro de cada tempo de coleta pelo Teste F ($P > 0,05$). R: Análise de regressão; ^{NS}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; e * Significativo à 5% de probabilidade pelo Teste F. COT: Carbono orgânico total; COP: Carbono orgânico particulado; COAM: Carbono orgânico associado aos minerais; POXC: Carbono orgânico lábil; FLL: Fração leve livre; CFLL: Carbono orgânico da FLL; SPD07: Sistema plantio direto em fase de transição; e SPD19: Sistema plantio direto em fase de consolidação.

Somente na área de SPD07 foram observadas variações temporais significativas nos teores de MOS; reforçando a hipótese da forte ação do fogo na compartimentalização da MOS ao longo do tempo, principalmente para as frações mais lábeis (COP, FLL e CFLL) (Tabela1). Para as frações FLL e CFLL o modelo de regressão polinomial de terceira ordem (cúbico) foi o que melhor explicou o padrão dos dados (Figuras 1 B e C). Através da análise das curvas de regressão, pôde-se observar que os teores oscilaram entre os períodos de coleta, a saber: menores valores aos 20 dias após o evento; seguido de um aumento expressivo entre o 21° e 40° dia; posteriormente uma nova redução, porém menos expressiva entre o 41° e 60° dia; e por fim, um novo aumento até o 80° dia após a queima, com provável tendência a estabilização nos teores de FLL e CFLL. A fração COP, teve como modelo de regressão polinomial de segunda ordem (quadrático) o mais apropriado. Na curva desse modelo verifica-se dois pontos principais (um de mínima e outro de máxima variação) e em seguida uma provável tendência a estabilização nos teores de carbono (Figura 1A).

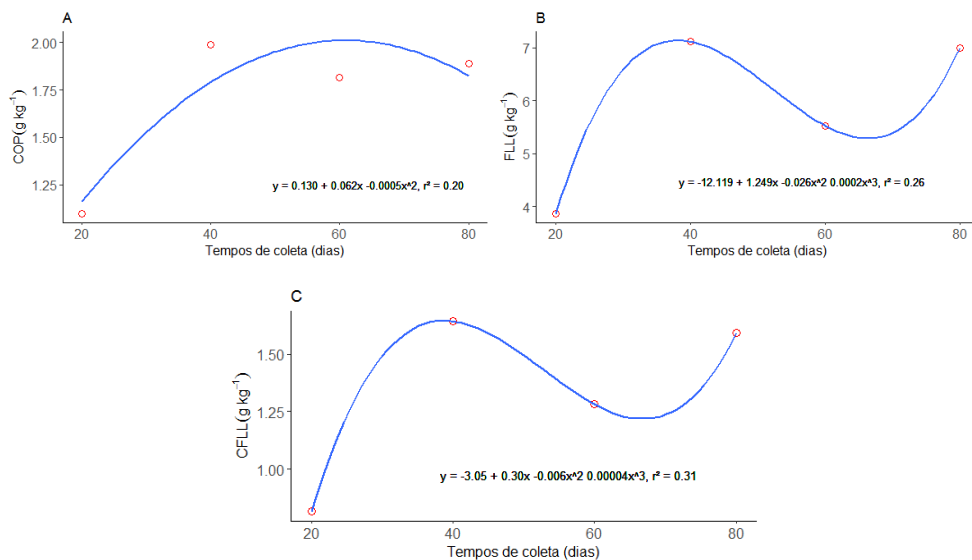


Figura 1. Teores das frações orgânicas na área sob sistema plantio direto em fase de transição nos diferentes intervalos de tempo de coleta após a queima, Uberaba, MG.

(A) COP: Carbono orgânico particulado; (B) FLL: Fração leve livre; e (C) CPLL: Carbono orgânico da FLL.

A variação temporal nos teores de COP, FLL e CPLL na área de SPD07 ao longo de 80 dias, pode estar associada à retomada da atividade microbiana devido ao aumento momentâneo das formas mais lábeis de carbono geradas pela mineralização da MOS após a queima, em razão do efeito “priming” (FONTAINE et al., 2003). Os resultados ressaltam que as consequências negativas da ação do fogo em sistemas de produção agrícola no Cerrado podem ser ainda mais prejudiciais em áreas com menor tempo de instalação (p. ex., fases de adoção e transição); visto que foram constatadas variações temporais significativas nas frações de maior labilidade da MOS no sistema com sete anos de implantação.

CONCLUSÕES

A queima influenciou na compartimentalização da matéria orgânica do solo ao longo dos 80 dias de avaliação. Na área de sistema plantio direto em fase de consolidação foram quantificados os teores mais elevados de carbono orgânico total, particulado e associado aos minerais em superfície.

A análise de regressão polinomial mostrou variações temporais significativas nas frações de maior labilidade da matéria orgânica do solo no sistema com menor tempo de instalação (fase de transição).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da CAPES, CNPq, FAPERJ, AGRISUS (PA 3102/21) e PPGA-CS/UFRRJ.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. **Geoderma**, v.56, p.449–457, 1993.

CULMAN, S.W. et al. **Procedure for the determination of permanganate oxidizable carbon. Kellogg Biological Station-Long Term Ecological Research Protocols**, Hickory Corners, MI. 2012.

DENARDIN, J.E. et al. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. Passo Fundo: Embrapa Trigo; 2012.

FONTAINE, S.; MARIOTTI, A.; ABBADIE, L. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, p.837-843, 2003.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. São José dos Campos: INPE, 2020. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km/#nota>. Acesso em: junho de 2021.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020.

ROSSET, J.S. **Caracterização da matéria orgânica, atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo na região oeste do Paraná**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 356 p., 2018.

SOHI, S.P. et al. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society American Journal**, v.65, n.1, p.1121–1128, 2001.

TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: Embrapa, Livro técnico (INFOTECA-E), 3. ed. rev. e ampl., 573 p., 2017.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1467– 1476, 1988.

PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO COM DIFERENTES TIPOS DE PREPARO DO SOLO

Data de aceite: 03/07/2023

Eduardo Albano Gomes de Abreu

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Thassiany de Castro Alves

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Raphael Fontes Machado Ferreira

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Jhulia Kathelen Carvalho de Oliveira dos Santos

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

Nivaldo Schultz

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes métodos de preparo do solo e emprego de plantas de cobertura, em cultivo solteiro e consorciado, na produtividade do quiabo (*Abelmoschus esculentus*) de forma a permitir uma produção econômica e sustentável na região da baixada fluminense, Rio de Janeiro. O

cultivo do quiabo foi realizado com preparo convencional do solo (PCS) e sistema de plantio direto (SPD), com produção orgânica. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com dois sistemas de produção (PCS e SPD) e 6 tratamentos com plantas de cobertura do solo, com 3 repetições. Foram realizadas avaliações da produtividade com a finalidade de gerar dados técnicos e científicos para melhorar os índices de lucratividade na produção de quiabo na região. Os resultados encontrados demonstram que houve maior produtividade da cultura no sistema de plantio convencional, explicada pelo alto estande de plantas no sistema. Todavia, apesar da menor produtividade encontrada no sistema de plantio direto, o mesmo pode ser indicado devido aos benefícios que pode trazer às propriedades químicas, físicas e biológicas do solo ao longo do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: *Abelmoschus esculentus*, manejo, rentabilidade, sustentabilidade.

PRODUCTION OF VEGETABLES IN ORGANIC PRODUCTION SYSTEMS WITH DIFFERENT TYPES OF SOIL TILLAGE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of different methods of soil preparation and use of cover crops, in single and intercropping, on the productivity of okra (*Abelmoschus esculentus*) to allow an economical and sustainable production in the Baixada Fluminense region, Rio de Janeiro. The cultivation of okra was carried out with conventional soil preparation (PCS) and no-tillage system (SPD), with organic production. The experimental design was in randomized blocks, with split plots, with two production systems (PCS and SPD) and 6 treatments with cover crops, with 4 replications. Productivity evaluations were carried out to generate technical and scientific data to improve profitability indices in the production of okra in the region. The results show that there was greater productivity of the crop in the conventional planting system, explained by the high stand of plants in the system. However, despite the lower productivity found in the no-tillage system, it can be indicated due to the benefits it can bring to the chemical, physical and biological properties of the soil over time.

KEYWORDS: *Abelmoschus esculentus*, management, profitability, sustainability.

INTRODUÇÃO

A população no Brasil está em constante crescimento, fator que expressa a necessidade de alavancar a produção vegetal para o abastecimento de alimentos no país. Esse cenário deve atender as exigências dos consumidores que atualmente estão mais criteriosos em relação a escolha dos alimentos, visto que a forma como são produzidos reflete diretamente na saúde humana (MATTOS et al., 2009). Priorizar a produção de alimentos através da minimização do uso de defensivos agrícolas e práticas de manejo, a fim de garantir a segurança alimentar, é um desafio na agricultura a ser estudado (FERREIRA et al., 2015).

Aliado a segurança alimentar está o cultivo orgânico de hortaliças junto com o sistema plantio direto. Sistema que tem como premissas básicas a manutenção da cobertura do solo, o revolvimento mínimo do solo e a rotação de cultura (BERTOL, 2016). O emprego destes dois sistemas de produção de forma sustentável e segura, torna-se uma alternativa para aumentar a produção do quiabo na baixada fluminense. No ramo da horticultura orgânica o quiabo (*Abelmoschus esculentus*) é uma hortaliça que se adapta bem a adubação orgânica sendo cultivada principalmente pela agricultura familiar (SANTOS et al., 2019).

A horticultura realizada em sistemas de produção orgânica vem ganhando destaque e espaço no mercado devido aos seus benefícios como a segurança alimentar, sustentabilidade e efeitos positivos na proteção ambiental (OKTEM et al., 2020). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade do quiabo em sistemas de produção orgânica em diferentes sistemas de preparo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi iniciado em abril de 2018, realizado no Sítio do Sol, propriedade particular de produção orgânica, localizado na Reta dos Oitocentos, N.896 em Piranema, Seropédica, Rio de Janeiro. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6, com três repetições e parcelas contendo dois tratamentos: preparo convencional do solo (PCS) e sistema de plantio direto (SPD), com 6 sub tratamentos (*Crotalaria juncea*, Feijão de porco - *Canavalia ensiformis*, Milheto – *Pennisetum glaucum*), coquetel 1 foi composto por 100% da quantidade de sementes recomendadas para cada espécie que compõem o coquetel, coquetel 2 referente a 50% da quantidade de sementes recomendadas para cada espécie que compõem o coquetel e por último o sub tratamento com plantas espontâneas na área.

O tamanho das parcelas dos sistemas de manejo foi de 114 m² (24x6m), e as sub parcelas que recebem os tratamentos com plantas de cobertura possuíram área de 24 m² (6x4m) e no total a área ficou restrita a 864 m². Após o corte das plantas de cobertura e instalado os sistemas plantio direto e convencional, foi realizada a semeadura do quiabo (*Abelmoschus esculentus*) com a cultivar Colher bem da empresa Sakata (Figura 1).



Figura 1. Instalação dos sistemas de preparo do solo e semeadura do quiabo.

Em seguida, foi instalado o sistema de irrigação para suprir a necessidade hídrica da cultura e o controle de plantas daninhas na área foi realizado com roçada, pois, em função de não ser permitido o uso de herbicidas em sistema orgânico. Durante o ciclo da cultura foi observado o ataque de grilos e formigas que dificultaram o crescimento das plantas, através do corte na base das plantas recém germinadas. O controle deste ataque foi feito

com o uso de produtos biológicos cuja utilização é permitida para sistemas de produção orgânica. Após ter sido realizado o controle foi feito o replantio.

O início da colheita foi com 60 dias após o plantio, sendo a colheita realizada três vezes por semana para a análise da produtividade, a partir da quantificação do peso dos frutos contidos nas parcelas (Figura 2).



Figura 2. Produção de quiabo orgânico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que o plantio convencional apresentou maior média de produtividade quando comparado ao sistema plantio direto, 14,76 t ha⁻¹ e 9,56 t ha⁻¹ respectivamente (Figura 3). Os resultados são semelhantes ao encontrado na literatura de 13,26 t ha⁻¹ (MORAES et al., 2018). Não foi observada influência do tipo de planta de cobertura na produtividade da cultura, padrão também não verificado para a interação sistema de plantio e planta de cobertura. O uso do sistema de plantio direto, todavia, é indicado devido aos benefícios que agrega ao longo do tempo nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (WULANNINGTYAS et al., 2021).

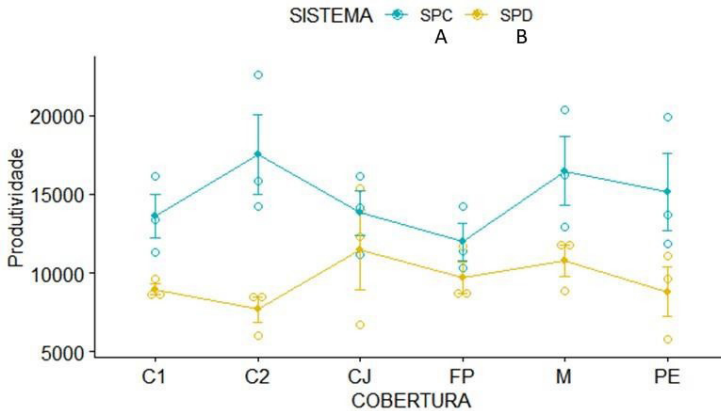


Figura 3. Produção do quiabeiro sob diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparo do solo.

A maior produtividade no sistema de plantio convencional pode ser explicada pelo alto estande de plantas no sistema. O maior número de covas com plantas com destaque para covas com duas plantas foi observado no sistema convencional, motivo que ressalta uma influência na maior produtividade do sistema convencional. De acordo com Tourino et al. (2002) a expressão do potencial produtivo depende das condições em que as plantas irão se desenvolver e alterações na população de plantas pode refletir em ganhos ou perda de produtividade.

A ocorrência de pragas no início do desenvolvimento do quiabeiro pode ter afetado o estande de plantas, principalmente no sistema de plantio direto que contém a cobertura sobre o solo, fator que beneficia a incidência de pragas, como consequência menor produtividade. Esse padrão foi relatado por Jasrotia et al. (2021), em cujos estudos observou-se que o preparo do solo e o manejo de resíduos de culturas contribui para mudanças não apenas nos teores de matéria orgânica do solo, umidade e nutrientes, mas também na atividade biológica dos organismos que habitam o solo.

CONCLUSÕES

A maior produtividade do quiabo foi observada no sistema convencional de preparo do solo, esse resultado deve-se ao maior estande de plantas encontrado nesse sistema e a menor ocorrência de pragas. Todavia, o plantio direto, apesar de apresentar produtividade reduzida é indicado devido aos benefícios à longo prazo nas propriedades do solo.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ, pelo auxílio financeiro no desenvolvimento do projeto e à equipe do Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta (LSP) e do Laboratório de Manejo e Conservação do solo e da água (LMCSA), pelo apoio nas atividades realizadas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BERTOL, I. **Conservação do solo no Brasil: histórico, situação atual e o que esperar para o futuro.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 48p. 2016, (Boletim Informativo 42).

FERREIRA, N.T.M.Y. et al. O que você deve saber sobre os alimentos orgânicos e a Segurança Alimentar e Nutricional. **Nutrição Brasil**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 56-60, 2015.

JASROTIA, P. et al. Tillage intensity influences insect-pest and predator dynamics of wheat crop grown under different conservation agriculture practices in rice-wheat cropping system of Indo-Gangetic Plain. **Agronomy**, Basel, v. 11, 1087, 2021.

MATTOS L.M. et al. Produção segura e rastreabilidade de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 408-413, 2009.

MORAES, E.R. et al. Nutrientes no solo e produção de quiabo conforme doses de silicato de cálcio e magnésio. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 5, n. 1, p.60-65, 2018.

OKTEM, A.G.; OKTEM, A. Effect of farmyard manure application on yield and some quality characteristics of popcorn (*Zea mays* L. Everta Sturt) at the organic farming. **Journal of Agriculture and Ecology Research International**, Londres, v. 21, n. 9, p. 35-42, 2020.

SANTOS, H.C. et al Production and quality of okra produced with mineral and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, p. 97-102, 2019.

TOURINO, M.C.C. et al. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1071-1077, 2002.

WULANNINGTYAS, H.S. et al. A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 205, 104749, 2021

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE BIOCARVÕES NA EMISSÃO DA FLUORESCÊNCIA TRANSIENTE DA CLOROFILA α EM PLANTAS DE ARROZ *Oryza sativa* L.

Data de aceite: 03/07/2023

Danielle França de Oliveira Torchia

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Tadeu Augusto Van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Camila da Costa Barros de Souza

Pós-Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Kimberly Christina Marques da Silva

Estudante de Licenciatura em Ciências Agrícolas (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

Andrés Calderín García

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

possuem condições favoráveis para o desenvolvimento vegetal. Os vegetais para se desenvolverem precisam de nutrientes essenciais, além de quantidade e água e temperatura ideais. Uma das soluções estudadas atualmente para melhorar as condições do solo para a planta é a adição de biocarvão. O biocarvão é um material poroso, rico em carbono, que quando aplicado pode alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Essa alteração é refletida no desenvolvimento vegetal, que passa de um ambiente crítico, para um com condições mais propícias para o seu desenvolvimento. Uma das ferramentas para avaliar o desenvolvimento fotossintético da planta é a fluorescência transiente da clorofila a. Nesse sentido, foram avaliadas plantas de arroz desenvolvidas em Planossolo Háplico localizado no estado do Rio de Janeiro, que recebeu tratamentos com 3 doses (10, 20 e 30 Mg ha⁻¹) de quatro diferentes biochars comerciais. Verificou-se que mesmo biocarvões comerciais, quando aplicados ao solo, geram efeitos diferentes no desenvolvimento vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: biochar comercial, desenvolvimento vegetal, fotossíntese.

RESUMO: Os Planossolos localizados no estado Rio de Janeiro apresentam baixos conteúdo de nutrientes e não

EFFECTS OF THE APPLICATION OF BIOCHARS ON THE EMISSION OF TRANSIENT FLUORESCENCE OF CHLOROPHYLL A IN RICE PLANTS *Oryza sativa* L.

ABSTRACT: The Planosols of the state of Rio de Janeiro are poor and do not present favorable conditions for plant development. The plant to develop needs essential nutrients, in addition to the ideal quantity and water and temperature. One of the solutions currently studied to improve soil conditions for the plant is the addition of biochar. Biochar is a porous material, rich in carbon, which when applied can change the physical, chemical and biological properties of the soil. This change is reflected in plant development, which passes from a critical environment to one with more favorable conditions for its development. One of the tools to assess the photosynthetic development of the plant is the transient fluorescence of chlorophyll a. In this sense, rice plants grown in Planosol in the state of Rio de Janeiro were evaluated, which received treatments with 3 doses (10, 20 and 30 Mg ha⁻¹) of four different commercial biochars. It was found that even commercial biochars, when applied to the soil, generate different effects on plant development.

KEYWORDS: commercial biochar, plant development, photosynthesis.

INTRODUÇÃO

Os Planossolos localizados no estado do Rio de Janeiro de maneira geral, apresentam baixa fertilidade natural, teores de matéria orgânica e textura arenosa nos horizontes superficiais. A conjunção destes atributos não é favorável para o desenvolvimento vegetal, e mesmo que nutrientes essenciais para as plantas sejam adicionados, uma grande perda por lixivação, o que dificulta a sua disponibilidade para as plantas. Nesse sentido, o biochar atua como condicionante do solo, promovendo modificações nas suas características físicas, químicas e biológicas. A adição de biocarvão proporciona melhoria na agregação do solo, maior retenção de água e disponibilização lenta dos nutrientes. Além disso, por se tratar de um material rico em carbono, ao mesmo tempo que atua melhorando as condições para o desenvolvimento vegetal, também proporciona o aporte de carbono no solo. As condições adversas do ambiente podem alterar o estado fisiológico da planta. Através da análise da fluorescência transiente da clorofila é possível estabelecer a interferência do estresse à planta e apontar as respostas fotossintéticas (KUCKENBERG et al., 2009). Nesse sentido, foram testados quatro biocarvões comerciais diferentes, visando verificar a eficiência no auxílio do desenvolvimento vegetal, através dos seus efeitos nos parâmetros da emissão da fluorescência transiente da clorofila pelas plantas de arroz cultivadas em solo de condições extremas quanto as limitações nutricionais e edáficas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido utilizando *Oryza sativa* L. (cv. Nipponbare), em casa de vegetação. As sementes de arroz foram previamente desinfetadas com hipoclorito de sódio (2%) por 10 minutos e lavadas com água destilada. Em seguida, foram transferidos

para vasos contendo 2 kg de solo. Foram estudados quatro biocarvões comerciais (B1, B2, B3 e B4) e três doses (10 Mg ha⁻¹, 20 Mg ha⁻¹ e 30 Mg ha⁻¹). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, fatorial 4x3 com adicional e sete repetições. Para a análise da fluorescência transiente da clorofila a, aos 20 dias após a semeadura, foi inserido um leafclip no terço médio da segunda folha de cada planta, a qual foi fechada e permaneceu no escuro durante 30 min antes da análise. Os parâmetros de fluorescência transiente da clorofila foram medidos através do Handy Plant Efficiency Analyzer (Plant Efficiency Analyzer; Hansatech, UK). Após 30 min no escuro, é emitido um feixe de luz vermelha, com comprimento de onda de 650 nm e intensidade de luz de 3000 μmol m⁻² s⁻¹ fornecida por três diodos emissores de luz, que continuam a registrar 1 s. A análise foi realizada no começo da manhã, aproximadamente às 7h. Uma curva dos parâmetros de fluorescência (OJIP) foi traçada para normalizar os dados de fluorescência para dados de fluorescência variável relativa, usando a seguinte equação: $V_t = (F_t - F_0) / (F_M - F_0)$, em que V_t é a fluorescência variável relativa no tempo t , F_0 é a fluorescência inicial, F_t é a fluorescência no tempo t , e F_M é a fluorescência máxima. Os parâmetros do teste JIP (etapas de fluorescência transitória O, J, I e P) foram calculados de acordo com o algoritmo do teste JIP descrito por STRASSER et al. (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise Jip-test da fluorescência transiente da clorofila a foram obtidos os parâmetros fotossintéticos das plantas de arroz submetidas aos tratamentos com os biocarvões, os quais foram normalizados tendo como referência o controle (Figuras 1 e 2).

O gráfico de radar (Figura 1) mostra que alterações significativas nos parâmetros fotossintéticos foram notadas em todos os tratamentos em doses variadas, quando comparadas com o controle. O tratamento com B1 na maior dose (30 Mg ha⁻¹) mostrou aumento no índice de desempenho fotossintético na conservação de energia de excitação para a redução dos aceptores de elétrons do intersistema (PIABS), entretanto nas demais doses houve uma redução. Essa redução também é observada em B2 (10 e 30 Mg ha⁻¹) e B4 (30 Mg ha⁻¹). Um aumento significativo do índice de desempenho fotossintético na conservação de energia de excitação para redução dos aceptores finais do PSI (fotossistêmico) (PITOTAL) é observado no tratamento com B4 (30 Mg ha⁻¹) e com B3 (10 Mg ha⁻¹). O aumento de PIABS & PITOTAL mostram que houve na planta melhor funcionalidade da cadeia de transportadores de elétrons (SOUZA, 2022).

O índice de desempenho P_{total} , mede o desempenho fotoquímico desde os fótons absorvidos pelo FSII até a redução dos aceptores finais do FSI e tem sido considerado o parâmetro mais sensível do teste JIP porque é o produto de quatro outros parâmetros: a densidade de centros de reação ativos = RC/ABS ; a eficiência quântica do FSII = $\phi_0 / (1 - \phi_0)$; a eficiência quântica da conversão de energia de excitação para o transporte de

elétrons = $\Psi_0/(1-\Psi_0)$; e a eficiência quântica da redução dos receptores finais do FSI = $\delta R_0 / (1 - \delta R_0)$ (SMIT et al.,2009).Os parâmetros de rendimento quântico de transporte de elétrons de QA- para o os aceptores de elétrons do intersistema (ϕE_0) e de rendimento quântico de transporte de elétrons da QA- para o acceptor final de elétrons do FSI (ϕR_0) tiveram aumentos significativo em B4 (30 Mg ha⁻¹) e no B3 (10 Mg ha⁻¹).

O biocarvão B4 também apresentou aumento significativo em atividades específicas por centro de reação (RC), na captura de elétrons por RC (TR_o/RC),no fluxo de captura de energia por RC ativo, capaz de levar a uma redução de quinona A (QA -) (ET_o/RC) e no fluxo de elétrons até aceptores finais do PSI porRC (RE_o/RC), na perda de energia na forma de calor (DI_o/RC) e no tamanho aparente do sistema antena (ABS/RC) (YUSUF et al., 2010).

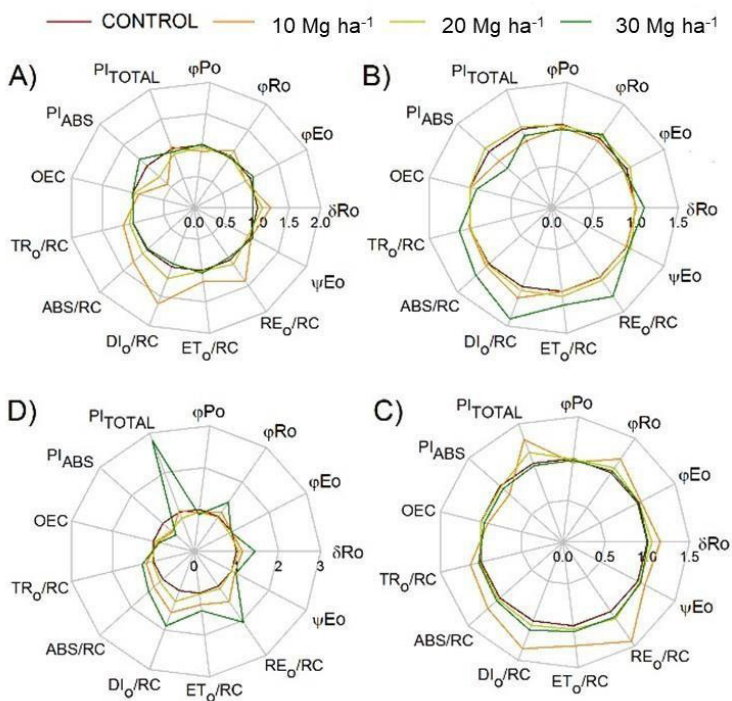


Figura 1 - Parâmetros fotossintéticos deduzidos pela análise do teste JIP de transientes de fluorescência normalizados usando como referência a testemunha

Na Figura 2 são apresentados os gráficos da análise de fluorescência da clorofila *a* normalizada como curva de fluorescência variável relativa OJIP (os pontos O50μs, J2ms, I30ms, e P1s estão marcadas no gráfico) (Wt), os gráficos de fluorescência variável normalizados entre os pontos O50μs e I30ms(WOI), e os gráficos de fluorescência variável normalizados entre os pontos I30ms e P1s (WIP).

A fluorescência transiente da clorofila mostrou uma curva transitente polifásica (OJIP) típica, entretanto, no tratamento com B4 é possível notar uma alteração na forma da curva. Isto, provavelmente, foi provocado por danos fotoinibitórios do complexo FSII, que indica o rendimento fotoquímico máximo para fotoquímica primária. No tratamento com B4 houve aumento no momento O-J e redução no momento J-I.

Os valores da fluorescência variável relativa mostraram que a em B4 a forma do transiente na fase J das plantas foi menos pronunciada em relação ao controle, mostrando que as plantas cultivadas no solo com a aplicação do B4 sofreram menos estresse que o controle (GONÇALVES et al. 2010).

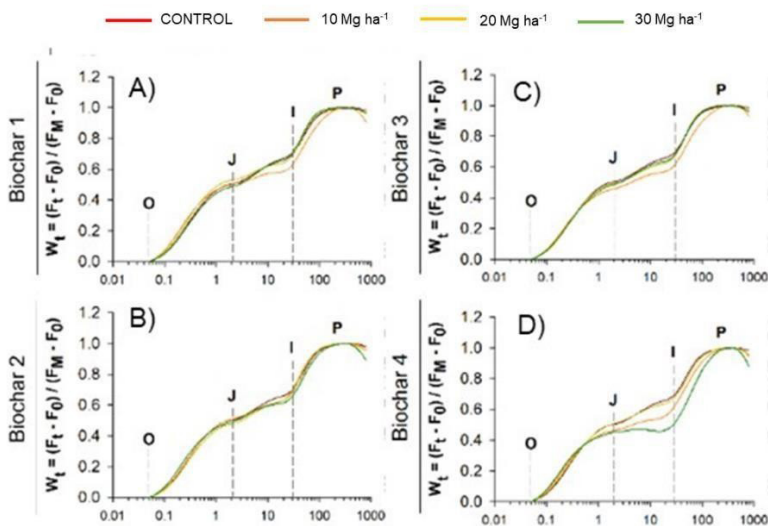


Figura 2 - Fluorescência variável relativa entre as etapas O e P.

CONCLUSÕES

A aplicação de biocarvões comerciais diferentes apresentou também resultados distintos, mostrando que cada biocarvão possui particularidades. O uso de biocarvão em solos com baixa fertilidade natural pode ajudar a melhorar o desenvolvimento vegetal. O biocarvão B4 na dose de 30 Mg ha⁻¹ apresentou resultados mais satisfatórios quando comparado aos demais, reduzindo o estresse causado nas plantas na situação não favorável para o seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Aos Laboratórios de Química Biológica do Solo e de Relação Solo-Planta, ao PPGA-CS e à UFRRJ. Às agências de fomento CAPES, FAPERJ e CNPq pela disponibilização de recursos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GONÇALVES, E.R.; FERREIRA, V.M.; SILVA, J.V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T.P.;

DUARTE, W.G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em 33 variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.14, n.4, p.378-386, 2010.

KUCKENBERG, J. et al. Temporal and spatial changes of chlorophyll fluorescence as a basis for early and precise detection of leaf rust and powdery mildew infections in wheat leaves. **Precision Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 34-44, 2009.

SOUZA, C.C.B. **Alterações químicas, estruturais e na capacidade de adsorção de metais pesados da cama de frango durante a compostagem**. 2022. 162p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós graduação em Agronomia – Ciência do Solo, Departamento de Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

SMIT, M.F. et al. Effect of trifluoroacetate, a persistent degradation product of fluorinated hydrocarbons, on *Phaseolus vulgaris* and *Zea mays*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 47, p. 623-634, 2009.

STRASSER, R.J. et al. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: PAPAGEORGIOU, G.C.; GOVINDJEE (eds.). **Advances in photosynthesis and respiration**, v.19, p. 321-362, 2004.

YUSUF, M.A. et al. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1797, p. 1428- 1438, 2010.

ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DA BUVA (*CONYZA SPP.*) COM APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Data de aceite: 03/07/2023

James Matheus Ossacz Laconski

Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO)

RESUMO: Objetivou-se com o presente estudo avaliar o potencial de herbicidas, utilizados em associação, de diferentes ingredientes ativos no controle da buva. Os tratamentos consistiram de: T1 - Testemunha (sem aplicação); T2 - Glifosato + Ácido diclorofenoxiacético + Clorimuron etílico ($1,5 \text{ kg ha}^{-1} + 1,5 \text{ L ha}^{-1} + 80 \text{ g ha}^{-1}$); T3 - Glifosato + Ácido diclorofenoxiacético + Diclosulam ($1,5 \text{ kg ha}^{-1} + 1,5 \text{ L ha}^{-1} + 41,7 \text{ g ha}^{-1}$); T4 - Glifosato + Triclopir-butotílico + Clorimuron etílico ($1,5 \text{ kg ha}^{-1} + 1,5 \text{ L ha}^{-1} + 80 \text{ g ha}^{-1}$) e T5 - Glifosato + Triclopir-butotílico + Diclosulam ($1,5 \text{ kg ha}^{-1} + 1,5 \text{ L ha}^{-1} + 41,7 \text{ g ha}^{-1}$). Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos avaliou-se a porcentagem de controle. Por conta do baixo controle, ocasionado por condições climáticas realizou-se uma aplicação sequencial de Paraquat 200 SL Alamos®. Após 7 e 14 dias da aplicação sequencial avaliou-se a porcentagem de controle e aos 14 dias a massa seca

da parte aérea das plantas de buva. A aplicação de glifosato + triclopir-butotílico + clorimuron etílico foi a menos eficiente aos 7 e 14 dias após a aplicação dos tratamentos. Entretanto, o glifosato + triclopir-butotílico + diclosulam foi tratamento mais eficiente para o controle da buva aos 21 e 28 após a aplicação dos tratamentos. A utilização de herbicida sequencial com Paraquat 200 SL Alamos® propiciou controle de 100% da buva. A aplicação em momentos adequados é essencial para melhor eficiência dos herbicidas.

PALAVRAS-CHAVE: 2, 4-D, glifosato, paraquat, plantas daninhas.

ALTERNATIVES FOR BUVA CONTROL (*Conyza spp.*) WITH HERBICIDES APPLICATION

ABSTRACT: The objective of the present study was to evaluate the potential of herbicides, used in association, of different active ingredients in the control of horseweed. The treatments consisted of: T1 - Control (without application); T2 - Glyphosate + Dichlorophenoxyacetic acid + Ethyl Chlorimuron ($1.5 \text{ kg ha}^{-1} + 1.5 \text{ L ha}^{-1} + 80 \text{ g ha}^{-1}$); T3 - Glyphosate + Dichlorophenoxyacetic acid + Diclosulam ($1.5 \text{ kg ha}^{-1} + 1.5 \text{ L ha}^{-1} + 41.7 \text{ g ha}^{-1}$); T4

- Glyphosate + Triclopyr-butyl + Ethyl Clorimuron ($1.5 \text{ kg ha}^{-1} + 1.5 \text{ L ha}^{-1} + 80 \text{ g ha}^{-1}$) and T5 - Glyphosate + Triclopyr-butyl + Diclosulam ($1.5 \text{ kg ha}^{-1} + 1.5 \text{ L ha}^{-1} + 41.7 \text{ g ha}^{-1}$). At 7, 14, 21 and 28 days after application of treatments, the percentage of control was evaluated. Due to poor control, caused by weather conditions, a sequential application of Paraquat 200 SL Alamos® was carried out. After 7 and 14 days of sequential application, the percentage of control and at 14 days the dry mass of the aerial part of the horseweed plants were evaluated. The application of glyphosate + triclopyr-butyl + ethyl chlorimuron was the least efficient at 7 and 14 days after application of the treatments. However, glyphosate + triclopyr-butyl + diclosulam was the most efficient treatment to control horseweed at 21 and 28 after application of treatments. The use of a sequential herbicide with Paraquat 200 SL Alamos® provided 100% weed control.

KEYWORDS: 2, 4-D, glyphosate, paraquat, weeds.

INTRODUÇÃO

Plantas daninhas ou plantas invasoras, são plantas que prejudicam às atividades humanas, e o meio ambiente, quando ocorrem fora de sua área de distribuição geográfica ou em populações acima da capacidade de suporte do ambiente. (PITELLI, 2015).

São inúmeros os efeitos negativos que as plantas daninhas podem causar em plantas cultivadas, como a competição por água, luz e nutrientes, liberação de compostos químicos que podem afetar a germinação e o desenvolvimento das culturas (alelopatia), hospedeiros insetos-pragas, fungos e nematoides, dificultar os trabalhos na colheita, depreciar a qualidade dos produtos, entre outros fatores (BRIGHENTI, 2010).

A buva (*Conyza* sp.) representante da família Asteraceae, é uma planta daninha com alta capacidade de produção e dispersão de sementes, anual, herbácea, ereta e com reprodução por sementes que germinam no outono/inverno, com encerramento de ciclo na primavera e verão (RIZZARDI e SILVA, 2014).

Suas características têm feito com que se destaque pelo seu caráter negativo, infestando áreas de cultivos anuais e perenes. Além disso, apresenta difícil controle, por possuir populações resistentes à herbicidas, fazendo com que seu controle seja necessário durante o inverno, momento em que estas se encontram pequenas (plântulas) e sensíveis às medidas de controle. Porém, nesse período a região Sul têm suas áreas de cultivo ocupadas por pastagens de inverno e culturas anuais, o que demanda herbicidas seletivos e eficazes no controle desta planta (DAUER et al., 2007; LAMEGO e VIDAL, 2008; VARGAS et al. 2007).

A buva é uma das principais plantas daninhas que acomete à cultura da soja. Além de suas características já mencionadas, essa planta apresenta populações resistentes à herbicidas, encontradas em pomares de citros, e em áreas de soja transgênica, além disso, a resistência é significativa quando a aplicação acontece com a planta no estágio de roseta ou após. Nesse sentido, têm sido exigido aos produtores a adoção de métodos alternativos de controle, como a utilização de diferentes herbicidas ou suas associações. Como por

exemplo aqueles dos ingredientes ativos: triclopir- butotílico, clorimuron etílico e diclosulam (PAULA et. al. 2011; YAMAUTI et. al. 2010; DALAZEN, KRUSE e MACHADO, 2015).

Além disso, os herbicidas citados acima podem ser utilizados como pré- emergente à cultura da soja, ou das plantas daninhas. Deve-se preconizar pela escolha de herbicidas com maior efeito residual no solo, os quais auxiliam na redução do fluxo de emergência das plantas daninhas, inclusive em períodos críticos ao estabelecimento da cultura (SANCHOTENE, 2017).

Nesse sentido, objetiva-se com o presente estudo avaliar o potencial de controle da buva (*Conyza sp.*) por meio do uso de herbicidas com diferentes ingredientes ativos, utilizados em associação, com posterior aplicação sequencial.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Ivaiporã, região Centro-Sul do estado do Paraná, no período de setembro a novembro de 2020. O município apresenta altitude média de 616 metros em relação ao nível do mar. De acordo com a classificação climática de Köppen (1948) a região apresenta Clima tipo (Cfa), com verões quentes (temperatura média superior a 22°C), invernos com geadas e com ausência de estação seca.

A infestação da área experimental com buva (*Conyza sp.*) ocorreu após a semeadura do milho, de maneira natural. A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 16 de setembro de 2020, por meio de bomba D20 costal, bico leque 02, e distribuição volumétrica de 100 L ha⁻¹. As plantas no momento da aplicação apresentavam altura entre 5 e 10 cm. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. A unidade experimental constituiu-se de parcelas com dimensões 3x5m (15 m²); para fins de avaliação foram considerados os 8 m² centrais de cada unidade experimental. Os tratamentos herbicidas utilizados estão expressos na tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos com herbicidas para o controle de buva (*Conyza sp.*), com seus respectivos ingredientes ativos, dosagem e forma de utilização.

| Tratamentos | Ingrediente Ativo | Dose | Utilização |
|-------------|---|--|---------------|
| 1 | Testemunha | - | - |
| 2 | glifosato + ácido diclorofenoxiacético + clorimuron etílico | 1,5 kg ha ⁻¹ + 1,5 L ha ⁻¹ + 80 g ha ⁻¹ | Pós emergente |
| 3 | glifosato + ácido diclorofenoxiacético + diclosulam | 1,5 kg ha ⁻¹ + 1,5 L ha ⁻¹ + 41,7 g ha ⁻¹ | |
| 4 | glifosato + triclopir-butotílico + clorimuron etílico | 1,5 kg ha ⁻¹ + 1,5 L ha ⁻¹ + 80 g ha ⁻¹ | |
| 5 | glifosato + triclopir-butotílico + diclosulam | 1,5 kg ha ⁻¹ + 1,5 L ha ⁻¹ + 41,7 g ha ⁻¹ | |

Fonte: Do autor (2022).

A avaliação do controle das plantas de buva obtida em relação à testemunha, foi realizada por meio de escala de notas visuais segundo critérios da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas SBCPD (1995), em que 0% corresponde à ausência de injúria e 100% à morte das plantas. Esta avaliação foi feita aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação a aplicação dos tratamentos (DAA).

Em função das condições climáticas que proporcionaram porcentagens reduzidas de controle dos tratamentos à buva, verificou-se à necessidade da aplicação de outro herbicida de forma sequencial que pudesse aumentar a eficiência dos tratamentos. Para tanto utilizou-se o Paraquat 200 SL Alamos®, sob a dose de 2 L ha⁻¹, realizado aos 36 dias após a primeira aplicação.

Aos 7 e 14 dias após a aplicação do Paraquat 200 SL Alamos® avaliou-se novamente a porcentagem de controle da buva, sendo que aos 14 dias (42 dias após a primeira aplicação), a parte aérea das plantas foram cortadas rente ao solo e coletadas, com o objetivo de avaliar a massa seca da parte aérea das plantas daninhas. A coleta foi feita por meio de um gabarito metálico, em forma de quadrado (1 m²), lançado aleatoriamente nas unidades experimentais e posteriormente foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 60°C, até que atingissem massa constante para pesagem em balança de precisão, com o objetivo de quantificar o controle.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas através do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, sendo utilizado o software SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) foram verificadas diferenças nos valores de porcentagem de controle nos diferentes tratamentos.

Para o controle aos 7 e 14 DAA as maiores médias foram obtidas com a aplicação de glifosato + ácido diclorofenoxiacético + clorimuron etílico, glifosato + ácido diclorofenoxiacético + diclosulam e glifosato + triclopir-butotílico + diclosulam, ou seja nos tratamentos 2, 3 e 5, respectivamente, os quais apresentaram 60% de controle (em relação à testemunha), não diferenciando entre si. Para o tratamento 4 (glifosato + triclopir-butotílico + clorimuron etílico), as médias obtidas de controle da buva foram de 50%. A menor média de controle foi observada para a testemunha (T1). Karam et al. (2010) observou resultados semelhantes por meio da aplicação de glifosato, atrazine, clorimuron, paraquat e amomonium glufosinate, os quais verificaram diferenças significativas em todos os tratamentos quando comparados à testemunha.

Além disso, Santos et al. (2010) verificando a eficácia de herbicidas em dessecação, para o controle de *Conyza*. sp., obtiveram porcentagens médias de controle de 30% com a aplicação de glifosato (2,0 L ha⁻¹) + ácido diclorofenoxiacético (1,0 L ha⁻¹) + diclosulam (30 g ha⁻¹), tratamento similar ao utilizado neste trabalho.

Com relação à avaliação aos 21 DAA, o tratamento com glifosato + triclopir-butotílico + diclosulam (T5) apresentou as maiores médias de controle (40%), diferindo-se de todos os demais tratamentos aplicados e da testemunha sem aplicação. Na sequência têm-se o tratamento com glifosato + ácido diclorofenoxiacético + clorimuron etílico (T2), em que se verificou em média 30% de controle e se diferiu dos demais.

Após 28 DAA, as maiores médias continuaram a ser observadas com a aplicação de glifosato + triclopir-butotílico + diclosulam (T5) com 15% controle, seguido pelo tratamento com glifosato + ácido diclorofenoxiacético + clorimuron etílico (T2) que apresentou em média 10% de controle.

Como pode-se observar nos gráficos anteriores, o controle final da buva (28 DAA) não apresentou resultados satisfatórios em nenhum dos tratamentos aplicados, devido às condições climáticas e momento de aplicação desfavoráveis. Portanto, fez-se necessário realizar uma aplicação sequencial com Paraquat 200 SL Alamos® (36 dias após a primeira aplicação) para tentar aumentar os níveis (%) de controle, a qual foi realizada em condições climáticas ideais.

Rossi et al. (2018) mencionam que em casos de controles não eficientes de buva através de uma aplicação inicial de herbicidas sistêmicos, recomenda-se a aplicação sequencial de herbicidas de contato, fazendo com que ocorra uma aceleração na velocidade inicial e final de controle desta espécie.

Aos 7 e aos 14 dias após a aplicação sequencial (DAAS), a porcentagem de controle dos tratamentos aumentou consideravelmente. Todos os tratamentos, com exceção da testemunha sem aplicação proporcionaram médias de controle de 100%. Estes resultados ressaltam a necessidade de se fazer a aplicação em momentos ideais, uma vez que de acordo com PENCHOWSKI et al. (2003), fatores do clima, como temperatura ambiente, umidade relativa do ar, precipitação, irradiação solar, os ventos e orvalho, são importantes para a eficiência de herbicidas. Resultados semelhantes foram relatados por SANTOS et al. (2010), os quais observaram aumentos na porcentagem de controle de buva por meio dos herbicidas (glifosato, ácido diclorofenoxiacético, clorimuron, metsulfurom, diclosulam, imazetapir, sulfentrazone) após a aplicação sequencial de glufosinato.

A massa seca da parte aérea coletada aos 14 DAAS não diferiu estatisticamente entre os herbicidas aplicados, somente da testemunha, a qual apresentou massa de 68,95 g (T1), diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos. Na sequência têm-se o tratamento 2 (glifosato + ácido diclorofenoxiacético + clorimuron etílico) com 23,76 gramas, seguido por T5 (glifosato + triclopir-butotílico + diclosulam), T4 (glifosato + triclopir-butotílico + clorimuron etílico) e T3 (glifosato + ácido diclorofenoxiacético + diclosulam), que apresentaram 18,89, 13,4 e 10,6 gramas, respectivamente. Tais resultados demonstram a importância da utilização de herbicidas para a redução da biomassa da planta daninha e consequentemente seu controle.

CONCLUSÕES

A aplicação de glifosato + triclopir-butotílico + diclosulam demonstrou-se eficiente para o controle da buva.

A utilização de herbicida sequencial com Paraquat 200 SL Alamos® propiciou controle de 100% da buva.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRIGHENTI, A. M. **Manual de Identificação e Manejo de Plantas Daninhas em Cultivos de Cana-de-Açúcar**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010, 112 p.

DALAZEN, G.; KRUSE, N. D.; MACHADO, S. L. O. Herbicidas de uso potencial no controle de buva e sua seletividade sobre aveia e azevém. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 792-799, 2015.

DAUER, J. T.; MORTENSEN, D. A.; VANGESSEL, M. J. Temporal and spatial dynamics of long-distance *Conyza canadensis* seed dispersal. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, n. 1, p. 105-114, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.

Ciência e Agrotecnologia, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

KARAM, D. et. al. **Manejo químico de buva (*Conyza bonariensis*) pelo uso de herbicidas isolados e em mistura**. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto, SP. 2010.

KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra**. México:Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza sp.* e *Conyza canadensis* no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 467-471, 2008.

PLANTIO DIRETO DE ABÓBORA EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO

Data de aceite: 03/07/2023

Jander Barbosa da Silva Júnior
Graduação em Agronomia (UFRRJ)

Felipe Castro da Silva
Estudante de graduação em Biologia
(UFRRJ)

Camilla Santos Reis de Andrade da Silva
Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo (UFRRJ)

Jhonatan Marins Goulart
Doutorando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia (UFRRJ).

José Guilherme Marinho Guerra
Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Agrobiologia)

Ednaldo da Silva Araújo
Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Agrobiologia)

RESUMO: O plantio direto é o manejo onde são utilizadas técnicas de mínimo revolvimento do solo e aporte de cobertura vegetal sobre o solo. Este manejo conservacionista corrobora em minimizar

a erosão do solo, melhorar a agregação, aumentar a porosidade do solo, preservar a microfauna etc. Entretanto, o grande desafio é compatibilizar esse manejo com a agricultura orgânica, sem a utilização de herbicidas. O objetivo do trabalho foi analisar a produtividade de abóbora submetida ao plantio direto e a diferentes tipos de preparo do solo em sistema orgânico de produção. Os experimentos realizados foram parte de um experimento de longa duração. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de três tipos de preparo de solo: a) plantio direto, com o uso de triturador de resíduos (Triton); b) preparo convencional com o uso da enxada rotativa e c) preparo convencional com o uso de uma aração e duas gradagens. Após o plantio e colheita da cultura, foi realizada a determinação da produtividade. O plantio direto proporcionou produtividade de abóbora jacarezinho igual ao preparo convencional com enxada rotativa e ao preparo convencional com uma aração e duas gradagens. O sistema de plantio direto, sem uso de herbicida, mostrou-se viável para ser inserido no manejo orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: Curcubita moschata, cultivo orgânico, conservação do solo.

NO-TILL PUMPKIN IN ORGANIC PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT: No-tillage is the management in which techniques of minimal soil disturbance and the use of vegetation cover on the soil are used. This conservationist management helps to minimize soil erosion, improve aggregation, increase soil porosity, preserve microfauna, etc. However, the great challenge is to make this management compatible with organic agriculture, without the use of herbicides. The present work aimed to analyze the productivity of pumpkin submitted to no-tillage and different types of soil preparation in an organic production system. The experiments carried out were part of a long-term experiment. The experimental design used was randomized blocks with four replications. The treatments consisted of three types of soil preparation: a) no-tillage, using a waste shredder (Triton); b) conventional tillage using a rotary tiller and c) conventional tillage using one plowing and two harrowing. After planting and harvesting the crop, the crop yield was determined. The no-tillage provided pumpkin productivity equal to conventional tillage with rotary tiller and conventional tillage with one plowing and two harrowing. The no-tillage, without the use of herbicide, proved to be viable to be inserted in the organic management.

KEYWORDS: *Curcubita moschata*, organic cultivation, soil conservation.

INTRODUÇÃO

O solo é um dos mais importantes recursos naturais, sendo essencial para a vida e para as relações ecológicas existentes. Apesar disso, a degradação desse recurso tornou-se algo comum na agricultura brasileira, se tornando um ponto de preocupação para a comunidade científica em decorrência da redução da produtividade das culturas, do aumento no custo de produção e, principalmente, em razão da degradação do solo e dos danos ao meio ambiente. O manejo deste deve ser, portanto, frequentemente repensado e efetuado de maneira sustentável (ALVES & SUZUKI, 2004).

Um dos principais sistemas que preza pela não degradação do solo é o plantio direto, que consiste em uma forma de manejo conservacionista do solo e que envolve um conjunto de técnicas integradas que visam aperfeiçoar a expressão do potencial genético de produção das culturas com melhoria das condições ambientais (água-solo-clima).

O plantio direto está fundamentado em três requisitos mínimos: revolvimento do solo restrito à cova ou sulco de plantio, a biodiversidade pela rotação de culturas, e a cobertura permanente do solo com culturas aptas para formação de palhada. Resultando em uma menor perda de solo, água e nutrientes por erosão (BERNARDI et al., 2003). Permite essa melhora, mesmo em pouco tempo, porque é um sistema com eficiência em otimizar os recursos naturais disponíveis, corroborando para minimizar os impactos sobre o meio ambiente devido ao cultivo. Ademais, contribui para o sequestro de carbono no solo, sendo uma ferramenta com potencial para garantir a durabilidade da produção agrícola em zona tropical úmida (SCOPEL et al., 2005).

O plantio direto e o cultivo mínimo vêm sendo testados tanto na agricultura convencional quanto na orgânica, acrescentando também o uso da adubação verde

(ALCÂNTARA et al., 2008; TIVELLI et al., 2019). O preparo e o revolvimento do solo são práticas constantes na horticultura e que contribuem com a degradação do solo (SEDIYAMA et al., 2014) e, em função disso, há um grande número de áreas agrícolas que são abandonadas pelos agricultores (PINHEIRO et al., 2003; MADEIRA et al., 2004).

Os sistemas conservacionistas do solo se apresentam como alternativas para combater essa degradação. A produção de cucurbitáceas no plantio direto vem crescendo em diversas regiões, com produtividades semelhantes ou superiores ao preparo convencional. Para plantio sobre a palhada, o produtor tem à disposição o semeio direto em covas, com vantagens de economia de mão de obra, porém tendo um gasto maior de sementes por hectare. Em áreas maiores, é comum o plantio mecanizado, com a adaptação de semeadoras de outras culturas (MADEIRA et al., 2014).

Pesquisas que visam adequar o PD em sistemas orgânicos vem recebendo investimentos, em razão dos benefícios que essa técnica é capaz de proporcionar para o solo e para o meio ambiente, já que minimiza a frequência do revolvimento do solo (SANTOS et al., 2008). Entretanto, o desafio na implantação desse sistema no cultivo orgânico é compatibilizá-lo sem o uso de herbicida.

Raviv (2010) relata que o campo da pesquisa mais importante na horticultura orgânica deve ser a identificação de métodos novos e eficientes para o controle de plantas daninhas que não tenham efeitos negativos sobre a sustentabilidade do sistema, especialmente, nos parâmetros de qualidade do solo.

Nesse contexto, é importante melhorar o conhecimento sobre o potencial de técnicas conservacionistas sobre a produção vegetal em estudos de longo prazo nestes cultivos (YAGIOKA, 2014). Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a implementação do plantio direto sem uso de herbicida – com o emprego do triturador de resíduos na agricultura orgânica. O objetivo específico foi: avaliar a produtividade de abóbora jacarezinho (*Curcubita moschata*) no Plantio Direto em cultivo orgânico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), denominado “Fazendinha Agroecológica Km 47”, no município de Seropédica – RJ. A área é localizada na latitude sul 22°45' S, e na longitude 43° 41'N, e altitude cerca de 30 metros. O clima da região é quente e úmido, com inverno pouco pronunciado, classificado como Aw, segundo Köppen (NEVES et al., 2005). O solo do local foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo.

Os tratamentos de manejo de preparo do solo foram: plantio direto sem herbicida, com uso de triton para triturar a palhada; preparo convencional com uso de enxada rotativa, preparo convencional com uma aração e duas gradagens. É importante salientar que o trabalho foi desenvolvido em cultivo orgânico, não sendo utilizado herbicida em nenhum dos tratamentos.

Os experimentos fazem parte de um projeto, o qual é um experimento de longa duração realizado desde 2014 na Fazendinha Agroecológica do Km 47, que tem por finalidade avaliar os efeitos do Sistema de Plantio Direto no solo e nas produtividades das hortaliças, além da produção de adubos verdes utilizadas para o aporte de matéria orgânica no sistema. A cada ano agrícola é realizado o pré-cultivo do milho (*Zea mays*) consorciado a uma leguminosa e posteriormente é feito o cultivo de uma hortaliça.

O experimento foi instalado em sucessão ao milho consorciado com crotalária. Logo após o manejo com o triton, realizou-se o preparo do solo de acordo com os tratamentos estabelecidos.

As unidades experimentais foram compostas por 5 linhas simples dispostas no espaçamento de 1,0 x 1,5 m. Em maio de 2019, ocorreu o plantio de sementes de abóbora jacarezinho (*Curcubita moschata*). Após o preparo do solo, as covas para plantio foram abertas, não houve adubação de plantio. Dez dias após o plantio foi realizado o replantio da abóbora, após o desbaste foram estabelecidas duas plantas por cova. Após a colheita da abóbora jacarezinho, realizada em 16/09/2019, ocorreu a avaliação da produtividade, foram utilizadas 5 covas por parcela como área útil. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativa, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade da abóbora jacarezinho no Plantio Direto alcançou a média de 22,42 Mg ha⁻¹ (Tabela 1) e não houve diferença estatística entre os tratamentos, evidenciando a compatibilidade da cucurbitácea nesse manejo do solo. As produtividades que constam na literatura nas mesmas condições edafoclimáticas alcançaram média de 18,2 Mg ha⁻¹ (GOULART et al., 2015), mostrando que o plantio direto pode ser estratégico em sistemas orgânicos de produção, obtendo médias semelhantes ao preparo convencional.

Vale ressaltar que foi utilizado como aporte de nutrientes, o milho e a crotalária em pré-cultivo, não havendo adubação de plantio e adubação de cobertura. O que evidencia a eficácia do plantio direto no cultivo de hortaliças e a importância da palhada nesse sistema para atingir uma produção sustentável (SILVA et al., 2018).

Tabela 1. Valores médios de produtividade e diâmetro de Abóbora Jacarezinho em diferentes formas de preparo do solo em sistema orgânico de produção. Seropédica, RJ. 2019.

| Sistemas de preparo do solo | Produtividade (Mg ha ⁻¹) | Diâmetro (cm) |
|--|--------------------------------------|---------------|
| Plantio Direto | 22.42 a | 13.76 a |
| Preparo convencional com uma aração e duas gradagens | 21.39 a | 13.72 a |
| Preparo convencional com enxada rotativa | 22.13 a | 13.47 a |
| CV (%) | 22,08 | 3,69 |

Médias seguidas de letras e números iguais, na coluna, não diferem significativamente ($p \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

O diâmetro médio obtido foi de 13,65 cm que está de acordo com a literatura, em trabalho realizado por Krause (2006), a média do diâmetro ficou em 15,9 cm. Verifica-se a variação do número de frutos e peso em relação ao espaçamento das covas, onde quanto menor o espaçamento propicia mais frutos por planta e menor o peso dos frutos, o que é extremamente relevante para a agricultura orgânica onde favorece a agregação de valor e venda de frutos menores que possuem maior facilidade de preparo da hortaliça e se encaixam melhor nas preferências do mercado consumidor (MANOS et al., 2017).

CONCLUSÕES

O plantio direto proporcionou produtividade de abóbora jacarezinho igual ao preparo convencional com enxada rotativa e ao preparo convencional com uma aração e duas gradagens.

Os resultados de produtividade do experimento demonstraram que o plantio direto é viável para produção orgânica abóbora, uma vez que mantém o mesmo nível de produtividade que o preparo convencional.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALCANTARA, F. A. de; MADEIRA, N. R. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 10 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 64).

ALVES, M. C. e SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 26, n 1, p.27-34, 2004.

BERNARDI, Alberto Carlos de Campos et al. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 22 p. - (Embrapa Solos. Documentos; n. 46)

MADEIRA, N.R. **Hortaliças sem canteiros**. Cultivar HF, v. 25, n. 5, p.14-15, 2004.

MADEIRA, NRet al. 2014. Desempenho de cultivares de abóbora híbrida tetsukabuto em sistema plantio direto. **Horticultura Brasileira** 31: S1526 – S1531.

MANOS, M. G. L. et al. **Consumo de Abóbora em Sergipe: identificação de hábitos, preferências e limites no subsídio ao desenvolvimento de cultivares para agricultura familiar**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Sergipe, 2017.

NEVES, M. C. P. **Boas práticas agrícolas e a produção orgânica de frutas, legumes e verduras**. Seropédica/RJ: Embrapa Agrobiologia, 2005. (Documentos, 200).

PINHEIRO, E.F.M. et al. Matéria orgânica em Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, p.53-56, 2003

RAVIV, M. Sustainability of organic farming. In: Janick, J. (Ed.), **Horticultural Reviews**, vol. 36, pp. 289–333, 2010.

SANTOS, C. A. B. et al. **Plantio direto de berinjela (*Solanum melongena*), sob manejo orgânico, em solo com cobertura viva permanente de gramínea e leguminosa**. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2008. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 112).

SILVA, C. S. R. A. et al. Avaliação de diferentes manejos do solo sobre a produtividade do milho (*Zea mays*) em sistema orgânico de produção. **Cadernos de Agroecologia**.v.13, n.1. 2018.

SCOPEL, E. et al. Impactos do sistema de plantio direto com cobertura vegetal (spdcv) sobre a dinâmica da água, do nitrogênio mineral e do carbono do solo do cerrado brasileiro. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 01, p. 169-183, 2005.

=SEDIYAMA, MAN; SANTOS, IC; LIMA, PC. 2014. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p.829-837, 2014.

TIVELLI, S.W.; PURQUERIO, L.F.V.; KANO, C. 2010. Adubação verde e plantio direto em hortaliças. **Revista eletrônica Pesquisa e Tecnologia**. v.7, p.1-7. Disponível em: http://www.aptaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=714. Acesso em: 4 de fevereiro de 2019.

YAGIOKA, A., KOMATSUZAKI, M., KANEKO, N. The effect of minimum tillage with weed cover mulching on organic daikon (*Raphanus sativus* var. longipinnatus cv. Taibyousoufutori) yield and quality and on soil carbon and nitrogen dynamics. **Biological Agriculture e Horticulture**, v.3-, n.4, p. 228-242,2014.

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE TOMATE DO TIPO GRAPE SUBMETIDOS A ADUBAÇÃO COM FONTES ALTERNATIVAS

Data de aceite: 03/07/2023

Jéssica Franciele Kaminski Ramos

Mestranda do Programa de Pós Graduação- Agronomia- Ciência do Solo (UFRRJ)

Gabriel Carlos Francisco

Graduando em Engenharia Química (UFRJ)

João Augusto Dourado Loiola

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

Taila Letícia Antunes de Oliveira

Graduanda em Agronomia (UFPR)

Marcos Constantin Marostica

Graduando em Agronomia (UFPR)

Augusto Vaguetti Luchese

Professor do Departamento de Ciências Agronômicas (UFPR)

RESUMO: O crescimento da população mundial reflete diretamente na necessidade de insumos agrícolas que incrementem a produtividade com um menor custo e baixo impacto ambiental. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a resposta de fontes alternativas de nutrientes na qualidade pós-colheita dos frutos de tomates. O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação, em

delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e sete tratamentos: T1- testemunha absoluta; T2- pó de basalto; T3- extrato pirolenhoso; T4- biofertilizante; T5- pó de basalto + biofertilizante; T6- pó de basalto + extrato pirolenhoso; T7- pó de basalto + biofertilizante + extrato pirolenhoso. Os parâmetros avaliados foram sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT). A adubação com T4 proporcionou maior incremento na qualidade dos frutos para SS e o T6 promoveu um aumento no teor de AT. **PALAVRAS-CHAVE:** acidez titulável, fertilização, *S. Lycopersicum*, sólidos solúveis.

POST-HARVEST QUALITY OF GRAPE TOMATO FRUITS SUBJECTED TO FERTILIZATION WITH ALTERNATIVE SOURCES

ABSTRACT: The growth of the world population reflects directly on the need for agricultural inputs that increase productivity with lower cost and low environmental impact. The present work aims to evaluate the response of alternative sources of nutrients in the post-harvest quality of tomato fruits. The study was conducted in a greenhouse, in a randomized block design

with four repetitions and seven treatments: T1- absolute witness; T2- basalt powder; T3- pyrolenous extract; T4- biofertilizer; T5- basalt powder + biofertilizer; T6- basalt powder + pyrolenous extract; T7- basalt powder + biofertilizer + pyrolenous extract. The parameters evaluated were soluble solids (SS) and titratable acidity (TA). Fertilization with T4 provided greater increment in fruit quality for SS and T6 promoted an increase in TA content.

KEYWORDS: fertilization, *S. Lycopersicum*, soluble solids, titratable acidity.

INTRODUÇÃO

O tomate (*S. lycopersicum*) é a segunda hortaliça mais cultivada no Brasil e possui grande relevância socioeconômica. A cultura é altamente responsiva a adubação e a fonte empregada na sua fertilização modifica o sabor e composição química dos frutos, afetando assim na qualidade pós-colheita (ZUBA et al., 2011).

Os biofertilizantes são adubos microbiológicos provenientes da fermentação da matéria orgânica, com alta atividade microbiológica. O insumo atua na proteção de patógenos e promove a dinâmica da ciclagem nutricional. São encontrados em formas líquidas, que favorece sua assimilação, principalmente em culturas que apresentam uma grande exigência nutricional em período de tempo menor, como é o caso do tomateiro, podendo ser aplicados diretamente no solo ou nos tecidos foliares e apresentam baixo custo (RODRÍGUEZ et al., 2019).

Com potencial para adubação, o pó de basalto, material de origem de boa parte dos solos do sul do país, é formado por uma série de elementos essenciais para produção vegetal, disponibilizando nutrientes como fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre e zinco (MELO et al., 2012; NUNES et al., 2014). A dissolução desse material ocorre mais lentamente que os fertilizantes solúveis, sendo facilitada através da ação de micro-organismos ou acidificação do meio (DALCIN et al., 2018).

O extrato pirolenhoso é um produto obtido através da condensação da fumaça da queima da madeira, para produção de carvão vegetal, formado principalmente por alcatrão, ácido pirolenhoso e alguns óleos vegetais, os quais são separados por meio de decantação ou destilação (TSUZUKI et al., 2000; ZANETTI et al., 2004). O extrato pirolenhoso apresenta características de melhoria nas propriedades do solo e incremento na população de micro-organismos benéficos, otimiza a absorção de nutrientes pelas plantas, além de possuir propriedades que podem elevar o teor de açúcar, cor e os odores de frutas e hortaliças (MIYASAKA et al., 2001).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação isolada e associada do pó de rocha basáltica, biofertilizante e extrato pirolenhoso na qualidade pós-colheita de frutos de tomate do tipo *Grape*.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa-de-vegetação, na Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina. Essa região se enquadra no clima do tipo subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Koppen. O solo em questão foi Latossolo Vermelho eutroférrico (SANTOS et al., 2018), coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade. a análise química apresentou as seguintes características: pH(CaCl₂) 5,38; Al³⁺ (cmol_cdm⁻³) 0; Al+H (cmol_cdm⁻³) 4,09; Ca²⁺ (cmol_cdm⁻³) 5,6; Mg²⁺ (cmol_cdm⁻³) 1,5; K (cmol_cdm⁻³) 0,26; SB 7,36; CTC 11,45; C (g.kg⁻¹) 14,21; M.O (g.kg⁻¹) 24,49; P (mg.dm⁻³); V% 64,27. O experimento conduzido em delineamento de blocos casualizados, coquatro repetições e sete tratamentos: T1- testemunha absoluta; T2- pó de basalto; T3- extrato pirolenhoso; T4- biofertilizante; T5- pó de basalto +biofertilizante; T6- pó de basalto + extrato pirolenhoso; T7- pó de basalto+ biofertilizante + extrato pirolenhoso.

A cultivar de tomate foi o híbrido BRS Zamir, as sementes foram doadas pela empresa Agrocinco Sementes. O ensaio foi instalado em dois canteiros com 14 parcelas de 0,75 m² de área útil e três plantas por parcela. O transplante das mudas foi realizado em linha dupla, com espaçamento de 0,5 m. O sistema de irrigação foi por gotejamento, com vazão de 25 mL/min⁻¹ e os canteiros foram revestidos com mulching branco. A cultivar foi conduzida em haste dupla e o controle de insetos foi feito utilizando óleo de Neem e Orobor.

O pó de basalto, cedido pela Mineradora Minerpal, localizada em Palotina- PR, apresenta os seguintes elementos químicos, conforme Espectrometria por Fluorescência de Raios-X: SiO₂ (50,22 %); Al₂O₃ (12,67%); Fe₂O₃ (13,92%); CaO (8,92%); MgO (5,36%); K₂O (1,32%); Na₂O (2,87%); TiO₂ (2,06%); MnO (0,2%); P₂O₅ (0,2%). Este, foi incorporado nas parcelas 30 dias antes do transplante das mudas, que receberam 2 kg do remineralizador cada.

O biofertilizante, tecnologia EM-1®[®], contém em sua composição bactérias ácido-láticas (*Lactobacillus*) e leveduras (*Saccharomyces*), o qual precisa ser diluído para sua utilização. Segundo recomendação do fabricante, foram misturados 1 litro do produto, 1 litro de melaço de cana em 20 litros de água. Essa solução ficou reservada por sete dias e então aplicada via solo, na concentração de 0,5% (v/v), com intervalo de sete dias. A aplicação do extrato pirolenhoso começou aos 15 dias após transplante (DAT), com pulverizações foliares na concentração de 0,3% (v/v), conforme indicação do fabricante.

Ao todo foram realizadas seis colheitas, que começaram 80 DAT, com um intervalo de dez dias entre uma e outra. Os frutos foram encaminhados ao Laboratório de Fisiologia Vegetal, da Universidade Federal do Paraná, onde foi realizado o teste de qualidade dos frutos, conforme os Protocolos de Avaliação da Qualidade Química e Física de Tomate (EMBRAPA, 2006), onde foram realizadas análise de acidez total titulável e sólidos solúveis totais. A determinação dos sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) foi baseada na

metodologia descrita por Moretti et al. (1998), sendo realizada na primeira e na última colheita. O conteúdo dos sólidos solúveis foi medido em um refratômetro de mesa e expresso em brix. Enquanto que para a determinação da acidez ocorreu titulação com NaOH (0,1 N).

Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para teste de normalidade utilizou-se Shapiro-wilk e Bartlett- teste para homocedasticidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tomates do tipo *Grape* merecem um destaque especial no teor de sólidos solúveis, podendo apresentar até 10°Brix em SS, sendo muito bem aceitos pelos consumidores. O maior resultado para o teor de SS na primeira colheita foi de 7,02°Brix, referente ao tratamento (T5) envolvendo a associação entre as fontes de pó de basalto com biofertilizante (Figura 1).

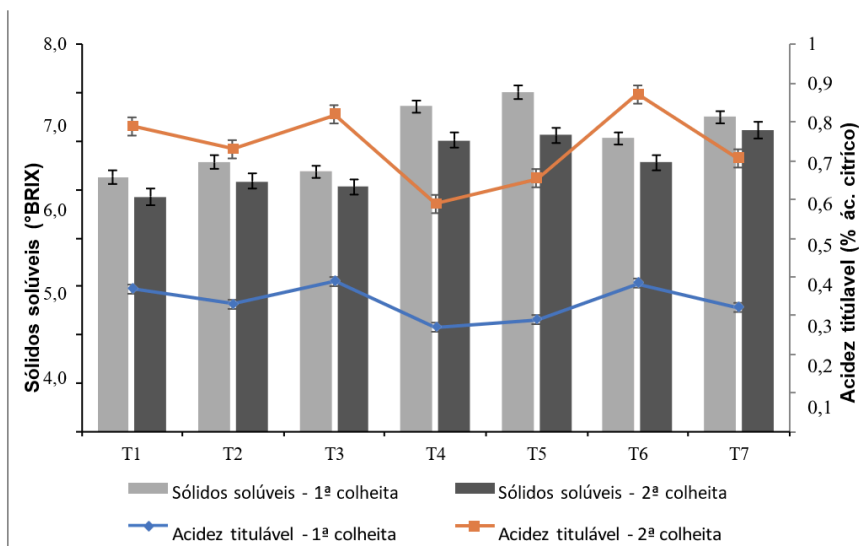


Figura 1- Sólidos solúveis totais e acidez titulável aferidas na primeira e última colheita do tomate do tipo Grape, cv. BRS Zamir em função de adubação com pó de basalto, biofertilizante e extrato pirolenhoso.

O biofertilizante possui uma quantidade relativa de açúcar em sua composição e dispõe de melaço de cana, isso pode ter influenciado nos resultados já que melaço de cana diluído em água pode apresentar em torno de 18 a 22 ° Brix (POLETTE, 2019). Os tratamentos com remineralizador e extrato pirolenhoso aplicados separadamente não se diferiram da testemunha absoluta em ambas colheitas para SS, porém quando empregados associados apresentaram uma melhor resposta. Estudando diferentes concentrações de

pulverizações com extrato pirolenhoso sobre tomateiro, Togoro (2012), observou valores de SS entre 4,48 e 4,51° Brix, sendo evidenciada uma resposta mais eficiente no presente trabalho ao associar a pulverização do extrato pirolenhoso com o pó de rocha basáltica.

Mesmo a cultivar de tomate *Grape* possuindo um alto conteúdo de açúcar, sendo de natureza genética, o meio de cultivo e as características edafoclimáticas afetam nesse teor, desde a quantidade de incidência solar que os frutos receberam, a duração do dia, irrigação, fertilidade do solo, até as práticas de colheita interferem no teor de sólidos solúveis. Esses fatores podem ter sido responsáveis pela diferença entre o conteúdo total de açúcar da primeira e da última colheita, visto que esse teor decaiu na última colheita. Outra explicação para esse decréscimo no teor de SS está relacionada a disponibilidade de fotoassimilados, já que no final do ciclo do tomateiro ocorre um maior nível de desfolha e isso acaba influenciando o conteúdo de açúcares e ácidos do fruto.

A ênfase da acidez titulável, na primeira colheita do tomate *Grape*, foi para os tratamentos com extrato pirolenhoso (0,39 % ác. Cítrico) juntamente com a testemunha absoluta (0,375 de ác. Cítrico), como demonstrado na Figura 1. Segundo Togoro (2012), à alta concentração de ácido acético que o extrato pirolenhoso possui pode influenciar as propriedades químicas dos frutos de tomate, como foi possível observar no trabalho presente, em ambas colheitas os valores mais elevados foram referentes aos tratamentos com o uso do ácido pirolenhoso. Na última colheita os teores de AT do tomate *Grape* foram mais elevados com médias que variaram entre 0,33% (T4) a 0,49% (T6). O tratamento que demonstrou maior acidez foi referente ao uso de pó de rocha em conjunto com o extrato pirolenhoso, mantendo assim o mesmo princípio que ocorreu nas análises de AT das outras colheitas. Esses valores são similares aos resultados encontrados por LOOS et al. (2009), que obteve em torno de 0,31 a 0,44% de AT ao analisar tomates *Grape*.

CONCLUSÕES

O uso de biofertilizante demonstrou bom aporte de nutrição ao tomateiro, aumentando o teor de SS dos frutos pós-colheita. O pó de basalto aplicado em associação ao extrato pirolenhoso proporcionou maior AT, em contrapartida, o pó de basalto isolado não foi eficiente para cultura em questão, apresentando os menores resultados para os parâmetros avaliados.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DALCIN, G; PICCOLI, L; STRASSBURGER, A.S. **Efeitos da Aplicação do Pó de Rocha em Argissolo Sobre o Crescimento de Alfafa**. In: XVII MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, UCS, p. 1–9, 2018.

LOOS, R.A; CALIMAN, F.R.B; SILVA, D.J.H. Enxertia, produção e qualidade de tomateiros cultivados em ambiente protegido. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.1, p. 232-235, 2009.

- MELO, V. F. UCHÔA, S. C. P.; DIAS, F.O; BARBOSA, G.F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 4, p. 471–476, 2012.
- MIYASAKA, S; OHKAWARA, T; NAGAI, K; YAZAKI, H; SAKITA, M.N. Técnicas de produção e uso do Fino de Carvão e Licor Pirolenhoso. In: Encontro de Processos de proteção de plantas: Controle ecológico de pragas e doenças 1., **Resumo** p. 161-176.
- NUNES, J. M. G.; KAUTZMANN, R. M.; OLIVEIRA, C. Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt dust wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil).
- POLETTE, C.M. Caracterização físico-química e sensorial de melados comerciais de cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, vol 42, n3. P.241- 250. Lisboa, 2019 **Journal of Cleaner Production**, v. 84, n. 1, p. 649–656, 2014.
- RODRIGUEZ, P.A; ROTHBALLER, M; CHOWDHURY, S.P; NUSSBAUMER, T;
- GUTJAHR, C; FALTER, B. P. **Systems biology of plant- microbiome interactions**. **Molecular Plant**. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.05.006>.
- SANTOS, H. G; JACOMINE, P.K.T; ANJOS, L. H. C; OLIVEIRA, V. A; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A; ARAUJO FILHO, J. C;
- OLIVEIRA, J. B; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 5. Ed. Ver. E ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- TSUZUKI, E; ANDO, S; TERAQ, H; UCHIDA, Y. Effect of organic matters on growth and quality of crops: II Effect of charcoal with pyroligneous acid on quality of melon (*Cucumis melo* L.). **Japanese Journal of Crop Science**, 62:170-171, 1993.
- TOGORO, A. H. **Uso do extrato pirolenhoso: Efeito no solo e nas plantas de tomate**. 2012. 69 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012.
- ZANETTI, M; CAZETTA, J.O; MATTOS, J. D; CARVALHO, S.A. Influência do extrato pirolenhoso na calda de pulverização sobre o teor foliar de nutrientes em Limoeiro
- ZUBA, S. N; NOGUEIRA, W.C.L; FERNANDES, L.A; SAMPAIO, R. A; COSTA, C. A. Yield and nutrition of tomato using different nutrient sources. **Horticultura Brasileira**, 29. P. 50-56, 2011.

APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS ASSOCIADOS A MICRONUTRIENTES NO ACÚMULO DE MANGANÊS, FERRO E COBRE PARA A CULTURA DO MILHO

Data de aceite: 03/07/2023

Jéssica Franciele Kaminski Ramos

Mestranda do Pós-Graduação em Agronomia- Ciência do Solo (UFRRJ)

João Augusto Dourado Loiola

Doutorando do Pós-Graduação em Agronomia- Ciência do Solo (UFRRJ)

Gabriel Carlos Francisco

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

Ricardo de Castro Dias

Graduando em Engenharia Química (UFRJ)

Everaldo Zonta

Professor Titular do Departamento de Solos- IA (UFRRJ)

Vinicius de Melo Benites

Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Solos)

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o acúmulo de nutrientes na parte aérea do milho, em dois plantios sucessivos, através da aplicação de fertilizantes fosfatados multinutrientes produzidos a partir de rocha fosfáticas sedimentar moída *in natura* e parcialmente acidulada. Os tratamentos foram compostos de combinações entre

micronutrientes solúveis e insolúveis em rocha grossa moída acidificada (30 e 60% de H₂SO₄ para análise). O estudo foi arranjado em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. O acúmulo de Mn e Fe foi superior quando aplicado pela fonte solúvel de forma completa. O acúmulo de Fe e Cu foram superiores quando aplicados pela fonte solúvel de forma parcelada. Os fertilizantes fosfatados não foram capazes de suprir a necessidade de Mn, Fe e Cu para a cultura do milho.

PALAVRAS-CHAVE: fosfato; micronutrientes; *Zea mays*.

APPLICATION OF PHOSPHATE FERTILIZERS ASSOCIATED WITH MICRONUTRIENTS ON THE ACCUMULATION OF MANGANESE, IRON AND COPPER IN MAIZE CROPS

ABSTRACT: The objective of the work was to evaluate the accumulation of nutrients in the aerial part of corn, in two successive plantings, through the application of multinutrient phosphate fertilizers produced from ground sedimentary phosphaterock in natura and partially acidulated. Treatments were composed of combinations between soluble and insoluble micronutrients in

acidified coarse ground rock (30 and 60% H₂SO₄ for analysis). The study was arranged in a randomized block design with four repetitions. The accumulation of Mn and Fe was higher when applied by the soluble source in a complete form. The accumulation of Fe and Cu were higher when applied by the soluble source in portions. Phosphate fertilizers were not able to supply the needs of Mn, Fe and Cu for corn.

KEYWORDS: phosphate; micronutrients; *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é o terceiro cereal mais cultivado no planeta e amplamente difundido nas propriedades agrícolas do Brasil. As plantas superiores necessitam de dezessete elementos para completar seu ciclo de vida, três destes (C, H, O) são retirados do ar e da água e o restante é absorvido pelas raízes na solução do solo. Conforme Malavolta (2006), os nutrientes minerais se dividem em macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Cl, Mn, B, Zn, Fe, Cu, Ni e Mo).

O P é componente estrutural de ácidos nucleicos, fosfolipídeos, fosfoproteínas, coenzim e atua na transmissão de energia às células através da fotossíntese e da respiração celular (GRANT et al., 2010). A limitação do P afeta o crescimento das raízes e conseqüentemente a absorção de água e demais nutrientes. Os fertilizantes fosfatados são classificados de acordo com sua solubilidade. Os fosfatos solúveis, provenientes da acidulação da rocha fosfática, disponibilizam o P rapidamente na solução do solo, entretanto ao aumentar a concentração, rapidamente é fixado ou adsorvido a compostos insolúveis. Em contrapartida, os fosfatos naturais por serem menos solúveis, liberam lentamente o mineral de sua estrutura cristalina, apresentando como vantagem maior efeito residual no solo, podendo ser aplicados como suplementação em culturas anuais, como o milho (KORNDORFER et al., 1999). A adubação de fertilizantes fosfatados acrescidos de micronutrientes é uma alternativa na suplementação nutricional, atuando como carreadores, incrementando na produção de matéria seca e acúmulo dos elementos na biomassa vegetal (COSTA et al., 2013).

O objetivo do trabalho foi mensurar o acúmulo de Mn, Fe e Cu na parte aérea do milho, através da aplicação de fertilizantes fosfatados multinutrientes produzidos a partir de rocha fosfática sedimentar natural e parcialmente acidificada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Departamento de Solos da UFRRJ, em Seropédica-RJ. Utilizou-se o solo da camada de 0-20 cm de profundidade, classificado como Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2018). A amostra de solo foi seca ao ar, tamisada em peneira de 4 mm, e posteriormente incubada com carbonato de cálcio. Após estabilização do pH, foi realizado a caracterização química

do solo conforme Teixeira et al. (2017) e Raji et al. (2018), apresentando as seguintes características: Na ($0,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); K ($5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Mg ($4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Ca ($29 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); H+Al ($39 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Al_{KCl} ($0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); pH H₂O (5,8); pH CaCl₂ (4,95); V% (47); P_{Mehlich} ($0,4 \text{ mg dm}^{-3}$) e P_{resina} (3 mg dm^{-3}).

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com 4 repetições e 10 tratamentos, em dois cultivos sucessivos. As unidades experimentais foram compostas de vasos plásticos de 2 dm^{-3} com 1,8 kg de solo, contendo 2 plantas de milho (híbrido BM 3066). Os tratamentos foram: 1- Rocha pura grossa moída com micro solúvel – “rms”; 2- Rocha pura grossa moída com micro insolúvel – “rmi”; 3- Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro solúvel – “30 ms”; 4- Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro insolúvel “30 mi”; 5- Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro insolúvel acidificado – “30 mia”; 6- Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro solúvel – “60 ms”; 7- Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro insolúvel – “60 mi”; 8-Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro insolúvel acidificado – “60 mia”; 9- Fosfato monocálcico aplicado em solução em aplicação única no 1^o cultivo– “fsfc”; 10- Fosfato monocálcico aplicado em solução, de forma parcelada – “p” (50 % no 1^o e 50% no 2^o cultivo) e 11- tratamento controle, sem aplicação de fósforo e micronutriente – “c”. O teor de P na rocha fosfática pura foi de $9,21 \text{ mg P g}^{-1}$, com acidulação de 30% apresentou $7,17 \text{ mg P g}^{-1}$ e no nível de 60% de acidulação com $5,63 \text{ mg P g}^{-1}$. A rocha fosfática advém da jazida sedimentar de Pratápolis-MG pertencente à Morro Verde Fertilizantes.

Os tratamentos receberam o equivalente a $100 \text{ mg de P kg}^{-1}$ de solo que foram incorporada ao solo antes do 1^o cultivo, com exceção do tratamento com fonte solúvel parcelada. A definição da dose de fósforo foi realizada em experimento preliminar analisando curva de resposta de P para o referido solo e o híbrido em questão. Após os 45 dias de cada plantio, as plantas foram seccionadas ao nível do solo e transferidas para estufa de circulação forçada de ar a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, até massa constante. Foi determinada a massa seca e posteriormente moído em moinho tipo faca tipo Wiley o material vegetal. A determinação de Mn, Cu e Fe foram realizadas conforme Malavolta et al. (1997). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett (5% de significância) para homogeneidade de variância e ao teste de Shapiro-Wilk para normalidade (5% de significância). Os dados que não atenderam os requisitos dos testes foram tratados com Box-Cox ou raiz quadrada. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1, 2 e 3 apresenta o acúmulo de micronutrientes na parte aérea de plantas de milho no primeiro e segundo plantio de milho do experimento rocha fosfática acidulada acrescida de micronutrientes acidulados ou não acidulados. Houve acúmulo de micronutrientes (Mn, Cu e Fe) na parte aérea das plantas, bem como um incremento

e o efeito residual dos fosfatos naturais na disponibilização dos micronutrientes. O Mn obteve maior acúmulo na parte aérea quando aplicado por “Fsc” e “p”, no primeiro plantio. No segundo plantio os tratamentos “Fsc”, “p”, “60mi”, “60mia”, “60ms”, “30mi”, “30mia”, “30ms”, não diferiram significativamente entre si, porém apresentaram diferença estatística em relação aos demais.

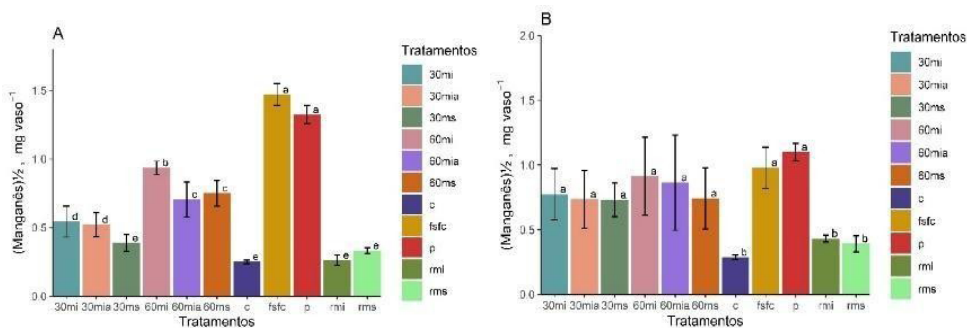


Figura 1. Acúmulo de Mn na massa seca da parte aérea das plantas de milho. Primeiro plantio (A), segundo plantio (B) do experimento rocha pura grossa moída fosfática acidulada acrescidas de micronutrientes acidulados ou não acidulados. Letras iguais nas colunas não difere significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

No acúmulo de Fe no primeiro plantio, o tratamento “Fsc” apresentou diferença significativa ao tratamento “p”, enquanto que este foi que os demais tratamentos. Dentre as rochas fosfáticas, o tratamento 60mi apresentou valores superior no acúmulo de Fe no primeiro cultivo. Apenas no segundo plantio os tratamentos “Fsc”, “60mi”, “60mia”, “60ms”, “30mi”, “30mia”, “30ms” obtiveram médias estatisticamente semelhantes no acúmulo de ferro. Sendo que o tratamento parcelado, “p”, obteve média superior a todos os tratamentos no segundo plantio.

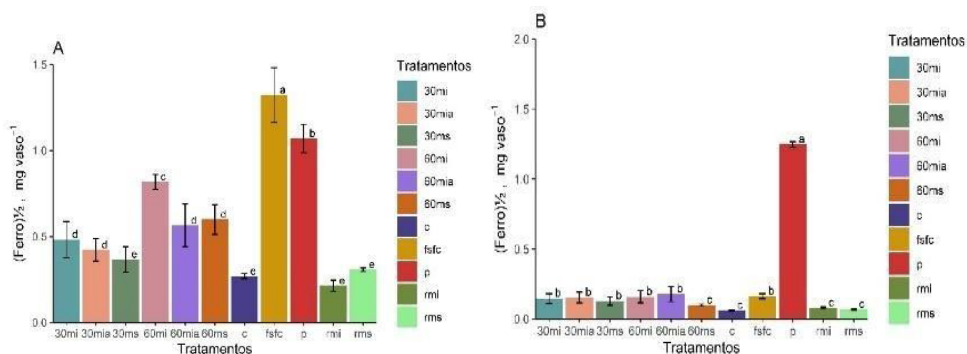


Figura 2. Acúmulo de Fe na massa seca da parte aérea das plantas de milho. Primeiro plantio (A), segundo plantio (B) do experimento rocha pura grossa moída fosfática acidulada acrescidas de micronutrientes acidulados ou não acidulados. Letras diferentes representam diferença significativa, letras iguais representam semelhança estatística a 5% pelo teste Scott-Knott.

A rocha pura grossa moída utilizada neste experimento continha teor de Mn de 0,51% e 7,92% de Fe. Após a acidificação deste material ocorre a disponibilidade dos íons para a solução do solo (RAIJ et al., 2011). Nota-se um maior acúmulo de Cu nos tratamentos “Fsf” e “p” em plantas de milho do primeiro cultivo. Já no segundo cultivo o acúmulo de Cu foi superior quando aplicou-se o fosfato monocálcico de forma parcelada. Sendo que neste plantio os tratamentos “Fsf”, “60mi”, “60mia”, “60ms”, “30mi”, “30mia”, “30ms” os valores foram semelhantes no acúmulo de Cu.

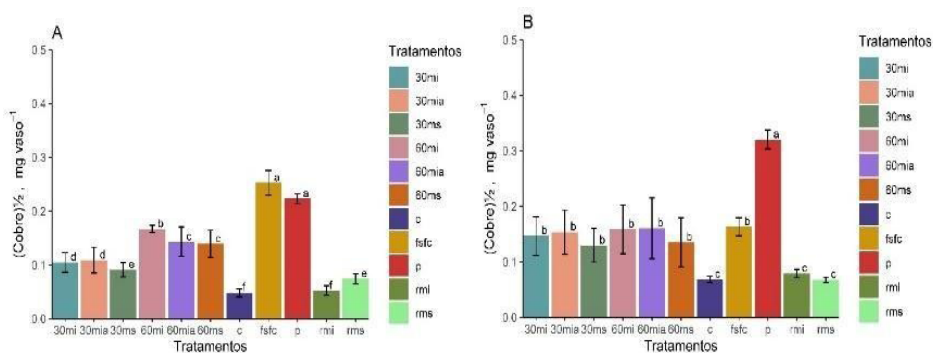


Figura 3. Acúmulo de Cu na massa seca da parte aérea das plantas de milho. Primeiro plantio (A), segundo plantio (B) do experimento rocha fosfática pura grossa moída e acidulada acrescidas de micronutrientes acidulados ou não acidulados. Letras diferentes representam diferença significativa, letras iguais representam semelhança estatística a 5% Scott-Knott.

A presença e/ou concentração de elementos químicos constituintes da rocha fosfática é dependente da sua região de depósito sedimentar. Geralmente as rochas sedimentares possuem em sua composição teores consideráveis de metais que podem auxiliar na nutrição de plantas ou muitas das vezes podem se apresentar tóxicos à nutrição vegetal e humana. A adubação com os fertilizantes fosfatados não suprir a demanda de Mn, Fe e Cu pela cultura do milho. Os teores foliares de Mn exigidos pela cultura do milho variam entre 20 a 200 mg kg⁻¹ (RAIJ et al., 2011). Já para o Fe os teores ideais estão entre 20 a 250 mg kg⁻¹ (RIBEIRO et al., 1999). Geralmente o teor de Cu na matéria seca da planta do milho variam entre 3 a 4 mg kg⁻¹ (BERTON et al., 1997).

CONCLUSÕES

O acúmulo de micronutrientes na parte aérea do milho foi maior com aplicação da fonte solúvel de P, completa ou parcelada. Os fertilizantes fosfatados não foram capazes de suprir a necessidade nutricional de Mn, Fe e Cu da cultura do milho.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BELOUSOVA, E. A.; WALTERS, S.; GRIFFIN, W. L.; O'REILLY, S.Y. Assinaturas de elementos-traço de apatitas em granitóides do Monte Isa Inlier, noroeste de Queensland. **Australian Journal of Earth Sciences**, 48 (4), 603-619.2001.

BERTON, R.S. et al. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três LATOSSOLOS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.685-691, 1997.

COSTA, A.; MIYAZAWA, M.; TISKI, I. Fontes de fósforo e micronutrientes no crescimento e estado nutricional do milho. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis, SC. 2013. **Anais SBCS**, n. 2182.

KORNDORFER, G.H; CABEZAS, L, W.A.L; HOROWITZ, N. Agronomic efficiency of reactive rock phosphates for corn production in Brazil. **Scientia Agricola**. Piracicaba, SP. 1999.

GRANT, C.A; FLATE, D.N; TOMASIEWICZ, D. J; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, **Informações agrônômicas**, n° 95, set. 2001.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. 1 ed. São Paulo. **Editora Agronômica Ceres**, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MELO, V.F.; UCHÔA, S.C.P.; OLIVEIRA DIAS, F.; BARBOSA G.F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazonica, Manaus**, v. 42, n.4, p. 471-476, 2012.

RAIJ, B. V. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo . Campinas: **IAC**, 1996.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. **Internacional Plant Nutrition Institute**, Piracicaba. 218 p., 2011.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa: **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG**, 1999. 359 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P.K.T; ANJOS, L. H. C; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A; ARAUJO FILHO, J. C; OLIVEIRA, J. B; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 5. Ed. Ver. E ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TEIXEIRA, P. C; DONAGEMMA, G. K; FONTANA, A; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. Ed. Ver. E ampl. 574 p. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO SOBRE O CARBONO ORGÂNICO EM SOLOS FRÁGEIS

Data de aceite: 03/07/2023

Jhulia Kathelen Carvalho de Oliveira dos Santos

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Thassiany de Castro Alves

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Tiago Paula da Silva

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Mateus Belarmino da Silva

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

foi composto por blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 6, com parcelas subdivididas. Foram considerados dois tratamentos (sistema de plantio direto – SPD - e preparo convencional do solo – PCS) e seis sub tratamentos caracterizados pelas plantas de cobertura cultivadas isoladamente (Milheto, Crotalária juncea e Feijão de porco) e o cultivo consorciado com dois coquetéis (100% e 50% da recomendação de cada semente) e por último o sub tratamento com a manutenção das plantas espontâneas na área. O sistema de plantio direto apresentou os maiores valores de COT em todas as profundidades, com o uso das plantas de cobertura.

PALAVRAS-CHAVE: carbono, manejo do solo, plantio direto, sistema conservacionista.

INFLUENCE OF DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS ON ORGANIC CARBON IN FRAGILE SOILS

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes sistemas de manejo sobre os estoques de carbono orgânico total (COT) em solo frágil (arenoso). O delineamento experimental

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the influence of different management systems in total soil stocks of organic carbon. The experimental design consisted of randomized blocks in a 2 x 6

factorial scheme with split plots. There were two treatments (no-tillage system – SPD - and conventional tillage - PCS) and six sub-treatments characterized by cover crops grown alone (Milheto, *Crotalaria juncea* and Pork beans) and intercropping with two cocktails (100% and 50% of the recommendation of each seed) and finally the sub-treatment with the maintenance of spontaneous plants in the area. The no-tillage system presented the highest values of total organic carbon at all soil depths with the use of cover crops.

KEYWORDS: carbon, conservation system, no-tillage, soil management.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as atividades humanas têm impactado significativamente a natureza, incluindo o aumento da emissão dos gases do efeito estufa e o acúmulo significativo de CO₂ na atmosfera, que influenciam diretamente nas alterações climáticas (PACHECO & HELENE, 1990). Diante disso, o solo atua como um agente de extrema importância, seja na emissão desses gases para o ambiente através do manejo inadequado, seja na redução destes gases através de práticas agrícolas mitigadoras, como o Sistema de Plantio Direto (SPD) (BESEN et al., 2018).

O aumento do estoque de carbono orgânico no solo é de extrema importância, visto que exerce grande influência na qualidade do solo e, conseqüentemente, na sua estruturação física, principalmente em solos frágeis (arenosos), em função de apresentarem baixos teores de carbono (SALES et al., 2018). Desta maneira, é necessária a adoção de sistemas de manejo conservacionistas, como o SPD, que visa o não revolvimento do solo e o mínimo de perda possível de nutrientes, através do uso de plantas de cobertura que contribuem para o acúmulo de matéria orgânica em superfície (ANDRADE JÚNIOR et al., 2018).

O objetivo deste trabalho foi determinar a influência de dois sistemas de manejo do solo, com uso de diferentes plantas de cobertura, sobre o carbono orgânico total em solo arenoso.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na propriedade orgânica Sítio do Sol, no município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro. O delineamento experimental foi composto por blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 6, com parcelas subdivididas. A área total foi estabelecida em 864 m², com parcelas dos sistemas de manejo de 144 m² (24x6) e as sub parcelas com as plantas de cobertura com área de 24 m² (6x4m). Foram coletadas amostras em dois tratamentos (Sistema de plantio direto – SPD e sistema plantio convencional do solo – SPC) e seis sub tratamentos caracterizados pelas plantas de cobertura cultivadas isoladas (Milheto, *Crotalaria juncea* e Feijão de porco) e o cultivo consorciado com dois coquetéis (100% e 50% da recomendação de cada semente) e por último o sub tratamento com a manutenção das plantas espontâneas na área (Figura 1).



Figura 1. Sistemas de manejo do solo.

A coleta de solo foi realizada em 2019 e em 2022, com intuito de avaliar a influência do intervalo de três anos no aumento do carbono orgânico total (COT). Foram coletadas amostras nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10- 20 cm com o auxílio de um trado, após a colheita da cultura principal. Em cada sub parcela, foram coletadas três amostras simples que foram misturadas, para obter uma amostra composta, que posteriormente foi seca ao ar. Após esta etapa, o material foi destorroado e passado em peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).

Na TFSA, determinou-se o teor de COT no solo, por meio da oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio a $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ em meio ácido, e pela titulação por sulfato ferroso amoniacal a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (Figura 2) (YEOMANS e BREMNER, 1988). Os dados obtidos foram analisados através do software R, com aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Figura 2. Procedimento da análise de carbono orgânico total (COT).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores valores de COT foram encontrados no SPD, nos dois anos avaliados em todas as profundidades (Tabela 1). Este resultado demonstrou que os níveis de COT aumentam ao longo do tempo, em sistema com uso de palhada. O aumento de COT na camada de 0-5 cm tem sido observado na literatura, decorrente do aporte de matéria orgânica oriunda das plantas de cobertura, com em SPD (RHEINHEIMER et al., 1998; MELO et al., 2016).

Tabela 1. Carbono orgânico total do solo em diferentes tipos de manejo, com intervalo de quatro anos.

| Profundidade | SPD | SPC | SPD | SPC |
|--------------|----------|--------------------|----------|----------|
| | COT 2019 | COT 2019 | COT 2022 | COT 2022 |
| cm | | g kg ⁻¹ | | |
| 0-5 | 11,95 a | 6,37 b | 15,80 ns | 14,94 ns |
| 5-10 | 9,72 a | 7,57 b | 13,18 ns | 11,84 ns |
| 10-20 | 9,22 a | 5,65 b | 10,68 a | 9,37 b |
| CV% | 29,85 | 29,85 | 16,80 | 16,80 |

Legenda: SPD: sistema de plantio direto; SPC: sistema de plantio convencional do solo.

Em relação ao SPD, houve o aumento do teor de COT nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, no intervalo de três anos (Tabela 1). Essa observação também foi verificada para o SPC, no qual o teor de COT aumentou de 2019 para 2022. Este padrão de resultado se deve à incorporação dos resíduos vegetais nas camadas mais profundas, no preparo do solo. Segundo Pereira et al., (2010), a utilização de manejos que não revolvem o solo promovem o aumento de COT nas camadas superficiais, enquanto a incorporação dos resíduos vegetais propicia o aumento do estoque de carbono em profundidade, no SPC com. Outro estudo evidenciou maior teor de COT na camada de 5-10 cm, quando realizada a incorporação dos restos culturais (LOSS et al., 2009).

Em relação às plantas de cobertura, as médias de COT não apresentaram diferenças significativas em nenhuma das profundidades, nos dois sistemas de manejo. Contudo, foi observado aumento no COT nos tratamentos de cobertura, em todas as profundidades, no intervalo de três anos. O emprego do feijão de porco se destacou entre as demais plantas de cobertura, porque ocasionou o maior aumento do teor de COT no solo, na profundidade de 0-5 cm no ano de 2019, de 5-10 e 10-20 manteve o coquetel 1. No ano de 2022, o maior valor de COT fornecido pelas plantas de cobertura foi verificado para o milho, na profundidade de 0-5 cm, coquetel 2 na profundidade de 5-10 cm, e crotalária, 10- 20 cm (Tabela 2).

Tabela 2. Carbono orgânico total do solo (COT) nos tratamentos das plantas decobertura.

| Plantas de cobertura | Ano | Profundidade (cm) | | |
|---------------------------|------|-------------------|-------|-------|
| | | 0-5 | 5-10 | 10-20 |
| COT (g kg ⁻¹) | | | | |
| C1 | 2019 | 9,26 | 9,06 | 10,49 |
| C1 | 2022 | 14,95 | 11,95 | 9,32 |
| C2 | 2019 | 9,44 | 6,59 | 8,09 |
| C2 | 2022 | 15,98 | 13,10 | 10,33 |
| CJ | 2019 | 8,40 | 6,69 | 7,78 |
| CJ | 2022 | 15,71 | 12,78 | 10,50 |
| FP | 2019 | 10,62 | 8,86 | 9,46 |
| FP | 2022 | 14,30 | 12,06 | 9,92 |
| M | 2019 | 8,44 | 6,44 | 8,38 |
| M | 2022 | 16,05 | 12,48 | 9,62 |
| PE | 2019 | 8,80 | 6,97 | 7,78 |
| PE | 2022 | 15,21 | 12,70 | 10,49 |

Legenda: C1: coquetel 1; C2: coquetel 2; CJ: crotalária juncea; FP: feijão de porco; M: milheto; PE: plantas espontâneas.

CONCLUSÕES

O SPD e o uso de plantas de cobertura aumentaram os teores de COT no intervalo de três anos, em todas as profundidades de solo consideradas.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ, pelo auxílio financeiro no desenvolvimento do projeto, e à equipe do Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta (LSP), Laboratório de Gênese e Classificação do solo (LGCS) e ao Laboratório de Indicadores de Sustentabilidade Ambiental (LISA), pelo apoio nas atividades realizadas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BESEN, M.R. et al. Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. *Scientia Agropecuaria*, v. 9, n. 3, p. 429-439, 2018.

ANDRADE JÚNIOR, J.A. et al. Fixação de carbono em sistemas agroecológicos na região do Vale do São Patricio, Goiás. *Cientific@ - Multidisciplinary Journal*, Goianésia, v. 5, n. 2, p. 85-98, 2018.

LOSS, A. et al. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, p. 1067-1072, 2009.

MELO, G.B. et al. Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e convencional de repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, p. 1511-1519, 2016.

PACHECO, M.R.P.S.; HELENE, M.E.M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 4, p. 204-220, 1990.

PEREIRA, M.G. et al. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, p. 508-514, 2010.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 713- 721, 1998.

SALES, A. et al. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal. **Colloquium Agrariae**, p. 01-15, 2018.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Londres, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

FRAÇÕES ORGÂNICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE CAMBISSOLOS DO PARQUE NACIONAL DE ITATIAIA

Data de aceite: 03/07/2023

João Pedro Coumendouros Scott

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Luciele Hilda da Silva Miranda

Estudante de graduação em (UFRRJ)

Melania Merlo Ziviani

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor de Departamento de Solos
(UFRRJ)

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Professor de Departamento de Solos
(UFRRJ)

Itatiaia. Foram realizadas análises de fertilidade, determinação do carbono total (CT), fracionamento granulométrico da MOS para a obtenção de COp (Carbono orgânico particulado) e COam (Carbono orgânico associado aos minerais), além de quantificação de POXC (Carbono Lábil) do solo. Os maiores valores de CT foram quantificados nos horizontes O e A, de maneira geral. Os conteúdos de COam foram maiores que os de COp. Os maiores valores de COam foram verificados principalmente nos horizontes A, enquanto os valores de COp, nos horizontes O. Os valores de COam e COp não ultrapassaram 70 g kg^{-1} e 80 g kg^{-1} , respectivamente. Maiores valores de POXC foram verificados nos horizontes O, bem como os teores de COp, sendo que os maiores valores desta fração não ultrapassam $2,6 \text{ g kg}^{-1}$. Observa-se que a maior quantidade de MOS nestes perfis está associada à fração mineral do solo.

PALAVRAS-CHAVE: B incipiente, carbono lábil, carbono orgânico associado aos minerais, carbono orgânico particulado.

RESUMO: Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a distribuição e interação das frações da matéria orgânica do solo (MOS) em quatro perfis de Cambissolos, localizados no Parque Nacional do

ORGANIC FRACTIONS OF ORGANIC MATTER OF CAMBISSOLOS FROM ITATIAIA NATIONAL PARK

ABSTRACT: This work was carried out with the objective of evaluating the distribution and interaction of soil organic matter (SOM) fractions in four profiles of Cambisols, located in the Parque Nacional do Itatiaia. Analyzes of fertility, total carbon strength (TC), granulometric fractionation of SOM were carried out to obtain COp (Particulate Organic- Organic Carbon) and COam (Organic Carbon associated with minerals), in addition to quantification of POXC (Labile Carbon) in the soil. The highest CT values were quantified in the O and A horizons, in general, the COam contents were greater than those of COp, with the highest COam values being verified mainly in the A horizons, while the COp values in the O horizons. The COam and COp values did not exceed 70g kg^{-1} and the COp and 80g kg^{-1} , respectively. Higher POXC values were verified in O horizons, as well as COp contents, and the highest values of this fraction did not exceed 2.6g kg^{-1} . The greater amount of SOM in these profiles is associated with mineral expression in the soil.

KEYWORDS: Active carbon, incipient B, mineral associated organic carbon, particulate organic carbon.

INTRODUÇÃO

Cambissolos são uma Ordem de solos classificada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de solos - SiBCS que compreende solos minerais, com presença de horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, e não satisfaçam os requisitos para serem classificados como Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos e Organossolos (SANTOS et al., 2018).

Assim, Cambissolos são solos pouco evoluídos devido à pequena atuação dos processos pedogenéticos e dos fatores que promovem modificações físicas, químicas e morfológicas do solo mais intensas e, por isso, caracterizam-se por apresentar um horizonte B incipiente (Bi). Devido à heterogeneidade do material de origem e das condições ambientais e climáticas a que esses solos podem estar submetidos, as características morfológicas podem variar significativamente de um local para o outro (SANTOS et al., 2018).

No Parque Nacional de Itatiaia (PNI), as condições de relevo acidentado favorecem a formação de solos como os Cambissolos, em função do processo erosivo que contribui para o constante rejuvenescimento destes solos. Adicionalmente, as baixas temperaturas verificadas ao longo do ano propiciam a acumulação de matéria orgânica em condições de boa drenagem, levando à formação de um horizonte O hístico ou de um horizonte A húmico (SANTOS et al., 2018). Esses horizontes, por apresentarem um elevado conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS), têm um papel significativo sobre o sequestro de carbono e as emissões de gases do efeito estufa (CARVALHO et al., 2010). Além disso, esses ambientes concentram espécies vegetais endêmicas que estão adaptadas a tais condições. Assim, pequenas mudanças ambientais podem proporcionar grandes perdas de C para a

atmosfera, além de interferir na dinâmica da vegetação e da população microbiana, o que justifica que estes ambientes sejam considerados frágeis.

A partir do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição das frações orgânicas da MOS em perfis de Cambissolos identificados na parte alta do PNI, e destacar a importância dessas frações orgânicas nestes solos frágeis.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no PNI (23K, 531658/ 7528456 UTM Datum WGS 84). Segundo Brandão (2017), o PNI se encontra na Serra da Mantiqueira e está dividido entre os territórios dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. O PNI possui uma área de aproximadamente 300km², composta por encostas, montanhas e campos de altitude.

Os solos estudados foram coletados e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (SANTOS et al., 2018). Ao todo foram selecionados quatro perfis na área, sendo eles classificados como: Cambissolo Hístico Distrófico típico (Cldtipico1); Cambissolo Húmico Distrófico saprolítico (CHdsapro); Cambissolo Húmico Distrófico típico 2 (CHdtypico2); Cambissolo Húmico Distrófico típico 3 (CHdtypico3) (COSTA, 2019).

Os perfis apresentam boa drenagem, com exceção do perfil 4, que apresenta drenagem moderada. A vegetação dos perfis foi identificada como Floresta Ombrófila Densa Altomontana (Cldtipico1 e CHdtypico2) e Campo de altitude (CHdsapro e CHdtypico3). O material de origem é diferenciado em Nefelina-sienitos-foiaitos (Cldtipico1, CHdsapro e CHdtypico2) e Granito alcalino (CHdtypico3). A formação destes perfis se deu por intemperismo da rocha matriz (Cldtipico1, CHdsapro e CHdtypico3) e acumulação de sedimentos coluvionares (CHdtypico2).

Após o preparo das amostras de solo, obteve-se a terra fina seca ao ar (TFSA), na qual realizou-se a análise de fracionamento físico granulométrico da MOS (CAMBARDELLA e ELLIOTT, 1992), obtendo-se as frações de carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam). Também foi quantificado o carbono orgânico lábil (POXC) via oxidação com solução de KMnO₄ 0,02 mol L⁻¹ (POXC) (WEIL et al., 2003; CULMAN et al., 2012).

Os dados obtidos foram analisados através da ferramenta estatística R (The R Foundation, 2013), utilizando o pacote AQP (Algorithm for Quantitative Pedology) desenvolvido por Beaudette et al. (2013) e sua função de SCP (Soil Profile Collection) para gerar esboços gráficos dos perfis, com base em seus limites de horizontes de acordo com os dados de COp, COam e POXC. Através dos pacotes Factor Extra, foi realizada a análise de componentes principais (ACP) das variáveis anteriormente citadas, correlacionando-as com variáveis de fertilidade do solo obtidas no trabalho realizado por Costa (2019), sendo elas: carbono total do solo (CT), nitrogênio total do solo (NT), relação C:N (CN), pH, fósforo

(P), sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), Al^{3+} , H+AL, SB (Valor S), CTC (T), CTC efetiva (t) e V% (Teixeira et al, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de COP em todos os perfis avaliados (Figura 1) não foram superiores a 80 g kg^{-1} de solo. Os maiores valores dessa fração foram observados nos horizontes superficiais O e A. Para os perfis classificados como CHDtípico (2 e 3), o COP está principalmente concentrado no horizonte superficial O. Para os outros perfis, CIdtípico1 e CHdsapro, as quantidades de COP são inferiores nos horizontes O, quando comparado aos valores obtidos para os perfis classificados como CHDtípico. Verificou-se a redução mais sutil dos teores desta fração, em profundidade.

Com relação ao COam, não foi observado um decréscimo em profundidade, como foi verificado para o COP. Em todos os perfis, foi constatado um aumento e, em seguida, um decréscimo dos conteúdos de Coam, em profundidade (Figura 1).

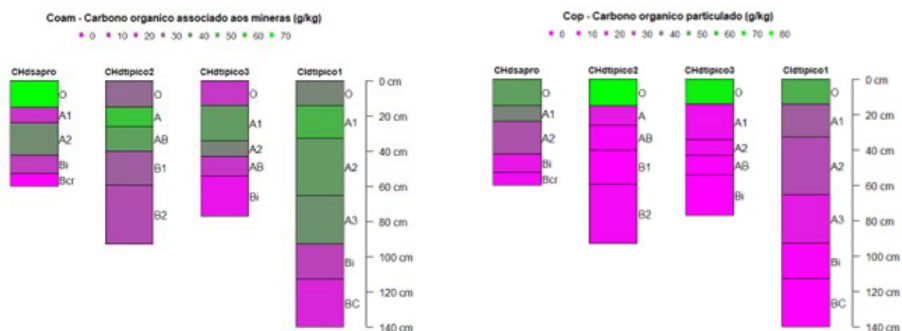


Figura 1. Frações Granulométricas (COP – carbono orgânico particulado; e COam – carbono orgânico associado aos minerais) da matéria orgânica do solo em perfis de Cambissolos localizados na parte alta do Parque Nacional de Itatiaia- RJ.

O horizonte O do perfil CHdsapro apresentou o maior conteúdo de COam, aproximadamente 70 g kg^{-1} solo. Os valores de COam se concentram nos horizontes A, em contraste aos valores de COP, para os quais os maiores valores foram observados nos horizontes O. O COam está ligado às frações minerais do solo (silte e argila), enquanto o COP corresponde às partículas que possuem dimensões da fração de areia, e representa a fração orgânica com maior tamanho e menos transformada.

Como pode ser observado através da análise da Figura 2, o POXC também se concentrou nos horizontes superficiais O e A, com uma redução gradativa de seu conteúdo em profundidade. O perfil CHdsapro se configurou como exceção a esse padrão, visto que se diferenciou dos demais por seu conteúdo de POXC no horizonte A ser superior ao

observado no horizonte O. Os conteúdos de C dessa fração da MOS em todos os perfis variaram entre 0,4 e 2,6 g kg⁻¹ de solo.

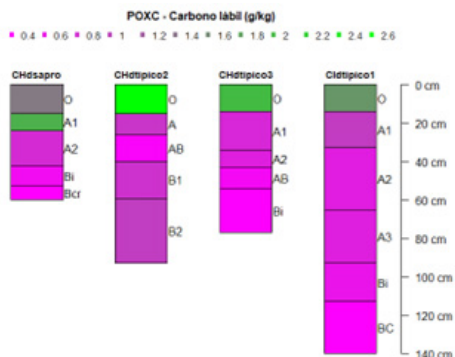


Figura 2. Carbono orgânico lábil (POXC) oxidado determinado com permanganato de sódio (KMnO₄) em perfis de Cambissolos localizados na parte alta do Parque Nacional de Itatiaia- RJ.

As frações lábeis da MOS são aquelas que apresentam o menor tempo de meia vida no solo e consistem no principal material consumido pelos microrganismos, para a obtenção de energia. As transformações dessa fração lábil, que é constituída de substâncias não húmicas facilmente decomponíveis, são variáveis em função das condições de umidade e temperatura do solo, além da estrutura e composição química dos materiais aportados (POIRIER et al., 2005).

Com o objetivo de sintetizar todas as informações obtidas foi realizada a ACP de todas as variáveis estudadas (carbono lábil - POXC; carbono orgânico particulado - COp; carbono orgânico associado aos minerais - COam; carbono total - CT; nitrogênio total - N; relação C:N; Ca; Mg; P; K; Na; Al; soma de bases – S; saturação por bases – V; capacidade de troca catiônica – CTC; e acidez potencial – H + Al) em relação aos quatro perfis estudados (Figura 3). Os dois componentes principais (PC1 e PC2) explicam 57,4% da variação dos dados, sendo que o primeiro componente explica 37,7% da variância total, enquanto o segundo componente explica 19,7% da variância total. O perfil de solo classificado como CHdtípico3 destacou-se dos demais, apresentando uma alta correlação com as variáveis Ca⁺², Mg⁺², Valor S e V. Os perfis classificados como CHdsapro, CHdtípico2 e Cltípico1 apresentam padrão similar para as variáveis estudadas, especialmente para os perfis CHdtípico2 e Cltípico1.

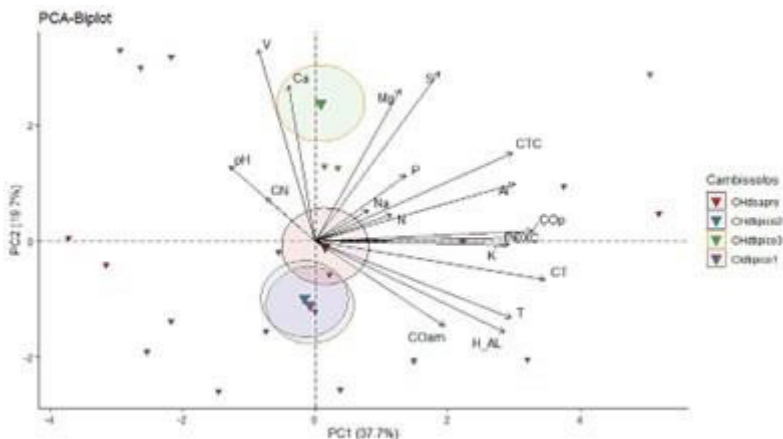


Figura 3. Análise de componentes principais (ACP) das variáveis CT, N, C:N, POXC, COp, Coam, Ca, Mg, Al, H+Al, P, K, Na, S e V.

Através da análise da Figura 3, verifica-se que o perfil CHdtípico3 apresentou alta correlação com as variáveis de Ca^{+2} e Mg^{+2} devido à presença elevada destes nutrientes, especialmente o Mg^{+2} . Elevados teores de Mg^{+2} neste perfil, em comparação aos demais perfis, também foram verificados por Costa (2019). Tal diferença entre os perfis pode estar relacionada à natureza do material de origem, que para este perfil é um granito alcalino, diferindo dos demais cujo material de origem é Nefelina-sienitos-foiaitos. O granito alcalino pode conter uma quantidade significativa de mica, mineral primário que contém Mg em sua composição, não contendo Ca, o que explicaria os teores mais elevados de Mg^{+2} neste solo.

CONCLUSÕES

As frações da MOS nos solos estudados se encontram em maiores concentrações nos horizontes superficiais. Maiores valores de COp, assim como POXC, foram verificados principalmente nos horizontes de constituição orgânica O, enquanto maiores valores da fração Coam, nos horizontes de constituição mineral (A).

Os maiores valores de COam observados nestes solos desempenham papel fundamental no armazenamento de carbono.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio da CAPES; CNPq, FAPERJ, PPGA-CS, UFRRJ e do Parque Nacional de Itatiaia.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BEAUDETTE, D.E.; ROUDIER P.; O'GEEN, A.T. Algorithms for quantitative pedology: a toolkit for soil scientists. **Computers and Geosciences**, London, v.52, p.258-268, 2013.

BRANDÃO, J.L.G. **O Conservacionismo em Ação: O parque nacional de Itatiaia e a Administração de Wanderbilt Duarte de Barros (1943-1957)**. ICMBio - Boletim 28 do Parque nacional do Itatiaia, 2017.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. **Geoderma**, Amsterdam, v. 56, p. 449- 457, 1992.

CARVALHO, J.L.N. et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-289, mar./abr. 2010.

COSTA, E.M. de. **Caracterização de solos e avaliação da vulnerabilidade de ambientes no parque nacional de Itatiaia, Brasil**. 2019. 137 p. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2019.

CULMAN et al. Permanganate Oxidizable Carbon Reflects a Processed Soil Fraction that is Sensitive to Management. **Soil Science Society of America Journal**, California, v. 86, n. 6, p. 494-504, 2012.

POIRIER, N. et al. The chemical composition of measurable soil organic matter pools.

Organic Geochemistry, Amsterdam, v. 36, n. 8, p. 1174-1189, 2005.

SANTOS, H.G.et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TEIXEIRA, P.C. et al. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

WEIL, R.R. et al. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Cambridge, v. 18, n. 1, p. 3-17, 2003.

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES FOSFATADOS MULTINUTRIENTES PRODUZIDOS A PARTIR DE ROCHA FOSFÁTICA DE PRATÁPOLIS

Data de aceite: 03/07/2023

João Augusto Dourado Loiola

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Vinícius de Melo Benites

Estudante de graduação em Engenharia
Química (UFRJ)

Gabriel Carlos Francisco

Mestranda do Programa de Pós-
graduação em Agronomia- Ciência do
Solo (UFRRJ)

Jéssica Franciele Kaminski Ramos

Doutorando do Programa de Pós-
graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Ricardo de Castro Dias

Doutorando do Programa de Pós-
graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor Titular do Departamento de
Solos - IA (UFRRJ)

Paulo César Teixeira

Pesquisador A da Empresa Brasileira
de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA
SOLOS)

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar, em casa de vegetação, a eficiência agronômica e o efeito residual de fertilizantes fosfatados multinutrientes produzidos a partir de rocha fosfáticas sedimentar moída *in natura* na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de milho. Estudou-se a influência da adição de micronutrientes solúveis e insolúveis em rocha grossa moída acidificada (0, 30 e 60% de H₂SO₄ para análise). Os fertilizantes foram comparados com fonte solúvel fosfato monocálcico (para análise) aplicado em solução. O estudo foi arranjado experimentalmente em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. A fonte solúvel parcelada apresentou maior produção de MSPA. A fonte solúvel aplicada de forma completa e parcelada obteve maior acúmulo de fósforo na MSPA. O índice de eficiência relativo, dos fosfatos de rocha aumentou no acumulado dos três cultivos em relação ao primeiro cultivo, mostrando potencial efeito residual dessas fontes.

PALAVRAS-CHAVE: adubação fosfatada, rochagem, *Zea mays* L.

AGRONOMIC EFFICIENCY OF MULTINUTRIENT PHOSPHATE FERTILIZERS PRODUCED FROM PRATÁPOLIS PHOSPHATE ROCK

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate, in a greenhouse, the agronomic efficiency and the residual effect of multinutrient phosphate fertilizers produced from in natura ground sedimentary phosphate rock on the production of dry matter and nutrient accumulation in the areas of maize plants. The influence of the addition of soluble and insoluble micronutrients in acidified ground coarse rock (0, 30 and 60% of H₂SO₄ for analysis) was studied. Fertilizers were compared with a soluble source of monocalcium phosphate (for analysis) applied in solution. The study was experimentally arranged in a randomized block design with four replications. The split soluble source showed higher production of MSPA. The soluble source applied completely and in installments obtained the highest accumulation of phosphorus in the MSPA. The relative efficiency index, of rock phosphates increased in the accumulated of the three crops in relation to the first crop, showing a potential residual effect of these sources. **KEYWORDS:** phosphate fertilization, rocking, Zea mays L.

INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros apresentam em sua grande maioria alta fixação de fósforo, implicando em adubações fosfatadas realizadas em grandes quantidades (Resende et al., 2006). Desta forma, o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo e em 2020 importou cerca de 70% de fertilizantes fosfatados para suprir a demanda da agricultura brasileira (ANDA, 2022). Justificando a necessidade da realização de estudos para buscar fontes alternativas de fertilizantes fosfatados.

Os fosfatos naturais (FN), possuem menor eficiência de disponibilização de fósforo, quando comparado às fontes solúveis, especialmente em prazos mais curtos. Desta forma, a liberação do nutriente ocorre de forma lenta, podendo diminuir os processos de fixação de fósforo, bem como apresentar efeitos residuais no solo (RESENDE et al., 2006). Sendo assim, o manejo requer uma menor frequência de aplicações sucessivas, já que possui uma baixa dissolução do fósforo na solução do solo (FYFE et al., 1983).

Além da correção gradual dos teores de fósforo no solo, é possível fornecer teores consideráveis de silício e alguns micronutrientes como ferro, manganês, cobre e zinco. O enriquecimento da rocha moída fosfatada com outros nutrientes, pode auxiliar com eficiência na correção da fertilidade do solo. (GILLMAN et al., 2002). O objetivo do trabalho foi avaliar em casa de vegetação, a eficiência agrônômica e o efeito residual de fertilizantes fosfatados multinutrientes produzidos a partir de rocha fosfáticas sedimentar moída *in natura* na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na parte área de plantas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na área experimental do Departamento de Solos da UFRRJ, município de Seropédica-RJ. Utilizou-se como substrato, amostras de solo da camada de 0-20 cm de profundidade, classificado como Latossolo Vermelho conforme Santos et al. (2018). A amostra de solo foi seca ao ar, tamisada em peneira de 4 mm, e posteriormente incubada com carbonato de cálcio (para análise). Após estabilização do pH, foi realizada a caracterização química do solo conforme Teixeira et al. (2017) e Raij et al. (2018). Apresentando as seguintes características químicas: Na Mehlich ($0,2 \text{ mmolc dm}^{-3}$); K resina (5 mmolc dm^{-3}); Mg resina (4 mmolc dm^{-3}); Ca resina (29 mmolc dm^{-3}); H+Al (39 mmolc dm^{-3}); Al KCl (0 mmolc dm^{-3}); pH H₂O (5,8); pH CaCl₂ (4,95); V% (47); P Mehlich ($0,4 \text{ mg dm}^{-3}$) e P resina (3 mg dm^{-3}). A rocha fosfática utilizada neste estudo advém da jazida sedimentar de Pratápolis-MG pertencente à Morro Verde Fertilizantes. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições e 10 tratamentos. As unidades experimentais foram compostas de vasos plásticos de 2 dm^3 , contendo 1,8 kg de solo. A planta indicadora foi o milho híbrido BM 3066. Os tratamentos consistiram de: 1) Rocha pura grossa moída com micro solúvel - rms (contendo $9,21 \text{ mg P.g}^{-1}$), 2) Rocha pura grossa moída com micro insolúvel - rmi (contendo $9,21 \text{ mg P.g}^{-1}$), 3) Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro solúvel - 30ms (contendo $7,17 \text{ mg P.g}^{-1}$), 4) Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro insolúvel - 30mi (contendo $7,17 \text{ mg P.g}^{-1}$), 5) Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro insolúvel acidificado - 30mia (contendo $7,17 \text{ mg P.g}^{-1}$), Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro solúvel - 60ms (contendo $5,63 \text{ mg P.g}^{-1}$), 6) Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro insolúvel - 60mi (contendo $5,63 \text{ mg P.g}^{-1}$), 7) Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro insolúvel acidificado - 60mia (contendo $5,63 \text{ mg P.g}^{-1}$), 8) Fosfato monocálcico aplicado em solução em aplicação única no 1^o cultivo - fsfc, 9) Fosfato monocálcico aplicado em solução, de forma parcelada - p (50 % no 1^o e 50% no 2^o cultivo) e 10) tratamento controle, sem aplicação de fósforo e micronutriente. Todos os tratamentos, com exceção do controle, receberam o total equivalente a $100 \text{ mg de P.kg}^{-1}$ de solo. De forma incorporada no volume total do solo antes do 1^o cultivo, com exceção do tratamento com fonte solúvel parcelada, cuja aplicação foi com 50% no 1^o e 50% no 2^o cultivo. A definição da dose de fósforo foi realizada em experimento preliminar analisando curva de resposta ao P para o referido solo.

Em todas as unidades experimentais foram semeadas oito sementes e, em seguida, foram adicionados 100 mL de solução nutritiva contendo todos os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento da cultura. Três dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso. Após os 45 dias de cada plantio, as plantas foram seccionadas ao nível do solo. As amostras foram transferidas para estufa de circulação forçada de ar a 65°C , até peso constante. Após a secagem, foi determinada a massa seca

seguida de moagem do material em moinho tipo Wiley. A determinação de nutrientes nas amostras vegetais foi realizada conforme Malavolta et al. (1997). Determinou-se o índice de eficiência relativa (IER) dos fertilizantes de acordo com Goedert et al. (1986). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett (5% de significância) e ao teste de Shapiro-Wilk (5% de significância). Os dados que não atenderam os requisitos dos testes, foram tratados com Box-Cox ou raiz quadrada. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software R. Os pacotes utilizados foram easyanova (ARNHOLD, 2013), e ggplot2 (WICKHAM, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro plantio, o tratamento fosfato monocalcico aplicado de forma completa (fsfc) obteve maior produção de matéria seca, seguido do tratamento parcelado (p). Este foi estatisticamente superior aos demais tratamentos (Figura 1). Os tratamentos rocha pura grossa moída acidificada a 60% com adição de micro solúvel (60ms), rocha pura grossa moída acidificada a 60% com adição de micro insolúvel acidificado (60mia) e o tratamento rocha pura grossa moída acidificada a 60% com adição de micro insolúvel (60mi) foram estatisticamente semelhantes e apresentaram maior acúmulo de MSPA em relação aos demais fosfatos de rocha (FR). No segundo plantio o tratamento parcelado foi estatisticamente superior aos demais tratamentos. É importante notar que neste plantio o tratamento 30mi apresentou média estatisticamente superior ao tratamento fsfc. Já no terceiro plantio os tratamentos parcelados, 30mi, 60mi, 60ms e 60mia, foram estatisticamente superiores ao tratamento fsfc.

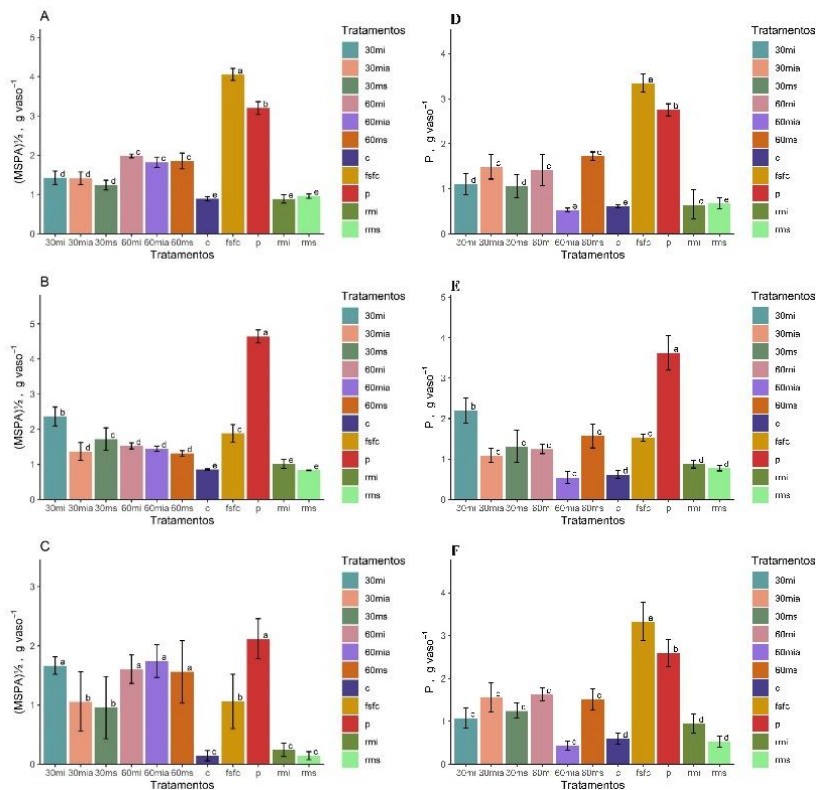


Figura 1. Massa seca (MSPA) e acúmulo de fósforo (P) na parte aérea de plantas de milho no primeiro (A e D), segundo (B e E) e terceiro (C e F) plantios. Letras diferentes representam diferença significativa, letras iguais representam semelhança estatística a 5% Scott-Knott. C (tratamento sem fósforo e sem micro), fsfc (fosfato monocalcico p.a completo), P (fosfato monocalcico p.a parcelado), rmi (Rocha pura grossa moída com micro insolúvel), rms (Rocha pura grossa moída com micro solúvel), 30ms (Rocha pura grossa moída acidificada 30% micro solúvel), 30mi (rocha pura grossa moída 30% micro insolúvel), 30mia (rocha pura grossa moída acidificada 30% micro insolúvel acidificado), 60ms (rocha pura grossa moída acidificada 60% micro solúvel), 60mi (rocha pura grossa moída 60% micro insolúvel), 60mia (rocha pura grossa moída 60% micro insolúvel acidificado).

A acidificação pode ter acentuado a solubilidade dos micronutrientes presentes na rocha. Melo et al. (2012), estudando incubação do solo com pó de rocha basáltica, observaram dissolução acentuada e maior disponibilização para a solução do solo de micronutrientes como Mn+2, Cu+2 e Fe+2. O fsfc no primeiro plantio, produziu maior acúmulo de fósforo em relação aos demais tratamentos. A fonte solúvel aplicada com a metade da dose, foi superior aos FR. Já os tratamentos 30mia, 60mi e 60ms apresentaram semelhança estatística e médias superiores aos demais tratamentos (Figura 1). Já no segundo plantio, o tratamento parcelado sobressai em relação aos demais tratamentos e obteve maior média no acúmulo de fósforo. Neste plantio a 30mi, obteve maior acúmulo de fósforo quando comparado com o tratamento fsfc. No terceiro plantio, o fsfc acumulou mais fósforo em relação aos demais. Sendo que os tratamentos 60mia, 30mi, 30ms, 30mia, 60ms e p obtiveram médias estatisticamente semelhantes e superiores aos demais tratamentos.

Na análise da MSPA acumulada (Figura 2), os tratamentos fsfc e p apresentaram médias estatisticamente semelhantes na produção de matéria seca e superiores aos demais tratamentos. Na análise do fósforo acumulado (Figura 2), o fsfc demonstrou semelhança estatística ao tratamento parcelado, ambos superiores aos demais tratamentos. O FR 60mia apresentou o maior índice de eficiência relativa (IER) na produção de MSPA acumulada dos três cultivos entre os FR, em relação aos tratamentos controle e com fonte solúvel aplicada em dose única, com 30% no 1º cultivo e 50% no acumulado dos três cultivos (Figura 2). O IER aumentou para todos os FR quando considerado o acumulado nos três cultivos em relação ao 1º cultivo. A fonte solúvel, aplicada de forma parcelada apresentou a maior IER no acumulado dos três cultivos.

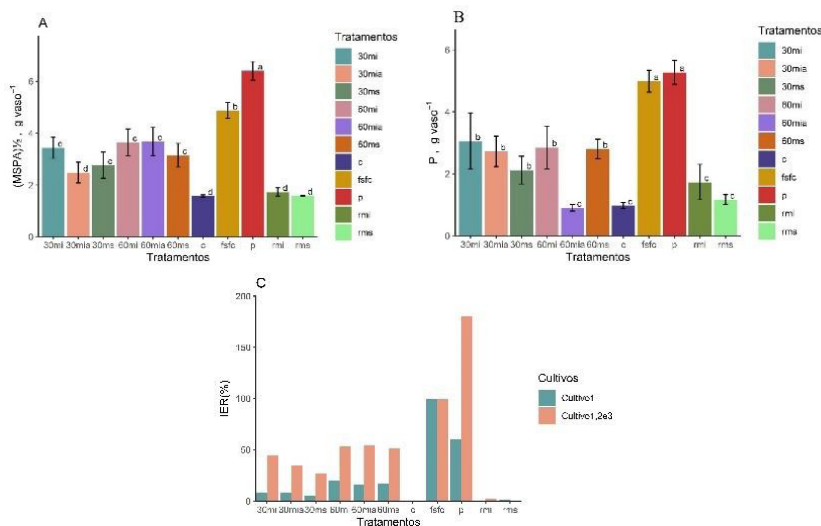


Figura 2. Massa seca (A) e acúmulo de fósforo (B) na parte aérea das plantas de milho acumulado nos três cultivos sequenciais. Índice de eficiência relativa (C) para produção de matéria seca da parte aérea de plantas de milho, referente ao 1o cultivo e ao acumulado em três cultivos. Letras diferentes representam diferença significativa, letras iguais representam semelhança estatística a 5% Scott-Knott. C (tratamento sem fósforo e sem micro), fsfc (fosfato monocálcico p.a completo), P (fosfato monocálcico p.a parcelado), rmi (Rocha pura grossa moída com micro insolúvel), rms (Rocha pura grossa moída com micro solúvel), 30ms (Rocha pura grossa moída acidificada 30% micro solúvel), 30mi (rocha pura grossa moída 30% micro insolúvel), 30mia (rocha pura grossa moída acidificada 30% micro insolúvel acidificado), 60ms (rocha pura grossa moída acidificada 60% micro solúvel), 60mi (rocha pura grossa moída 60% micro insolúvel), 60mia (rocha pura grossa moída 60% micro insolúvel acidificado).

A baixa disponibilização de fósforo pode ser devido a possível dissolução de elementos químicos como Fe^{+3} , Al^{+3} , Mn^{+2} , que possivelmente em contato com íons ortofosfatos no solo precipitaram na forma de fosfato de ferro, fosfato de alumínio e fosfato de manganês. Segundo Parfitt (1989), a adsorção de íons ortofosfatos podem ocorrer nas imediações das partículas dos fertilizantes fosfatados, adsorvendo com íons trocáveis (Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+) presentes nos solos.

CONCLUSÕES

A fonte solúvel parcelada apresentou maior produção de MSPA. A fonte solúvel aplicada de forma completa e parcelada obteve estatisticamente maior acúmulo de fósforo em relação aos FRs na MSPA.

O IER dos FR aumentou no acumulado dos três cultivos em relação ao primeiro cultivo, mostrando potencial efeito residual dessas fontes.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. **Anuário estatístico**

do setor de fertilizantes 2020. São Paulo: ANDA, Comitê Estatístico, 2021.

ARNHOLD, E. Pacote no ambiente R para análise de variância e análises complementares. **Revista Brasileira de Pesquisa Veterinária e Zootecnia**, v.50, n.6, p.488-492, 2013.

GASQUES, J. G., REZENDE, G. C. D., VILLA VERDE, C. M., SALERNO, M. S.,

CONCEIÇÃO, J. C. P. R. D., & CARVALHO, J. C. D. S. **Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil**.2004.

RESENDE, A. V. D., FURTINI NETO, A. E., ALVES, V. M. C., MUNIZ, J. A., CURTI, N.,

FAQUIN, V., ... & CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** , v. 30, p. 453-466, 2006.

FYFE, W.S., KRONBERG, B.I., LEONARDOS, O.H., OLORUNFEMI, n. Global tectonics

agriculture: geochemical perspective. **Agriculture Ecosystem and Environment**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 383–399, jul. 1983

GILLMAN, G.P.; BURKETT, D.C.; COVENTRY, R.J. A laboratory study of application of basalt dust to highly weathered soils: effect on soil cation chemistry. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 4, n. 39, p. 799–811, 2001.

SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., DOS ANJOS, L.H.C., DE OLIVEIRA, V.A.,

LUMBRERAS, L.F., COELHO, M.R., & CUNHA, T.J.F. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TEIXEIRA, P.C., DONAGEMMA, G.K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: EMBRAPA. 573p. 2017.

PARFITT, RL. Reações de fosfato com alofano natural, ferridrita e goetita. **Journal of Soil Science** , v. 40, n. 2, pág. 359-369, 1989.

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

WICKHAM, H. ggplot2: **Elegant graphics for data analysis**. New York, NY: Springer, 2016.

MELO, V.F.; UCHÔA, S.C.P.; OLIVEIRA DIAS, F.; BARBOSA G.F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n.4, p. 471-476, 2012.

VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA (NH₃) NAS EXCRETAS DE BOVINOS SOB DIFERENTES TIPOS DE DIETA AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO

Data de aceite: 03/07/2023

João Guedes Borré

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do solo (UFRRJ)

Israel Oliveira Ramalho

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do solo (UFRRJ)

Bruno Grossi Costa Homem

Pós- Doutorando da EMBRAPA Agrobiologia

Bruno José Rodrigues Alves

Pesquisador da EMBRAPA Agrobiologia

Robert Michael Boddey

Pesquisador da EMBRAPA Agrobiologia

Segundo Urquiaga

Pesquisador da EMBRAPA Agrobiologia

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar os fatores de emissão (FE) de NH₃ derivados da urina e fezes de gado bovino pastejando pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em monocultura ou em consórcio com *Macrotyloma axillare* cv. Java. Não foram encontradas diferenças

significativas entre os FE, na comparação entre os diferentes tipos de pastagem utilizadas ($p>0.05$). Observou-se notória interação entre o tipo de excreta animal e as estações do ano ($p<0.05$). Dessa maneira, o maior FE foi encontrado na urina no verão. Portanto, as condições climáticas exercem influência sobre os FE da urina. A introdução de leguminosas no sistema não favoreceu a emissão de NH₃, mostrando ser uma alternativa sustentável para intensificar a produtividade animal, sem aumentar as emissões de gases do efeito estufa.

PALAVRAS-CHAVE: Consórcio, leguminosa, nitrogênio.

AMMONIA (NH₃) VOLATILIZATION IN CATTLE EXCRETES UNDER DIFFERENT TYPES OF DIET THROUGHOUT THE SEASONS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the emission factors (EF) of NH₃ derived from urine and feces of cattle grazing pastures of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in monoculture or mixed with *Macrotyloma axillare* cv. Java. There were no differences between the types of pasture used ($p>0.05$). An interaction between the cattle excreta and the seasons of the year was found ($p<0.05$). Thus, the highest EF

was found in the urine during the summer. Thus, climatic conditions influence urine EFs. The introduction of a forage legume in the system did not favor the emission of NH₃, proving to be a sustainable alternative that can intensify productivity without increasing greenhouse gas emissions.

KEYWORDS: Legume, mixed pasture, nitrogen.

INTRODUÇÃO

No contexto mundial, o Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, com 187,5 milhões de cabeças (ABIEC, 2021). Desse modo, 20% de toda a exportação mundial de carne é atribuída ao mercado brasileiro (USDA, 2019). Recentemente, estudos sobre impactos ambientais evidenciam um grande potencial de emissão de gases do efeito estufa (GEE) na pecuária. Somente a deposição das excretas de animais criados a pasto representa uma fonte significativa de emissão de NH₃ e N₂O (SIRENE, 2021).

A volatilização da amônia ocorre pela hidrólise da ureia, principalmente na urina, onde uma maior quantidade de N solúvel é encontrada (BODDEY, 2020). Essa reação é modificada pelo tipo de dieta fornecida ao animal, por variações climáticas ao longo das estações do ano e pela taxa de degradabilidade da proteína no rúmen (GUIMARÃES, 2022).

A introdução de leguminosas em pastagens representa uma alternativa que favorece a eficiência na utilização do N pelos animais (PEREIRA, 2020). O elevado teor de N associado à fibra potencialmente digestível dessas espécies, reduz a velocidade de degradação da proteína no rúmen, favorecendo o sinergismo entre o metabolismo do nitrogênio e de carboidratos para a microbiota ruminal, o que ocasiona uma maior síntese de proteína microbiana e uma menor excreção de N via urina. Além disso, a presença de compostos secundários nas leguminosas, como taninos condensados, diminui a degradabilidade da proteína no rúmen e, conseqüentemente, a excreção de N via urina é reduzida juntamente com um aumento no teor de N recalcitrante, nas fezes dos animais (AGUERRE, 2016). Uma boa alternativa para avaliação do potencial de mitigação de NH₃ das leguminosas, é a utilização de pastos consorciados com leguminosas. O objetivo do trabalho foi avaliar a taxa de volatilização de NH₃ nas excretas de animais submetidos a diferentes tipos de dieta na estação da seca e das águas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Nutrição Animal e Pastagens (DNAP) do Instituto de Zootecnia (IZ) da UFRRJ, no município de Seropédica - RJ (22°47'04.4"S 43°41'10.2"W), com altitude de 33 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Aw, com precipitação média anual de 1.213 mm e temperatura média anual de 24,5°C. A classe textural do solo é a franco argilo arenosa.

Dois ensaios foram realizados ao longo das estações do ano. O primeiro, durante o período seco (inverno), iniciando dia 24 de agosto de 2021; e o segundo durante o período das águas (verão), iniciando em 23 de fevereiro de 2022. Foram quantificadas a volatilização de NH₃ na urina e nas fezes de animais contidos em pastagens formadas por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em monocultura ou em consórcio com *Macrotyloma axillare* cv. Java. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial de 2x2, com medidas repetidas no tempo.

A coleta das excretas foi realizada em novilhos da raça Nelore. A data de coleta no inverno foi 24 de agosto de 2021, e a do verão, 23 de fevereiro de 2022. Os animais foram reunidos no curral pela manhã, as fezes foram coletadas diretamente do reto do animal e a urina, com auxílio de um coletor. Quanto ao armazenamento, a urina foi acondicionada em freezer (-20°C) e as fezes na geladeira (5°C). Um dia anterior ao início do experimento, as fezes e urinas foram homogeneizadas manualmente. Foram aplicados 1,2 kg de fezes e 1 litro de urina na superfície do solo por unidade experimental sob câmaras estáticas coletoras de NH₃. A determinação do teor de N na urina foi realizada pelo método de Kjeldahl e nas fezes, com auxílio de espectrômetro de massa de fluxo contínuo, no Laboratório de Isótopos Estáveis “John Day” da Embrapa Agrobiologia.

A volatilização de amônia foi monitorada durante 2 meses. Nos primeiros 15 dias, o recolhimento de amostras ocorreu diariamente. Nos 15 dias posteriores, seguiu-se com intervalo de 3 dias entre coletas. Após esse período, as coletas ocorreram semanalmente até o encerramento do experimento. Para esta técnica, foi utilizada uma câmara estática constituída por uma garrafa PET transparente de dois litros, desprovida de fundo. Uma lâmina de polietileno de 2,5 cm de largura e 25 cm de comprimento, suspensa no interior do frasco e com a sua base imersa em 10 mL de H₂SO₄ 1,0 mol dm⁻³ + glicerina 2% (v/v), foi utilizada (JANTALIA, 2012). Posteriormente, o conteúdo da solução de H₂SO₄ e a espuma foram transferidos para Erlenmeyer de 125 mL. Em seguida, foram adicionados 40 mL de água destilada em cada Erlenmeyer e quantificada a massa da solução remanescente. Com auxílio de um agitador horizontal, a solução permaneceu em agitação por 30 minutos à 220 RPM. Uma alíquota de 10 mL foi retirada e analisada por destilação a vapor e posteriormente titulada para determinação do N amoniacal (MARTINS, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do ar foi de 23,9°C, com máxima de 37,4°C e mínima de 11°C, para o ensaio do inverno. No experimento do verão, a temperatura média do ar foi de 23,1°C, com máxima de 39°C e mínima 12,8°C. Foram obtidos os valores de 24,8°C e 27,9°C referentes à temperatura média do solo, para a estação do inverno e do verão, respectivamente. A precipitação acumulada durante os ensaios do inverno e do verão foram de 751 mm e 271 mm, com umidade relativa do ar de 74,66% e 70,97%, respectivamente.

Em relação ao solo, o valor médio do espaço poroso ocupado com água foi de 34,64% e 37,46%, com máximas de 66,7% e 82,8% para o experimento do inverno e do verão, respectivamente. Apesar da maior pluviosidade no experimento do inverno, é importante ressaltar que o clima teve importante efeito sobre os aspectos do solo, da pastagem e da composição das excretas. O tipo de manejo utilizado interage com esses fatores, modificando o teor de N nas fezes e urina, e conseqüentemente, os fatores de emissão de NH₃ (FE-NH₃). Os teores de N das fezes, durante o inverno, variaram de 2,15 N g kg⁻¹ fezes na monocultura e de 1,8 N g kg⁻¹ no consórcio. No verão, os valores encontrados foram de 2,43 e 2,32 N g kg⁻¹ para a monocultura e consórcio, respectivamente. Para a urina, os teores de N obtidos no inverno foram de 1,15 e 0,88 N g L⁻¹ e no verão de 1,99 e 1,68 N g L⁻¹, para a monocultura e consórcio, respectivamente.

Durante o experimento do inverno, as médias mais altas de volatilização de NH₃ foram de 0,250 ± 0,029 e 0,217 ± 0,034 mg N-NH₃ câmara⁻¹ dia⁻¹ para os tratamentos com fezes da monocultura e fezes do consórcio, respectivamente. Em seguida, os tratamentos de urina da monocultura e urina do consórcio apresentaram médias muito semelhantes (0,142 ± 0,027 e 0,143 ± 0,021 mg N-NH₃ câmara⁻¹ dia⁻¹, respectivamente). O menor valor encontrado ocorreu nas parcelas controle (0,131 ± 0,018 mg N-NH₃ câmara⁻¹ dia⁻¹; Figura 1).

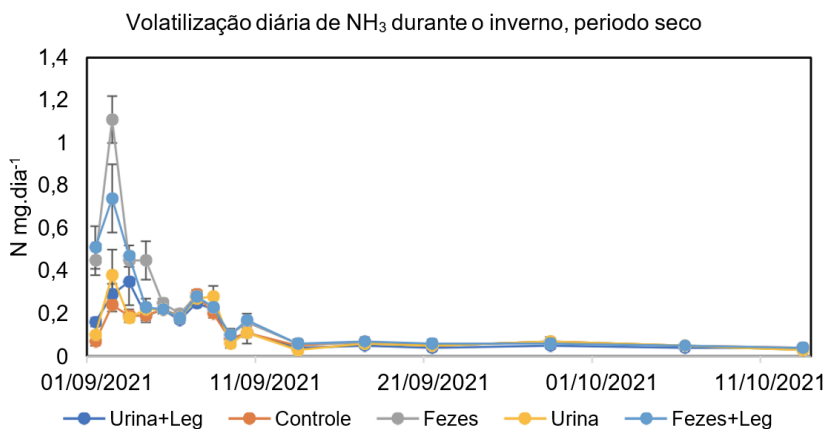


Figura 1- Volatilização diária de N-NH₃ no inverno. Urina + Leg = urina do consórcio, Fezes + Leg = fezes do consórcio, Urina = urina da monocultura, Fezes = fezes da monocultura.

No experimento do verão, as emissões de N-NH₃ média diária por câmara foram de 0,288 ± 0,049, 0,252 ± 0,042, 0,223 ± 0,032, 0,203 ± 0,027, e 0,133 ± 0,023 mg N-NH₃ câmara⁻¹ dia⁻¹ para urina da monocultura, urina do consórcio, fezes do consórcio, fezes monocultura e controle, respectivamente (Figura 2).

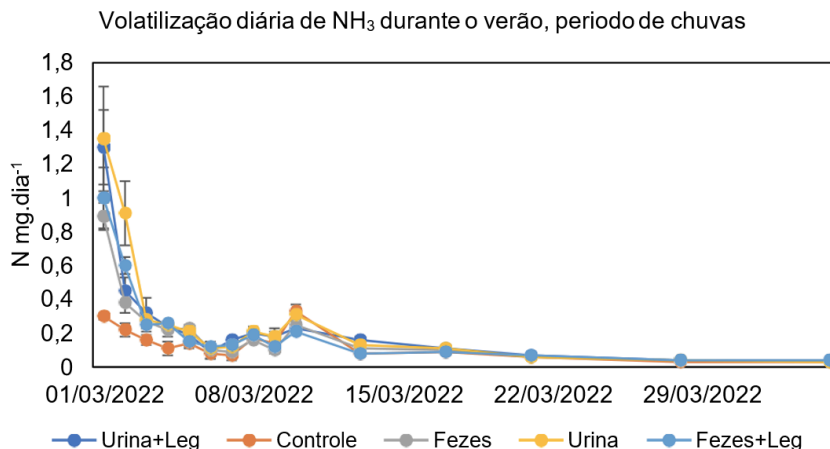


Figura 2 - Volatilização diária de N-NH₃ no verão. Urina + Leg = urina do consórcio, Fezes + Leg = fezes do consórcio, Urina = urina da monocultura, Fezes = fezes da monocultura.

Quanto aos fatores de emissão (FE), não foram encontradas diferenças significativas entre o tratamento monocultura e consórcio ($p > 0.05$). Desse modo, pastagens consorciadas podem ser uma alternativa sustentável para intensificação da produtividade, sem o aumento das emissões de NH₃. As estações do ano diferiram entre si ($p < 0.001$), com maiores perdas de N por volatilização ocorrendo no verão. Essa variação pode ser explicada pelas mudanças climáticas ao longo das estações do ano. Fatores como temperatura e precipitação podem intensificar a atividade da urease no solo e favorecer as emissões de NH₃ (GUIMARÃES, 2022). O tipo de excreta também mostrou efeito significativo ($p < 0.05$), com a urina apresentando maior potencial de emissão de NH₃, na comparação com as fezes. Grande parte do N contido na urina animal está na forma de ureia. Essa molécula é rapidamente hidrolisada no solo pela enzima urease, liberando NH₃ sendo que, em seguida, uma fração é convertida em NH₄⁺. Desse modo, quando a capacidade máxima de assimilação desse elemento pelas plantas é atingida, as reações que levam à perda do N são favorecidas. Foi constatada interação entre os fatores tempo e tipo de excreta ($p < 0.05$), evidenciando que o maior FE obtido foi na urina do período do verão (Tabela 1).

Tabela 1 - Fatores de emissão (FE) de NH₃ variando quanto ao tipo de excreta animal ao longo das estações do ano.

| Tipo de excreta | Estação do ano | Média | Erro padrão |
|-----------------|----------------|--------|-------------|
| | | % | |
| Fezes | Inverno (seca) | 0,08 A | 0,1974 |
| Fezes | Verão (águas) | 0,06 A | 0,1974 |
| Urina | Inverno (seca) | 0,06 A | 0,1974 |
| Urina | Verão (águas) | 3,67 B | 0,1974 |

Provavelmente, esse resultado foi decorrente da diferença no teor de N das excretas, entre a estação do inverno e do verão. As variações climáticas afetam aspectos da pastagem, como: estrutura do dossel, teor de proteína e fibra, e digestibilidade. Com isso, a síntese proteica no rúmen do animal é prejudicada em situações climáticas desfavoráveis, reduzindo os teores de N nas excretas.

CONCLUSÕES

O tipo de pastagem utilizada não afetou significativamente o FENH3 das excretas dos animais, mostrando que pastos consorciados são uma alternativa sustentável para redução das emissões de NH3, associada ao uso de fertilizantes nitrogenados.

Considerando o tipo de excreta, os resultados evidenciaram que os FENH3 da urina são afetados pelas estações do ano, enquanto que o FENH3 nas fezes é menos sensível a variações climáticas.

Desse modo, a utilização do *Macrotyloma axillare* cv. Java em pastagens consorciadas pode ser vista como uma estratégia para intensificar a produtividade animal, sem aumentar as emissões de NH3.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABIEC- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Beef Report Perfil da Pecuária no Brasil. 2020. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br>>. Acesso em: 09 de março de 2021.

AGUERRE, M.J. et al. Effect of quebracho-chestnut tannin extracts at 2 dietary crude protein levels on performance, rumen fermentation, and nitrogen partitioning in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 99, n. 6, p. 4476-4486, 2016.

BODDEY, R.M. et al. Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. **Grass and Forage Science**, Dunston, v. 75, n. 4, p. 357-371, 2020.

GUIMARÃES, B.C. et al. Emissions of N2O and NH3 from cattle excreta in grass pastures fertilized with N or mixed with a forage legume. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Lavras, v.122, p. 325-346, 2022.

JANTALIA, C.P. et al. Nitrogen source effects on ammonia volatilization as measured with semi-static chambers. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 6, p. 1595-1603, 2012.

MARTINS, M.R. et al. A simple and easy method to measure ammonia volatilization: Accuracy under field conditions. **Pedosphere**, Nanjing, v. 31, n. 2, p. 255-264, 2021

PEREIRA, J.M. et al. Production of beef cattle grazing on *Brachiaria brizantha* (Marandu grass) - *Arachis pintoi* (forage peanut cv. Belomonte) mixtures exceeded that on grass monocultures fertilized with 120 kg N/ha. **Grass and Forage Science**, Dunston, v. 75, n. 1, p. 28-36, 2020.

Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) (2021) SIRENE Sistema de Registro Nacional de Emissões. Brasília. Disponível em: <https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/paineis/2018/08/24/Participacao_de_gases_por_setor.html>. Acesso em: 02 Novembro de 2022.

PROJEÇÃO DA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE CARBONO ATÉ 2050 DA INDÚSTRIA CIMENTEIRA NO BRASIL

Data de aceite: 03/07/2023

Josiane da Silva Torres Machado

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (COPPE/UFRJ)

Eduardo De Moraes Rego Fairbairn

Professor do Departamento de Engenharia Civil (COPPE/UFRJ)

Flávio Lassa Machado

Mestrando do programa de Pós-graduação em Engenharia de Biosistemas (UFF)

RESUMO: Este estudo apresenta tendências de projeção entre 2014 a 2050 sobre a redução de CO₂ num cenário entre 6°C/ e 2 °C da indústria cimenteira brasileira, propondo alternativas para reduzir, ainda mais emissões de CO₂. Além disso, busca identificar as barreiras que limitam a adoção dessas alternativas e, com isso, propõe uma série de recomendações, regulamentos, aspectos normativos, entre outros, capazes de potencializar a redução das emissões de carbono. Nesse cenário, a emissão específica pode ser reduzida de 564 kg de cimento CO₂/t em 2014 para 375kg

em 2050. Como resultado, a indústria alcançaria uma emissão absoluta de 44 Mt em 2050, uma redução de 33% em relação ao “Cenário 6 °C”.

PALAVRAS-CHAVE: armazenamento de carbono, clínquer, energia.

PROJECTION OF THE REDUCTION OF CARBON EMISSIONS BY 2050 IN THE CEMENT INDUSTRY IN BRAZIL

ABSTRACT: This study presents projection trends between 2014 and 2050 in the reduction of CO₂ in the scenario between 6 °C/ and 2 °C of the Brazilian cement industry, proposing alternatives to reduce even more CO₂ emissions. It also seeks to identify the barriers that limit the adoption of these alternatives and, as a result, proposes a series of recommendations, regulations, and normative aspects, among others, capable of enhancing the reduction of carbon emissions. In this scenario, the specific emission can be reduced from 564 kg of cement CO₂/t in 2014 to 375 kg in 2050. As a result, the industry would achieve an absolute emission of 44 Mt in 2050, a reduction of 33% in relation to the “Scenario 6 °C”.

KEYWORDS: Carbon storage, clinker, energy.

INTRODUCTION

Brazil has little housing and infrastructure, the decarbonization of the cement industry generates aligned economic, social, and environmental benefits (INFRAROI, 2022). In this way, it is inevitable to use the world's most consumed material (ROADMAP, 2019). Cement as an essential input is linked to a complex industry, which globally contributes around 7% of all carbon dioxide emitted by man (SNIC, 2022). The national cement company Mizu in Baraúna/RN, through the co-processing system, stopped burning petroleum coke to replace the mixture of biomass, industrial waste, and crushed tires, evolving from 5% to 35% the thermal replacement; with this procedure, the company avoided approximately 300,000 t of CO₂ between 2019 and 2022 (INFRAROI, 2022). The company Votorantim managed to reduce its carbon dioxide emissions by 25% per ton of cement, the volume went from 763 kg of CO₂/ton to 576 kg of CO₂, and by 2030 it will decrease by 12%, producing 520 kg of CO₂ per ton (ANAMACO, 2022). The Agreement at the 21st United Nations Conference on Climate Change (UNFCCC) established guidelines and commitments intended to limit temperatures this century to below 2°C. Based on studies and research, the Brazilian cement industry, in collaboration with the International Energy Agency (IEA), analyzes a series of measures capable of accelerating the transition to a low carbon economy (UNFCCC, 2021). Thus, the content will reduce carbon intensity by 33% by 2050, based on current values (WBCSD, 2018). As a result, the measures focus on four pillars: (I) additions and substitutes for clinker - an intermediate product of cement, through the use of by-products from other activities; (II) alternative fuels, using biomass and waste as energy in place of non-renewable fossil fuels; (III) Energy efficiency measures, through investments in lines and equipment with lower thermal and/or electrical consumption; (IV) innovative technologies such as carbon capture (WBCSD, 2018). In order to present reduction trends until 2050, this study discusses alternatives to minimize CO₂ emission rates aimed at the Brazilian cement production process.

MATERIAL AND METHODS

The study was based on a literature review based on the research and selection of scientific articles related to the topic, published between 2014 and 2022, in Scielo (<http://www.scielo.br/>) and ScienceDirect (<https://www.scielo.br/databases/www.sciencedirect.com/>). Available information from sectoral bodies, National Union of the Cement Industry (SNIC), International Energy Agency (IEA), UN Population Division, World Population Perspectives: The Review, United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York.

RESULTS AND DISCUSSION

In the Cement Technological Report (ROADMAP), developed from the repertoire of scientific research, data collection and mathematical models, they capture the current situation and future trends of the Brazilian cement industry, proposing more subsidies to reduce CO₂ emission rates cement production process in Brazil by 2050 (ROADMAP, 2019).

The “6 °C Scenario”, which serves as a reference for the Roadmap, is largely an extension of current production practices, with no effort by the government, industry, or the general public to reduce CO₂ emissions (Albuquerque et al, 2020). Hypothetically, specific emissions remain constant in this scenario, and due to the increase in cement production, the absolute emission could reach 66 Mt of CO₂ in 2050 (ROADMAP,2019). However, the “2°C Scenario” examines ways to achieve deep cuts in carbon emissions, enough to frame the Brazilian cement industry in a context of global warming limited to 2°C by 2050 (Albuquerque et al, 2020). The respective scenarios are referenced in table 1.

Table 1. Carbon emission scenarios 2014-2050 CO₂ emission scenarios

| Scenarios | 2014 | 2050 |
|-----------|--|--|
| 6 °C | 286KgCO ₂ /t MtCO ₂ | 564 gCO ₂ /t 66MtCO ₂ |
| 2 °C | 286KgCO ₂ /t MtCO ₂ | 375KgCO ₂ /t 44MtCO ₂ |

In this scenario, the specific emission can be reduced from 564 kg of CO₂/t of cement in 2014 to 375 kg in 2050. As a result, the industry obtains an absolute emission of 44 Mt in 2050 and a reduction of 33% concerning “Scenario 6 °C” (ANAMACO, 2022). In terms of emissions accumulated between 2014 and 2050, comparing the two scenarios, it will be possible to avoid the emission of about 420 Mt of CO₂ from adopting the measures suggested in this study according to (ROADMAP, 2019). The main alternative for this reduction is Clinker Substitution, with the potential to mitigate 290 Mt of CO₂ between 2014 and 2050 (or 69%) and use of less carbon intensive alternative fuels, as the sector migrates from petroleum coke to biomass and waste could contribute with 55 Mt of CO₂ of this total (13%), if these interventions do not occur, absolute emissions from cement production in Brazil will reach around 66 Mt CO₂ by 2050, an increase of 64% compared to 2014 levels 40 Mt CO₂ (ROADMAP, 2019). According to Votorantim, between 1990 and 2020, the company managed to reduce its carbon dioxide emissions per ton of cement by 25% and intends to reduce by 12% by 2030 by co-processing the replacement of fossil fuel with biomass, waste tires, industrial and urban waste tires, a volume that went from 763 kg of CO₂/ton of cement to 576kg of CO₂ (ANAMACO, 2022). Using the same process, the national cement plant Mizu in Baraúna/RN started to implement the mixture of Biomass, industrial waste,

and crushed tires in its production ovens and managed to advance from 5% to 35% the thermal replacement, no longer burning the petroleum coke (INFRAROI, 2022). In this way, the company avoided approximately 300,000 t of CO₂ between 2019 and 2022 (INFRAROI, 2022).

The mitigation potential of activated alkaline materials based on blast furnaces lag and fly ash reduces between 40 and 80% of emissions corresponding to Portland cement (ROADMAP, 2019). Table 2 contains emission factors based on regional hydraulic cement production emission values considered in estimating the mitigation potential (kg of CO₂ per kg of material produced).

Table 2. Emission factors

| Material Value | Value |
|-------------------|-----------|
| clinker + plaster | 0,86 |
| calcined clay | 0.2-0.35 |
| limestone filling | 0.008 |
| sodium silicate | 0.90-1.8 |
| RBP | 0.79 |
| BYF | 0.62-0.66 |

For BYF (belite / ferrite) clinkers, the critical materials are bauxite and other minerals with a high alumina content, of which the Al₂O₃ fraction is 16.4% (Gartner, 2011). The Al₂O₃ content in bauxite is around 40%, and bauxite resources are estimated at 55 to 75billion tons (RITTER, 2014). Today, 91% of bauxite production is concentrated in 15 countries, mainly Australia, China, Brazil and Malaysia and India; the price of exports to US ports is \$30-46 (RITTER, 2014). If all current bauxite extraction were diverted to BYF cement, it would be possible to produce around 650 Mt of S.K. Ritter, Making Competition with aluminum for bauxite and regional availability of materials are limiting factors. Table 3, brings the reduction performance between 2014 to 2050.

Table 3. Slag and fly ash availability reduction scenario

| | 2014 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| Clinker Factor | 25% | 28% | 39% | 41% | 45% |
| fly ashes | 28% | 30% | 39% | 41% | 42% |
| Blast furnace slag | 22% | 26% | 32% | 35% | 38% |
| limestone filer | 0% | 10% | 20% | 25% | 30% |

CONSIDERATIONS

The mitigation potential of activated alkaline materials based on blast furnaces slag and fly ash reduces between 40 and 80% of emissions corresponding to Portland cement. However, there are some barriers such as the production of bauxite concentrated at 91% in other countries, such as Australia, China, Malaysia, and India; the price of exports is a limiting factor. However, Brazilian companies can already reduce carbon emissions by applying the co-processing method with a percentage advance from 5% to 35% in thermal substitution.

REFERENCES

ALBUQUERQUE, I. et al. **Analysis of Brazilian greenhouse gas emissions and the implications for Brazil's climate goals 1970 - 2019**. Climate Observatory, 2020. SEEG 8.

CEMENT INDUSTRY **Reduces CO2 emissions and projects neutrality by 2050**. Revista Anamaco on line, São Paulo, 16 jun. 2022.

E.M. Gartner, et al. **Hydration of a Belite-Calcium Sulfoaluminate-Ferrite Cement: Aether TM**, in: 13th Int. The Congr. Chemistry. Cem., Madrid, 2011.

IEA and WBCSD (2018), **Technological Roadmap - Low Carbon Transition in the Cement Industry**.

S.A. Miller, A. Horvath, P.J.M. Monteiro, **Readily implementable techniques can reduce annual CO2 emissions from concrete production by more than 20%**, *Environ. Res. Lett.* 11 (2016) 74029. doi:10.1088/1748-9326/11/7/074029.

S.K. Ritter, **Making The Most of Red Mud**, February 24, 2014 Edition, Vol. 92 Issue 8, Chemical & Engineering News, C&E. 92 (2014).

VISEDO, Gonzalo, et al. **Cement technology: potential to reduce carbon emissions from the Brazilian cement industry by 2050**. Rio de Janeiro: SNIC, 2019.

BIODISPONIBILIDADE DE COBRE E CHUMBO NOS SOLOS NATURAIS DA REGIÃO NORTE E NOROESTE DO RJ

Data de aceite: 03/07/2023

Julio Cesar Francisco Ferreira de Araújo Junior

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciências do Solo (PPGACS- UFRRJ)

Gabriela da Rocha Saldanha

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciências do Solo (PPGACS- UFRRJ)

Farley Alexandre da Fonseca Breda

Pós doutorando FAPERJ/ PPGA-CS (UFRRJ)

Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho

Professor do Departamento de Agrotecnologias e Sustentabilidade (UFRRJ)

Erica Souto Abreu Lima

Professora do Departamento de Solos (UFRRJ)

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi determinar os principais fatores responsáveis pelas alterações nos teores de Cu e Pb nos solos naturais da região Norte e Nordeste do Rio de Janeiro, bem

como avaliar a biodisponibilidade desses elementos no solo. Foram utilizadas amostras coletadas de 97 pontos amostrais na profundidade de 0-20 cm. Após o preparo, as amostras passaram por análises físicas e químicas. Para a análise de determinação dos teores pseudototais de Cu e Pb, foi realizada a digestão das amostras, e para a determinação dos teores biodisponíveis dos mesmos metais, as amostras foram submetidas ao fracionamento geoquímico, sendo utilizado apenas as 2 primeiras etapas da análise. Os dados foram submetidos a análises de estatística descritiva e análises multivariadas. Os teores naturais de Cu e Pb não apresentaram potencial de risco ambiental, sendo possível concluir que a principal fonte de origem desses metais pesados no solo é o material de origem. A biodisponibilidade desses metais está associada a parâmetros de sorção, onde os menores teores de argila, matéria orgânica e CTC contribuíram para sua maior solubilidade.

PALAVRAS-CHAVE: metais tóxicos, teores naturais, fracionamento geoquímico.

BIOAVAILABILITY OF COPPER AND LEAD IN NATURAL SOILS IN THE NORTH AND NORTHWEST REGIONS OF RIO DE JANEIRO.

ABSTRACT: The objective of the present work was to determine the main factors responsible for changes in Cu and Pb contents in natural soils in the North and Northeast regions of Rio de Janeiro, as well as to evaluate the bioavailability of these elements in the soil. Samples collected from 97 sampling points at a depth of 0-20 cm were used. After preparation, the samples underwent physical and chemical analysis. For the analysis to determine the pseudototal levels of Cu and Pb, the samples were digested, and for the determination of the bioavailable levels of the same metals, the samples were submitted to geochemical fractionation, using only the first 2 stages of the analysis. The data were submitted to descriptive statistics analysis and multivariate analyses. The natural contents of Cu and Pb did not show potential environmental risk, and it is possible to conclude that the main source of origin of these heavy metals in the soil is the parent material. The bioavailability of these metals is associated with sorption parameters, where lower clay, organic matter and CTC contents contributed to their greater solubility.

KEYWORDS: toxic metals, natural contents, geochemical fractionation

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos teores naturais de metais pesados em solos é de grande importância para criação de um instrumento que possa orientar no monitoramento e possa reduzir a contaminação de áreas.

As regiões do Norte e Noroeste representam aproximadamente 40% do território do Estado do Rio de Janeiro, sendo uma das principais regiões produtoras do estado (CIDE, 2003). O solo utilizado para atividades agrícolas, assim como para outras ações antrópicas, favorece o processo de erosão dos solos, bem como a deposição de sedimentos, aumento quantitativo e qualitativo de poluentes.

Na avaliação da contaminação de solos, a obtenção de teores totais de metais pesados é suficiente para a caracterizar as áreas quanto ao grau de enriquecimento por esses elementos. No entanto, a simples determinação dos teores pseudototais não fornecem informações necessárias para avaliar o verdadeiro risco potencial de transferência para a cadeia trófica e águas superficiais e subsuperficiais.

Para avaliar o potencial de risco e da toxicidade de metais pesados em solos, é necessário que seja feita a avaliação da biodisponibilidade desse elemento, que está diretamente ligada com a sua distribuição nas diferentes fases biodisponíveis, bem como pode estar relacionada com a sua mobilidade. Por exemplo, formas lábeis associadas às frações hidrossolúvel e trocável podem representar pronta disponibilidade para movimentação em solos ou absorção por organismos, enquanto “pools” mais estáveis associadas a frações oxidadas ou de maior recalcitrância (residuais) apresentam baixa biodisponibilidade a curto e médio prazo (NASCIMENTO et al., 2003).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo indicar os principais fatores responsáveis pelas alterações nos teores de Cu e Pb nos solos naturais da região Norte e Noroeste do Rio de Janeiro, bem como, avaliar a biodisponibilidade desses elementos nos solos.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solos foram coletadas, na profundidade de 0-20 cm, nas regiões Norte e Noroeste do Rio de Janeiro, em áreas de baixa atividade antrópica, totalizando 97 pontos amostrais.

Após realizar o preparo, as amostras passaram por análises químicas e físicas para determinação dos teores de: matéria orgânica (MO), pH, acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e as frações granulométricas (argila, areia e silte), conforme a metodologia proposta pela Embrapa (DONAGEMMA et al., 2011).

A análise de determinação dos teores pseudototais de metais pesados nas amostras se deu em sistema fechado e foi realizada através do método de digestão EPA 3051A (USEPA, 2007).

Para determinar os teores biodisponíveis de metais (F1+F2), realizou-se as 2 primeiras etapas do fracionamento geoquímico dos metais utilizando o método BCR (Community Bureau of Reference) desenvolvido por URE et al. (1993) com algumas modificações. Para a obtenção da fração hidrossolúvel (F1) e trocável (F2), foram utilizados os extratores água destilada e ácido acético (0,11 mol L⁻¹).

Os dados foram submetidos a estatística descritiva e a análises multivariadas como a análise de agrupamento e análise discriminante. Os procedimentos estatísticos foram realizados pelo programa estatístico SAS versão 9.2 (SAS, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, observa-se que os teores médios biodisponíveis de Cu e Pb representam menos de 10% do teor pseudototal. Em solos naturais, a maior parte do conteúdo desses metais está retido em formas mais recalcitrantes, ligados a matéria orgânica mais estabilizada e/ou aos óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos de Fe, Al e Mn, fazendo com que esses elementos não entrem na cadeia trófica e portanto, não representem riscos para saúde humana.

Tabela 1. Estatística descritiva dos teores pseudototais e biodisponíveis (F1+F2) de metais pesados nos solos das regiões Norte e Noroeste do RJ.

| | CuT | PbT | CuBio | PbBio |
|---------|--------------------------------|------|-------|-------|
| |mg kg ⁻¹ | | | |
| Média | 15,2 | 18,0 | 1,2 | 2,2 |
| Desvpad | 18,2 | 8,7 | 0,7 | 2,0 |
| Mínimo | 1,4 | 3,6 | 0,2 | 0,0 |
| Máximo | 163,2 | 43,9 | 5,3 | 6,2 |

Dessa forma, com o objetivo de verificar quais atributos influenciaram na maior biodisponibilidade desses elementos nas áreas estudadas, foi realizada uma análise de agrupamento utilizando como base os atributos do solos (pH, H+Al, Al, CTC, MO, Argila, FePST, MnPST e AlPST). Para a definição do número de grupos formados, foi adotado como ponto de corte no dendrograma a distância de ligação de 0,032, a qual sugeriu a representação de até 8 grupos de solos (Figura 1).

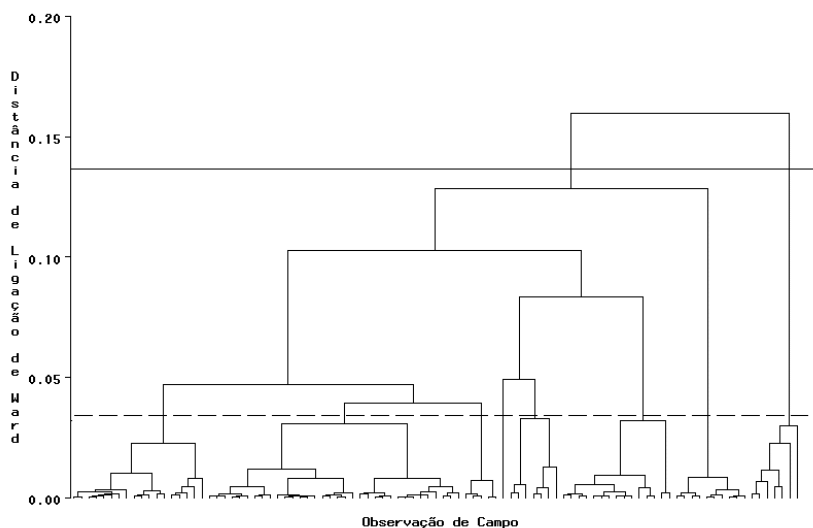


Figura 1. Dendrograma da análise de agrupamento utilizando a distância Euclidiana e o método de Ward.

Para auxiliar na escolha adequada do número de grupos, foi realizada a Validação Cruzada na Análise Discriminante (AD) que indicou a formação de dois grupos, sendo a mais adequada por apresentar uma menor taxa de erro (0,6%).

Na Figura 2, estão apresentadas as médias padronizadas dos teores pseudototais e biodisponíveis de Cu e Pb, assim como, os atributos do solo para os dois grupos

formados na análise de agrupamento. O grupo G1, apresentou os teores biodisponíveis mais elevados para os metais Cu e Pb, também apresentou menor quantidade de argila e silte em sua composição granulométrica, menor quantidade de matéria orgânica, menores valores de capacidade de troca catiônica (CTC), associado ainda, a menores teores de Al total, características que estão diretamente ligadas ao fenômeno de sorção no solo. Em contrapartida o G2, apresentou os maiores teores pseudototais de Cu e Pb. Neste grupo também foi observado os maiores teores de Argila e AlT, que indicam a influência de óxidos, oxi-hidróxidos e hidróxidos de Al e caulinita presentes na fração argila na retenção de metais, além do maior conteúdo de matéria orgânica, que junto com a argila contribuíram para a maior CTC dos solos, e conseqüentemente, para a retenção de metais (BURAK et al., 2010; LIMA, 2015).

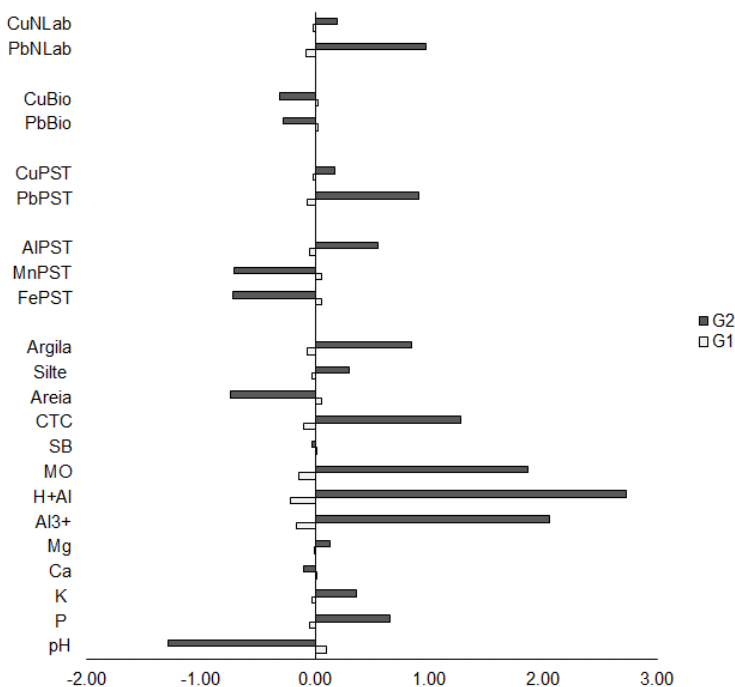


Figura 2. Médias padronizadas dos atributos do solo e dos teores de metais nos grupos formados pela análise de agrupamento.

CONCLUSÕES

Os teores naturais de Cu e Pb não apresentaram potencial de risco ambiental nas áreas onde foram coletadas amostras de solos, estando a maior parte desses elementos retidos em frações mais recalcitrantes do solo. Dessa forma, a principal fonte de origem desses metais pesados no solo é o material de origem, principalmente por se tratar de solos altamente intemperizados.

A biodisponibilidade de Cu e Pb nas áreas está diretamente relacionada aos parâmetros de sorção de metais no solo, onde os menores teores de argila, matéria orgânica e CTC contribuíram para maior solubilidade dos elementos nos solos.

O presente estudo fornece dados significativos que podem ser utilizados como subsídios para na tomada de decisões e para futuros trabalhos que tiverem o intuito de verificar o risco de contaminação ambiental na área.

AGRADECIMENTOS

A Prof^a Dr^a Erica Souto, por ceder as amostras utilizadas nos experimentos. A orientação da Prof^a Dr^a Erica Souto e do Prof. Dr. Nelson Moura Brasil. A todos do laboratório de Química e Poluição do Solo por auxiliar nas análises e neste trabalho. A CAPES, CNPq e FAPERJ por apoiar e fomentar a iniciação científica, dos alunos da graduação, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia- Ciências do Solo (PPGA-CS).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BURAK, D.L. et al. Geochemistry and spatial distribution of heavy metals in Oxisols in a mineralized region of the Brazilian Central Plateau. **Geoderma**, v.160, p.131–142, 2010.

CIDE-Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. **Mapa de uso e cobertura do solo: Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, escala 1:50.000.2003.

DONAGEMMA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. Embrapa Solos, 230 p. 2011.

LIMA, E.S.A. **Valores de referência de qualidade de metais em solos do Estado do Rio de Janeiro e Organossolos no Brasil**. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária, 2015

NASCIMENTO, C.W.A.; FONTES, R.L.F.; MELICIO, A.C.F.D. Copper availability as

related to soil copper fractions in oxi sols under liming. **ScientiaAgricola**, v. 60, n. 1, p. 167–173, 2003.

SAS Institute Inc. SAS Online Doc@9.2. Cary, N. C: SAS Institute Inc, 2010.

URE, A.M. et al. Speciation of Heavy Metals in Soils and Sediments. An Account of the Improvement and Harmonization of Extraction Techniques Undertaken Under the Auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 51, n. 1-4, p. 135-151, 1993.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Method 3051A – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils**. Washington, DC, 2007. 30p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>>, Acesso em Novembro de 2021.

GEOESTATÍSTICA NA MODELAGEM DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO

Data de aceite: 03/07/2023

Karla Lima Ribeiro

Estudante de graduação em Engenharia Florestal (UFRRJ)

Bruno Fonseca Martins

Estudante de graduação em Engenharia Florestal (UFRRJ)

Lucas da Silva Cardoso

Estudante de graduação em Engenharia Florestal (UFRRJ)

Danilo Henrique dos Santos Ataíde

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ)

Marco Antonio Monte

Professor do Departamento de Silvicultura (UFRRJ)

Emanuel José Gomes de Araújo

Professor do Departamento de Silvicultura (UFRRJ)

RESUMO: Este estudo avaliou a geoestatística no mapeamento da capacidade produtiva em florestas de eucalipto, por meio da espacialização do índice de sítio e volume de madeira,

variáveis obtidas por métodos tradicionais e associadas com técnicas geoestatísticas. Os dados são oriundos de 170 unidades amostrais permanentes (400 m²), localizadas em povoamentos clonais de *Eucalyptus sp.*, em Bocaiúva, Minas Gerais. A estimativa do índice de sítio foi realizada pelo método da curva guia, considerando a idade de referência de 72 meses. O volume de madeira foi obtido através da soma do volume das árvores individuais da unidade amostral aos 72 meses. Em seguida, foi realizado o estudo variográfico e ajuste dos modelos de semivariância: Gaussiano, Exponencial e Esférico. Com os parâmetros do ajuste foi possível determinar o Índice de Dependência Espacial (IDE) das variáveis, sendo a acurácia dos modelos de semivariância ajustados avaliada por meio do Erro Médio Reduzido (EM), Desvio Padrão dos Erros Reduzidos (Ser) e Critério de Informação de Akaike (AIC). Após a escolha do melhor modelo, foi aplicada a krigagem ordinária para a espacialização das variáveis nos pontos não amostrados. Os resultados demonstraram forte dependência espacial das variáveis em estudo, viabilizando estimativas espaciais precisas da capacidade produtiva das áreas em que os povoamentos estão

estabelecidos e da produção em volume de madeira de eucalipto.

PALAVRAS-CHAVE: capacidade produtiva, curva guia, espacialização, krigagem ordinária.

GROWTH AND YIELD GEOSTATISTICS MODELING IN EUCALYPTUS STANDS

ABSTRACT: This study evaluated geostatistics in mapping productive capacity in eucalyptus forests, through the spatialization of the site index and wood volume, variables obtained by traditional methods and associated with geostatistical techniques. Data come from 170 permanent sampling units (400 m²), located in clonal stands of *Eucalyptus* sp., in Bocaiúva, Minas Gerais. The site index was estimated using the guide curve method, considering a reference age of 72 months. Wood volume was obtained by summing the volume of individual trees in the sample unit at 72 months. Then, the variographic study and adjustment of the semivariance models: Gaussian, Exponential and Spherical were carried out. With the adjustment parameters, it was possible to determine the Spatial Dependency Index (IDE) of the variables, and the accuracy of the adjusted semivariance models was evaluated using the Reduced Mean Error (EM), Standard Deviation of Reduced Errors (Ser) and the Information Criterion of Akaike (AIC). After choosing the best model, ordinary kriging was applied to spatialize the variables in the unsampled points. The results showed a strong spatial dependence of the variables under study, enabling accurate spatial estimates of the productive capacity of the areas where the stands are established and the production in volume of eucalyptus wood.

KEYWORDS: guide curve, ordinary kriging, productive capacity, spatialization.

INTRODUÇÃO

A análise geoestatística de variáveis dendrométricas é uma das atividades que compõe a silvicultura de precisão, pois torna possível a otimização na tomada de decisão e redução de custos relacionados ao planejamento florestal, permitindo inclusive a redução da intensidade de amostragem em inventário florestal contínuo (ATAÍDE et al., 2021), dentre outros benefícios. Pelissari et al. (2015), por exemplo, concluíram que o mapeamento da variável índice de sítio, utilizando a krigagem ordinária, pode permitir a intervenção silvicultural de acordo com o potencial de produção de povoamentos de *Tectona grandis*, expandindo as possibilidades no planejamento florestal.

A partir de estimativas consistentes obtidas pela forte dependência espacial já observada para a variável altura média das árvores dominantes em povoamentos de eucalipto (GUEDES et al., 2015), é possível delimitar a hipótese que a variável índice de sítio apresenta variação estruturada no espaço, e permite assim aprimorar a classificação de sítio em povoamentos de eucalipto. Também foi verificada a forte dependência espacial para a variável volume de madeira em povoamentos clonais de eucalipto (ATAÍDE et al., 2021), sendo interessante verificar se os padrões espaciais do índice de sítio estão correlacionados com aqueles observados para o volume de madeira.

Conhecer os padrões espaciais das variáveis índice de sítio e volume de madeira são fundamentais para auxiliar ações no manejo e entender os diferentes níveis de crescimento e incremento no povoamento. Porém são poucos os estudos que avaliam a dependência espacial dessas variáveis, sobretudo no que se refere ao índice de sítio em povoamentos de eucalipto.

Desse modo, é necessário se aprofundar nos métodos que permitam a inserção de uma componente espacial na modelagem da capacidade produtiva, visando obter a variável índice de sítio. Além da melhor adequação aos pressupostos em que estes modelos estão condicionados, a geoestatística pode permitir aumento significativo na qualidade das estimativas de volume projetado (PEREIRA et al., 2016).

Visando a modelagem espacial do crescimento e produção pela análise geoestatística, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estrutura de dependência espacial do índice de sítio e volume de madeira em povoamentos de eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde à povoamentos clonais de eucalipto, com área de 2.119 hectares (62 talhões), localizados no município de Bocaiúva, noroeste de Minas Gerais. Os dados foram obtidos em 170 unidades amostrais (ua) permanentes de área fixa (400 m²), distribuídas pelo processo de amostragem aleatória em quatro fazendas.

Em cada unidade amostral foram mensuradas as variáveis diâmetro a 1,30 m do solo (DAP), altura total (Ht) e a altura média das árvores dominantes (Hd), segundo o conceito de Assmann (SCOLFORO e THIERSCH, 2004), entre 18 a 90 meses de idade. Posteriormente, estimou-se a área basal (G) e o volume de madeira (V) de cada unidade amostral. A coordenada geográfica central de cada unidade amostral foi registrada para a análise espacial. Foram separadas 136 unidades amostrais para o ajuste dos modelos, enquanto que 34 unidades amostrais foram utilizadas na validação preditiva. A intensidade amostral utilizada para o ajuste dos modelos foi de uma unidade amostral para cada 15,6 hectares.

Através do método da curva guia, realizou-se a classificação de sítio, utilizando-se o modelo linearizado de Schumacher. A partir do rearranjo do modelo, considerando-se a idade de referência (Iref) de 72 meses, estimou-se o índice de sítio para todas as unidades amostrais. A significância dos coeficientes foi avaliada pelo teste t ($\alpha = 0,05$), e a qualidade da regressão foi avaliada pela análise gráfica dos resíduos normalizados, coeficiente de determinação ajustado (R²aj.) e erro padrão da estimativa em porcentagem (Syx%). O volume de madeira foi obtido através da soma do volume das árvores individuais da unidade amostral aos 72 meses.

A caracterização e modelagem da estrutura de dependência espacial do índice de sítio e volume de madeira foi realizada pelo estudo semivariográfico. Para tanto, o

semivariograma experimental foi construído para obter os parâmetros iniciais (efeito pepita (C0), contribuição (C) e alcance(a) e ajuste dos modelos de semivariância esférico, exponencial e gaussiano (YAMAMOTO e LANDIM, 2013). O melhor modelo foi aquele que apresentou Erro Médio Reduzido (ER) mais próximo de zero e Desvio Padrão dos Erros Reduzidos (Ser) mais próximo de 1, estatísticas calculadas a partir da validação cruzada.

Após a confirmação da dependência espacial, o modelo mais acurado foi utilizado pela krigagem ordinária na estimativa espacial do índice de sítio e volume de madeira, utilizando as quatro unidades amostrais mais próximas do ponto não-amostrado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes do modelo ajustado de Schumacher ($\beta_0 = 3,5675$; $\beta_1 = - 24,2854$) foram significativos, com 95% de probabilidade. As estatísticas de ajuste $R^2_{aj} = 0,85$ e $S_{yx} = 8,7\%$ indicaram qualidade da equação, sem tendência na distribuição dos resíduos normalizados (Figura 1A). Dessa forma, a regressão obtida foi utilizada para estimar o crescimento médio em altura dominante das árvores, e na sua forma rearranjada, para determinar as curvas com os limites das classes de sítio (Figura 1B).

Com base nos valores observados de altura média das árvores dominantes, permitiu-se construir quatro classes de sítios com potencial de produção distintos entre si, com amplitude de 4 m e valores centrais de 19 m (Classe IV), 23 m (Classe III), 27 m (Classe II) e 31 m (Classe I) (Figura 1B). Os valores de índice de sítio próximos de 19 e 31 m, com baixa e alta produtividade respectivamente.

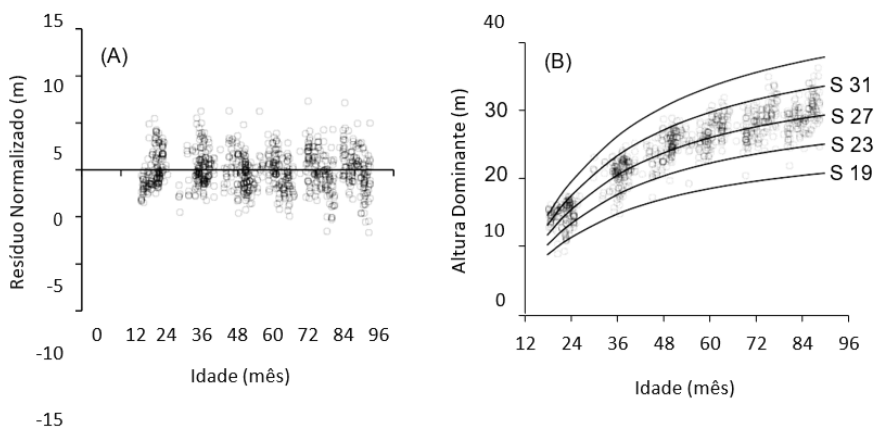


Figura 1. Distribuição dos resíduos normalizados (A) e limites inferiores e superiores das classes de sítio obtidos pelo método da curva guia com o modelo de Schumacher (B) nos povoamentos de eucalipto localizados em Bocaiúva, MG. Em que S = índice de sítio.

Todos os modelos de semivariância avaliados detectaram a presença de forte dependência espacial para as variáveis índice de sítio (S) e volume de madeira (V) (Tabela 1), porém os modelos esférico e exponencial apresentaram as melhores estatísticas de ajuste, permitindo a espacialização das variáveis por meio da krigagem ordinária. A forte dependência espacial do índice de sítio pode ser explicada pela forte continuidade espacial da altura média das árvores dominantes em povoamentos de eucalipto (ATAÍDE et al., 2021). A confirmação de dependência espacial para o volume de madeira coincide com o estudo de Mello (2004), que também apresentou forte dependência espacial para esta variável.

Tabela 1. Parâmetros, estatísticas de ajuste e índice de dependência espacial dos modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano para a variável índice de sítio e volume de madeira empovoamento de eucalipto, na idade 72 meses, espacializada pela krigagem ordinária (KO).

| Idade (meses) | Variável | Modelo | (C0) | (C) | (a) | \overline{ER} | S_{er} | IDE (%) | DE |
|---------------|----------|--------|---------|-----------|-----------|-----------------|----------|---------|-------|
| 72 | S | Esf | 0,884 | 5,192 | 4.000,000 | -0,003 | 1,047 | 85 | Forte |
| | | Exp | 0,693 | 5,423 | 1.999,999 | -0,004 | 1,045 | 89 | Forte |
| | | Grau | 1,492 | 4,923 | 2.000,000 | 0,002 | 1,053 | 77 | Forte |
| | V | Esf | 554,400 | 2.069,000 | 4.000,000 | -0,003 | 1,072 | 79 | Forte |
| | | Exp | 442,500 | 2.237,300 | 2.000,000 | 0,004 | 1,065 | 83 | Forte |
| | | Grau | 564,100 | 1.652,500 | 983,800 | -0,003 | 1,064 | 75 | Forte |

Em que S = índice de sítio; V = volume de madeira; C0 = efeito pepita; C = contribuição; a = alcance; \overline{ER} = erro médio reduzido; S_{er} = desvio padrão dos erros reduzidos; IDE(%) = índice de dependência espacial em porcentagem; DE = classificação da dependência espacial.

Os mapas de espacialização do índice de sítio e volume de madeira apresentaram alta variabilidade espacial, indicando que a área apresenta estratos com diferentes níveis de produtividade (Figura 2). Além disso, os estratos de índice de sítio e volume de madeira estão correlacionados espacialmente, reforçando que a variável altura dominante é uma ótima indicadora dos níveis de produção de madeira em povoamentos de eucalipto (MELLO et al., 2005).

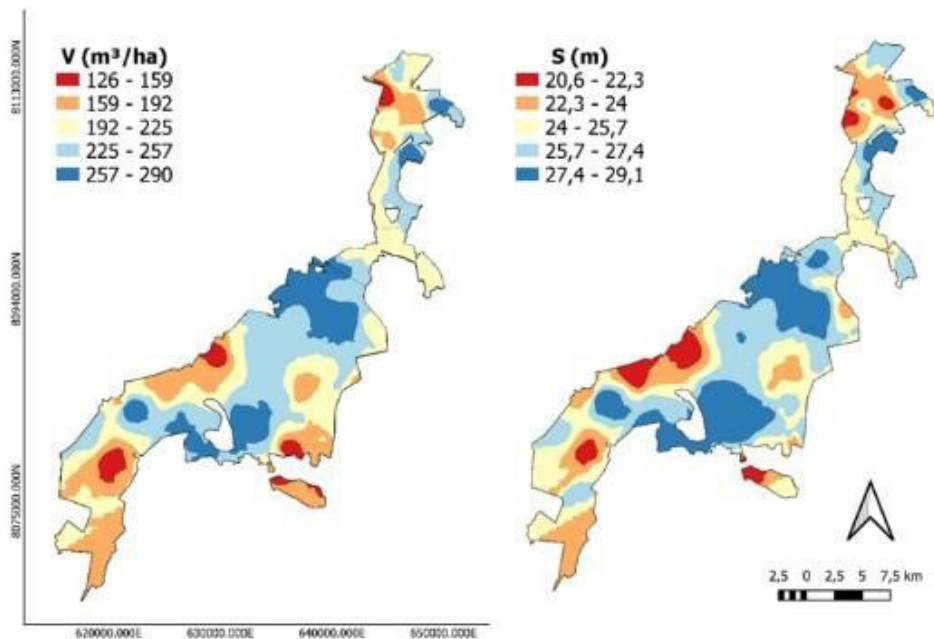


Figura 2. Espacialização das variáveis volume de madeira (V) e índice de sítio (S) em povoamento de eucalipto por meio da krigagem ordinária na idade de 72 meses. Em que V = volume de madeira; S = índice de sítio.

CONCLUSÕES

As variáveis Índice de Sítio e Volume de Madeira, apresentam-se estruturadas espacialmente, aos 72 meses, com forte dependência espacial. Além disso, a krigagem ordinária permite a espacialização das variáveis Índice de Sítio e Volume de Madeira, e viabilizou confirmar estratos de maior capacidade produtiva com estratos de maior volume de madeira.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Emanuel por ter orientado esse estudo. Aos que contribuíram neste trabalho, Danilo, Lucas e Bruno. À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) pela infraestrutura disponibilizada. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela bolsa de estudos concedida.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ATAÍDE, D.H.S. et al. Dependência espacial de variáveis dendrométricas em diferentes idades e intensidades amostrais em povoamento de eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 1591-1611, 2021.

GUEDES, I.C.L. et al. Continuidade espacial de características dendrométricas em povoamentos clonais de *Eucalyptus sp.* avaliada ao longo do tempo. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 4, p.527–534, 2015.

MELLO, J.M. et al. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 113–126, 2005.

MELLO, J.M. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 110 p. Tese (Doutorado em Recurso Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

PELISSARI, A L. et al. Propostas de mapeamentos da capacidade produtiva de sítios florestais por meio de análises geoestatísticas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 601-608, 2015.

PEREIRA, J.C.P. Modelo de crescimento e produção de Clutter adicionado de uma variável latente para predição de volume em um plantio de *Eucalyptus urograndis* com variáveis correlacionadas espacialmente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 393-403, 2016.

SCOLFORO, J.R.S.; THIERSCH, C.R. **Biometria Florestal: Medição, Volumetria e Gravimetria**. 1. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.

YAMAMOTO, J.K.; LANDIM, P.M.B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

ANÁLISE ESTRUTURAL DE BIOCHARS COMERCIAIS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE RMN E ANÁLISES QUIMIOMÉTRICAS

Data de aceite: 03/07/2023

Kimberly Christina Marques da Silva

Estudante de Licenciatura em Ciências
Agrícolas (UFRRJ)

Danielle França de Oliveira Torchia

Doutoranda do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Ciência do
Solo (UFRRJ)

Franciele de Souza Rocha

Estudante de graduação em Engenharia
Florestal (UFRRJ)

Ayhessa Cristina Santos de Lima

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Tadeu Augusto Van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Ciência do
Solo (UFRRJ)

Andrés Calderín García

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

o fornecimento de informações a respeito das diferentes composições químicas dos biocarvões que permite caracterizar grupos de compostos (CP/MAS ^{13}C NMR) por meio de tecnologias que possibilitam identificar características estruturais como alifaticidade e aromaticidade, os quais geram as propriedades de hidrofobicidade e hidrofiliicidade. Assim, objetivou-se verificar as diferenças químicas relacionadas à característica estrutural de biocarvões comerciais. Foram selecionados 4 biocarvões (B1, B2, B3 e B4) e realizada análise espectroscópica de ^{13}C RMN. Os resultados indicaram a presença de carbonos aromáticos na região de ~ 121 ppm e uma menor intensidade nos carbonos alifáticos na região de ~ 36 ppm, entretanto, ressalta-se que B2 tem características diferenciadas dos demais, pois evidencia a presença de domínio hidrofílico nas estruturas alifáticas na região de ~ 80 ppm. Dessa forma, verificou-se que os biocarvões comerciais apresentam algumas características estruturais diferentes, as quais podem influenciar na sua aplicabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: alifaticidade, aromaticidade, ressonância magnética nuclear

RESUMO: O uso do biocarvão vem sendo avaliado como alternativa para amplificar melhorias na qualidade e fertilidade do solo. Portanto, é necessário

STRUCTURAL ANALYSIS OF COMMERCIAL BIOCHARS THROUGH NMR TECHNIQUE AND CHEMIMETRIC ANALYSIS

ABSTRACT: The use of biochar has been evaluated as an alternative to amplify improvements in soil quality and fertility. Therefore, it is necessary to provide information about the different chemical compositions of biochars, which allows characterizing groups of compounds (CP/MAS ^{13}C NMR) through technologies that make it possible to identify structural characteristics such as aliphaticity and aromaticity, which generate hydrophobicity properties. and hydrophilicity. Thus, the objective was to verify the chemical differences related to the structural characteristic of commercial biochars. Four biochars (B1, B2, B3 and B4) were selected and ^{13}C NMR spectroscopic analysis was performed. The results indicated the presence of aromatic carbons in the region of ~ 121 ppm and a lower intensity in the aliphatic carbons in the region of ~ 36 ppm, however, it is emphasized that B2 has different characteristics from the others, as it shows the presence of a hydrophilic domain in the structures aliphatic in the region of ~ 80 ppm. Thus, it was found that commercial biochars have some different structural characteristics, which may influence their applicability.

KEYWORDS: aliphaticity, aromaticity, , nuclear magnetic resonance

INTRODUÇÃO

O biocarvão é um material orgânico rico em carbono e minerais e destaca-se por seu teor de carbono recalcitrante e aumento a porosidade, isto é, fornece melhorias químicas e físicas devido às propriedades hidrofílicas, hidrofóbicas, ácidas ou básicas quando adicionado ao solo, principalmente pelo aumento da área de superfície específica, que proporciona o aumento da capacidade de troca catiônicas e adsorção de nutrientes (ATKINSON et al., 2010). Sendo um material versátil devido a variedade de biomassa, é um produto sólido produzido através de variações de decomposição térmica (pirólise), ou seja, degradação termoquímica em condições de baixa concentração ou ausência de oxigênio em elevadas temperaturas (LEHMANN e JOSEPH, 2009).

Os solos tropicais são profundamente intemperizados e de baixa fertilidade, que se encontram a todo momento em processos contínuos de construção, sendo dependente da matéria orgânica para o fornecimento de nutrientes primordiais que viabiliza o favorecimento sustentável e o gerenciamento de fontes de energias para os organismos que trazem benefícios para o solo, como algas, fungos e bactérias. Portanto, o biocarvão desempenha um papel fundamental para essas finalidades, sendo capaz de modular atributos de eficiência nutricional físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente solos arenosos, pouco argilosos e degradados (UCHIMIYA et al., 2010).

Nas últimas décadas, o aumento por contaminação química na produção agrícola trouxeram preocupações ambientais, afetando a área de vegetação, ar, água, fauna e conseqüentemente a saúde pública (FERRARI, 1985). Em contrapartida, o biocarvão apresenta características fundamentais, dentre as finalidades para retenção de calor do solo, adsorção de poluentes orgânicos, atua contra ações erosivas que contribui para

retenção de água do solo e estimula o desenvolvimento das raízes. Além disso, permite mitigar as ações antrópicas, pela redução dos efeitos de gases do efeito estufa (GEE) e reformular tecnologias mais sustentáveis. Desta forma, o presente trabalho visa identificar os tipos de carbono presentes em quatro diferentes biocarvões comerciais e identificar as propriedades geradas por esses grupos, as quais irão definir as funções no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise de CP-MAS ^{13}C RMN foi realizada usando um instrumento Bruker AVANCE II NMR de 400 MHz equipado com uma sonda MAS estreita de 4 mm e operando em um ^{13}C sequência de ressonância de 100 a 163 MHz. As amostras foram colocadas em um rotor (suporte de amostra) de dióxido de zircônio (ZrO_2) com caps Kel-F a uma frequência de rotação de 8 ± 1 kHz. Os espectros foram selecionados através da coleta de 3000 pontos de dados para um número fixo de varreduras em um tempo de captura de 34 ms com um atraso de reciclagem de 5s. Os espectros foram tratados através do Software ACD/Labs 2020.1.1. As análises quimiométricas foram realizadas através Unscrambler X 10.4 Package software (Camo Software AS. Inc. Oslo, Norway) (GARCÍA et al., 2016)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros de ^{13}C NMR (Figura 1) mostraram padrão espectral e estrutural semelhante entre os biochars. O pico na região de ~ 121 ppm indica a presença predominante de grupos de carbono aromáticos, relacionados com a condensação das estruturas aromáticas no processo de carbonização (GARCÍA et al., 2019). Com aumento térmico há uma indução da desidratação e degradação seletiva de estruturas de carboidratos e proteínas, o que proporciona uma adição de constituintes aromáticos que foram formados recentemente (GARCÍA et al. 2016).

Há em menor intensidade a presença de grupos $\text{C}_{\text{Aliphatic}}\text{-H,R}$ caracterizado pelo sinal na região de ~ 36 ppm. O pico presente na região de ~ 164 ppm indica a presença do grupo CCOOH-H,R , mais evidente em B1. B2, B3 e B4 também apresentaram picos nessa região, entretanto em menor intensidade. A baixa intensidade mostra que houve intensa descarboxilação, resultando na remoção de grupos funcionais carboxílicos (FREGOLENTE et al., 2021). O pico na região de ~ 205 ppm indica a presença de grupos carbonílicos (GARCÍA et al., 2019).

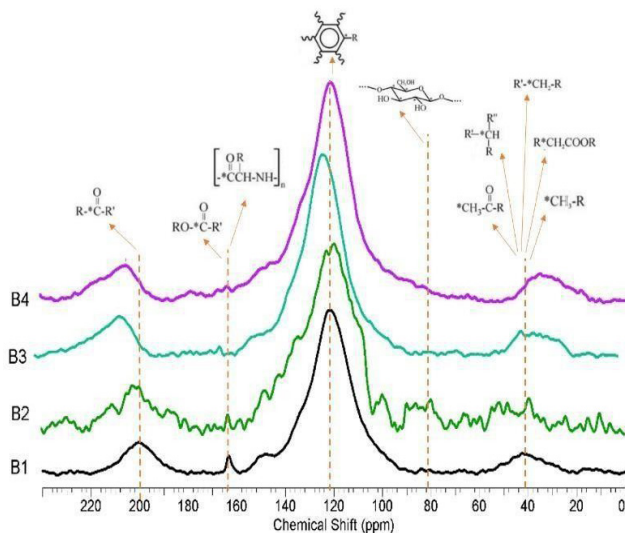


Figura 1. Espectros de RMN de diferentes biocarvões comerciais.

Na PCA (Figura 2) verifica-se que os biochars estudados se dividem em dois grupos, um na parte positiva da PC-1 (B1 e B2) e outro na parte negativa da PC-1 (B3 e B4). Pode-se inferir que a semelhança de B3 e B4 se dá pela forte presença do pico na região aromática, o qual também é evidenciada em maior intensidade em B1 e em menor intensidade em B2. As características espectrais de B2 foram diferentes dos demais, motivo pelo qual ele se encontra isolado na a valores positivos da PC-1, podendo estar relacionado com o pico presente na região de ~200 ppm, o qual corresponde a presença de grupos C=O e também a região de ~80 ppm, que representa estruturas alifáticas alifáticas oxigenadas (GARCÍA, 2019).

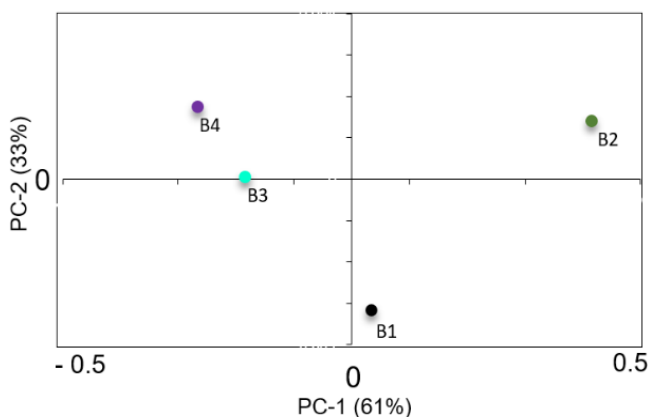


Figura 2. Análise de componentes principais dos espectros de RNM de diferentes biocarvões comerciais.

Na análise de MCR (Figura 3) foi possível identificar os dois domínios (hidrofílico e hidrofóbico) nos espectros de RMN dos biocarvões estudados. O domínio hidrofílico corresponde à presença de carbonos alifáticos funcionalizados, mais evidente em B2, e carboxílicos, evidenciados em B1 e B2, que é responsável pela propriedade de hidrofiliicidade. O domínio hidrofóbico corresponde à presença de estruturas aromáticas, principalmente anéis aromáticos, o que gera a propriedade de hidrofobicidade (TORCHIA et al., 2020; GARCÍA et al., 2016). Diante disso, é possível verificar que a presença de grupos diferentes nos biocarvões estudados conferiu a eles propriedades também diferentes. Essas propriedades geradas irão definir as funções desses materiais quando inseridos ao solo, ou seja, irão estabelecer a aplicabilidade.

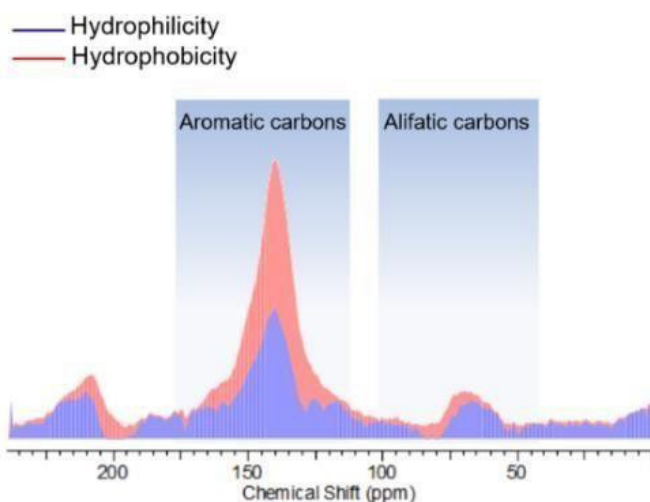


Figura 3. Presença de domínios hidrofílicos e hidrofóbicos através da análise de MCR.

CONCLUSÕES

A técnica de RMN e análises quimiométricas mostraram-se ferramentas eficientes para ser usada na caracterização dos grupos (C-alifáticos, C- aromáticos, carboxilas, carbonilas). Todos os biochars apresentaram pico intenso na região aromática, entretanto, B2 com menor intensidade. Houve uma predominância de grupos alifáticos e carbonila no B2 e, em intensidades menores, nos outros biocarvões.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Química Biológica do solo, ao PPGA-CS e à UFRRJ. Também agradecemos às agências de fomento CAPES, FAPERJ e CNPQ pela disponibilização de recursos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ATKINSON, C.J.; FITZGERALD, J.D.; HIPPS, N.A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. **Plant and Soil**, v. 337, n. 1-2, p. 1–18, 2010.

FERRARI, A. **Agrotóxico: a praga a dominação**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1986. p. 110-112.

FREGOLENTE, L.G. et al. Insights on Molecular Characteristics of Hydrochars by ¹³C-NMR and Off-Line TMAH-GC/MS and Assessment of Their Potential Use as Plant Growth Promoters. **Molecules**, v. 26, 2021.

GARCÍA, A.C. et al. Structure-property-function relationship in humic substances to explain the biological activity in plants. **Scientific Reports**, v. 6, n. 20798, 2016.

GARCÍA, A.C. et al. Revisão Sobre a Relação Estrutura-Função das Substâncias Húmicas e a sua Regulação do Metabolismo Oxidativo em Plantas. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, 2019.

TORCHIA et. al. Production and characterization of biochar obtained from different biomass and pyrolysis temperature. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 39, p. 415-427, 2021.

UCHIMIYA, M. et al. Contaminant immobilization and nutrient release by biochar soil amendment: roles of natural organic matter. **Chemosphere**, v. 80, n. 8, p. 935–40, 2010.

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREAS AGRÍCOLAS NA MESO REGIÃO DO MÉDIO PARAÍBA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Data de aceite: 03/07/2023

Lucas Medeiros Fagundes

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Robert Ferreira

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Tiago Paula da Silva

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (UFRRJ)

Antonino José Jacques Gambôa Fernandez de Oliveira Netto

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (UFRRJ)

Gustavo Donida Zantedeschi

Engenheiro Agrônomo (UFRRJ) e
gerente de negócios (Cooperativa Sicredi
Vanguarda-PR/SP/RJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

consequentemente, no rendimento da cultura implantada. Com isso, áreas com maior fertilidade natural criam ambientes favoráveis para o desenvolvimento das culturas e, dessa maneira, requerem menor investimento em recursos externos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a fertilidade de pequenos produtores rurais nos municípios de Porto Real e Quatis, RJ, além de diagnosticar suas principais limitações de fertilidade e, por fim, propor alternativas de manejo. Após a coleta, as amostras foram destorroadas, secas ao ar e submetidas às análises químicas. Parte das propriedades apresentaram níveis tóxicos de Al^{3+} , enquanto, outras, níveis que variam de médio a alto de Ca^{+2} e Mg^{+2} . Faz-se, então, necessária a correção através da calagem para, respectivamente, neutralização desse Al^{+3} e fornecimento de Ca^{+2} e Mg^{+2} . Em relação aos teores de P a maioria das áreas apresentaram nível alto e muito alto. Quanto ao K^+ foi verificado, predominantemente, níveis baixos, assim, sendo importante aplicação da adubação potássica na maioria das propriedades. A adubação fosfatada será importante nas propriedades que este nutriente apresentarem-se em níveis baixos e médios. O carbono orgânico total (COT)

RESUMO: A fertilidade do solo é um atributo de suma importância para o desenvolvimento vegetal, pois influencia diretamente na sua qualidade e,

apresentou variação entre as áreas de estudo, sendo observado valores mais elevados nas áreas de pastagem. Em virtude da grande maioria dos produtores não disporem de recursos e conhecimento, é fundamental assistência técnica para estes, a fim de melhorar o rendimento destas propriedades.

PALAVRAS-CHAVE: alumínio tóxico, calagem, fertilidade do solo.

SOIL FERTILITY ASSESSMENT IN AGRICULTURAL AREAS IN THE MESO REGION OF MIDDLE PARAÍBA IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: Soil fertility is a very important attribute for plant development, because it directly influences its quality and, consequently, the yield of the implemented crop. Thus, areas with higher natural fertility create favorable environments for crop development and, thus, require less investment in external resources. The objective of this work was to evaluate the fertility of small farmers in the municipalities of Porto Real and Quatis, RJ, besides diagnosing their main fertility limitations and, finally, proposing management alternatives. After collection, the samples were crushed, air-dried and submitted to chemical analysis. Part of the properties presented toxic levels of Al^{+3} , while others presented medium to high levels of Ca^{+2} and Mg^{+2} . Therefore, it is necessary to correct them by liming, respectively, to neutralize this Al and to supply Ca^{+2} and Mg^{+2} . As for P levels, most areas presented high and very high levels. As for K^+ , predominantly low levels were verified, thus being important the application of potassium fertilization in most properties. Phosphate fertilization will be important in the properties that have low and medium levels of this nutrient. The total organic carbon (TOC) showed variation among the study areas, with higher values observed in the pasture areas. Because the vast majority of producers lack resources and knowledge, technical assistance is essential for them, in order to improve the yield of these properties.

KEYWORDS: toxic aluminum, liming, soil fertility.

INTRODUÇÃO

Os solos do estado do Rio de Janeiro são majoritariamente formados por rochas de caráter ácido ou sedimentos produzidos a partir da sua degradação. Associado às condições climáticas observadas no território fluminense, de clima úmido e temperaturas elevadas, esses fatores contribuem para a predominância de solos de baixa fertilidade natural. A fertilidade natural dos solos pode ser definida como a capacidade de fornecimento de nutrientes adequados para o melhor desenvolvimento vegetal. Nesse contexto, devido à grande parcela dos solos fluminenses apresentarem uma baixa fertilidade natural, fazem-se necessárias medidas corretivas e/ou estratégias para aumentar sua fertilidade (FREIRE et al., 2013).

A avaliação da fertilidade do solo é o passo inicial sobre quais práticas de manejo devem ser adotadas. Através desta é feita a avaliação da disponibilidade de nutrientes e presença de elementos tóxicos. Com base nos resultados obtidos, é possível realizar um planejamento adequado na recomendação de doses dos adubos e corretivos a serem utilizados no sistema agrícola.

A partir do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a fertilidade de propriedades agrícolas localizadas nos municípios de Porto Real e Quatis, localizados na meso região do Médio Paraíba do estado do Rio de Janeiro e, assim, propor alternativas de manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas em propriedades agrícolas nos municípios de Porto Real e Quatis, localizados na meso região do Médio Paraíba, Rio de Janeiro. O município de Porto Real localiza-se a uma latitude de 22°25'11" S e uma longitude 44°17'25" W, com uma altitude de 385 metros e ocupa uma área de aproximadamente 50.892 km². O município de Quatis localiza-se a uma latitude de 22°24'29" S e longitude 44°15'29" W, com uma altitude de 415 metros e ocupa uma área de 285 km².

As áreas de estudo de ambos os municípios representam parte de um geoambiente, dos seis existentes no estado do Rio de Janeiro (IBGE., 1990). As 17 propriedades que compõem os objetos de pesquisa, apresentam 34 tipos de culturas implantadas, tais como feijão, milho, pasto, cana, banana, repolho, pimentão, maracujá, abóbora, jiló, mandioca e inhame.

As coletas foram realizadas na profundidade de 0 - 20 cm, em áreas de pequenos produtores rurais que, de acordo com o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras - SAAAT, são classificados como nível de manejo A (primitivo), sendo que alguns podem ser classificados como nível de manejo B (pouco desenvolvido) (RAMALHO FILHO et al., 1995). A maior parte desses produtores nível A não dispõem de conhecimento e condições financeiras favoráveis, e, se referem, basicamente, a uma agricultura de subsistência, executada através de trabalho braçal, ou com suporte da tração animal com implementos agrícolas de baixa complexidade (RAMALHO FILHO et al., 1995)

Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2,0 mm de malha (TEIXEIRA et al., 2017), obtendo-se, assim, fração de terra fina seca ao ar (TFSA). Na TFSA foram realizadas as seguintes análises: pH determinado em suspensão solo/água na proporção de 1:2,5.; os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹, para a determinação dos teores de K⁺, Na⁺ e P foi empregada a solução extratora de Mehlich 1. Também foi determinada a acidez potencial (H+Al). Todas as análises foram realizadas segundo Teixeira et al. (2017). A partir dos resultados obtidos foram determinadas a soma e a saturação por bases. Nas amostras também foi realizada a quantificação dos teores de carbono orgânico total – COT segundo Yeomans & Bremmer (1988). Os resultados obtidos foram comparados com os critérios estabelecidos em Freire et al. (2013) para a avaliação da fertilidade das terras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a amplitude de variação dos resultados relacionados a acidez do solo e soma de bases, os valores de pH variaram de 4,33 a 6,40; os teores de Ca^{+2} de 0,50 a 5,50; Mg^{+2} de 0,50 a 6,70; Al^{+3} de 0,00 a 1,60 cmolc dm^{-3} ; enquanto K^{+} de 15,6 a 764,4 mg kg^{-1}

Segundo Freire et al. (2013), através da análise dos resultados, verificou-se teores considerados toleráveis de alumínio em aproximadamente 74% das propriedades rurais. Em contrapartida, somente cerca de 26% das áreas apresentaram valores considerados tóxicos ($> 0,3 \text{ cmolc dm}^{-3}$) à maioria das espécies vegetais (Figura 1).

No que se refere aos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, não foi observado nível baixo (0,0 a 2,0 cmolc dm^{-3}) nas áreas de estudo. Porém, notou-se uma equivalência percentual, em torno de 47%, dos níveis considerados médio (2,1 a 6,0 cmolc dm^{-3}) e alto (6,1 a 10,0 cmolc dm^{-3}) para esses nutrientes. Sobre os níveis classificados como muito altos de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ($> 10 \text{ cmolc dm}^{-3}$), apenas 6% das propriedades apresentaram tais valores. Dessa forma, é possível afirmar que a maioria das áreas apresentaram níveis adequados desses macronutrientes visando a produção de culturas agrícolas, conseqüentemente, não havendo necessidade de aplicação de calagem, num primeiro momento (Figura 2).

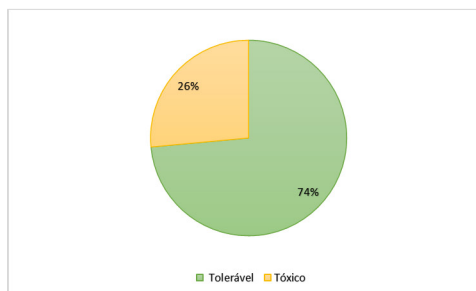


Figura 1. Porcentagem (%) das áreas e seus teores de Al^{+3} .

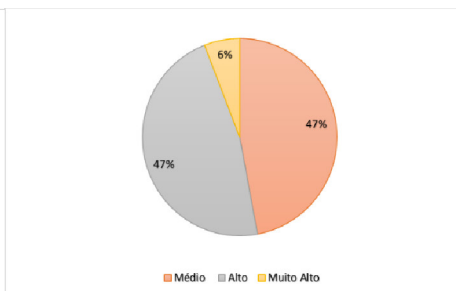


Figura 2. Porcentagem (%) das áreas e respectivos teores de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$

Já acerca dos teores de fósforo, 27% das propriedades apresentam valores diagnosticados como baixos (até 10 mg kg^{-1}); 9% como médio (11 a 20 mg kg^{-1}); 26% nível alto (21 a 30 mg kg^{-1}) e 38% das áreas de estudo níveis considerados muito alto ($> 30 \text{ mg kg}^{-1}$). Como trata-se de um macronutriente primário e essencial para o sucesso da lavoura, uma vez que, está diretamente relacionado ao crescimento e desenvolvimento da cultura (PEREIRA, 2009), se faz necessária sua aplicação nas propriedades, principalmente naquelas que apresentaram níveis baixos e médios.

Quanto ao potássio, grande maioria das áreas, 41%, apresentaram nível baixo (até 45 mg kg^{-1}); 38% nível médio (46 a 90 mg kg^{-1}); 12% nível alto (91 a 135 mg kg^{-1}); e apenas 9% das propriedades de estudo nível considerado muito alto ($> 135 \text{ mg kg}^{-1}$). Essa

informação é relevante, tanto do ponto de vista nutricional, quanto a respeito da dinâmica deste elemento no solo, uma vez que o potássio em solos de textura arenosa é facilmente lixiviado.

Em relação aos teores de COT, os valores variaram de 11,0 a 26,2 g kg⁻¹, sendo os maiores valores observados nas áreas de pastagem. Esse padrão pode estar associado a características do próprio material depositado, que apresenta elevada recalcitrância, retardando sua decomposição. Todavia, os valores observados são considerados baixos, uma vez que, o acúmulo de matéria orgânica necessita de um tempo significativo aliado a práticas de manejo mais conservacionista para mudanças significativas. Como estabelecido em Barreto et al. (2006).

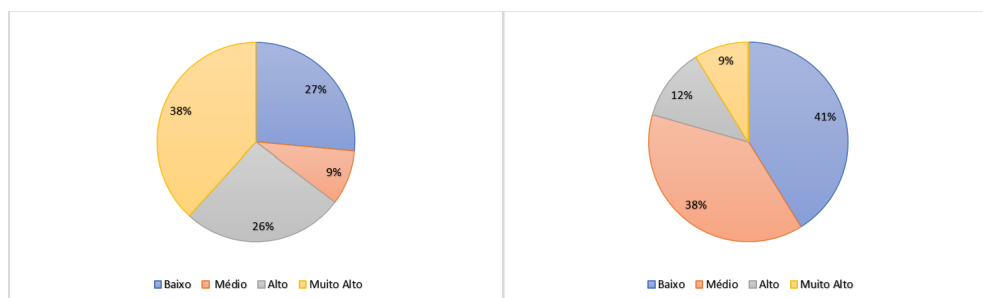


Figura 1. Porcentagem (%) das áreas e seus teores de Al³⁺.

CONCLUSÕES

Foi observado a necessidade da aplicação de calagem visando, fundamentalmente, a neutralização do alumínio tóxico presente em uma porcentagem considerável das propriedades estudadas, bem como fornecimento de cálcio e magnésio.

Adicionalmente, destaca-se a importância da adubação fosfatada, já que grande parte das áreas demonstraram níveis variando de baixo a médio.

Como a grande parcela dos produtores não apresentam conhecimento nem recurso para promover melhorias quanto as limitações impostas por esses atributos, torna-se importante que haja assistência técnica para estes, a fim de melhorar o rendimento destas propriedades.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e a FAPERJ

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SILVA, F. C. et al. **Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. 2009.

FREIRE, L. R. et al. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. 2013.

PEREIRA, H.S. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. *Visão agrícola*, n. 9, 2009.

TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 2017.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p.1467-1476, New York 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas** (PDF). Biblioteca IBGE. 1: 88–90. 1990.

RAMALHO FILHO, A.. & BEEK, K.J. (1995). **Sistema de Avaliação da Agricultura Agrícola das Terras**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995.

BARRETO, A.C. et al. **Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. Caatinga**, 19:415-425, 2006. (Barreto et al., 2006)

FRAÇÕES LÁBEIS E HUMIFICADAS DA MATÉRIA ORGÂNICA EM ORGANOSSOLOS HÁPLICOS DO PARQUE NACIONAL DE ITATIAIA

Data de aceite: 03/07/2023

Luciele Hilda da Silva Miranda

Estudante de graduação em UFRRJ

João Pedro Coumendouros Scott

Estudante de graduação em UFRRJ

Melania Merlo Ziviani

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo UFRRJ

Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo UFRRJ

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos UFRRJ

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Professora do Departamento de Solos UFRRJ

carbono orgânico lábil através da oxidação de KMnO_4 e realizado o fracionamento químico da matéria orgânica, determinando-se as frações ácido húmico, ácido fúlvico e humina. Observou-se menor quantidade de C na fração humina no Organossolo Háptico sáprico típico (OXstípico) e no Organossolo Háptico fíbrico típico (OXfítipico). A quantidade do carbono orgânico lábil foi maior nos perfis OXy típico 1 e 2. Na análise de agrupamento dos perfis nota-se a formação de um grupo com os solos OXfítipico e OXstípico, as semelhanças desses perfis estão ligadas com a quantidade de H^+ , Al^{3+} e P. Os outros dois perfis foram individualizados, sendo o OXy típico1 relacionado com o NT e o OXy típico2 com a relação C/N, teores de Na^+ e K^+ . Observou-se que a condição de drenagem pode estar influenciando diretamente os teores de matéria orgânica nos solos.

PALAVRAS-CHAVE: carbono no solo, fracionamento químico, solos frágeis.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo estudar as frações orgânicas de Organossolos Hápticos em diferentes condições de drenagem (má e imperfeita) na parte alta do Parque Nacional de Itatiaia (PNI). Para isso foi quantificado o

LABILE AND HUMIFIED FRACTIONS OF SOIL ORGANIC MATTER IN ORGANOSSOLOS HÁPLICOS IN THE ITATIAIA NATIONAL PARK.

ABSTRACT: The present study aimed to study the organic fractions of Organossolos Háplicos in different drainage conditions (poor and imperfect) in the highlands of Itatiaia National Park (INP). The labile organic carbon was quantified by KMnO_4 oxidation and the organic matter was chemically fractionated, determining the humic acid, fulvic acid and humin fractions. The lowest amount of C was observed in the humin fraction in the typical Organossolo Háplico sáprico (OXstipico) and in the typical Organossolo Háplico fáblico (OXfítipico). The amount of labile organic carbon was higher in OXytipic profiles 1 and 2. In the grouping analysis of the profiles it was observed the formation of a group with the OXytipic and OXtípic soils, the similarities of these profiles are connected with the amount of H+Al, Al and P. The other two profiles were individualized, being the OXytipic1 related to the NT and the OXytipic2 related to the C/N ratio, Na^+ and K^+ contents. It was observed that the drainage condition may be directly influencing the organic matter contents in the soils.

KEYWORDS: soil carbon, chemical fractionation, fragile soils

INTRODUÇÃO

O Parque Nacional de Itatiaia (PNI) é considerada uma importante unidade de conservação no Rio de Janeiro, principalmente por sua contribuição na preservação de 7 das 9 maiores bacias hidrográficas do país (BARRETO et al., 2013). Dentre os solos presentes no PNI destacam-se os Organossolos que são constituídos por altos teores de matéria orgânica (MOS) e que apresentam mais de 80 g kg^{-1} de carbono orgânico (SANTOS et al., 2018). O acúmulo de matéria orgânica nos Organossolos pode ocorrer em duas condições, a saber: em locais de drenagem livre, nos quais as baixas temperaturas retardam a decomposição da MOS, levando a formação de Organossolos Fólicos ou em ambientes de drenagem ou impedida sendo formados Organossolos Tiomórficos e/ou Háplicos (SANTOS et al., 2018).

A MOS presente nos Organossolos é composta por resíduos de plantas e animais em diferentes estágios de decomposição. O carbono presente na MOS pode ser estratificado e determinado através de diferentes métodos, sendo um deles o que o separa em duas frações: lábil e humificadas. A fração lábil da MOS é considerada a mais fácil de ser transformada pelos microrganismos enquanto as humificadas representam uma parte mais estável (SILVA e MENDONÇA, 2007).

A dinâmica da MOS em Organossolos Háplicos se distingue da que é observada em solos com boa drenagem. Em ambientes alagados os compostos orgânicos tornam-se os receptores finais de elétrons através do processo de fermentação (RIBEIRO et al., 2019). Nesse contexto, o presente estudo teve como foco estudar as diferentes frações orgânicas (lábeis e humificadas) em perfis de Organossolos Háplicos em diferentes condições de drenagem (má e imperfeita) na parte alta do PNI.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com amostras de Organossolos Háplicos localizados no Parque Nacional de Itatiaia (PNI), Rio de Janeiro. O clima da região foi classificado como Cwb, segundo Köppen, com inverno seco e verão moderadamente quente e chuvoso (BARRETO et al., 2013). A área está sujeita a diferentes condições de relevo e com vegetação endêmica e variação litológica.

Foram selecionados quatro perfis de solos sendo eles: Organossolo Háplico Fíbrico típico (OXfitípico), Organossolo Háplico Sáprico típico (OXstípico), Organossolo Háplico Hêmico típico 1 (OXYtípico1) e Organossolo Háplico Hêmico típico 2 (OXYtípico2) (COSTA, 2019).

Todos os perfis se encontram sobre influência de vegetação de campos de altitude formados a partir de sedimentos orgânicos. Sobre as condições de drenagem as quais esses perfis estão submetidos destaca-se apenas o perfil classificado como OXstípico em condição de drenagem moderada e os demais em situação de má drenagem.

Após a coleta as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2,0 mm de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), material foi utilizado para a realização das análises. Foram determinados o carbono lábil da MOS através da sua oxidação com solução de KMnO_4 0,02 mol L^{-1} (POXC) (WEIL et al., 2003; CULMAN; FREEMAN e SNAPP, 2012) e o fracionamento químico das substâncias húmicas (SH), segundo a Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas conforme adaptação realizada por Benites; Madari e Machado (2003), quantificando-se os teores de C das frações humina (C-HUM), ácidos húmicos (C-FAH) e ácidos fúlvicos (C-FAF), sendo também determinado o carbono orgânico total (COT). A partir dos dados obtidos foram estabelecidas as porcentagens (%) das relações entre essas frações húmicas e o carbono total (PorcCHUM, PorcCFAH, PorcFAF). Posteriormente foi determinado o C não humificado (CNH), através da diferença em relação a fração humificada.

Os resultados foram analisados através de análises multivariadas de componentes principais (PCA) e de dendrograma das variáveis anteriormente citadas correlacionando-as com variáveis de fertilidade do solo obtidas por Costa (2019), sendo elas: carbono total do solo (CT), nitrogênio total do solo (NT), relação C:N (CN), pH, fósforo (P), sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg), Al^{3+} , H+Al, SB (Valor S), CTC (T), CTC efetiva (t) e V%. Para a realização das análises foi utilizado os pacotes “Openxlsx”, “FactoMineR”, “Factoextra”, “Stats”, “Dendextend”, “lgraph” e “Ggplot2” através do Software R (R CORE TEAM, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de POXC são apresentados na Figura 1. Para o perfil OXstípico verificou-se a menor média de POXC (1,00 g kg^{-1}) de solo com variações de 0,94 até 1,1 g kg^{-1} de

solo. Para o perfil OXfitípico verificou-se uma média de POXC muito próxima a do perfil de OXstípico de $1,06 \text{ g kg}^{-1}$ de solo, com variações de $0,89$ até $1,22 \text{ g kg}^{-1}$ de solo. Para os dois OXy típico (1 e 2) verificaram-se valores médios superiores em comparação aos dois perfis anteriormente citados sendo os valores bem próximos. No perfil OXy típico1 a média dos conteúdos de POXC foi de $2,10 \text{ g kg}^{-1}$ de solo e suas variações foram de $1,96$ até $2,58 \text{ g kg}^{-1}$ de solo. Já no perfil classificado como OXy típico2 os valores médios foram de $2,34 \text{ g kg}^{-1}$ variando de $1,86$ até $2,44 \text{ g kg}^{-1}$ de solo.

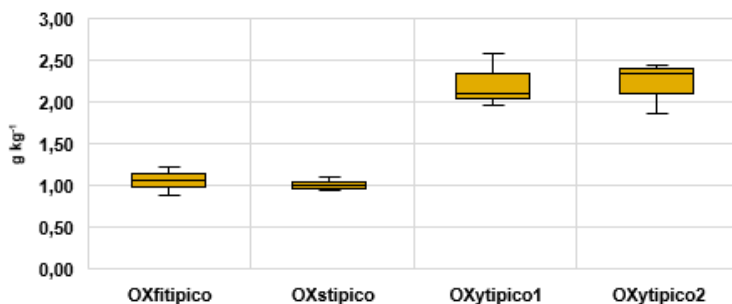


Figura 1 Carbono lábil da matéria orgânica do solo (POXC) de Organossolos Háplicos localizados na parte alta do Parque Nacional de Itatiaia.

OXstípico – Organossolo Háplico Sáprico típico; OXfitípico – Organossolo Háplico Fíbrico típico; OXy típico – Organossolos Háplicos Hêmicos típicos.

As frações químicas da MOS são apresentadas na Figura 2. Em todos os perfis é possível observar que as menores médias foram da fração C-HUM. Para essa fração o perfil o OXstípico apresentou valor de $1,15 \text{ g kg}^{-1}$, o perfil OXfitípico $4,68 \text{ g kg}^{-1}$, e os perfis OXy típico1 e OXy típico2, $13,91 \text{ g kg}^{-1}$ e $8,67 \text{ g kg}^{-1}$ respectivamente. Para a fração C-FAF o menor valor médio foi observado no perfil OXstípico com $8,81 \text{ g kg}^{-1}$, seguido do OXfitípico com $25,08 \text{ g kg}^{-1}$ e de OXy típico1 e OXy típico2, com $34,74 \text{ g kg}^{-1}$ e $39,04 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Quanto à fração C-FAH o menor valor foi $25,24 \text{ g kg}^{-1}$ no perfil OXstípico seguida de OXy típico1 com $34,74 \text{ g kg}^{-1}$. As maiores médias de C foram observadas nos perfis OXfitípico e OXy típico2 com $44,40 \text{ g kg}^{-1}$ e $42,81 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

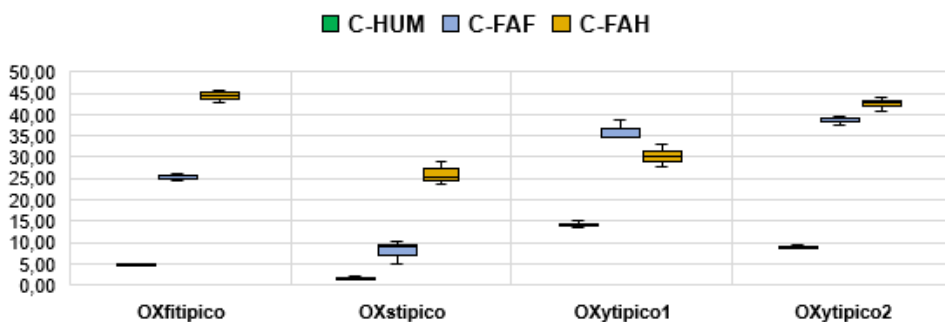


Figura 2 Frações Húmicas da matéria orgânica (g kg^{-1} de solo) do solo em perfis de Organossolos Háplicos da parte alta do Parque Nacional de Itatiaia.

OXstipico – Organossolo Háplico Sáprico típico; OXfitipico – Organossolo Háplico Fíbrico típico; OXytipico – Organossolos Háplicos Hêmicos típicos.

De maneira geral, para o perfil OXstipico foram verificados os menores conteúdos C de todas as frações húmicas (C-HUM, C-FAH e C-FAF) em comparação aos demais. Esse padrão pode ser justificado devido ao tipo de drenagem observada nesse perfil identificada como imperfeita. Em algum momento pode ocorrer a remoção dessas frações do sistema durante o período de menor precipitação pluviométrica. Vale destacar que entre os perfis OXytipico 1 e 2 o padrão de distribuição de C-FAH e C-FAF é distinto, sendo o C-FAH superior ao C-FAF no perfil de OXytipico2 e o C-FAH inferior ao C-FAF no perfil OXytipico1, porém os conteúdos de C-FAF são semelhantes para esses dois perfis.

Na Figura 3 são apresentados os resultados da análise de agrupamento e a análise de componentes principais. Verifica-se que foi formado um grupo composto dos perfis OXfitipico e OXstipico sendo o perfil OXytipico1 e OXytipico2 individualizados. O perfil OXytipico1 é o mais semelhante ao grupo formado pelos perfis OXfitipico e OXstipico. Através da análise de componentes principais é possível notar que o grupo formado por OXfitipico e OXstipico possui maior correlação com as variáveis de H+Al, Al^{+3} e P. O perfil OXytipico1 possui relação direta com o conteúdo de NT enquanto o perfil OXytipico2 relacionou-se com as variáveis relação C/N, Na^+ e K^+ .

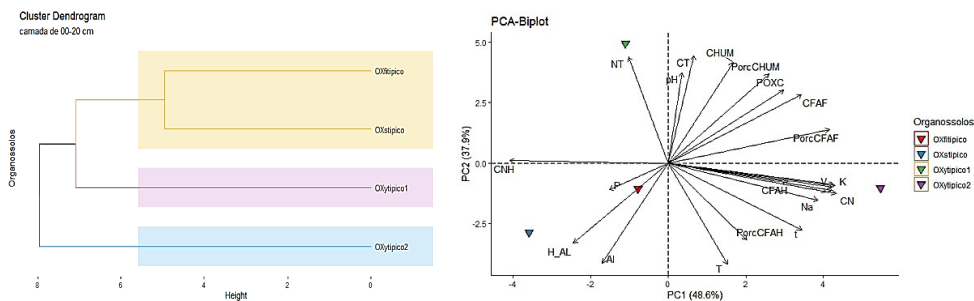


Figura 3 Análise de agrupamento e análise de componentes principais das variáveis Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH); carbono da fração humina (C-FHUM); porcentagens (%) das relações entre essas frações húmicas e o carbono total desses solos (PorcCHUM, PorcCFAH, PorcFAF); carbono total do solo (CT), nitrogênio total do solo (NT), relação C:N (CN), pH, fósforo (P), sódio (Na⁺), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), Al³⁺, H+AL, SB (Valor S), CTC (T), CTC efetiva (t) e V%. em perfis de solos classificados como Organossolos Háplicos na parte alta do Parque Nacional de Itatiaia.

OXstípico – Organossolo Háplico Sáprico típico; OXfítípico – Organossolo Háplico Fíbrico típico; OXstípico1 – Organossolos Háplicos Hêmicos típicos.

Os perfis de Organossolos Háplicos encontrados no PNI são considerados frágeis devido as condições as quais se encontram. O relevo acentuado dessas áreas e os grandes conteúdos de C das frações lábeis são características que podem afetar a sua fragilidade; o que os tornam mais suscetíveis as perdas de C sejam por remoção durante a drenagem como por possíveis mudanças nas condições ambientais.

CONCLUSÕES

Para os Organossolos Háplicos Hêmicos típicos foram verificados os maiores teores de C solúvel indicando uma maior fragilidade. O fracionamento químico foi eficiente na separação dos perfis, em especial a fração ácido fúlvico, que esteve mais associada ao Organossolo Háplico Hêmico típico 1.

AGRADECIMENTOS

A CAPES; CNPq, FAPERJ, PPGA-CS, UFRRJ e o Parque Nacional de Itatiaia.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARRETO, C.G. et al. **Plano de Manejo: Parque Nacional do Itatiaia**. Encarte 3. Relatório Técnico Instituto Chico Mendes, 2013.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 7p. 2003.

COSTA, E.M. **Soil characterization and evaluation of environments vulnerability in Itatiaia National Park, Brazil**. Thesis (Doctor in Agronomy-Soil Science). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

CULMAN, S.W., M. FREEMAN, AND S.S. SNAPP. **Procedure for the determination of permanganate oxidizable carbon**. Kellogg Biological Station-Long Term Ecological Research Protocols, Hickory Corners, MI. 2012.

FANNING, D.S.; FANNING, M.C.B. **Soil morphology, genesis, and classification**. John Wiley & Sons, New York. 1989.

RIBEIRO, M.; BARROS, M. DE F.; FREIRE, M. B. química dos solos salinos e sódicos. IN: MELO, V.; ALLEONI, L. **Química e mineralogia do solo: Conceitos básicos e aplicações**. Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**.

Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

WEIL R.R. Estimating active carbon for soil quality assessment: a simplified method for lab and field use. **Am. J. Altern. Agric. 2003**.

EXTRATO DE FOLHA DE MORINGA MELHORA A GERMINAÇÃO E ESTIMULA O DESENVOLVIMENTO RADICULAR DE PLANTAS DE ARROZ

Data de aceite: 03/07/2023

Maria Eduarda Pimentel de Melo

Estudante de graduação em Agronomia
(IA/UFRRJ)

Leandro Azevedo Santos

Professor do Departamento de Solos (DS/
IA/UFRRJ)

Argemiro Sanavria

Professor do Departamento de Medicina
Veterinária Preventiva (IV/UFRRJ)

Erinaldo Gomes Pereira

Doutorando do Programa de Pós-
graduação em Agronomia - Ciências do
Solo (CPGA-CS/UFRRJ)

aquoso de folhas de moringa em sementes de arroz. O experimento contou com 11 concentrações do extrato, além de sementes tratadas apenas com água e o controle (sementes não tratadas). Foi analisada a resposta das plântulas quanto a parâmetros germinativos e fenotípicos. Foi verificada uma redução significativa no tempo médio de emergência nos tratamentos MLEP0 e MLEP100 e aumento acentuado no comprimento total do sistema radicular nos tratamentos MLEP20, MLEP50, MLEP60, MLEP80, MLEP90 e MLEP100. Houve uma alteração na arquitetura do sistema radicular em alguns tratamentos, verificado pela formação de um sistema mais fino e ramificado. Conclui-se que o extrato de moringa melhorou a germinação das sementes de arroz, e estimulou também a formação de um sistema radicular mais fino e ramificado.

PALAVRAS-CHAVE: moringa, arroz, sementes.

RESUMO: Conhecida como árvore da vida, a moringa (*Moringa Oleifera* Lam.) apresenta uma composição enriquecida com nutrientes minerais e antioxidantes. O extrato aquoso obtido a partir de suas folhas, quando utilizado no condicionamento de sementes, apresenta potencial na melhoria de características de interesse agrônômico que pode resultar no aumento da produtividade, tão almejada nas culturas de interesse agrícola. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do tratamento pré- germinativo com extrato

MORINGA LEAF EXTRACT IMPROVES GERMINATION AND STIMULATES ROOT DEVELOPMENT OF RICE PLANTS

ABSTRACT: Known as the tree of life, moringa (*Moringa Oleifera* Lam.) has a composition enriched with mineral nutrients and antioxidants. The aqueous extract obtained from its leaves, when used in seed conditioning, has the potential to improve characteristics of agronomic interest that can result in increased productivity, so desired in crops of agricultural interest. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the effect of pre-germination treatment with aqueous extract of moringa leaves on rice seeds. The experiment had 11 concentrations of the extract, in addition to seeds treated only with water and the control (untreated seeds). The seedlings' response was analyzed regarding germinal and phenotypic parameters. There was a significant reduction in the meantime of emergence in treatments MLEP0 and MLEP100 and a marked increase in the total length of the root system in treatments MLEP20, MLEP50, MLEP60, MLEP80, MLEP90 and MLEP100. There was a change in the architecture of the root system in some treatments, verified by the formation of a thinner and more branched system. It was concluded that the moringa extract improved the germination of rice seeds and stimulated the formation of a thinner and more branched root system.

KEYWORDS: moringa, rice, seeds.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal de estimado valor econômico e cultural, constituindo a dieta diária de grande parte da população mundial, sobretudo por sua composição nutricional rica em fontes de energia, carboidratos e proteínas (BASSINELLO et al., 2017).

No intuito de atender a demanda crescente de alimentos para uma população mundial, busca-se constantemente o aumento da produtividade das culturas de interesse agrícola. Dentre os fatores mais limitantes a produtividade destaca-se o estabelecimento da cultura no campo, diretamente relacionado ao sucesso germinativo, bem como fatores intrínsecos e extrínsecos à planta (FAROOQ et al., 2019).

Dentro desse cenário surge o tratamento pré-germinativo, que consiste no condicionamento de sementes com diferentes soluções, como água, nutrientes e extratos de plantas, com intuito de aumentar a eficiência do processo germinativo (FAROOQ et al., 2019). O tratamento é utilizado de forma dinâmica e eficiente na regulação do processo de germinação e crescimento das plantas mesmo sobre condições desfavoráveis (ZHENG et al., 2016).

A Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) é uma espécie arbórea encontrada em diversas regiões, sobretudo de solo árido. Conhecida como árvore da vida, seu uso tem se popularizado em diferentes setores, sendo implementada no âmbito agrônomo. A utilização do extrato de moringa no tratamento de sementes é baseada na análise dos compostos nela presentes, como citocininas, auxinas e ácido abscísico, hormônios associados ao crescimento vegetal (FUGLIE, 2000).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do condicionamento de sementes com extrato aquoso de folhas de moringa sobre parâmetros germinativos e variáveis fenotípicas de plantas de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Folhas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) foram coletadas na Fazendinha Agroecológica km 47, Seropédica, RJ – Brasil. As folhas foram cortadas e maceradas com nitrogênio líquido, sendo adicionados 200 mL de etanol 80% a 20 g do material. A solução foi incubada overnight, filtrada em bomba de vácuo e avolumada a 50 mL com etanol 80%. Foi realizada partição da solução com clorofórmio de acordo com Fernandes (1984). O extrato foi diluído em diferentes concentrações, sendo aplicados os tratamentos seguintes: controle (sementes não tratadas), 0 (apenas água destilada), 5 (1 mL de extrato + 4 mL de água destilada), 10 (1 mL de extrato + 9 mL de água destilada), 20 (1 mL de extrato + 19 mL de água destilada), 30 (1 mL de extrato + 29 mL de água destilada), 40 (1 mL de extrato + 39 mL de água destilada), 50 (1 mL de extrato + 49 mL de água destilada), 60 (1 mL de extrato + 59 mL de água destilada), 70 (1 mL de extrato + 69 mL de água destilada), 80 (1 mL de extrato + 79 mL de água destilada), 90 (1 mL de extrato + 89 mL de água destilada) e 100 (1 mL de extrato + 99 mL de água destilada).

As sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) foram obtidas no banco de germoplasma do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas (LNMP), Seropédica, RJ – Brasil. As sementes passaram por processo de desinfecção em solução de hipoclorito de sódio a 2%. Em seguida, 40 sementes ($\pm 1,2g$) foram mantidas em 6 mL de solução dos tratamentos supracitados, por um período de 16h a 25°C. As sementes foram lavadas com água destilada e secas durante dois dias à ventilação natural. Em seguida, as sementes foram transferidas para potes de plástico (1L) com gaze, contendo água destilada, sendo arranjadas 10 sementes por vasos e 4 repetições para cada tratamento. O experimento se deu em casa de vegetação e as sementes foram mantidas durante 10 dias à temperatura de 26 °C \pm 3, com reposição diária da água destilada.

Os parâmetros germinativos foram determinados por meio da contagem diária do número de plântulas emergidas, até ser notada uma contagem uniforme. Foram estimados o índice de emergência (AOSA, 1983), velocidade (KOTOWSKI, 1926), tempo (EDMOND e DRAPALA, 1958) e o índice de vigor (RADZIKOWSKA et al., 2020). Ao final do experimento as plantas foram seccionadas em raiz e parte aérea, sendo mensurado seus comprimentos. Com a finalidade de determinar parâmetros radiculares, as raízes foram analisadas com auxílio do software WinRhizo. Para determinação do peso seco, as amostras foram submetidas a secagem em estufa com circulação de ar à 65°C por 72h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sementes submetidas ao tratamento MLEP5 não germinaram, certamente devido a concentração elevada de nutrientes presente no extrato.

Quanto aos parâmetros germinativos, foi possível constatar que houve uma diminuição no tempo médio de emergência (TME) e um aumento na velocidade de emergência (VE) nos tratamentos MLEP0 e MLEP100, certamente associado ao caráter benéfico da embebição de água pelas sementes. No tratamento MLEP100 essa melhoria pode estar associada à presença de zeatina e outros compostos relacionados ao processo de divisão celular e morfogênese. O tratamento MLEP10 mostrou aumento no TME e diminuição na VE, o que pode ter relação com uma concentração elevada dos compostos presentes no extrato. As sementes tratadas apenas com água apresentaram uma diminuição na porcentagem final de germinação, mostrando que a água auxilia nas fases iniciais da germinação, mas não garante o estabelecimento das plântulas (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros germinativos de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a tratamento pré-germinativo com extrato particionado de folhas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.).

| Tratamentos | TME (dias) | IE (%) | VE (%) | PFE (%) | VI |
|-------------|------------|--------|----------|---------|---------|
| Controle | 2,93 | 3,48 | 33,06 | 100,00 | 2215,63 |
| MLEP 0 | 2,74* | 3,31 | 37,41** | 87,50* | 2069,75 |
| MLEP 10 | 3,28*** | 3,10 | 28,78** | 100,00 | 2520,63 |
| MLEP 20 | 3,00 | 3,27 | 31,53 | 97,50 | 2163,75 |
| MLEP 30 | 2,90 | 3,50 | 33,41 | 100,00 | 2321,25 |
| MLEP 40 | 2,94 | 3,27 | 32,57 | 95,00 | 2245,25 |
| MLEP 50 | 2,98 | 3,40 | 32,05 | 100,00 | 2403,75 |
| MLEP 60 | 2,92 | 3,38 | 32,81 | 97,50 | 2320,31 |
| MLEP 70 | 2,87 | 3,29 | 33,93 | 92,50 | 2377,00 |
| MLEP 80 | 2,93 | 3,38 | 32,76 | 97,50 | 2391,38 |
| MLEP 90 | 2,90 | 3,44 | 33,70 | 97,50 | 2346,75 |
| MLEP 100 | 2,71** | 3,63 | 38,11*** | 95,00 | 2222,00 |

MLEP = Moringa Leaf Extract Partitioned (Extrato particionado da folha da Moringa)^a; TME = Tempo médio de emergência^b; IE = Índice de emergência^c; VE = Velocidade de emergência^d; PFE = Porcentagem final de emergência^e; VI = Índice de vigor^f; *, **, *** símbolos mostram diferença estatística significativa a 0,05, 0,01 e 0,001%, respectivamente (Teste de Dunnett, $\alpha = 0,05$).

Em relação aos parâmetros fenotípicos, foi observado um aumento no comprimento total do sistema radicular nos tratamentos MLEP20, MLEP50, MLEP60, MLEP80, MLEP90 e MLEP100, certamente pela presença de compostos promotores de crescimento.

No tratamento MLEP10 as plantas apresentaram menor comprimento da parte aérea e menor peso seco, o que também pode estar associado a uma concentração prejudicial dos compostos presentes no extrato (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros fenotípicos de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a tratamento pré-germinativo com extrato particionado de folhas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.).

| Tratamentos | Comprimento (cm) | | Peso Seco (mg/4 plantas) | | Razão R/PA |
|-------------|----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|------------|
| | Raiz | Parte Aérea | Raiz | Parte aérea | |
| Controle | 12,89 | 9,27 | 20,60 | 24,65 | 0,84 |
| MLEP0 | 13,94 | 9,72 | 22,23 | 26,95 | 0,82 |
| MLEP10 | 14,29 | 7,64 ^{***} | 19,28 | 21,03 [*] | 0,92 |
| MLEP20 | 16,88 ^{***} | 8,33 | 21,60 | 23,68 | 0,91 |
| MLEP30 | 13,88 | 8,31 | 19,73 | 24,00 | 0,82 |
| MLEP40 | 14,66 | 8,56 | 20,55 | 23,30 | 0,88 |
| MLEP50 | 15,55 [*] | 8,09 [*] | 20,65 | 22,28 | 0,93 |
| MLEP60 | 15,28 [*] | 8,76 | 21,10 | 24,60 | 0,86 |
| MLEP70 | 14,71 | 9,11 | 21,40 | 26,23 | 0,82 |
| MLEP80 | 16,77 ^{***} | 9,03 | 19,48 | 24,88 | 0,78 |
| MLEP90 | 16,01 ^{**} | 8,49 | 20,63 | 22,88 | 0,90 |
| MLEP100 | 15,28 [*] | 8,80 | 21,35 | 24,55 | 0,87 |

MLEP = Moringa Leaf Extract Partitioned (Extrato particionado da folha da Moringa)^a; PA = Parte Aérea^b; R = Raiz^c; *, **, *** símbolos mostram diferença estatística significativa a 0,05, 0,01 e 0,001%, respectivamente (Teste de Dunnett, $\alpha = 0,05$).

O *software* WinRhizo permitiu a divisão dos parâmetros radiculares em diferentes classes de acordo com o diâmetro radicular, sendo: classe 1 (valores entre 0 e 0,5 mm), classe 2 (valores entre 0,5 e 1,5 mm) e classe 3 (valores entre 1,5 e 3,0 mm). No geral, foi observado na classe 1 um estímulo nos parâmetros radiculares para os tratamentos MLEP80 e MLEP90. Foi verificado um aumento no número de pontas nos tratamentos MLEP20 E MLEP30 nas classes 2 e 3 e uma diminuição para os tratamentos MLEP40 e MLEP100 nessas mesmas classes (Tabela 3). Os resultados indicam que o tratamento pré-germinativo estimula uma modificação da arquitetura do sistema radicular, tornando-o mais ramificado e fino, o que pode melhorar a exploração do solo em busca de nutrientes (CHAPETA et al., 2020).

Tabela 3. Parâmetros fenotípicos de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a tratamento pré-germinativo com extrato particionado de folhas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.).

| Tratamentos | 0 – 0,5 | 0,5 - 1,5 | 1,5 – 3,0 | 0 – 0,5 | 0,5 - 1,5 | 1,5 – 3,0 |
|-------------|------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| | Comprimento (cm) | | | Área de superfície (cm ²) | | |
| Controle | 52,47 | 211,61 | 58,85 | 0,75 | 6,10 | 3,93 |
| MLEP0 | 57,73 | 258,73 | 53,86 | 0,82 | 7,68 | 3,50 |
| MLEP10 | 57,77 | 241,37 | 44,55 | 0,83 | 6,95 | 2,88 |
| MLEP20 | 66,58 | 285,85 | 50,39 | 0,95 | 8,21 | 3,31 |
| MLEP30 | 58,55 | 267,78 | 57,41 | 0,84 | 7,88 | 3,75 |

| MLEP40 | 48,31 | 201,35 | 30,47 ^{***} | 0,69 | 5,83 | 2,02 ^{***} |
|----------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|-------|----------------------|
| MLEP50 | 59,50 | 208,69 | 33,26 ^{***} | 0,85 | 6,03 | 2,17 ^{***} |
| MLEP60 | 58,38 | 214,48 | 45,14 | 0,83 | 6,23 | 3,07 |
| MLEP70 | 58,19 | 202,51 | 49,27 | 0,83 | 6,01 | 3,18 |
| MLEP80 | 78,08 ^{**} | 265,37 | 52,56 | 1,11 ^{**} | 7,61 | 3,43 |
| MLEP90 | 76,08 [*] | 242,44 | 41,50 [*] | 1,09 [*] | 6,98 | 2,70 [*] |
| MLEP100 | 50,37 | 211,77 | 35,70 ^{**} | 0,72 | 6,19 | 2,34 ^{**} |
| | Pontas (unidade) | | | Volume (mm ³) | | |
| Controle | 2106 | 3099 | 394 | 0,86 | 15,05 | 22,03 |
| MLEP0 | 2399 | 3658 | 499 | 0,94 | 19,41 | 19,13 |
| MLEP10 | 2442 | 3947 | 509 | 0,94 | 17,14 | 15,62 [*] |
| MLEP20 | 2874 | 4845 ^{***} | 624 ^{***} | 1,09 | 20,30 | 18,35 |
| MLEP30 | 2460 | 4269 [*] | 606 ^{***} | 0,96 | 19,81 | 20,60 |
| MLEP40 | 1941 | 1777 [*] | 240 ^{**} | 0,78 | 14,23 | 11,30 ^{***} |
| MLEP50 | 2337 | 2089 | 287 | 0,97 | 14,78 | 11,97 ^{***} |
| MLEP60 | 2361 | 2129 | 319 | 0,95 | 15,38 | 17,64 |
| MLEP70 | 2418 | 2129 | 361 | 0,94 | 15,14 | 17,36 |
| MLEP80 | 3165 ^{**} | 3098 | 421 | 1,27 ^{**} | 18,61 | 18,80 |
| MLEP90 | 3063 [*] | 2623 | 286 | 1,24 [*] | 17,13 | 14,87 [*] |
| MLEP100 | 2081 | 1872 [*] | 273 [*] | 0,82 | 15,29 | 12,97 ^{**} |

Moringa Leaf Extract Partitioned (Extrato particionado da folha da Moringa)^a; *, **, *** símbolos mostram diferença estatística significativa a 0,05, 0,01 e 0,001%, respectivamente (Teste de Dunnett, $\alpha = 0,05$).

CONCLUSÕES

Em suma, o extrato de folha de moringa melhorou a germinação de sementes de arroz e, além disso, estimulou a formação de um sistema radicular mais fino e ramificado. O tipo e a intensidade do estímulo está relacionado diretamente com a concentração do extrato, sendo que o extrato muito concentrado mostrou-se prejudicial para as sementes de arroz.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AOSA. **Seed Vigor Hand Testing Book. Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing.** Association of Official Seed Analysts (AOSA), Springfield, Illinois, USA, 1983.

BASSINELLO, P.Z.; LUZ, T.C.L.A.; FERREIRA, C.M. **Farinha de Arroz: Alternativa Alimentar e Econômica.** EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Documentos, n. 315, 2017.

CHAPETA, A.C.O. et al. Variedades de arroz locais como alternativas viáveis para uma agricultura mais sustentável. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 15, p. 225-232, 2020.

EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. In: **Proceedings of the American Society for horticultural Science**, p. 428-434, 1958.

FAROOQ, M. et al. Seed priming in field crops: Potential benefits, adoption and challenges. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 9, p. 731-771, 2019.

FERNANDES, M.S. N-carriers, light and temperature influences on uptake and assimilation of nitrogen by rice. **Turrialba**, v.34, n.1, p. 9–18, 1984.

FUGLIE, L.J. New uses of moringa studied in Nicaragua: ECHOs Technical network site- networking global hunger solutions. **ECHO**, Nicaragua, 2000.

KHAN, S. et al. Application of moringa leaf extract as a seed priming agent enhances growth and physiological attributes of rice seedlings cultivated under water deficit regime. **Plants**, v. 11, n. 3, p. 261, 2022.

KOTOWSKI, F. Temperature relations to germination of vegetable seed. **Proc. Am. Soc. Hortic. Sci**, n. 23, p. 176–184, 1926.

RADZIKOWSKA, D. et al. Influence of SDHI seed treatment on the physiological conditions of spring barley seedlings under drought stress. **Agronomy**, v.10, n.5, p.731, 2020.

ZHENG, M. et al. Seed priming in dry direct-seeded rice: consequences for emergence, seedling growth and associated metabolic events under drought stress. **Plant growth regulation**, v. 78, n. 2, p. 167-178, 2016.

EXTRATO DE MORINGA ESTIMULA O METABOLISMO DE PLANTAS DE ARROZ CULTIVADAS COM BAIXO SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO

Data de aceite: 03/07/2023

Maria Eduarda Pimentel de Melo

Estudante de graduação em Agronomia
(IA/UFRRJ)

Leandro Azevedo Santos

Professor do Departamento de Solos (DS/
IA/UFRRJ)

Argemiro Sanavria

Professor do Departamento de Medicina
Veterinária Preventiva (IV/UFRRJ)

Erinaldo Gomes Pereira

Doutorando do Programa de Pós-
graduação em Agronomia - Ciências do
Solo (CPGA-CS /UFRRJ)

8 tratamentos: controle, MLEP0, MLEP20, MLEP50, MLEP60, MLEP80, MLEP90 e MLEP100. As sementes de arroz foram tratadas, germinadas em água e transferidas para solução nutritiva com 0,2 mM de N. Vinte dias após a germinação (DAG) foi realizada a coleta e posterior determinação dos metabólitos solúveis e expressão gênica, ambas no sistema radicular. Houve alteração nos teores de nitrato, aminoácidos totais e açúcares solúveis, sobretudo no tratamento MLEP100. As doses menos concentradas do extrato de moringa estimularam o aumento na expressão relativa de genes relacionados ao metabolismo de N. Sendo assim, conclui-se que o extrato de moringa apresenta potencial como bioestimulante em plantas de arroz em situação de fornecimento reduzido de N, causando alterações metabólicas e na expressão gênica.

PALAVRAS-CHAVE: bioestimulante, moringa, arroz.

RESUMO: Visando atender as demandas agrícolas de aumento na produção surgem diversas tecnologias, dentre elas os bioestimulantes. São substâncias naturais ou sintéticas, que ao serem aplicados estimulam processos fisiológicos e rotas metabólicas. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial do extrato de folhas de moringa como bioestimulante em plantas de arroz submetidas a baixo suprimento de nitrogênio (N). Para isso, foram aplicados

MORINGA EXTRACT STIMULATES METABOLISM IN RICE PLANTS GROWN UNDER LOW NITROGEN SUPPLY

ABSTRACT: In order to meet the agricultural demands of increased production, several technologies have emerged, including biostimulants. They are natural or synthetic substances that, when applied, stimulate physiological processes and metabolic pathways. Therefore, the present work aimed to evaluate the potential of moringa leaf extract as a biostimulant in rice plants subjected to low nitrogen (N) supply. For this, 8 treatments were applied: control, MLEP0, MLEP20, MLEP50, MLEP60, MLEP80, MLEP90 and MLEP100. The rice seeds were treated, germinated in water and transferred to a nutrient solution with 0.2 mM of N. Twenty days after germination (DAG) the collection and subsequent determination of soluble metabolites and gene expression, both in the root system, were performed. There was a change in the levels of nitrate, total amino acids and soluble sugars, especially in the MLEP100 treatment. The less concentrated doses of moringa extract stimulated an increase in the relative expression of genes related to N metabolism. Therefore, it is concluded that the moringa extract has potential as a biostimulant in rice plants in a situation of reduced N supply, causing metabolic changes and gene expression.

KEYWORDS: biostimulant, moringa, rice.

INTRODUÇÃO

A população mundial cresce exponencialmente, com previsão de ultrapassar 9,7 bilhões de pessoas até 2050 (UN, 2020). Arelado a isso há uma degradação cada vez mais intensa dos solos agricultáveis em função de ações antrópicas e mudanças climáticas, levando a maior incidência de deficiência hídrica e de nutrientes para as plantas. Sendo assim, mostram-se necessárias novas tecnologias visando aumentar a produtividade das culturas de interesse agrônômico de forma eficiente, acessível e com menor impacto possível ao meio ambiente.

Os bioestimulantes surgem com o intuito de atender essa demanda. São substâncias naturais, sintéticas ou microrganismos que podem ser aplicados de diversas formas e em diferentes concentrações, trazendo benefícios a processos fisiológicos através do aumento da absorção e eficiência de uso dos nutrientes, estimulando rotas metabólicas (MELLO et al., 2022).

A moringa (*Moringa oleífera* Lam.) é uma espécie arbórea que têm se destacado tendo em vista sua implementação em diversos setores, dentre eles o agrícola. Seu uso tem por base os diversos elementos presentes em seu extrato, que pode ser preparado a partir das diferentes partes da planta, se destacando a presença de flavonóides, taninos, vitaminas, minerais, precursores de fitormônios e ácidos fenólicos (TSHABALALA et al., 2019).

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial do extrato de folhas de moringa como bioestimulante em plantas de arroz submetidas ao estresse pelo baixo suprimento de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O preparo do extrato se deu a partir da coleta de folhas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) na Fazendinha Agroecológica Km 47, Seropédica, RJ – Brasil. As folhas foram cortadas e maceradas em nitrogênio líquido, sendo homogeneizadas com etanol 80% numa proporção de 1:10 (m/v). A partição da solução com clorofórmio foi feita de acordo com Fernandes (1984). Foram aplicados 8 tratamentos, sendo: controle (sementes não tratadas), MLEP0 (apenas água destilada), MLEP20 (1 mL de extrato + 19 mL de água destilada), MLEP50 (1 mL de extrato + 49 mL de água destilada), MLEP60 (1 mL de extrato + 59 mL de água destilada), MLEP80 (1 mL de extrato + 79 mL de água destilada), MLEP90 (1 mL de extrato + 89 mL de água destilada) e MLEP100 (1 mL de extrato + 99 mL de água destilada).

Foram obtidas sementes de arroz, variedade manteiga, do banco de germoplasma do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas (LNMP), Seropédica, RJ – Brasil. As sementes foram desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio a 2%. O condicionamento consistiu em manter 40 sementes ($\pm 1,2g$) em 6mL de solução dos tratamentos por um período de 16h a 25°C, sendo então lavadas com água destilada e secagem em ventilação natural até atingir a umidade inicial.

As sementes foram transferidas para potes de plástico (1L) com gaze, contendo água destilada até 10 DAG (dias após a germinação), sendo arranjadas em 10 sementes por vasos e 4 repetições. Aos 11 DAG foi disponibilizada solução nutritiva com 1/4 de força iônica e 0,2 mM de N-NO₃⁻. Aos 14 DAG a solução foi reposta por uma de 1/2 Fi contendo 0,2 mM de N-NO₃⁻, reposta a cada três dias. Aos 20 DAG foi realizada a última troca de solução e a coleta das plantas, seccionadas em raiz e parte aérea. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com luz natural e temperatura de 30°C \pm 2°C.

Para a determinação dos metabólitos solúveis foram reservados 0,1g de material fresco, que passou por processo de trituração, filtragem e partição com clorofórmio (FERNANDES, 1984). Os conteúdos de nitrato (NO₃⁻), amônio (NH₄⁺), aminoácidos livres e açúcares solúveis presentes nas amostras foram determinados de acordo com Miranda et al. (2001), Felker (1977), Yemm e Cocking (1955) e Yemm e Willis (1957), respectivamente.

O RNA total foi extraído de acordo com Gao et al. (2001) e quantificado utilizando o “NanoDrop One”. As amostras foram tratadas com DNase I utilizando o Kit “DNase I Amplification Grade” e o cDNA foi obtido utilizando o Kit “High Capacity RNA-to-cDNA Kit”. As reações de PCR em tempo real foram realizadas no “StepOne Plus Real-Time PCR System” utilizando o kit “5x HOT FIREPol® EvaGreen® qPCR Mix Plus (ROX) Kit”, seguindo as recomendações dos fabricantes. A expressão relativa dos genes foi feita de acordo com Livak e Schmittgen (2001) e o gene de referência utilizado foi a ubiquitina 5 (*OsUBQ5*). A construção dos gráficos foi realizada utilizando o programa *SigmaPlot* 14.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado aumento significativo no teor de NO_3^- no tratamento MLEP100, o que indica maior estímulo para a absorção desse nutriente. Os teores de aminoácidos totais apresentaram aumento nos tratamentos MLEP90 e MLEP100 (Figura 1). Além disso, houve um aumento nos teores de açúcares solúveis nos tratamentos MLEP50, MLEP60, MLEP80, MLEP90 e MLEP100. A alteração observada nos teores dos metabólitos, sobretudo nos tratamentos mais diluídos, indica que houve aumento na absorção de N, que pode ter sido acompanhado por um estímulo nas rotas metabólicas das plantas de arroz.

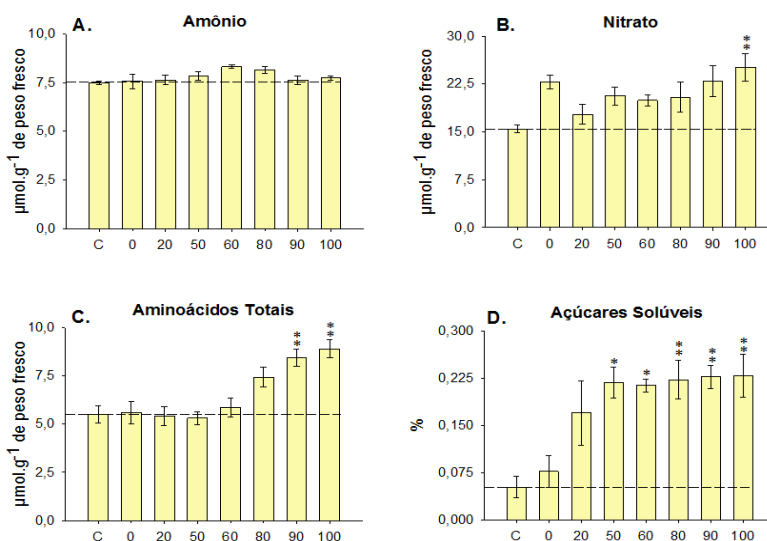


Figura 1. Teores das frações solúveis presentes no sistema radicular de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) em situação de baixo fornecimento de nitrogênio submetidas a tratamento pré-germinativo com extrato particionado de folhas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). A = Teor de amônio (NH_4^+); B = Teor de nitrato (NO_3^-); C = Teor de aminoácidos totais; D = Teor de açúcares solúveis. Barras verticais são os erros padrões das médias. *, **, *** símbolos mostram diferença estatística significativa a 0,05, 0,01 e 0,001%, respectivamente (Teste de Dunnett, $\alpha = 0,05$).

Buscando elucidar as alterações nos teores dos metabólitos solúveis foi realizada a expressão relativa de genes no sistema radicular das plantas. Foram selecionados oito genes, sendo três relacionados a absorção de nitrogênio (*OsNRT1.1*, *OsNRT2.1* e *OsNRT2.4*), três envolvidos com a redução e assimilação de nitrogênio (*OsNIA1*; *OsGS1.2*; *OsNADH-GOGAT*), e dois transportadores de aminoácidos (*OsAAP1* e *OsAAP3*) (Figura 2).

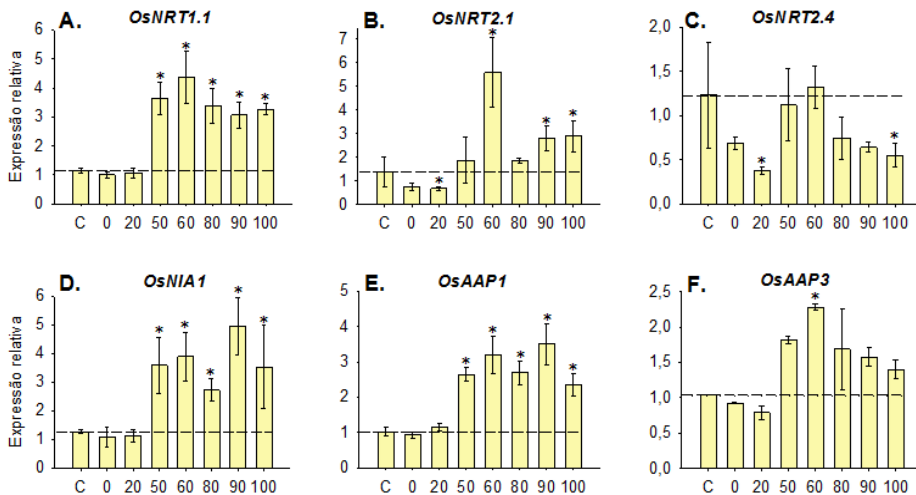


Figura 2. Expressão relativa dos genes relacionados ao metabolismo de nitrogênio no sistema radicular de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) em situação de baixo fornecimento de nitrogênio submetidas a tratamento pré-germinativo com extrato particionado de folhas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). A = Expressão relativa do gene *OsNRT1.1*^a; B = Expressão relativa do gene *OsNRT2.1*^b; C = Expressão relativa do gene *OsNRT2.4*^c; D = Expressão relativa do gene *OsNIA1*^d; E = Expressão relativa do gene *OsAAP1*^e; F = Expressão relativa do gene *OsAAP3*^f. Asteriscos (*) indicam uma alteração média significativa de mais de 2 entre o controle e os tratamentos.

Foi verificado aumento na expressão relativa do gene *OsNRT1.1* nos tratamentos MLEP50, MLEP60, MLEP80, MLEP90 e MLEP100. Esse aumento pode ter relação com a função do gene, um transportador de dupla afinidade, no reconhecimento e importação de NO₃⁻; além do mecanismo de tolerância em situações adversas (HO et al., 2009; ARAÚJO et al., 2015; FANG et al., 2021). O gene *OsNRT2.1* apresentou aumento nos tratamentos MLEP60, MLEP90 e MLEP100. Já o gene *OsNRT2.4*, diminuiu a expressão nos tratamentos MLEP20 e MLEP100 quando comparados ao controle. Ambos os genes são de alta afinidade, sendo expressos em baixas concentrações de N. O silenciamento do gene *OsNRT2.4* tem relação com aumento da absorção de NO₃⁻ e melhora na reposta de expressão em situação de baixo N (SOUZA et al., 2022).

O gene *OsNIA1*, que codifica a enzima nitrato redutase, apresentou aumento de expressão nos tratamentos MLEP50, MLEP60, MLEP80, MLEP90 e MLEP100. Esse aumento indica que o processo de absorção, redução e assimilação pode estar ocorrendo preferencialmente nas raízes, como uma estratégia para poupar gastos energéticos com transporte para parte aérea.

O gene *OsAAP1* apresentou aumento de expressão nos tratamentos MLEP50, MLEP60, MLEP80, MLEP90 e MLEP100, enquanto o gene *OsAAP3* só teve aumento de expressão no tratamento MLEP60. O aumento em ambos os genes pode estar relacionado com um estímulo ao transporte dos aminoácidos produzidos nas raízes para os demais órgãos drenos da planta.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos nesse estudo, conclui-se que o extrato de folhas de moringa apresenta potencial como bioestimulante em plantas de arroz, melhorando o desempenho dessa planta em situação de estresse por fornecimento reduzido de N.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, O.J. et al. **Expression of the genes OsNRT1. 1, OsNRT2. 1, OsNRT2. 2, and kinetics of nitrate uptake in genetically contrasting rice varieties.** American Journal of Plant Sciences, v. 6, n. 02, p. 306, 2015.

DE MELLO F.L.L. et al. **Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônômico do feijão-comum de ciclo superprecoce.** Agrarian, v. 13, n. 47, p. 27- 41, 2020.

FANG, X.Z. et al. **NRT1. 1 dual-affinity nitrate transport/signalling and its roles in plant abiotic stress resistance.** Frontiers in plant science, p. 1817, 2021.

FELKER, P. **Microdetermination of nitrogen in seed protein extracts with the salicylate-dichloroisocyanurate color reaction.** Analytical Chemistry, v. 49, n. 7, p. 1080-1080, 1977.

FERNANDES, M.S. **N-carriers, light and temperature influences on uptake and assimilation of nitrogen by rice.** Turrialba, v.34, n.1, p. 9–18, 1984.

GAO, J. et al. **Isolation and purification of functional total RNA from blue-grained wheat endosperm tissues containing high levels of starches and flavonoids.** Plant Molecular Biology Reporter, v. 19, n. 2, p. 185-186, 2001.

HO, C.H. et al. **CHL1 functions as a nitrate sensor in plants.** Cell, v. 138, n. 6, p. 1184- 1194, 2009.

LIVAK, K. J.; SCHMITTGEN, T. D. **Analysis of Relative Gene Expression Data Using Real-Time Quantitative PCR and the 2- $\Delta\Delta C_T$ Method.** Methods, v. 25, p. 402-408, 2001.

MIRANDA, K.M.; ESPEY, M.G.; WINK, D.A. **A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite.** Nitric oxide, v. 5, n. 1, p. 62-71, 2001.

PROSPECTS, U.N. Highlights (ST/ESA/SER. A/423): United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population; 2019. 2019.

SOUZA, A.F.F.et al. **Knockdown of OsNRT2. 4 modulates root morphology and alters nitrogen metabolism in response to low nitrate availability in rice.** Molecular Breeding, v. 42, n. 1, p. 1-15, 2022.

TSHABALALA, T. et al. **Scribbling the cat: a case of the “miracle” plant, Moringa oleifera.** Plants, v. 8, n. 11, p. 510, 2019.

YEMM, E.W.; COCKING, E.C.; RICKETTS, R.E. **The determination of amino-acids with ninhydrin.** Analyst, v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955.

YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. **The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone.** Biochemical journal, v. 57, n. 3, p. 508, 1954.

BIOANÁLISE DE SOLOS FRÁGEIS SOB SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO NA BAIXADA FLUMINENSE

Data de aceite: 03/07/2023

Mateus Belarmino da Silva

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Guilherme Oliveira do Carmo

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Thassianyde Castro Alves

Estudante de mestrado em Agronomia
(UFRRJ)

Eduardo Albano Gomes de Abreu

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Priscila Silva Matos

Pós-doutoranda em Agronomia (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a atividade enzimática em solos frágeis com diferentes sistema de plantio e plantas de cobertura sob o cultivo doquiabo. O experimento foi realizado na baixada fluminense – Rio de Janeiro (RJ), com blocos casualizados em esquema fatorial (2 x 6) onde avaliou-se a influência de dois

sistemas (sistema de plantio direto-SPD e sistema de preparo convencional-SPC) e seis plantas de cobertura-PC (M: Milheto; C.J.: *Crotalariajuncea*; F.P.: Feijão de porco; P.E.: Plantas espontâneas; Coquetel 1 – C1: mistura de M, CJ e FP utilizando 100% das sementes recomendadas para cultivos solteiros; Coquetel 2 – C2: mistura M, CJ e FP utilizando 50% das sementes recomendadas para cultivos solteiros). As PC foram incorporadas no SPC e mantidas como cobertura do solo no SPD durante o cultivo da cultura comercial (quiabo). O solo foi coletado na profundidade de 0-10 cm após o cultivo do quiabo. A atividade enzimática foi avaliada seguindo a metodologia de Tabatabai (1994). No SPD o melhor resultado para a β -glicosidase foi verificado em C2. No SPC o melhor resultado foi verificado em M. Nos coquetéis C1 e C2 os melhores resultados foram verificados no SPD comparado ao SPC. O melhor resultado para a atividade da Arisulfatase foi verificado em SPD comparado ao SPC. Diante dos resultados, é possível observar que o SPD está ligado ao desenvolvimento de um solo biologicamente mais ativo.

PALAVRAS-CHAVE: atividade enzimática, bioindicadores, plantas de cobertura, sistema de plantio direto

BIOANALYSIS OF FRAGILE SOILS UNDER CONSERVATION MANAGEMENT SYSTEMS IN BAIXADA FLUMINENSE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the enzymatic activity in fragile soils with different planting systems and cover crops under okra cultivation. The experiment was carried out in the Baixada Fluminense - Rio de Janeiro (RJ), with randomized blocks in a factorial scheme (2 x 6) where the influence of two systems was evaluated (no-tillage system-NT and conventional tillage system - Tillage) and six cover crops (M: Millet; C.J.: *Crotalaria juncea*; F.P.: Jack bean; P.E.: Weeds; Cocktail 1 – C1: mixture of M, CJ and FP using 100% of the recommended seeds for single crops ; Cocktail 2 – C2: mix M, CJ and FP using 50% of the seeds recommended for single crops). The cover crops were incorporated into the Tillage system and maintained as soil cover in the NT during the cultivation of the commercial crop (okra). The soil was collected at 0-10 cm depth after okra cultivation. The enzymatic activity was evaluated following the methodology of Tabatabai (1994). In NT, the best result for β -glucosidase was seen in C2. In the Tillage, the best result was verified in M. In the cocktails C1 and C2, the best results were verified in the NT compared to the Tillage. The best result for Arisulfatase activity was verified in NT compared to Tillage system. Given the results, it is possible to observe that the NT is linked to developing a more biologically active soil.

KEYWORDS: enzymatic activity, bioindicators, cover crops, no tillage system.

INTRODUÇÃO

Na região Sudeste do Brasil ocorreram intensas atividades antrópicas nos solos, desde o início da colonização por países europeus no século XVI que promoveram a degradação do solo (MORAIS, 2000). Além disso, a região da baixada fluminense do estado do Rio de Janeiro possui a ocorrência de áreas com solos denominados frágeis, com atributos de textura mais grosseira (arenosos), baixos teores de matéria orgânica, sequestro de carbono, estabilidade dos agregados, e capacidade de troca catiônica (CTC), e ainda suscetibilidade na perda de nutrientes por lixiviação. Sendo assim, faz-se necessário o uso de estratégias para a melhoria e qualidade de solos frágeis, como o sistema de plantio direto (SPD) e plantas de cobertura. O SPD consiste em um conjunto de técnicas para o manejo conservacionista, tendo como base o não revolvimento do solo, a cobertura permanente do mesmo e a rotação de culturas, através da consorciação de culturas comerciais e de cobertura, para a produção de palha sobre solo SANTOS et al. (1988).

O uso do SPD e de plantas de cobertura é uma técnica eficaz para melhoria da qualidade física, química e biológica de solos frágeis, visto que beneficiam a ciclagem de nutrientes, diminuindo assim o gasto com fertilizantes, promovem uma maior agregação, melhorando a infiltração e retenção de água do solo, contribuem para uma maior atividade biológica, além de auxiliar no controle de plantas invasoras e doenças (TIECHER et al., 2016).

A avaliação da qualidade do solo é feita a partir da análise de indicadores físicos, químicos e biológicos. Dentre estes, os indicadores biológicos são aqueles mais sensíveis a alterações do solo, gerando respostas rápidas acerca da qualidade do mesmo (ARAÚJO et al., 2007). As análises de atividades enzimáticas vêm sendo cada vez mais utilizadas para avaliar esse parâmetro. Em julho de 2020, a Embrapa lançou a BioAS, iniciativa que tem como objetivo incorporar indicadores biológicos em análises de rotina de solos, utilizando as análises da atividade enzimática da Arissulfatase e da β -glicosidase, relacionadas ao ciclo do enxofre e do carbono, respectivamente (MENDES et al., 2021).

Objetivou-se com o trabalho avaliar a influência de diferentes tipos de manejo e utilização de diferentes plantas de cobertura sobre a qualidade biológica de solos frágeis, tendo como base as análises de atividade enzimática da Arissulfatase e da β -glicosidase sob o cultivo do quiabo (*Abelmoschus esculentus*).

MATERIAL E MÉTODOS

A área determinada para o estudo está localizada na propriedade orgânica Sítio do Sol filiada a Associação de Agricultores Biológicos, localizada na reta dos 800, Piranema – Seropédica, Rio de Janeiro. O experimento foi composto por blocos casualizados com três repetições e esquema fatorial 2 x 6 com parcelas subdivididas que obteve dois tratamentos (sistema de plantio direto – SPD e preparo convencional do solo – SPC) e seis tipos de plantas de cobertura (M: Milheto; C.J.: Crotalaria juncea; F.P.: Feijão de porco; P.E.: Plantas espontâneas; Coquetel 1 – C1: mistura de M, CJ e FP utilizando 100% das sementes recomendadas para cultivos solteiros; Coquetel 2 – C2: mistura M, CJ e FP utilizando 50% das sementes recomendadas para cultivos solteiros). A área total do experimento foi estabelecida em 864 m² com parcelas dos sistemas de manejo de 144 m² (24x6) e as sub parcelas com as plantas de cobertura totalizaram uma área de 24 m² (6x4m).

Após o cultivo das plantas de cobertura, foi implantada a cultura do quiabo e após a colheita do quiabo procedeu-se a coleta do solo. As amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). A atividade enzimática foi avaliada por meio da quantificação de β -glucosidase (ciclo C) e arissulfatase (Ciclo S). A atividade da β -glucosidase foi analisada de acordo com Tabatabai (1994), usando 1,0 g de solo fresco e o substrato p-nitrofenil- β -D-glucosídeo (0,05 mol L⁻¹). A análise da atividade da arissulfatase foi conduzida com 1,0 g de solo fresco, usando p-nitrofenil-sulfato como substrato (0,05 mol L⁻¹) (TABATABAI, 1994).

Os dados foram testados quanto aos pressupostos de homogeneidade de variâncias de erro e de normalidade. Posteriormente, realizou-se a análise de variância em esquema fatorial, onde considerou-se o fator 1: Sistema de plantio e fator 2: plantas de cobertura, para isto utilizou-se o pacote ExpDes.pt do software R. Quando a ANOVA apresentou resultado significativo no teste F ($\alpha = 5\%$), as comparações das médias foram realizadas

pelo teste de Tukey $\alpha= 5 \%$). Todas as análises foram realizadas por meio do programa estatístico R®, versão 3.6.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da β -glicosidase do solo mostrou uma interação significativa entre os dois fatores avaliados ($p<0.011$, CV = 19.87 %) (Figura 1). O desdobramento da interação da cobertura dentro do nível SPD mostrou que o tratamento com maior média foi C2, seguido por C1 e CJ, respectivamente, e o tratamento com menor média foi PE. O desdobramento da interação da cobertura dentro do nível SPC mostrou que a maior média foi obtida em M e o tratamento com menor média foi PE quando comparados aos demais tratamentos. O desdobramento da interação do sistema dentro do nível C1 e C2 de cobertura, mostrou os maiores valores em SPD comparado ao SPC.

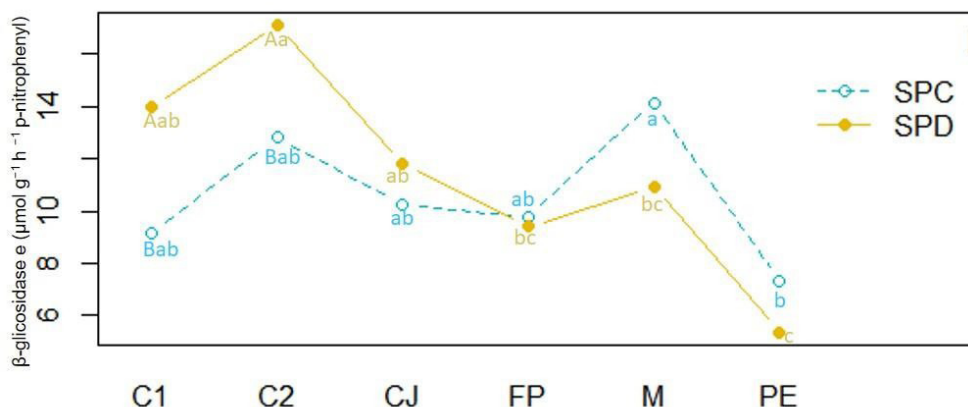


Figura 1. Atividade da β -glicosidase do solo sob diferentes sistemas de preparo do solo e plantas de cobertura. Letras minúsculas representam a diferença entre os tratamentos (plantas de cobertura) em cada sistema (SPC e SPD). As letras maiúsculas representam a comparação das plantas de coberturas entre os sistemas. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da atividade da β -glicosidase apontam para um solo biologicamente mais ativo em C2 e C1 em SPD, isto pode estar relacionado ao maior aporte de fitomassa e a qualidade (relação C:N intermediária entre gramíneas e leguminosas) dos resíduos (dados não divulgados). Um solo com maior atividade biológica tende, com o passar do tempo, a aumentar a matéria orgânica do solo, ciclagem de nutrientes, e a maior estruturação e agregação do solo, resultando em maior retenção de água (HATFIELD, 2017). Esta melhoria na qualidade do solo reverbera em aumento de produtividade, eficiência e lucro (HATFIELD, 2017). No SPC a maior atividade desta enzima em M pode estar relacionada a maior produção de fitomassa.

A análise da atividade enzimática da Arilsulfatase do solo mostrou diferença entre os sistemas, em que foram observados maiores valores em SPD quando comparado ao SPC (Figura 2). Não houve diferença significativa entre os tratamentos de plantas de cobertura. Este resultado aponta que o sistema de preparo de solo que mais favorece a um solo biologicamente mais ativo é o SPD.

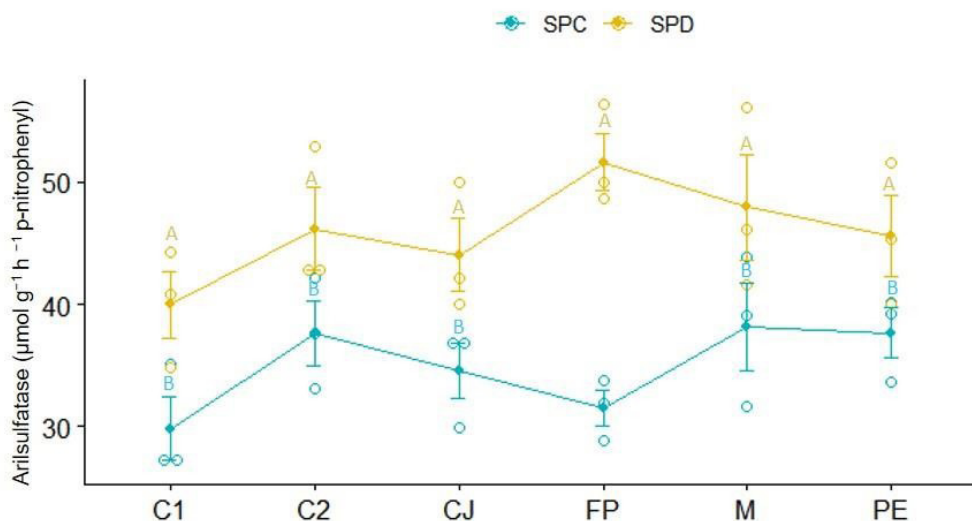


Figura 2. Atividade da Arilsulfatase do solo sob diferentes sistemas de preparo do solo e plantas de cobertura. As letras maiúsculas representam a comparação entre os sistemas. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

No SPD o melhor resultado para a β -glicosidase foi verificado em C2. No SPC o melhor resultado foi verificado em M.

Nos coquetéis C1 e C2 os melhores resultados foram verificados no SPD comparado ao SPC.

O melhor resultado para a atividade da Arilsulfatase foi verificado em SPD comparado ao SPC.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ pelo financiamento do projeto e pela bolsa de Iniciação Científica do primeiro autor (Processo número 284359).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**. Uberlândia: Federal University of Uberlandia, 1998-. ISSN 1981-3163. Disponível em: < <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684> >. Acesso em: 6 out. 2022.

HATFIELD, J.L. The water, food, energy nexus. In: HATFIELD, J.L.; SAUER, T.J.; CRUSE, R.M. **Soil: the forgotten piece of the water, food, energy nexus**. Advances in Agronomy. ScienceDirect: Ed. Elsevier, 2017, p. 1-46.

MENDES, I.C. et al. **Tecnologia BioAS: Uma maneira simples e eficiente de analisar a qualidade do solo**. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021.

MORAIS, J.L. **Arqueologia da região sudeste**. Revista USP, São Paulo, v. 0, n. 44, p. 194-217, 2000.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema Plantio Direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Ed. Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa-CPAO, 1998.

TABATABAI M.A. Soil enzymes. In: WEAVER R.W., ANGLE S., BOTTOMLEY P.,

BEZDICEK D., SMITH S., TABATABAI A., WOLLUM A. (eds) **Methods of soil analysis. Part 2: microbiological and biochemical properties**. SSSA, Madison, 1994, p. 775–833.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: Ed. Universidade Federal do RioGrande do Sul, 2016.

PRODUÇÃO ORGÂNICA DE SEMENTES DE FEIJÃO NA ENTRELINHA DA PITAYA

Data de aceite: 03/07/2023

Monara Abreu Mendes

Estudante de graduação em Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Aline da Silva Costa

Residente no projeto Inova Agroecologia de Maricá

Luiza Butruce Aleluia Pinhoda Silva

Estudante de graduação em Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Antônio de Amorim Brandão

Pesquisador vinculado ao programa de pós-graduação em Agricultura Orgânica (PPGAO)

genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris*), estabelecendo qual é o mais adaptado e produtivo dentro dessa perspectiva de cultivo, destacando a importância de uma boa semente para a produtividade. O experimento foi conduzido no Setor de Grandes Culturas, Departamento de Fitotecnia, no Instituto de Agronomia na cidade de Seropédica no Estado do Rio de Janeiro, na área em que já estava estabelecido o plantio da pitaya tutorada com *Gliricídia*. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo 7 tratamentos e 6 repetições, no total de 42 parcelas. Os tratamentos consistem em diferentes genótipos de feijão de crescimento determinado sendo eles: Vermelho, Carioca, Preto Novirex (feijão vagem), Kaboon, Bolinha, Colorado e Iraí. O espaçamento entre as linhas foi de 0,5m sendo 3 linhas em cada parcela, com 4 metros de comprimento. As parcelas foram espaçadas entre si com uma distância de 1 metro. O plantio foi realizado com a plantadeira de precisão EarthWay Model 1001- B, com o disco NO 1002- 22, utilizando de 10 a 12 sementes por metro linear. Foram realizados testes de germinação das sementes plantadas e das sementes produzidas, foi determinado o

RESUMO: A produção de sementes é de muita importância principalmente para a garantia da soberania alimentar, para espécies que a indústria não tem interesse em produzir. Em propriedades pequenas é necessário diversificar as culturas e otimizar os espaços para viabilidade de produção, uma vez que existe sazonalidade, que pode limitar o ganho em determinada época do ano. Diante desse contexto, o trabalho objetivou produzir na entrelinha da pitaya sementes orgânicas de diferentes

estande de plantas em campo, a umidade de colheita, produtividade e peso de mil sementes. Foi possível concluir que o genótipo Colorado foi a mais produtiva nesse tipo de manejo, com potencial de 1766,4 kg/ha de sementes puras. As sementes produzidas por meio desse sistema apresentaram alto vigor e capacidade de germinação, dessa forma o sistema de produção adotado é viável para a região de Seropédica- RJ sendo uma alternativa ao produtor de pitaya para agregar valor à sua produção.

PALAVRAS-CHAVE: pequenas propriedades, sazonalidade, vigor.

ORGANIC BEAN SEED PRODUCTION IN THE PITAYA INTER ROW

ABSTRACT: Seed production has great importance, especially to guarantee food sovereignty, for species that the industry has no interest producing. In small properties it is necessary to diversify the crops and optimize the spaces for production viability, since there is seasonality, which can limit the gain at a certain time of year. In this context, the work aimed to produce organic seeds of different genotypes of beans (*Phaseolus vulgaris*) between the pitaya rows, establishing which is the most adapted and productive within this cultivation perspective, highlighting the importance of a good seed for productivity. The experiment was conducted in the Grandes Culturas Sector, Fitotecnia's Department, in the Agronomy Institute in the city of Seropédica, Rio de Janeiro State, in the area where the planting of pitaya tutored with Gliricídia had already been established. The experimental design was in randomized blocks, with 7 treatments and 6 repetitions, in a total of 42 plots. The treatments consisted of different types of beans of determined growth being: Vermelho, Carioca, Preto Novirex (pod beans), Kaboon, Bolinha, Colorado and Iraí. The inter-row spacing was 0.5m, with 3 rows in each plot, 4 meters long. The plots were spaced 1 meter apart. Planting was done with an EarthWay Model 1001-B precision planter, with a NO 1002-22 disc, using 10 to 12 seeds per linear meter. Germination tests of the planted seeds and the produced seeds were performed, the plant stand in the field, harvest moisture, productivity and thousand seed weight were determined. It was possible to conclude that the Colorado genotype was the most productive in this type of management, with a potential of 1766.4 kg/ha of pure seeds. The seeds produced by this system showed high vigor and germination capacity, thus the production system adopted is viable for the region of Seropédica- RJ and is an alternative to the pitaya producer to add value to his production.

KEYWORDS: seasonality, small properties, vigor.

INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos saudáveis vem crescendo no mundo. Impulsionados por essa demanda, a produção orgânica de alimentos vem obtendo crescimento acelerado nos últimos anos. Segundo estudos realizados pelo Ipea, essa demanda tende a se ampliar ainda mais, uma vez que esses alimentos estão associados a uma maior segurança alimentar e saúde dos seus consumidores. Todavia, a produção orgânica no Brasil enfrenta muitos desafios, a concentração de terras e o monocultivo limitam a diversidade de produção agrícola e ainda há poucos investimentos e pesquisas na área (LIMA et al., 2020).

A produção orgânica de sementes de cultivares de feijão, são em sua maioria produzidas pelos próprios agricultores, sendo quase escassas pesquisas sobre o tema. Dentro dessas propriedades orgânicas, os agricultores devem otimizar seus espaços, sendo uma alternativa o cultivo em consórcio com outras culturas. As espécies nesse sistema devem ser capazes de trazer benefícios adicionais, como a conservação e melhoria no uso do solo, além de serem economicamente viáveis. (BICUDO et al., 2014). Pensando nisso, poderia-se utilizar a entrelinha da pitaya para produção de sementes.

A pitaya inicia a produção dos seus frutos no primeiro ano após realizado o plantio, propiciando rápido retorno econômico, sendo uma ótima opção nas propriedades rurais e para ser empregada em consórcios. Porém a pitaya apresenta sazonalidade na produção dos seus frutos, produzindo apenas no período que compreende os meses de dezembro a abril, sendo praticamente escassas nos demais meses do ano (CEAGESP, 2015).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho é produzir na entrelinha de cultivada pitaya, sementes orgânicas de feijão com o intuito de agregar valor à produção, consorciado a cultura da pitaya já estabelecida na área com a produção de sementes orgânicas de feijão. Definindo qual dos genótipos de feijão em estudo é o mais produtivo e com sementes de melhor qualidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2022 no Setor das Grandes Culturas, Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia da UFRRJ, Seropédica, RJ. Na área de estudo está estabelecido a cultura da pitaya no seu quarto ano de produção. O pomar tem área total de 1.155 m², sendo conduzido o experimento em uma área de 120 m² nas entre linhas de cultivo da pitaya.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, sendo 7 tratamentos e 6 repetições, totalizando 42 parcelas. Os tratamentos constituem-se de 7 genótipos diferentes de feijão, da seguinte forma: (1) Feijão vermelho, (2) Feijão carioca, (3) Feijão Preto Novirex, (4) Feijão Kaboon, (5) Feijão Bolinha, (6) Feijão Colorado e (7) Feijão Irai. O espaçamento entre as linhas de feijão foi de 0,5 m, sendo 3 linhas em cada parcela, a parcela possui 4 m de comprimento e o espaço entre parcelas é de 1m.

O plantio foi realizado no dia 28 de abril de 2022, utilizando de 10 a 12 sementes por metro linear. Foram realizadas duas adubações uma no plantio e uma em cobertura. Durante o crescimento e estabelecimentos das plantas foi realizada o controle de plantas espontâneas e insetos.

A colheita dos genótipos foi realizada com 80 dias de ciclo de forma manual. As sementes passaram pelo processo de secagem e beneficiamento na PESAGRO-RIO. Esse processo permitiu eliminação de materiais inertes, sementes invasoras, sementes danificadas, malformadas e com comprometimento sanitário. Os genótipos também tiveram

sua produtividade estimada por meio da equação: (Plantas/ hectare (mil/ha) x n° vagens por planta x n° sementes/ vagem x peso de mil sementes (g)) / 1000. Dessa forma foi possível estimar quantos kg foram produzidos de sementes por cada genótipo. Ao fim, se excluiu o percentual de impurezas, obtendo as sementes viáveis.

Para fins de avaliação da qualidade das sementes, foram realizados testes de germinação no Laboratório de Controle de Qualidade de Sementes do Departamento de Fitotecnia seguindo as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), quantificando o percentual de plântulas normais, anormais (com deficiência) e deterioradas, o grau de umidade e o peso de mil sementes também seguiram a metodologia descrita nas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Os tratamentos (genótipos) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo software estatístico Sisvar, utilizando teste de Tukey a um nível de 0,05 de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra a estimativa de produtividade dos tratamentos em sacas por hectares. O peso de mil sementes foi ajustado para uma unidade padrão de 10% para efetivação dos cálculos, esse procedimento foi realizado para estabelecer comparação entre as médias, sem superestimar os dados obtidos nas amostras. Nos resultados a seguir também foram excluídas o percentual de materiais inertes e outras sementes encontradas nos materiais

Tabela 1. Produtividade Estimada dos Genótipos cultivados na entrelinha de cultivo da pitaya.

| Genótipos | Produtividade (kg/ha) |
|------------------|------------------------------|
| Colorado | 1766,4 A |
| Iraí | 1451,4 B |
| Kaboon | 1341 C |
| Novirex | 1170,6 D |
| Carioca | 781,8 E |
| Bolinha | 564,6 F |

As variáveis seguidas por uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de significância de 0,05. O coeficiente de variação é CV (%) = 0,53 e erro padrão igual a 0,598.

O Genótipo Colorado obteve maior produtividade média, cerca de 1766,4 kg/ ha de sementes viáveis. Estudos desenvolvidos por Araújo (2008) com feijoeiro em manejo orgânico obteve média de 3.655 kg/ha, esse resultado foi possível devido a temperatura média em torno de 20-21°C, favorecendo o desenvolvimento vegetativo. Além do genótipo, a produtividade é dependente das condições ambientais e do manejo empregado (DIDON et al., 2005). As condições climáticas do presente experimento podem ter influenciado nessa variável.

Por fim, para determinação de vigor e percentual de germinação das sementes (Tabela 2), os genótipos foram submetidos a testes de germinação e vigor de acordo com RAS (2009).

Tabela 2. Resultados do teste de vigor (Primeira contagem do teste de germinação).

| Tratamento | 1ª Contagem (%) |
|------------|-----------------|
| Novirex | 88 A |
| Kaboon | 87 A |
| Iraí | 86 A |
| Bolinha | 85 A |
| Carioca | 84 A |
| Colorado | 82 A |

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si. (CV (%) = 4,22, erro padrão = 2,88) pelo teste de Tukey a um grau de significância de 0,05.

As sementes produzidas nesse sistema apresentaram vigor superiores a 80%, não diferenciando estatisticamente entre si, o que poderá proporcionar a produção de plântulas com maior tamanho, proferindo assim uma vantagem inicial no aproveitamento de luz, água e nutrientes. Plantas que emergem mais cedo, iniciam o processo de fotossíntese mais rápido, favorecendo melhor desenvolvimento de parte aérea e do sistema radicular (KOLCHINSKI et al. 2005).

Com objetivo de garantir a qualidade das sementes produzidas se realizou o Teste Padrão de Germinação (RAS, 2009) apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Valores percentuais de plântulas normais, plântulas anormais e sementes deterioradas dos tratamentos determinados em teste de germinação de acordo com as Regras de Análises para Sementes (2009).

| Tratamentos | Plântulas Normais (%) | Plântulas anormais (%) | Sementes deterioradas (%) |
|-------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| Kaboon | 99% A | 1% A | 0 |
| Colorado | 97% A | 3% A | 0 |
| Iraí | 96% A | 4% A | 0 |
| Bolinha | 95% A | 5% A | 0 |
| Carioca | 95% A | 5% A | 0 |
| Novirex | 92% A | 8% A | 0 |

Os tratamentos seguidos por uma mesma letra não diferem entre si, o coeficiente de variação CV(%) = 2,23 e o erro padrão é de 1,5. As médias foram submetidas a análise de variância pelo teste de Tukey em um nível de significância de 0,05.

As sementes possuem germinação superior a 90%, o que demonstra bons valores de germinação dos lotes. Não houve ocorrência de sementes deterioradas nos lotes o

que confirma o alto vigor. Neste contexto, atendem a normativa nº 45 de 17 de setembro de 2013 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013) que dispõe sobre os padrões para a produção e comercialização das sementes de feijão, no qual uma semente deve apresentar teor mínimo de germinação de 70%.

Dessa forma, as sementes produzidas serão capazes de emergir rapidamente e uniformemente com desenvolvimentos de plântulas normais sob ampla diversidade de condições de ambiente, segundo o conceito de vigor definido pela Association of Official Seed Analysts (AOSA).

CONCLUSÕES

A variedade Colorado foi a mais produtiva produzindo 1766,4 kg por hectare de sementes viáveis. As sementes produzidas por meio desse sistema possuem alto vigor e valores percentuais acima de 90% de germinação. Dessa forma o sistema de produção adotado é viável para a região de Seropédica- RJ sendo uma alternativa ao produtor de pitaya.

AGRADECIMENTOS

Agradeço o projeto Inova Agroecologia de Maricá e a Vivência Acadêmica do Setor de Grandes Culturas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, J. C. **Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para sistema orgânico de produção**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)

- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras Para Análise De Sementes** / Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, 399p., 2009.

BICUDO, A. et al. **PRODUÇÃO DE SEMENTES ORGÂNICAS DE MILHO E FEIJÃO** 2014. Disponível em: <http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/eYpYRTTdPK01_Scw_2014-4-16-16-17-7.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2022.

DIDONET, A.D. Ecofisiologia e rendimento potencial do feijoeiro. In: DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. (Eds.). **Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro comum. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, 2005. p. 9-37.

KOLCHINSKI, S. et al. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

Instrução Normativa Mapa nº 45, de 17 de setembro de 2013, sobre padrões para a produção e comercialização de sementes de. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

MCDONALD, M.B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceedings of The Association Of Official Analysts**. 65:109-139,1975.

Seção de Economia e Desenvolvimento da CEAGESP. **SAZONALIDADE DOS PRODUTOS COMERCIALIZADOS NO ETSP**, São Paulo. Disponível em: https://ceagesp.gov.br/wpcontent/uploads/2015/05/produtos_epoca.pdf. Acesso em: 10 jun. 2022.

LIMA, S.K. et al. **PRODUÇÃO E CONSUMO DE PRODUTOS ORGÂNICOS NO MUNDO E NO BRASIL**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, 2020.

ESTUDO DA TOXIDEZ E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DA PLANTA PANC *Xanthosoma Sagittifolium* L. Schott EM CÉLULAS DE *Saccharomyces cerevisiae*

Data de aceite: 03/07/2023

Nathalia Soares Camargo

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Química (UFRRJ)

Aline Teixeira Ferreira Furtado

Estudante de graduação em Engenharia Química (UFRRJ)

Neide Mara de Menezes Epifânio

Doutora do Programa de Pós-graduação em Química (UFRRJ)

Douglas Siqueira de Almeida Chaves

Professor do Departamento de Ciências Farmacêuticas (UFRRJ)

Cristiano Jorge Riger

Professor do Departamento de Bioquímica (UFRRJ)

RESUMO: Plantas PANC é o termo dado às plantas que não estão incluídas na alimentação cotidiana da população. Um exemplo é a *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott (taioba), onde estudos apontam a presença de propriedades antiinflamatórias, antidiabéticas e antioxidantes. *Este estudo avaliou a influência do extrato de taioba em duas cepas de Saccharomyces cerevisiae*

(BY4741 e *Dyap1*) sob estresse oxidativo. Preparou-se por decocção o extrato aquoso das folhas de taioba. Por HPLC/DAD foi traçado o perfil químico. Na avaliação da toxicidade as células de *Saccharomyces cerevisiae* foram tratadas com o extrato (0,6 mg. mL⁻¹) e verificada a viabilidade celular em meio YPD 2%. A análise antioxidante dos extratos foi realizada nas mesmas condições, com posterior incubação com peróxido de hidrogênio (1,0 mM). Avaliou-se a atividade antioxidante por viabilidade celular em meio fermentativo (YPD 2%) e em meio respiratório (glicerol 4%) verificando danos ou não na ativação da mitocôndria. Resultados foram comparados com controles negativos (não estressados) e positivos (estressados com H₂O₂). O perfil fenólico do extrato revelou a presença de flavonoides. O extrato na concentração avaliada não se mostrou tóxico às cepas. A atividade antioxidante demonstrou proteção frente a exposição ao H₂O₂. O extrato também não apresentou dano mitocondrial. O estudo sugeriu que o extrato não foi tóxico e apresentou propriedades antioxidantes, que podem ter a influência dos flavonoides presentes no mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: estresse oxidativo, flavonoides, mitocôndria.

STUDY OF THE TOXICITY AND ANTIOXIDANT POTENTIAL OF PLANT PANC *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott EXTRACT IN *Saccharomyces cerevisiae* CELLS

ABSTRACT: PANC plants is the term given to plants that are not included in the daily diet of the population. An example is *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott (taioba), where studies point to the presence of anti-inflammatory, anti-diabetic and antioxidant properties. This study evaluated the influence of taioba extract on two strains of *Saccharomyces cerevisiae* (BY4741 and *Dyap1*) under oxidative stress. The aqueous extract of taioba leaves was prepared by decoction. By HPLC/DAD the chemical profile was traced. In assessing the toxicity of *Saccharomyces cerevisiae* cells were treated with the extract (0.6 mg. mL⁻¹) and cell viability was verified in YPD 2% medium. Antioxidant analysis of extracts was performed under the same conditions, with subsequent incubation with hydrogen peroxide (1.0 mM). Antioxidant activity was analyzed by cell viability in fermentative medium (YPD 2%) and in control medium (glycerol 4%) verifying damage or not in mitochondrial activation. Results were compared with negative (non-stressed) and positive (H₂O₂- stressed) controls. The phenolic profile of the extract revealed the presence of flavonoids. The extract in the concentration evaluation was not toxic to the strains. Antioxidant activity demonstrated protection against exposure to H₂O₂. The extract also showed no mitochondrial damage. The study suggested that the extract was non-toxic and presented antioxidant properties, which may be influenced by the flavonoids present in it.

KEYWORDS: oxidative stress, flavonoids, mitochondria.

INTRODUÇÃO

É de conhecimento amplo que plantas produzem uma série de compostos químicos variando de moléculas simples a outras extremamente complexas (GODÓI et al., 2011) e estas substâncias produzidas pelas diferentes partes de uma planta, entre outras atividades, servem como mecanismo de proteção contra pragas e patógenos; possuindo ação antiviral, antibacteriana e antifúngica (SANTOS et al., 2018) direcionando assim muitas pesquisas científicas a comprovarem suas atividades farmacológicas, curativas e toxicológicas (RIFFEL et al., 2015).

Nossa alimentação é baseada em uma pequena quantidade de plantas que são aptas para o consumo. Quando consumo de uma planta da classe não convencional à alimentação comum é feito (geralmente por parte da população marginal, principalmente em regiões mais distantes dos grandes centros urbanos), no Brasil se recebe a denominação de PANC (Plantas Alimentícias Não- Convencionais), compreendendo em torno de 5.000 espécies entre hortaliças, verduras, tuberosas, floríferas e frutas.

Um exemplo é a taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) que apresenta alguns estudos apontando propriedades fisiológicas (JACKIX et al., 2013) e antioxidantes (ARRUDA et al., 2004). Essas propriedades podem auxiliar o organismo de diversas formas: mantendo a homeostase redox celular, diminuindo a concentração de espécies reativas de oxigênio

(ROS) e conseqüentemente os efeitos causados pelo estresse oxidativo. Portanto, com base nestas informações foi selecionada a *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott (taioba) nativa do Brasil pertencente à família das aráceas como foco desse estudo. Tendo como objetivo a avaliação do potencial antioxidante do extrato de *Xanthosoma sagittifolium* em duas cepas de *Saccharomyces cerevisiae* (BY4741 e $\Delta yap1$) sob estresse oxidativo.

MATERIAL E MÉTODOS

O extrato aquoso das folhas da planta foi preparado por decocção por 20 minutos, a 80°C. O produto foi filtrado, congelado e seco por liofilização. As células foram cultivadas em meio líquido YPD 2% por aproximadamente 22 horas. As cepas utilizadas foram BY4741 (controle) e $\Delta yap1$. A cepa $\Delta yap1$ é deficiente no fator de transcrição Yap1 associado à regulação de genes intracelulares de proteção redox. Em seguida, um volume correspondente à massa de células utilizadas em cada ensaio foi incubado em solução de PBS por 2 horas em 3 situações:

A: Células.

B: Células + peróxido de hidrogênio (1 mM).

C: Células + Extrato de Taioba (0,6 mg.mL⁻¹).

Ensaio de Resazurina: As células foram colocadas em contato com extrato em diferentes concentrações em uma placa de 96 poços. Após 24 horas, foi adicionado o reagente resazurina, onde a cor rosa indicava atividade metabólica e a cor azul indicava sua ausência.

Ensaio de Toxidez: Após a etapa inicial de tratamento, um volume equivalente a 40 μ g de células foi coletado, diluído e semeado em YPD 2% e YPGLY 2%. As placas foram deixadas a 28°C e as colônias contadas após 48 horas. Os ensaios foram feitos em triplicata.

Ensaio de Atividade Antioxidante: Após a etapa inicial de tratamento, as células foram lavadas duas vezes com água destilada, ressuspensas com solução de PBS e adicionado H₂O₂ (1 mM) por 1 hora. um volume equivalente a 40 μ g de células foram coletadas, diluídas e plaqueadas em meio YPD 2% e YPGLY 2%. As placas foram deixadas a 28°C e as colônias contadas após 48 horas.

Os ensaios foram feitos em triplicado. **Ensaio do Perfil Químico:** Feito em HPLC. O extrato foi injetado a uma taxa de fluxo de 1 mL/minuto. Solvente A: água em ácido fórmico (0,01%), solvente B: metanol. Coluna: C18. Detector: UV 254 e 350 nm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste de Resazurina, nenhuma das concentrações avaliadas se mostrou tóxica para as células, como observado na figura 1, pois a coloração obtida nos poços da linha A, foram rosa, indicando atividade metabólica. O mesmo se observa no primeiro poço da linha B (controle negativo- apenas meio de cultura, células e o reagente resazurina). Já no segundo poço da linha B (controle positivo- meio de cultura, células, agente estresse H_2O_2 e o reagente resazurina) a coloração azul está presente, indicando ausência de atividade metabólica. O reagente resazurina é um indicador redox. Quando há atividade metabólica celular, a resazurina é reduzida a resorufina, apresentando a coloração rosa. Quando a coloração encontrada é azul, indica falta de metabolismo celular.



Figura 1. Teste de toxicidade com resazurina usando cepas BY4741. Diferentes concentrações de extrato de 41,67 mg.mL⁻¹ a 0,020 mg.mL⁻¹. (A) poços expostos ao extrato em diferentes concentrações. (B) poços controle.

O extrato na concentração avaliada não foi tóxico para as cepas BY4741 e $\Delta yap1$, apresentando resultado estatisticamente semelhante ao controle, como observado na figura 2, tanto no meio fermentativo quanto no respiratório, indicando que não houve dano mitocondrial.

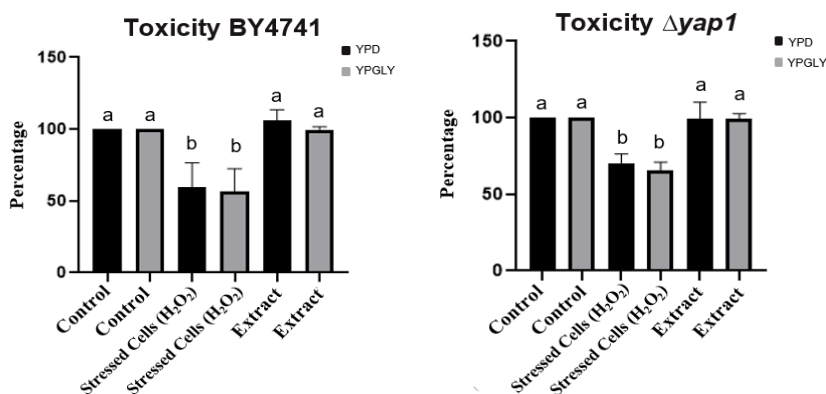


Figura 2. Avaliação da toxicidade nas cepas BY4741 e $\Delta yap1$. As células foram submetidas a tratamentos por 2 horas com substâncias a 0,6 mg.mL⁻¹.

A atividade antioxidante também foi avaliada nestes mesmos meios de cultura e apresentou resultados promissores, onde as células tratadas com o extrato apresentaram comportamento estatisticamente semelhante ao controle para as 2 cepas nos 2 meios de cultivo avaliados, como podemos observar na figura 3, indicando que não houve dano mitocondrial.

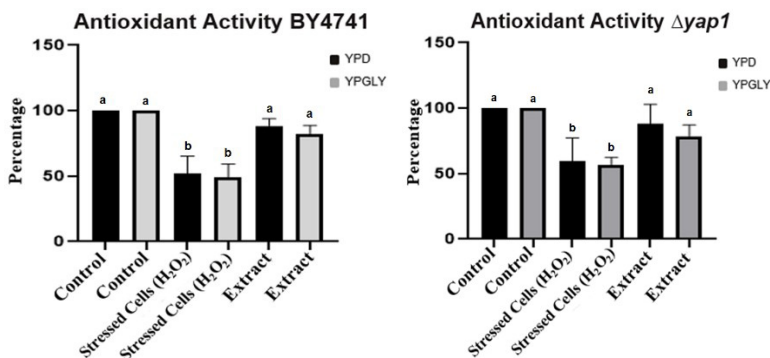


Figura 3. Avaliação da toxicidade nas cepas BY4741 e $\Delta yap1$. As células foram submetidas a tratamentos por 2 horas com substâncias a 0,6 mg.mL⁻¹, seguidas de incubação com peróxido de hidrogênio (1,0 mM) por 1 hora.

O perfil químico obtido pelo cromatograma indica que os picos 1 a 5 são derivados fenólicos e correspondem a 43,4% do extrato. Os picos 8 e 9 são derivados cinâmicos, correspondendo a 2,26% do extrato. Os picos 6,7,10,11,12, 14 a 17 são flavonoides, correspondendo a 47,95% do extrato. Os picos 18 a 22 são flavonoides sem açúcar, correspondendo a 5,87% do extrato.

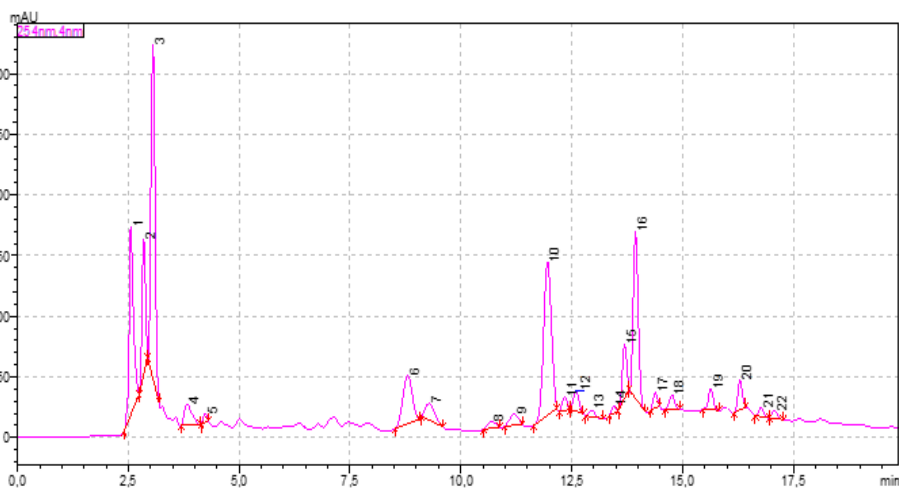


Figura 4. Cromatograma do Extrato de Taioba.

CONCLUSÕES

Este estudo sugeriu que o extrato aquoso de taioba avaliado não foi tóxico as células de levedura usadas como modelo biológico e apresentou propriedades antioxidantes, fornecendo uma proteção as cepas na presença do estressor. Esta atividade do extrato pode ser por influência dos flavonoides presentes no mesmo.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARRUDA, S.F. et al. Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) and Purslane (*Portulaca oleracea*) leaves reduce oxidative stress in vitamin A-Deficient rats. **Annals of Nutrition and Metabolism**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 288-295, 2004.

GODÓI, A.A. et al. Avaliação da atividade antioxidante, antibacteriana e citotóxica de *U. aurantiaca*. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 92, n. 3, p. 198-202, 2011.

JACKIX, E.A. et al. Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) Leaves: Nutrient Composition and physiological effects on healthy rats. **Journal of Food Science**, Rio de Janeiro, v.78, n. 12, p. 1929-1934, 2013.

RIFFEL, A. **Os voláteis de plantas e o seu potencial para a agricultura**. Aracaju: Embrapa, 2015.

SANTOS, P.F.P. et al. Polyphenol and triterpenoid constituents of *Eugenia florida* Dc. (myrtaceae) leaves and their antioxidant and cytotoxic potential. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 10, p. 1140-1149, 2018.

ESPECTROSCOPIA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DO CARBONO 13 APLICADA A AMOSTRAS DE ÁCIDOS FÚLVICOS EXTRAÍDAS DE DIFERENTES FONTES

Data de aceite: 03/07/2023

Octávio Vioratti Telles de Moura

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-CS (UFRRJ)

Tadeu A. Van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-CS (UFRRJ)

Raphaella Esterque Cantarino

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Samuel de Abreu Lopes

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Andrés Calderín García

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

Ricardo Luiz Louro Berbara

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi extrair, purificar e caracterizar estruturalmente mediante ressonância magnética nuclear (RMN) amostras de ácidos fúlvicos (AF) obtidas de duas fontes: vermicomposto e lodo de esgoto. O processo de extração e purificação foi realizado de acordo com a metodologia recomendada pela Sociedade Internacional

de Substâncias Húmicas (IHSS, sigla em inglês) (SWIFT, 1996), sendo as amostras de AF enviadas para análise espectroscópica de RMN no Instituto de Química (IQ) da UFRRJ. Nos espectros de AF de ambas as fontes, percebeu-se a predominância de picos nas seguintes regiões: 0-45 ppm, indicando estruturas de carbonos alquílicos não funcionalizados ($C_{Alquil}-H$, R); 45-60 ppm, relativos a C-metoxilas e N-alquil-C ($C_{Alquil}-O$, N); 60-90 ppm, que indicam a presença de compostos de carbono alquílico funcionalizado (O-alquil C), sendo que todos esses picos foram mais proeminentes no espectro de ácido fúlvico de vermicomposto (AFVC). Por outro lado, os picos na região 160-185 ppm, indicando estruturas de carboxila C ($C_{COO}-H$, R), foram mais relevantes no espectro de ácido fúlvico de lodo de esgoto (AF-Lodo). Pelos resultados, pode-se inferir que as duas fontes analisadas obtiveram picos relativos a grupos de carbono semelhantes, porém em intensidades diferentes, evidenciando que cada um desses materiais pode gerar um efeito distinto quando aplicado em alguma cultura vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: substâncias húmicas; vermicomposto; lodo de esgoto; caracterização estrutural.

CARBON 13 NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE SPECTROSCOPY APPLIED TO SAMPLES OF FULVIC ACIDS EXTRACTED FROM DIFFERENT SOURCES

ABSTRACT: The aim of the present work was to extract, purify and structurally characterize by nuclear magnetic resonance (NMR) samples of fulvic acids (FA) obtained from two sources: vermicompost and sewage sludge. The extraction and purification process was carried out according to the methodology recommended by the International of Humic Substances Society (IHSS) (Swift, 1996), with the FA samples sent for NMR spectroscopic analysis at the Institute of Chemistry from UFRRJ. In the FA spectra from both sources, the predominance of peaks in the following regions can be seen: 0-45 ppm, indicating structures of non-functionalized alkyl carbons ($C_{Alquil}-H$, R); 45-60 ppm, relative to C-methoxyls and N-alkyl-C($C_{Alquil}-O$, N); 60-90 ppm, which indicate the presence of functionalized alkyl carbon compounds (O-alkyl C), all of which peaks were more prominent in the fulvic acid vermicompost (FAVC) spectrum. On the other hand, peaks in the region 160-185 ppm, indicating C carboxyl structures ($C_{COO}-H$, R), were more relevant in the sewage sludge fulvic acid spectrum (FA-Sludge). From the results, it can be inferred that the two sources analyzed obtained peaks related to similar carbon groups, but at different intensities, showing that each of these materials can generate a different effect when applied to any plant culture.

KEYWORDS: humic substances; vermicompost; sewage sludge; structural characterization.

INTRODUÇÃO

As substâncias húmicas (SH) são materiais presentes na maioria dos ambientes naturais, sendo principalmente originadas a partir de resíduos animais, vegetais, microbianos, bem como de produtos de sua decomposição (FU et al., 2022). Estima-se que cerca de 80% da matéria orgânica do solo (MOS) seja constituída pelas SH, muito embora elas se encontrem também em rios, lagos, sedimentos, dentre outras fontes (AMADOR et al., 2018). Estas substâncias podem ser classificadas nas seguintes frações: ácidos húmicos (AH), solúveis em meio alcalino e insolúveis em meio ácido; ácidos fúlvicos (AF), solúveis em qualquer condição de pH; e humina (HUM), insolúvel independentemente do pH (REDDY et al., 2012).

Um ponto fundamental, destacado em inúmeros trabalhos, é a ação bioestimulante das SH no crescimento e desenvolvimento vegetal (NARDI et al., 2002; TREVISAN et al., 2010; ZAHID et al., 2021). As frações de SH podem atuar promovendo o alongamento radicular, a emissão de raízes laterais, além de incrementar a absorção de nutrientes como nitrogênio, fósforo, enxofre e ferro (CASTRO et al., 2021). Esta bioatividade dos materiais húmicos está intimamente relacionada à sua estrutura. Segundo García et al. (2019), as características estruturais das SH definem os tipos de efeitos exercidos por estas no crescimento radicular. Nesse sentido, a técnica de espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) do carbono 13 é uma das mais amplamente utilizadas visando uma maior elucidação estrutural das SH e de suas frações, possibilitando também a quantificação relativa dessas estruturas.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi extrair, purificar e caracterizar estruturalmente mediante RMN amostras de AF obtidas de duas fontes: vermicomposto e lodo de esgoto. As informações estruturais das amostras são úteis para um entendimento mais aprofundado de seus possíveis efeitos no crescimento e desenvolvimento vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

As duas fontes utilizadas para a obtenção de AF foram: vermicomposto, obtido junto à Fazenda Agroecológica do Km 47; e lodo de esgoto, coletado em área do Instituto de Florestas (IF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ambos no município de Seropédica, RJ.

O processo de extração e purificação foi realizado de acordo com a metodologia recomendada pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS, sigla em inglês) (SWIFT, 1996). Para a obtenção das frações húmicas a partir das fontes utilizadas, uma dissolução de KOH 0,1 mol L⁻¹ foi adicionada à uma massa do material em proporções de 10:1 (v:m) sob atmosfera de N₂, ficando em agitação por 24 horas. Em seguida, o material foi centrifugado a 10.000 g durante 30 minutos e o sobrenadante, contendo as frações húmicas correspondentes aos ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, foi recolhido. Posteriormente, ocorreu a acidificação do extrato (AH + AF) recolhido na etapa anterior, adicionando-se uma dissolução de HCl 6 mol. L⁻¹ até pH 1,5, com o intuito de precipitar o AH (figura 1). Após 16 horas, o material foi centrifugado a 5.000 g por 10 minutos e o sobrenadante foi sifonado, sendo repetido este processo três vezes. Com o intuito de remover os sólidos solúveis em suspensão, os AH foram redissolvidos em uma dissolução de KOH (0,1 mol. L⁻¹) e foi adicionado KCl até atingir-se uma concentração de 0,3 mol. L⁻¹ de K⁺. Em seguida, o material foi centrifugado a 4.000 g durante 15 minutos.

Posteriormente, foi efetuada a purificação, passando o líquido contendo AF por uma coluna de vidro preenchida com a resina XAD-8 e tufo de algodão nas partes de cima e de baixo. O AF permaneceu então retido na resina enquanto as impurezas foram eliminadas por meio de uma torneira na parte inferior da coluna. Quando todo o material foi passado pela resina, adicionou-se solução de NaOH 0,1 M para desprender da resina o AF purificado e este pode então ser coletado. Após esta etapa, o AF foi transferido para um recipiente preenchido com a resina trocadora amberlite por quinze minutos, com o intuito de eliminar os íons de sódio (Na) oriundos da passagem de NaOH 0,1 M pela coluna. A seguir, foi ajustado o pH dos AF para a neutralidade e estes foram transferidos para tubos Falcon de 50 mL e congelados em freezer a -80 °C e posteriormente liofilizados

Após a liofilização, as amostras de AF foram enviadas para análise espectroscópica no Instituto de Química (IQ) da UFRRJ, com o intuito de conhecer-se os principais grupamentos funcionais e propriedades dessas amostras de frações húmicas. Foi utilizada a técnica de ressonância magnética nuclear em estado sólido do isótopo do ¹³C em

polarização cruzada e rotação no ângulo mágico (CP MAS ^{13}C - NMR). Para isto, foram aplicadas as técnicas adicionais consistentes em polarização cruzada (CP) e rotação no ângulo mágico (MAS). A análise de CP MAS ^{13}C -NMR foi realizada em um aparelho Bruker AVANCE II RMN a 400 MHz, equipado com probe de 4 mm Narrow MAS e operando em sequência de ressonância de ^{13}C a 100.163 MHz. Para a obtenção dos espectros, massas iguais das amostras dos AH foram colocadas em um rotor (porta-amostra) de Dióxido de zircônio (ZrO_2) com tampas de Kel-F sendo a frequência de giro de 8 ± 1 kHz. Os espectros foram obtidos pela coleta de 3000 data points para o mesmo número de scans a um tempo de aquisição de 34 ms e com recycle delay de 5s. O tempo de contato para a sequência em rampa de 1H ramp é de 2 ms. A coleta e a elaboração espectral foram realizadas utilizando o Software Bruker Topspin 2.1. Os decaimentos livres de indução (DLI) foram transformados aplicando um zero filling igual a 4 k e posteriormente um ajuste por função exponencial (line broadening) de 70 Hz.

O trabalho espectral foi realizado utilizando o Software ACD/Labs v.12.01 (Freeware Academic Edition). Os espectros foram inicialmente submetidos a correção da linha base, tomando como referência o zero e início (0 ppm) e final (230 ppm) utilizando a ferramenta “set point”. O algoritmo “smoothing” foi utilizado em todos os espectros com o objetivo de reduzir o ruído e aumentar a relação sinal ruído. Para tanto, o “smoothing” foi usado em polinomial de 5to grau tomando como referência o espectro de menor relação sinal ruído. Então, os espectros foram salvos em formato ACD spectrum (*.esp) e em JCAMP (*.jdx; *.dx).

Os espectros trabalhados e salvos como “*.esp” foram então divididos por regiões, sendo estas regiões assinaladas em função do tipo do carbono característico e de seu deslocamento químico (ppm), utilizando a ferramenta “PeakPicking”. As regiões foram então integradas para a obtenção da quantidade relativa de estruturas em função da área total do espectro, utilizando a ferramenta “integration manual”. As regiões integradas foram as seguintes: Carbonos alquílicos não funcionalizados ($\text{C}_{\text{Alquílic}}$ -H, R): 0–45 ppm; C-metoxilas e N–alquílic-C ($\text{C}_{\text{Alquílic}}$ -O, N): 45–60 ppm; O–alquílic C ($\text{C}_{\text{Alquílic}}$ -O): 60–90 ppm; di–O–alquílic C (carbono anoméricos) ($\text{C}_{\text{Alquílic}}$ -di-O): 90–110 ppm; carbono aromático ($\text{C}_{\text{Aromático}}$ -H, R): 110–140 ppm; O, N– aromático C ($\text{C}_{\text{Aromático}}$ -O, N): 140–160 ppm; carboxila C (C_{COO} -H, R): 160–185 ppm e carbonilas C (CC=O): 185–230 ppm. O índice de aromaticidade é calculado segundo a fórmula: $(\text{C}_{\text{Aromático}}\text{-H, R}) + (\text{C}_{\text{Aromático}}\text{-O, N}) * 100 / \text{área total}$ e o índice de alifaticidade é calculado como: $100 - \text{aromaticidade (\%)}$. O índice de hidrofobicidade (HB/HI) é calculado como segue: $(0 \text{ ppm}-46 \text{ ppm}) + (110 \text{ ppm}-156 \text{ ppm}) / (46 \text{ ppm}-110 \text{ ppm}) + (156 \text{ ppm}-186 \text{ ppm})$ (SONG et al., 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 são apresentados os espectros de RMN relativos às amostras de ácidos fúlvicos extraídos de vermicomposto e de lodo de esgoto. Percebe-se em ambos os espectros a predominância de picos nas seguintes regiões: 0-45 ppm, indicando estruturas de carbonos alquílicos não funcionalizados ($C_{Alquil-H, R}$); 45-60 ppm, relativos a C-metoxilas e N-alquil-C ($C_{Alquil-O, N}$); 60-90 ppm, que indicam a presença de compostos de carbono alquílico funcionalizado (O-alquil C), sendo que todos esses picos foram mais proeminentes no espectro de ácido fúlvico de vermicomposto (AFVC), cor azul clara. Por outro lado, os picos na região 160-185 ppm, indicando estruturas de carboxila C ($C_{COO-H, R}$), foram mais relevantes no espectro de ácido fúlvico de lodo de esgoto (AF-Lodo), cor azul escura.

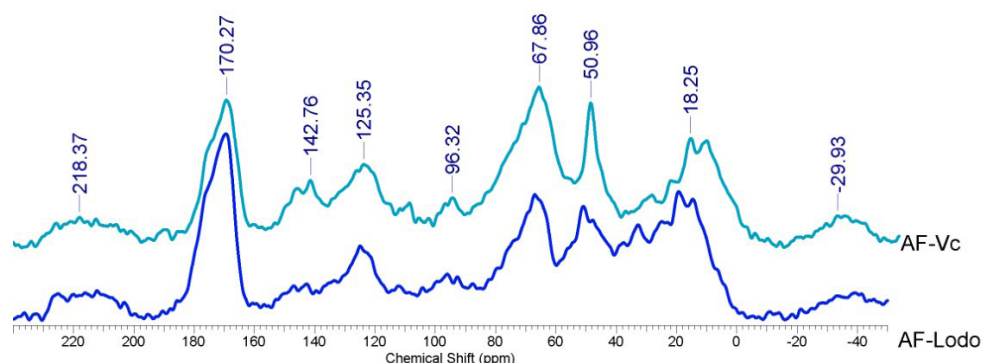


Figura 1. Espectros de RMN C13 de ácidos fúlvicos de vermicomposto (AF-VC) e lodo de esgoto (AF-Lodo).

A partir destes resultados, pode-se verificar diferenças e semelhanças entre os espectros de ácidos fúlvicos (AF) extraídos de vermicomposto e de lodo de esgoto, com um destaque para estruturas de carbono mais alifáticas. Tal fato pode se explicar em razão dos AF serem a fração mais lábil das SH.

CONCLUSÕES

Apesar de possuírem estruturas de carbono na fração AF semelhantes, as duas fontes analisadas obtiveram picos relativos a estes grupos de carbono de intensidades diferentes, o que evidencia que cada um desses materiais pode gerar um efeito distinto quando aplicado em alguma cultura vegetal. Tais efeitos podem ser avaliados em futuros trabalhos, mediante aplicação foliar de solução de AF em diferentes espécies de plantas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMADOR, H.V.; IZQUIERDO, F.G.; PADRÓN, V.V. Las sustancias húmicas como bioestimulantes bajo condiciones de estrés ambiental. **Cultivos Tropicales**, v. 39, n. 4, p. 102-109, 2018.

- CASTRO, T.A.V.T. et al. Humic acids induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, p. 171-184, 2021.
- FU, B. et al. The influence of humic substance on environmental behavior of antibiotic resistance genes: A mini-review. **Journal of Hazardous Materials Advance**, 2022.
- GARCÍA, A.C. et al. Revisão sobre a relação estrutura-função das substâncias húmicas e sua regulação do metabolismo oxidativo em plantas. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, p. 754-770, 2019.
- REDDY, S. et al. Soil humic and fulvic acid fractions under different land use systems. **Madras Agricultural Journal**, v. 99, n. 7-9, p. 507-510, 2018.
- NARDI, S. et al. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biol. Biochem.**, v. 34, p. 1527-1536, 2002.
- SONG, Y. et al. Homogeneous quaternization of cellulose in NaOH/Urea aqueous solutions as gene carriers. **Biomacromolecules**, v. 9, p. 2259-2264, 2008.
- SWIFT, R.S. In. *Methods of soil analysis: chemical methods*; Sparks, D. L., ed.; SSSA: Madison, 1996.
- TREVISAN, S. et al. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, n. 6, p. 635-643, 2010.
- ZAHID, A. et al. Plant growth regulators modulate the growth, physiology, and flower quality in rose (*Rosa hybrida*). **Journal of King Saud University, Science** 33, 2021.

PRODUÇÃO DE FITOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PLANTIO EM CULTIVO ORGÂNICO

Data de aceite: 03/07/2023

Raphael Fontes Machado Ferreira

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Thassiany de Castro Alves

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (UFRRJ)

Jhulia Kathelen Carvalho de Oliveira dos Santos

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Eduardo Albano Gomes de Abreu

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Priscila Silva Matos

Pós-doutoranda em Agronomia (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

100% das sementes recomendadas para cultivos solteiros; Coquetel 2 – C2: mistura M, CJ e FP utilizando 50% das sementes recomendadas para cultivos solteiros) sob sistema de plantio direto (SPD) e sistema de plantio convencional (SPC). As plantas foram cultivadas em 36 parcelas e dois sistemas de plantio, sendo 18 em SPD e 18 em SPC, entre os dois tipos de cultivo as plantas de cobertura foram cultivadas sozinhas e misturadas em dois coquetéis; coquetel 1 com 100 % da quantidade de semente recomendada e 2 com metade da indicação. Ao chegarem no começo da floração as plantas de coberturas foram cortadas revolvidas no solo no sistema convencional e cortadas e depositadas sobre o solo no sistema de plantio direto. Para contabilizar a produção de fitomassa foi utilizado um quadrado de 2mx2m lançado aleatoriamente em cada parcela e coletado e pesada toda matéria vegetal, incluindo as plantas espontâneas. No SPC a maior produção de fitomassa foi observada em C2 e M. No SPD a maior produção de fitomassa foi verificada em C1, FP e M. O SPC favoreceu a produção de fitomassa em C2 e M comparado ao SPD.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas conservacionistas, sustentabilidade, produtividade.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de fitomassa em seis plantas de cobertura (M: Milheto; C.J.: *Crotalaria juncea*; F.P.: Feijão de porco; P.E.: Plantas espontâneas; Coquetel 1 – C1: mistura de M, CJ e FP utilizando

PHYTOMASS PRODUCTION OF COVER CROPS UNDER DIFFERENT PLANTING SYSTEMS IN ORGANIC CULTIVATION

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the phytomass production in six cover crops (M: Pearl millet; C.J.: *Crotalaria juncea*; P.P.: Pig bean; P.E.: Weeds; Cocktail 1 – C1: mixture of M, CJ and FP using 100 % of recommended seeds for single crops; Cocktail 2 – C2: M, CJ and FP mixture using 50% of recommended seeds for single crops) under no-tillage system (NT) and conventional planting system (Tillage). The plants were cultivated in 36 plots and two planting systems, 18 in SPD and 18 in SPC; between the two types of cultivation, the cover crops were cultivated alone and mixed in two cocktails; cocktail 1 with 100% of the recommended amount of seed and 2 with half of the indication. When they arrived at the beginning of flowering, the cover crops were cut, turned over in the conventional system, and cut and deposited on the soil in the no-tillage system. To account for phytomass production, a 2mx2m square was randomly placed in each plot, and all plant matter was collected and weighed, including spontaneous plants. The cover crops with the best results for dry mass production in NT were FP, C1, and M. In SPC, the best results were verified in C2 and M. The Tillage system favored phytomass production in C2 and M compared to NT.

KEYWORDS: conservation systems, sustainability, productivity.

INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica enfrenta desafios devido a apresentar menor potencial produtivo quando comparado a agricultura convencional. As principais limitações apontadas são relacionadas a dificuldade no controle de plantas espontâneas e fornecimento adequado de nitrogênio (MASUNGA et al., 2016). O que vem sendo pesquisado é uma combinação da agricultura orgânica com sistemas conservacionistas que preconizam o uso de plantas de cobertura e redução do revolvimento do solo. Tais práticas refletem principalmente em um aumento no teor de nitrogênio total e carbono orgânico, aumentando a qualidade e fertilidade do solo (MITCHELL et al., 2017; BÜCHI et al., 2018).

Plantas de cobertura são aquelas cultivadas entre as safras de plantio de uma rotação de cultura. Em sistemas agrícolas plantas de cobertura são utilizadas com objetivo de promover a ciclagem de nutrientes, aumento dos estoques de carbono do solo, redução de plantas daninhas e proteção do solo (LEWIS et al., 2018). A produção de fitomassa pelas plantas de cobertura resulta em um maior aporte de matéria orgânica no sistema, maior biodiversidade e conseqüentemente maior qualidade do solo, o que aumenta a viabilidade do SPD (NUNES et al., 2018). Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a produção de fitomassa de plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo na produção orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

A área determinada para o estudo está localizada na propriedade orgânica Sítio do Sol filiada a Associação de Agricultores Biológicos, localizada na reta dos 800, Piranema

– Seropédica, Rio de Janeiro. O experimento foi composto por blocos casualizados com três repetições e esquema fatorial 2 x 6 com parcelas subdivididas que obteve dois tratamentos (sistema de plantio direto – SPD e preparo convencional do solo – SPC) e seis sub tratamentos que foram as plantas de cobertura cultivadas isoladas (Milheto, Crotalária juncea e Feijão de porco) e o cultivo em consorcio com dois coquetéis (100% e 50% da recomendação da semente) e por último o sub tratamento com a manutenção das plantas espontâneas na área. A área total do experimento foi estabelecida em 864 m² com parcelas dos sistemas de manejo de 144 m² (24x6) e as sub parcelas com as plantas de cobertura totalizaram uma área de 24 m² (6x4m). Foi realizado o plantio das plantas de cobertura e condução delas, posteriormente as plantas foram utilizadas como cobertura do solo e então determinou-se parâmetros de produção das mesmas (Figura 1).



Figura 1. Implantação das plantas de cobertura (PC), condução em campo e avaliação da fitomassa.

Os dados foram processados através de análise de variância em esquema fatorial, onde considerou-se o fator 1: Sistema de plantio e fator 2: plantas de cobertura, para isto utilizou-se o pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2021) do software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da fitomassa seca das plantas de cobertura mostrou que a interação entre os dois fatores avaliados foi significativa ($p < 0.001$, CV = 12.87 %) (Figura 6). O desdobramento da interação da cobertura dentro do nível SPD mostrou que os tratamentos com maiores médias foram C1, M e FP, seguidos por C2 e CJ, respectivamente, o tratamento com menor média foi PE. O desdobramento da interação da cobertura dentro do nível SPC mostrou que as maiores médias foram obtidas em M e C2, seguidos por C1, CJ e FP, respectivamente e o tratamento com menor média foi PE. O desdobramento da interação do sistema dentro do nível C2 e M de cobertura, mostrou os maiores valores em SPC do que em SPD.

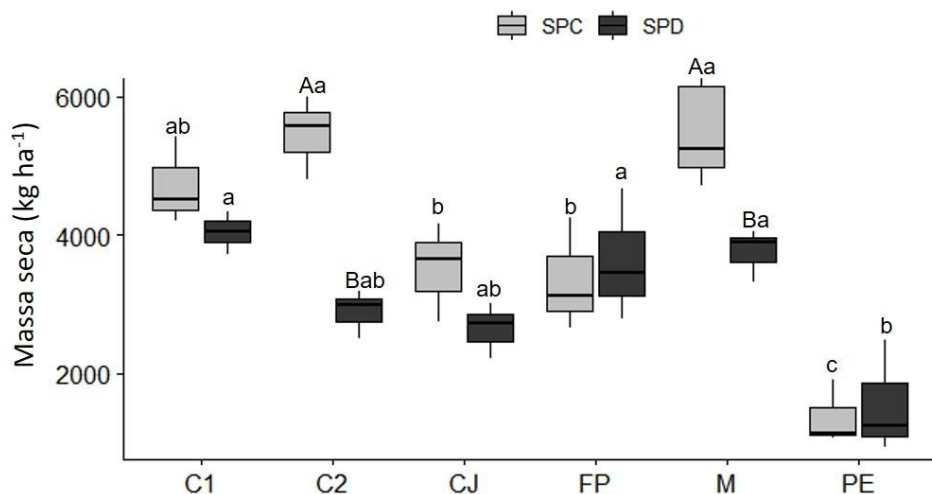


Figura 1. Fitomassa das plantas de cobertura (kg ha^{-1}) no sistema de plantio convencional (SPC) e no sistema de plantio direto (SPD). Letras minúsculas representam a diferença entre as plantas de cobertura em cada sistema. As letras maiúsculas as diferenças de cada cobertura entre os sistemas.

O melhor desempenho em termos de fitomassa seca do C1 no SPD e do C2 e M em SPC corroboram com dados prévios que apontam uma maior produção primária em ecossistemas com maior diversidade de plantas (FINNEY et al., 2016). Além disso a mistura de gramíneas e leguminosas, que visa os benefícios em conjunto de plantas que sofrem maior mineralização, e conseqüentemente fornecem nutrientes rapidamente a cultura, com as que favorecem a imobilização da M.O. e contribuem para a manutenção da fertilidade do solo. A maior produção de fitomassa no tratamento M, corrobora com dados encontrados por Scavazza et al. (2018) que obteve o maior valor de fitomassa seca para o milho em torno de 8 t ha^{-1} . O milho é uma gramínea com alta relação C.N, logo tende a permanecer mais tempo sobre o solo e por ter essa característica mais recalcitrante pode favorecer ao carbono particulado. O revolvimento no SPC aponta para um favorecimento da produtividade no tratamentos C2 e M.

CONCLUSÕES

As plantas de cobertura com melhores resultados para a produção de massa seca no SPD foram FP, C1 e M. No SPC os melhores resultados foram verificados em C2 e M. O SPC favoreceu a produção de fitomassa em C2 e M comparado ao SPD.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ pelo financiamento do projeto e pela bolsa de Iniciação Científica do primeiro autor (Processo número 269250).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MASUNGA, R.H. et al. Nitrogen mineralization dynamics of different valuable organic amendments commonly used in agriculture. **Applied Soil Ecology**, v. 101, p. 185-193, 2016.

MITCHELL, J.P. et al. Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California's San Joaquin Valley, USA. **Soil and Tillage Research**, v. 165, p. 325-335, 2017.

LEWIS, K.L. et al. Soil benefits and yield limitations of cover crop use in texas high plains cotton. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 4, p. 1616-1623, 2018.

BÜCHI, L. et al Importance of cover crops in alleviating negative effects of reduced soil tillage and promoting soil fertility in a winter wheat cropping system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 256, p. 92-104, 2018.

FINNEY, D.M.; WHITE, C.M. & KAYE, J.P. Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 1, p. 39-52, 2016.

EFEITOS DA APLICAÇÃO DO EXTRATO DE *Moringa oleifera* LAM NOTEOR DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM PLANTAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Data de aceite: 03/07/2023

Raphaella Esterque Cantarino

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Tadeu Augusto van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-graduação do Departamento de Solos
(UFRRJ)

Samuel de Abreu Lopes

Estudante de graduação em Angronomia
(UFRRJ)

Danielle França de Oliveira Torchia

Doutoranda do Programa de Pós-graduação do Departamento de Solos
(UFRRJ)

Orlandocarlos Huertas Tavares

Pós-Doutorado Nota 10/FAPERJ do
PPGA-CS (UFRRJ)

Andrés Calderín Garcia

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

deste trabalho foi analisar os teores de pigmentos fotossintéticos e a fitomassa de arroz (*Oryza sativa* L.) var. Nipponbare em resposta a seis diferentes concentrações do extrato líquido obtido por extração alcoólica de folhas de *Moringa oleifera* LAM: 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25% para aplicação foliar do extrato, que ocorreu aos 16 e 22 dias após a germinação. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva de Hoagland e Arnon e coletadas aos trinta dias após a germinação. A determinação dos teores de clorofilas *a*, *b* e de carotenoides ocorreu de acordo com Lichtenthaler (1987). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. As plantas de arroz submetidas a aplicação foliar do extrato de moringa apresentaram maior acúmulo de massa seca e aumento nos teores depigmentos fotossintéticos quando comparadas às plantas sem aplicação do extrato. Os maiores estímulos na produção de biomassa radicular foram na concentração de 10%, enquanto na bainha e na folha a dose de 15% resultou em um maior acúmulo de biomassa. Os teores de pigmentos fotossintéticos foram estimulados em maior intensidade pela aplicação na dose de 20%. Estes resultados mostram que o extrato de moringa aplicado

RESUMO: Os estudos sobre a utilização da *Moringa* têm-se intensificado, entretanto, poucos são os trabalhos que a associam como fonte de nutrientes bioestimulantes. Com isto, o objetivo

via foliar apresenta potencial para ser utilizado na produção agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: extrato vegetal, pulverização foliar, bioestimulante, bioatividade.

EFFECTS OF THE APPLICATION OF *Moringa oleifera* LAM EXTRACT ON PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS CONTENT AND ON BIOMASS PRODUCTION IN RICE PLANTS (*Oryza sativa* L.)

ABSTRACT: Studies on the use of Moringa have intensified, however, there are few studies that associate it as a source of nutrients and biostimulants. Therefore, the objective of this work was to analyze the contents of photosynthetic pigments and the phytomass of rice (*Oryza sativa* L.) var. Nipponbare in response to six different concentrations of the liquid extract obtained by alcoholic extraction of *Moringa oleifera* LAM leaves: 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% for foliar application of the extract, which occurred at 16 and 22 days after germination. The plants were cultivated in Hoagland and Arnon's nutrient solution and collected at thirty days after germination. The determination of chlorophyll a, b and carotenoid contents occurred according to Lichtenthaler (1987). The experimental design adopted was completely randomized. Rice plants subjected to foliar application of moringa extract showed greater accumulation of dry mass and increased levels of photosynthetic pigments when compared to plants without application of the extract. The greatest stimuli in the production of root biomass were in the concentration of 10%, while in the sheath and in the leaf the dose of 15% resulted in a greater accumulation of biomass. The levels of photosynthetic pigments were stimulated in greater intensity by the application at a dose of 20%. These results show that the moringa extract applied via foliar has the potential to be used in agricultural production.

KEYWORDS: plant extract, foliar spray, biostimulant, bioactivity.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a moringa foi introduzida como planta ornamental por volta de 1950 (MATOS, 2002) e desde então, tem sido amplamente cultivada devido ao seu alto valor alimentício, principalmente das folhas, ricas em caroteno, ácido ascórbico e ferro (BEZERRA et al., 2004).

Os relatos sobre estudos químicos de Moringa descrevem que plantas deste gênero são ricas em α - e γ -tocoferóis (SÁNCHEZ-MACHADO et al., 2006), glicosinolatos, nitrilas, glicosídeos (ABDULKARIM et al., 2004), quercetina, canferol (ANWAR et al., 2007), ramnosídeos, isotiocianatos e esteróides (GUEVARA et al., 1999). Chuang et al. (2007) relataram que os componentes principais do óleo essencial das folhas de *Moringa oleifera* eram: fitol (7,66%), pentacosano (17,41%) e hexacosano (11,20%).

Desoky et al. (2019) observaram que a pulverização do extrato da folha de Moringa em combinação com alguns bioestimulantes foi mais eficaz no aumento da fração de carboidratos de algumas espécies vegetais. Muitos estudos têm sido feitos nos últimos anos voltados para a utilização de moringa na alimentação humana e animal, na medicina e como agente coagulante na remoção de diversos poluentes de água (KHALAFALLA et al., 2010). No entanto, trabalhos de pesquisa voltados para a utilização da moringa como

fonte de nutrientes e bioestimulante na agricultura ainda são escassos e vêm despertando o interesse de pesquisadores.

A produção de matéria seca das culturas é limitada pelos pigmentos fotossintéticos, um indicador de produtividade que pode ser limitante ao crescimento e desenvolvimento das plantas. O objetivo do estudo foi analisar os teores de pigmentos fotossintéticos e a fitomassa de arroz (*Oryza sativa* L.) var. Nippombare em resposta a seis diferentes concentrações do extrato líquido obtido por extração alcoólica (etanol 70%) de folhas de *Moringa oleifera* LAM: 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizada em Seropédica, RJ. As atividades ocorreram no Laboratório de Química Biológica do Solo. A espécie utilizada no estudo foi o arroz (*Oryza sativa* L.) da variedade Nipponbare. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação climatizada nas seguintes condições: 70% de umidade relativa e temperatura de 26 °C.

As sementes de arroz foram desinfetadas previamente com hipoclorito de sódio (2%) por 10 minutos e posteriormente lavadas com água destilada. Em seguida, as sementes foram transferidas a potes com gaze que continham somente água destilada. Dois dias após a germinação das sementes, as plântulas receberam uma solução de Hoagland (HOAGLAND E ARNON, 1950) modificada a 1/8 da força iônica total. Após quatro dias foi trocada a solução de Hoagland para 1/4 da força iônica total. Três dias após a última troca de solução, as plantas foram transplantadas para potes de 0,7L contendo solução de Hoagland a 1/4 força iônica total. Três dias após o transplântio houve a troca de solução para 1/2 força iônica total, sendo renovada a cada três dias até o momento da coleta. Todas as soluções preparadas tinham como fonte de nitrogênio N-NO₃⁻ a 2mM e pH ajustado a 5,6. Vinte e oito dias após a germinação ocorreu a coleta para posteriores análises.

A aplicação dos tratamentos ocorreu aos 16 e 22 DAG, por via foliar. Foram utilizadas seis diferentes concentrações do extrato líquido obtido por extração alcoólica (etanol 70%) de folhas de *Moringa oleifera* LAM: 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%. Na primeira aplicação, o volume de extrato aplicado por unidade experimental correspondeu a 8 mL, já na segunda, o volume de extrato aplicado correspondeu a 10 mL, sendo estes os volumes necessários para atingir o ponto de gotejo pela aplicação foliar. A coleta ocorreu aos 28 dias após o início da germinação.

A determinação dos teores de clorofilas *a* e *b* e de carotenoides ocorreu de acordo com Lichtenthaler (1987). As amostras de raízes, bainhas e folhas coletadas foram armazenadas em envelopes de papel e transferidas para estufa secadora, permanecendo assim por 72 horas à 60 °C. Passado esse período, foram pesadas as massas secas do

sistema radicular e das partes aéreas utilizando balança digital de precisão.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e dez repetições. As análises estatísticas foram realizadas no programa Sisvar. Os testes de médias foram feitos por Tukey ($p < 0,05$), e os gráficos foram elaborados no programa Sigmaplot 12.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra os resultados de massa seca de raízes, bainhas e folhas das plantas tratadas via aplicação foliar com doses crescentes do extrato de moringa. Na raiz, a dose de 15% foi a única que resultou em aumento significativo na biomassa quando comparado ao controle, uma vez que as doses de 5, 10, 20 e 25% não diferiram significativamente do tratamento testemunha, porém estas concentrações também não diferiram estatisticamente do valor de massa seca radicular obtido pela concentração de 15%.

Na bainha, a dose de 10% foi a que mais estimulou o acúmulo de biomassa, diferindo significativamente do tratamento controle, e das doses de 5 e 25%. As doses de 15 e 20% também resultaram em massa seca significativamente superior ao observado em plantas controle, porém não diferiram estatisticamente das demais concentrações.

Por fim, a aplicação do extrato de moringa a 10% resultou em aumento significativo da massa seca foliar em comparação ao controle, enquanto as doses de 5, 15, 20 e 25% não apresentaram diferenças significativas com o controle, e nem com a dose de maior estímulo.

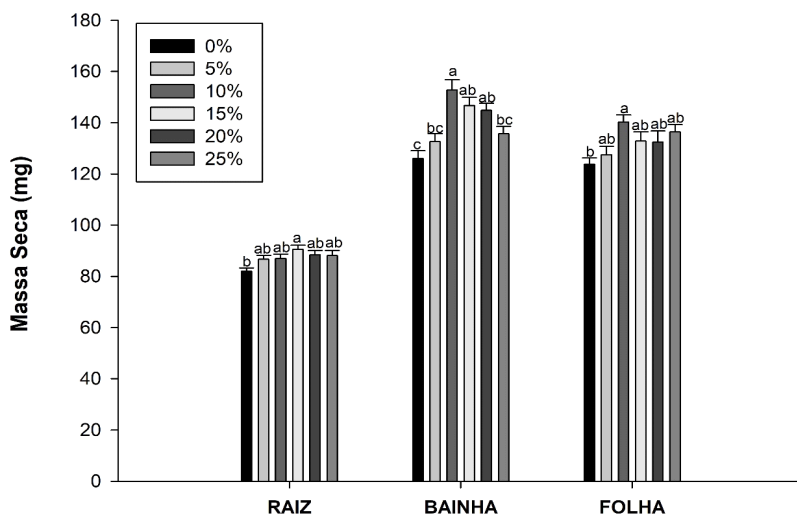


Figura 1: Acúmulo de massa seca (mg) em raiz, bainha e folha de plantas de arroz sob aplicação foliar de diferentes doses de extrato de moringa.

A Figura 2 apresenta os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e de carotenoides em plantas de arroz tratadas com diferentes concentrações do extrato demoringa por via foliar. A resposta nos teores de clorofila *a* e clorofila *b* pela aplicação das diferentes doses do extrato foram semelhantes. A dose de 20% foi a única que resultou em aumento significativo nos teores de clorofilas quando comparado ao controle, enquanto as demais doses não diferiram entre si e nem dos demais tratamentos. Embora apenas a dose de 20% resultou em diferenças significativas nos teores de clorofila *a* e clorofila *b*, foi possível observar que houve um aumento nos teores de clorofilas até a dose de maior estímulo, no entanto ao aplicar a dose de 25% há uma redução na síntese desses pigmentos quando comparado com a dose anterior.

O teor de carotenoides não diferiu estatisticamente entre nenhum tratamento, por mais que também seja visível que a dose do extrato a 20% apresentou aumento mais intenso no teor deste pigmento quando comparada as demais.

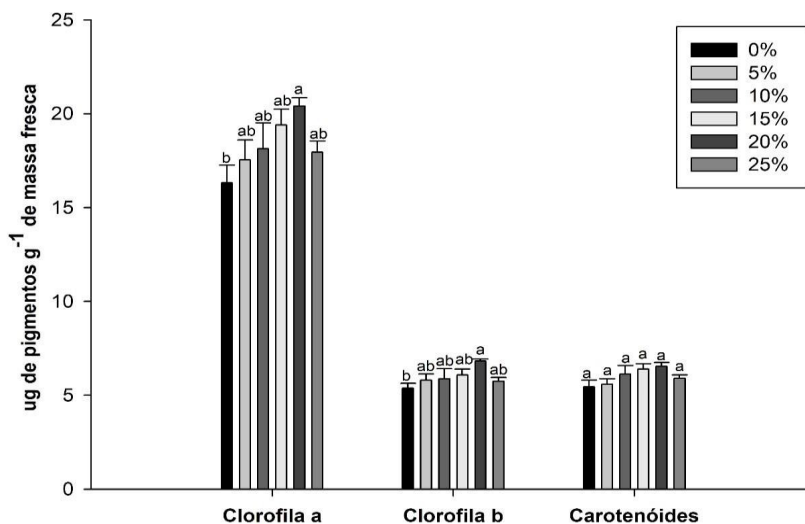


Figura 2.: Teores de pigmentos fotossintéticos em folhas de plantas de arroz sob aplicação de diferentes doses de extrato de moringa., a 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.

CONCLUSÕES

De maneira geral, as plantas de arroz submetidas a aplicação do extrato de folhas de moringa apresentaram maior acúmulo de massa seca e aumento nos teores de pigmentos fotossintéticos quando comparadas as plantas sem aplicação do extrato.

O extrato de moringa aplicado foliarmente apresentou seus maiores estímulos na produção de biomassa radicular na concentração de 10%, enquanto na bainha e na folha a dose de 15% resultou em um maior acúmulo de biomassa.

Os teores de pigmentos fotossintéticos foram estimulados em maior intensidade pela aplicação do extrato na dose de 20%, sendo as clorofilas as com superioridade significativa.

Trabalhos de pesquisa voltados para a utilização da moringa como fonte de nutrientes e bioestimulante na agricultura ainda são escassos, porém, estes resultados preliminares demonstram que este material apresenta potencial para ser empregado na agricultura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (SisFaperj:2015002965 e E-26/202.353/2017, SisFaperj: 20128010), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil (306867/2018-4-PQ2), ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo (PPGA- CS) e ao Laboratório de Química Biológica do Solo (LQBS).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABDULKARIM, S.M. et al. Some physico-chemical properties of Moringa oleiferaseed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. **J Food Chem**93: 253- 256, 2004.

ANWAR, F. et al. Moringa oleifera: A food plant with multiple medicinal uses. **Phytoter Res** 21: 17-25, 2007.

BEZERRA, A.M.E. et al. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Hort Bras** 22: 295-29, 2004

CHUANG, P.H. et al. Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of Moringa oleifera Lam. **Bioresource Technol** 98: 232-236.

DESOKY, E.M. et al. Humus materials and Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Leaf Extract Modulate the Harmful Effect of Soil Salinity Stress in Sudan Grass (*Sorghum vulgare* L.). egyptian. **Journal of agronomy**, 41, 29-45, 2019.

EILERT, U. et al. The antibiotic principle of seeds of Moringa oleifera and Moringa stenopetala. **Planta Med** 42: 55-61, 1981.

GUEVARA, A.P. et al. An antitumor promoter from Moringa oleifera Lam. **Mutat Res** 440: 181-188, 1999.

HOAGLAND, D. R. et al. The water-culture method for growing plants without soil. **California Agricultural of Experimental Station Bull**, v. 347, n. 1, p. 1-32,1950.

LICHTENTHALER H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 350-382, 1987.

MATOS, F.J.A. **Farmácias vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades**. 4ª ed. Fortaleza: UFC, SEBRAE/CE.2002

SÁNCHEZ-MACHADO, D.I. et al. High-performace liquid chromatography method to measure α - and γ -tocopherol in leaves, flowers and fresh beans from Moringa oleifera. **J Chromatogr A** 1105: 111-114, 2006.

TIPOS DE CARBONOS E PROPRIEDADES DOS ÁCIDOS FÚLVICOS DE SOLOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Data de aceite: 03/07/2023

Raphaella Esterque Cantarino

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Tadeu A. van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-CS (UFRRJ)

Danielle França de Oliveira Torchia

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia-CS (UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

Orlando Carlos Huertas Tavares

Pesquisador do Programa de Pós-graduação Agronomia-CS (UFRRJ)

Andrés Calderín Garcia

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

segundo a SBCS nos solos Cambissolo Háplico (CX), Cambissolo Flúvico (CY.2), Gleisolo Háplico (GX), Latossolo vermelho amarelo (LVA), Argissolo vermelho amarelo (PVA), Neossolo regolítico (RR), Neossolo fulvico (RY), Planossolo háplico (SX). Os AF foram obtidos segundo a IHSS. A espectroscopia foi obtida por ressonância magnética nuclear em estado sólido do isótopo do ^{13}C em polarização cruzada e rotação no ângulo mágico. As regiões do espectro foram integradas para a obtenção da quantidade relativa de estruturas em função da área total do espectro. Os horizontes superficiais das classes de solos LVA1, PVA1 e GX.1 possuem AF com predomínio de tipos de carbono $\text{C}_{\text{COO-H,R}}$, $\text{C}_{\text{C=O}}$, $\text{C}_{\text{Alk-H,R}}$. Por outro lado, os solos CX.2, CX.3, RY, RR, CY.2 e SX possuem AF com tipos de carbono $\text{C}_{\text{Ar-O,N}}$, $\text{C}_{\text{Ar-H,R}}$, $\text{C}_{\text{Alk-O,N}}$; $\text{C}_{\text{Alk-di-O}}$. Os solos LVA1, PVA1 e GX.1 possuem AF com predomínio da propriedade de alifaticidade, razão de lignina e hidrofobicidade. Os solos CX.2 e SX tem predomínio de aromaticidade. A qualidade do carbono dos AF nos principais solos Estado do Rio de Janeiro possuem características e propriedades.

PALAVRAS-CHAVE: CP MAS ^{13}C -NMR, materia organica, substâncias.

RESUMO. O objetivo deste estudo é quantificar os tipos de Carbono (C) e as propriedades das frações ácidos fúlvicos (AF) da matéria orgânica do solo dos horizontes superficiais, nos principais solos do Estado do Rio de Janeiro. A amostragem foi realizada em Pinheiral

CARBON TYPES AND PROPERTIES OF FULVIC ACIDS FROM STATE OF RIO DE JANEIRO SOILS

ABSTRACT. The objective of this study is to quantify the types of C and the properties of the fulvic acid (FA) fractions of soil organic matter from the surface horizons, in the main soils of the State of Rio de Janeiro. Sampling was carried out in Pinheiral according to SBCS in the soils Cambissolo Háplico (CX), Cambissolo Flúvico (CY.2), Gleissolo Háplico (GX), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Neossolo Regolítico (RR), Neossolo Flúvico (RY), Planossolo Háplico (SX). The FA were obtained according to the IHSS. Spectroscopy was obtained by solid-state nuclear magnetic resonance of the ^{13}C isotope in cross polarization and magic angle rotation. Spectrum regions were integrated to obtain the relative amount of structures as a function of the total spectrum area.

KEYWORDS: CP MAS ^{13}C -NMR, organic matter, humic substances.

INTRODUÇÃO

Substâncias húmicas (SH) interagem com íons para formar complexos de diferentes estabilidades e características estruturais. Dentre as SH, o ácido fúlvico (AF) tem baixo peso molecular e contém uma grande quantidade de oxigênio rico em grupos funcionais e pobres em carbono. AF foi redefinido como o produto da associação de moléculas pequenas e hidrofílicas com uma quantidade de grupos funcionais acídicos suficiente para manter os agregados dispersos a qualquer valor de pH. A matéria orgânica do solo (MOS) resultante de resíduos orgânicos aumenta o teor de carbono, dependendo das estruturas existentes, geralmente com ligações carboxila e aromáticas, e há uma queda no carbono associado aos polissacarídeos (ZECH et al., 1997; CANELLAS et al., 2004).

A presença de frações húmicas, como AF, favorece a coesão das partículas e estabilidade dos agregados, estando associados à conservação do carbono no solo. Os AF conferem benefícios às plantas, aumentando a resistência à seca, melhorando a absorção de nutrientes, estabilizar o pH do solo e reduzir a lixiviação de fertilizantes (GARCÍA et al., 2019).

As funções que os AF podem exercer no ambiente são explicadas pelas suas características estruturais elucidadas por meio da ressonância magnética nuclear em estado sólido do isótopo do ^{13}C em polarização cruzada e rotação no ângulo mágico (CP MAS ^{13}C -NMR) (PRESTON, 1996).

O objetivo deste trabalho é quantificar os tipos de carbono e as propriedades das frações ácidos fúlvicos da matéria orgânica de horizontes superficiais do solo, nos principais solos do Estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ácidos fúlvicos foram obtidos segundo a Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS) e de acordo com o protocolo descrito por Swift (1996). A obtenção das

frações húmicas a partir das amostras, foi realizada após pré-tratamento com HCl 0,1 mol L⁻¹ (pH 1.0-2.0). Em seguida uma dissolução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ foi adicionada a uma massa de terra em proporções de 10:1 (v:m) sob atmosfera de N₂, sob agitação por 24 h. Em seguida, o material foi centrifugado a 10.000 g durante 30 minutos e recolhido o sobrenadante que contém as substâncias húmicas (SH) (AF+AH).

Para a separação por precipitação dos AH a um volume do sobrenadante obtida na etapa anterior, foi ajustado o pH até 2,0 por meio da adição de uma dissolução de HCl (6 mol. L⁻¹) e mantido em repouso durante 16 horas, após este período, o sobrenadante (AF + impurezas) foi sifonado e coletado, o material residual foi centrifugado a 5.000 g por 10 min e o sobrenadante (AF + impurezas) foi coletado. A fração húmica líquida coletada após ter sido sifonado e centrifugado (AF + impurezas) foi passada por uma coluna carregada com a resina Supelite™ DAX-8, (Cod. 21567-U, substituto comercial da Sigma para XAD-8). A seguir, os AF retidos na coluna foram eluídos com solução de NaOH (0,1 M), e posteriormente a coluna foi lavada com água destilada para recuperação total dos AF. Os AF foram então passados por uma coluna de troca iônica (forma de hidrogênio Amberlite IR120, Fluka analítico Cod. 06428), e a solução foi corrigida para pH 6.0. Após esse processo, os AF purificados foram congelados em freezer a -80 °C e posteriormente liofilizados.

A espectroscopia de polarização cruzada com rotação em torno do ângulo mágico RMN de ¹³C via CP/MAS foi realizada utilizando o aparelho Bruker AVANCE II RMN a 400 MHz, equipado com *probe* de 4 mm *Narrow MAS* e operando em sequência de ressonância de ¹³C a 100.163 MHz. Para a obtenção dos espectros, uma massa de 150 mg de AF foram colocadas em um rotor (porta amostra) de Dióxido de zircônio (ZrO₂) com tampas de Kel-F sendo a frequência de giro de 8 ± 1 kHz. Os espectros foram obtidos em réplica (cinco por cada amostra) e a temperatura ambiente (25 ± 1 °C), pela coleta de mais de 4000 *data points* para igual número maior de *scans* a um tempo de aquisição de aproximadamente 34 ms e com *recycle delay* de 5 s e sequência de pulso *cp.av* (1 H 90°) (para evitar o efeito de saturação de sinais, os experimentos prévios mostraram tempo de relaxação longitudinais inferiores e 25 ms). O tempo de contato para a sequência em rampa de 1H *ramp* foi de 2 ms para contornar incompatibilidades Hartmann-Hahn. A coleta e elaboração espectral foi realizada utilizando o Software Bruker Topspin 2.1 com uma janela de aquisição de -50 ppm até 300 ppm. Os decaimentos livres de indução (FID) foram transformados aplicando um *zero filling* igual a 4 k e posteriormente um ajuste por função exponencial (*line broadening*) de 70 Hz.

Os deslocamentos químicos ¹³C foram calibrados em relação ao tetrametilsilano (0 ppm) e à glicina (COOH = 176,08 ppm). Os espectros foram divididos em oito regiões de deslocamentos químicos, as áreas dessas regiões foram determinadas após a integração de cada região e expressas como porcentagens da área total (Garcia et al.,2019). As regiões foram atribuídas da seguinte forma: C_{Alquil}-H,R de 0-46 ppm; C_{Alquil}-O,N de 46-

59 ppm; $C_{\text{Alquil-O}}$ de 59-91 ppm; $C_{\text{Alquil-di-O}}$ de 91-110 ppm; $C_{\text{Aromatico-H,R}}$ de 110-142 ppm; $C_{\text{Aromatico-O,N}}$ de 142-156 ppm; $C_{\text{COO-H,R}}$ de 156-186 ppm e CC=O de 186- 230 ppm (De la Rosa et al. 2011, Song, et al. 2008). A razão entre os índices de hidrofobicidade e hidrofiliidade (HB / HI) foi calculada da seguinte forma: $\text{HB / HI} = (0- 46 \text{ ppm}) + (110-156 \text{ ppm}) / (46-110 \text{ ppm}) + (156-186 \text{ ppm})$. (SPACCINI et al., 2007, AGUIAR et al., 2013). O índice de aromaticidade foi determinado pela soma dos carbonos aromáticos ($C_{\text{Aromatico-H,R}}$ e $C_{\text{Aromatico-O,N}}$) expressa como porcentagem da área total, e o índice de alifaticidade é calculado subtraindo-se a aromaticidade de 100% (SONG et al., 2008)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que o LVA e o PVA apresentam as maiores quantidades de carbono alquil não substituído ($C_{\text{Alk-H,R}}$) e menores no CX.2. Por outro lado o LVA apresenta menos carbono alquil substituído ($C_{\text{Alk-O,N}}$) enquanto o CY.2, o RR e SX apresenta as maiores quantidades deste (Figura 1). Já nas quantidades de $C_{\text{Alk-di-O}}$ o CX.3 e CX.4 destacaram-se com altos valores de carbono alquil substituídos ao contrário do LVA e PVA com reduzidas quantidades (Figura 1). O carbono aromático não substituído (CAr-H,R) são altos nos solos CX3, PVA1, RR, RYq, SX, sobretudo no CX2 e mais baixos nos restante como LVA (Figura 1). Fabbri et al. (1998), assumiu que as estruturas derivadas de lignina são as principais responsáveis pela maioria das absorções na região dos carbonos aromáticos das frações húmicas de solo, como ocorre no CX.2.

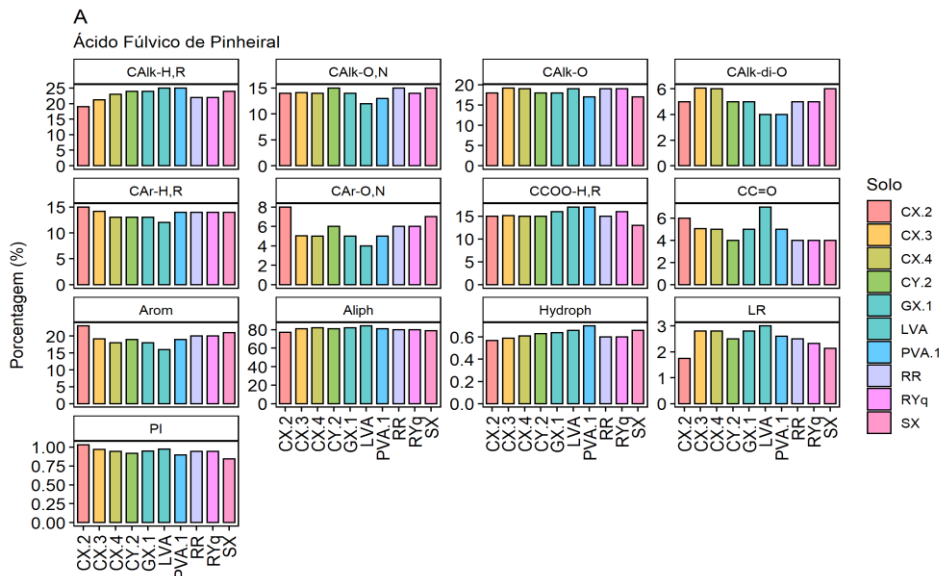


Figura 1 - Distribuição relativa dos tipos de carbono (%) em regiões de deslocamento químico (ppm) dos espectros de RMN ^{13}C -CPMAs e propriedades dos Ácidos fúlvicos [AF] provenientes de solos de Pinheiral-RJ. $\text{C}_{\text{Aik-H,R}}$ (Alquil), $\text{C}_{\text{Aik-O,N}}$ (N-Alquil/metoxil), $\text{C}_{\text{Aik-O}}$ (O-Alquil), $\text{C}_{\text{Aik-di-O}}$ (di-O-Alquil), $\text{C}_{\text{Ar-H,R}}$ (Aromático), $\text{C}_{\text{Ar-O}}$ (O-Aromático), $\text{C}_{\text{COO-H,R}}$ (Carboxílico), $\text{C}_{\text{C=O}}$ (carbonílico), **Arom** (Aromaticidade), **Aliph** (Alifaticidade), **Hydroph** (índice de hidrofobicidade), **LR** (Razão de Lignina), **PI** (Índice de polaridade). Cambissolo Háplico (CX), Cambissolo Flúvico (CY.2), Gleisolo Háplico (GX), Latossolo vermelho amarelo (LVA), Argissolo vermelho amarelo (PVA), Neossolo regolítico (RR), Neossolo fulvico (RY), Planossolo háplico (SX).

O carbono aromático substituído (CAr-O,N) são baixos em quase todos os solos, com exceção do CX.2 e SX. Já conseguindo justificar o porquê do cambissolo háplico 2 e o Espodossolo háplico apresentam dentre as propriedades maior aromaticidade, indicando ter carbonos de AF com menor labilidade e maior recalctrância. A aromaticidade, pode estar relacionada à presença de matéria orgânica fresca ou a decomposição lenta nos horizontes superficiais, no entanto, para estruturas alifáticas, incrementos de lignina influenciam diretamente essas estruturas (GONZÁLES-PÉRES et al., 2008).

As bandas específicas de absorção dos espectros que indicam caráter hidrofóbico são os grupos com carbonos e hidrogênios, e os que indicam o caráter hidrofílico são os grupos com carbonos e oxigênios, isso pode explicar a capacidade de umedecimento e repelência do solo (ELLERBROCK et al., 2005). Isto explica o aumento na quantidade de carbono aromático não substituído (CAr-H,R) nos solos PVA1, RR, RYq e redução da quantidade de carbono aromático substituído (CAr-O,N) (Figura 1).

Enev et al. (2014) observou a presença de estrutura alifática e aromática em solos com compostos orgânicos, principalmente onde os resíduos da cultura são deixados na superfície do solo. Os solos LVA e PVA1, apresentaram maiores níveis de alifaticidade e menores níveis de aromaticidade, correlacionando com os níveis de hidrofobicidade

destes solos nota-se coerência com a literatura, uma vez que a hidrofobicidade é causada, essencialmente por carbonos e hidrogênios alifáticos presentes em metil e metileno, os mesmos são grupos funcionais presentes na composição da matéria orgânica (SIMON et al., 2009). Houve menor hidrofobicidade no solo CX2 que apresenta maior aromaticidade, menor porcentagem de alifaticidade.

O PVA1 apresenta altos níveis de grupamentos $C_{C=O}$ (carbonilas) e $-COOH$ (carboxilas) nas quais conferem as substâncias húmicas capacidade de interagir com cátions, como as bases trocáveis do solo e íons metálicos, contribuindo assim para elevar a capacidade de troca catiônica do solo, isto se dá também por ser um solo altamente argiloso. Conseguindo relacionar os solos que apresentam maiores teores de argila, possuem maior microporosidade, que é responsável pela retenção da umidade do solo, então são solos que apresentam maiores índices de polaridade pois possuem maior afinidade com as moléculas de água. Os solos onde apresentaram maiores índices de polaridade estão de acordo com os solos que apresentaram menores índices de hidrofobicidade. (CANELLAS et al., 2000) verificaram, em ambiente com drenagem limitada, que o impedimento de drenagem justifica os baixos teores de RL e PI, além de favorecer as reações de policondensação dos compostos orgânicos, que por sua vez, condiciona os teores das frações da matéria orgânica, principalmente das frações ácidos fúlvicos livres, à medida que se descia na encosta, onde ocorrem os Planossolos e Gleissolos.

CONCLUSÕES

A qualidade do carbono dos AF nos principais solos Estado do Rio de Janeiro possuem características e propriedades distintas. Os horizontes superficiais das classes de solos LVA1, PVA1 e GX.1 possuem AF com predomínio de tipos de carbono carboxílicos não substituído, carbonilas, C alquil não substituído. Por outro lado, os solos CX.2, CX.3, RY, RR, CY.2 e SX possuem AF com tipos de carbono aromático substituído, C aromático não substituído, C alquil substituído, C anéricos di-O-Alquil. Os solos LVA1, PVA1 e GX.1 possuem AF com predomínio da propriedade de alifaticidade, razão de lignina e hidrofobicidade. Os solos CX.2 e SX tem predomínio de aromaticidade

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUIAR, N.O. et al. Prediction of humic acids bioactivity using spectroscopy and multivariate analysis. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 129, p. 95-102, 2013.

CANELLAS L.P. et al. Organic matter quality of a soil cultivated with perennial herbaceous legumes. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 53-61, 2004.

ELLERBROCK, R.H., et al. Composition of organic matter fractions for explaining wettability of three forest soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 69, p. 57- 66, 2005.

ENEV, V. et al. Spectral characterization of selected humic substances **Soil and Water Research**, v. 9, p. 9-17, 2014.

FABBRI, D. et al. Comparison between CPMAS ¹³C NMR and pyrolysis-GCMS in the structural characterization of humins and humic acids of soil and sediments. Fresenius **Journal of Analytical Chemistry**, v. 362, p. 299-306, 1998.

GARCÍA, A.C. et al. Structure–property–function relationship of humic substances in modulating the root growth of plants: A review. **Journal of Environmental Quality**, v.48, n.6, p. 1622-1632, 2019.

GONZÁLEZ PÉREZ M. et al. Characterization of humic acids from a Brazilian Oxisol under different tillage systems by EPR, ¹³C NMR, FTIR and fluorescence spectroscopy. **Geoderma**, v. 118, p. 181-190, 2004.

ROSA A.H. et al. Multimethod study of the degree of humification of humic substances extracted from different tropical soil profiles in Brazil's Amazonian region. **Geoderma**, v. 127, p. 1-10, 2005.

SIMON, T. et al. The influence of tillage systems on soil organic matter and soil hydrophobicity. **Soil & Tillage Research**, v. 105, p. 44–48, 2009.

SONG, G. et al. Sequential exhaustive extraction of a Mollisol soil, and characterizations of humic components, including humin, by solid and solution state NMR. **European Journal of Soil Science**, v. 59, n. 3, p. 505-516, 2008.

SPACCINI, R. et al. Molecular Characterization of Compost at Increasing Stages of Maturity. 2. Thermochemolysis-GC-MS and ¹³C-CPMAS-NMR. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 6, p. 2303-2311, 2007.

SWIFT, R.S. **Organic matter characterization**. Soils Science Society of America: Madison, v. 5, 1996, p. 1011-1069.

ZECH, W. et al. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, p. 117-161, 1997.

MASSA SECA DE CANA-DE-AÇÚCAR E ATRIBUTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DO USO EXTRATO HÚMICO DE CHORUME DE ATERRO SANITÁRIO COMO INSUMO AGRÍCOLA

Data de aceite: 03/07/2023

Roberto Martins Nazareth

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Fitopatologia e Biotecnologia Aplicada (PFBA/UFRRJ)

Arthur Pontes Coelho Jorge

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Irene da Silva Coelho

Professor do Departamento de Microbiologia e Imunologia Veterinária (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

Nivaldo Schultz

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

gemas em água destilada por 1 h e cultivo sem adubação; submersão das gemas em água destilada por 1 h + adubação mineral de plantio e cobertura; submersão das gemas em solução de EH 20% por 1 h + adubação mineral de plantio e cobertura; submersão das gemas em solução de EH 20% por 1 h + 100 mL solução de EH 10% aos 47 dias após o plantio (DAP), aplicado no vaso; submersão das gemas em solução de EH 20% por 1 h + uma aplicação foliar com 10 mL da solução de EH 10%, aos 47 DAP; submersão das gemas em água destilada por 1 h + uma aplicação foliar com 10 mL da solução de EH 10% aos 47 DAP + 100 mL da solução de EH 10% aos 47 DAP, aplicado no vaso. A aplicação do EH 10% no solo após a emergência dos brotos resulta no acúmulo de massa seca total da cana-de-açúcar similar à associação da submersão das gemas no EH 20% + a adubação mineral. Do ponto de vista agrônomo, não ocorrem alterações significativas nos atributos químicos do solo avaliados neste estudo, em função do uso do EH 20% e EH 10% como insumo agrícola. Conclui-se que EH apresenta potencial para ser estudado e utilizado como insumo agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* sp., resíduos sólidos urbanos, lixo urbano.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência agrônoma de um extrato húmico (EH), resultante do tratamento de chorume de aterros sanitários no acúmulo de massa seca total de cana-de-açúcar e os teores de nutrientes no solo. O delineamento experimental foi fatorial 2 x 6 (2 solos e 6 tratamentos com fertilização). Os tratamentos foram: submersão das

DRY MASS OF SUGARCANE AND SOIL ATTRIBUTES AS A RESULT OF THE USE OF HUMIC EXTRACT OF SLURRY FROM SANITARY LANDFILLS AS AN AGRICULTURAL INPUTS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the agronomic efficiency of a humic extract (HE), resulting from the treatment of landfill leachate, on the accumulation of total dry mass of sugarcane and the levels of nutrients in the soil. The experimental design was a 2 x 6 factorial (2 soils and 6 treatments with fertilization). The treatments were: immersion of buds in distilled water for 1 h and cultivation without fertilization; submersion of the buds in distilled water for 1 h + mineral fertilizer for planting and cover; submersion of the buds in a 20% EH solution for 1 h + mineral fertilization for planting and cover; submersion of buds in 20% EH solution for 1 h + 100 mL 10% EH solution at 47 days after planting (DAP), applied in the soil; only submersion in 20% EH solution for 1 h + a foliar application with 10 mL of 10% EH solution, at 47 DAP; submersion of the buds in distilled water for 1 h + a foliar application with 10 mL of 10% EH solution at 47 DAP + 100 mL of 10% EH solution at 47 DAP, applied in the soil. The application of 10% EH in the soil after sprouting emergence results in the accumulation of total dry mass of sugarcane similar to the association of submersion of buds in 20% EH + mineral fertilization. From an agronomic point of view, there are no significant changes in the chemical attributes of the soil evaluated in this study, due to the use of EH 20% and EH 10% as an agricultural input. It is concluded that HE has the potential to be studied and used as an agricultural input.

KEYWORDS: *Saccharum* sp., urban solid waste, urban waste.

INTRODUÇÃO

A geração de lixo de todos os segmentos da sociedade, especialmente os resíduos sólidos urbanos (RSU) aumenta ano após ano em todo o planeta. Segundo dados do Banco Mundial, em 2016 foram coletados 2,01 bilhões de toneladas de RSU no mundo, com previsão de coleta de 3,40 bilhões de toneladas em 2050, aumento de 70% (KAZA et al., 2018). Segundo este mesmo levantamento do Banco Mundial as principais formas de descarte e disposição dos RSU são a reciclagem, a digestão anaeróbica, a incineração, a compostagem, o tratamento em aterros sanitários, o despejo em aterros controlados, o despejo em aterros sem controle e o descarte em lixões a céu aberto, além de outras formas de descarte não especificadas.

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2018 foram gerados 79 milhões de toneladas de RSU; coletados 72,7 milhões de toneladas, e 6,3 milhões de toneladas não foram coletados (ABRELPE, 2018). A disposição ocorreu com 59,5% em aterros sanitários, 23% em aterros controlados e 17,5% em lixões (ABRELPE, 2018). Os dados da ABRELPE mostram que, apesar de todos os problemas que o Brasil possui com a geração e coleta de RSU, a grande maioria (59,5%) é disposto em aterros sanitários, no entanto, este cenário, aparentemente caminhando para números positivos não ameniza o grau de preocupação que os RSU

impõem às autoridades públicas e a sociedade como um todo, uma vez que, mesmo a disposição em aterros sanitários pode trazer sérios danos ambientais e de saúde pública (SALEEM et al., 2016).

Entre os diversos problemas oriundos dos aterros sanitários, a produção de chorume oriundo da decomposição dos resíduos de natureza diversa é a principal preocupação. A lixiviação ou descarte de forma inadequada podem causar a contaminação e poluição do solo e dos mananciais superficiais e subterrâneas, resultando em impactos que afetam direta e indiretamente o meio ambiente e a vida de seres humanos, animais, a fauna e a flora (SALEEM et al., 2016; KAZA et al., 2018).

Diante do cenário em que se encontra atualmente a geração e disposição dos RSU e a produção de elevados volumes de chorume nos aterros sanitários faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem o uso do chorume para aplicações nas mais diversas áreas, dentre as quais destaca-se seu uso com fertilizante agrícola.

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência agrônômica de um extrato húmico (EH), resultante do tratamento de chorume de aterros sanitários no acúmulo de massa seca total de cana-de-açúcar e os teores de nutrientes no solo após o cultivo em vasos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, com cultivo de cana-de-açúcar (RB867515), utilizando-nos com gemas individualizadas, em vasos preenchidos com 5 L de terra peneirada em malha de 10 mm, entre dezembro de 2021 e setembro de 2022. Antes da implantação foi realizada a caracterização química do solo, segundo Teixeira et al. (2017), apresentando os seguintes resultados: Latossolo Vermelho de 0 a 20cm de profundidade: pH em água 6,49; Ca, Mg, Al, Na, H+Al, S, T e V, 2,00, 1,20, 0,00, 0,00, 1,16, 3,35 e 4,50 cmolc dm⁻³, respectivamente. Valor V 74%, e K e P, 58 e 56 mg dm⁻³, respectivamente. Argissolo Vermelho-Amarelo de 0 a 20 cm de profundidade: pH em água 5,30; Ca, Mg, Al, Na, H+Al, S, T e V, 1,40, 0,80, 0,00, 0,45, 5,28, 2,31 e 7,59 cmolc dm⁻³, respectivamente. Valor V 30%, e K e P, 43 e 3 mg dm⁻³, respectivamente.

O delineamento experimental foi um fatorial 2 x 6 (2 solos – 1 Latossolo Vermelho e 1 Argissolo Vermelho-Amarelo, e 6 tratamentos com adubação mineral, EH e o controle). Os tratamentos foram: 0. submersão das gemas em água destilada por 1 hora e cultivo sem adubação; 1. submersão das gemas em água destilada por 1 hora + adubação mineral de plantio e cobertura; 2. submersão das gemas em solução de EH 20% por 1 hora + adubação mineral de plantio e cobertura; 3. submersão das gemas em solução de EH 20% por 1 hora + 100 mL solução de EH 10% aos 47 dias após o plantio (DAP), aplicado no solo; 4. submersão das gemas em solução de EH 20% por 1 hora + uma aplicação foliar com 10 mL da solução de EH 10%, aos 47 DAP; 5. submersão das gemas em água destilada por

1 hora + uma aplicação foliar com 10 mL da solução de EH 10% aos 47 DAP + 100 mL da solução de EH 10% aos 47 DAP, aplicado no solo.

A adubação mineral seguiu a recomendação do Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013), sendo em função do resultado da análise de solo aplicado no Argissolo Vermelho-Amarelo as doses equivalentes a 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 100 kg ha⁻¹ de N. No Latossolo Vermelho foram aplicadas doses equivalentes a 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 100 kg ha⁻¹ de N. O cálculo da adubação foi realizado com base no diâmetro dos vasos (0,0314 m²). O P₂O₅ e o K₂O foram aplicados no plantio e o N em cobertura aos 47 DAP, sendo incorporados no solo a aproximadamente 3 cm. Os três fertilizantes aplicados em dose única. As fontes foram superfosfato simples, cloreto de potássio e ureia.

Em setembro de 2022 foi realizada a colheita do experimento, sendo determinados separadamente a parte aérea e as raízes após lavagem das mesmas. As amostras foram secadas em estufa de circulação forçada a 65 °C até atingirem peso constante após 3 pesagens consecutivas. Foram coletadas amostras de terra nos vasos para a caracterização química da mesma forma como realizado antes da implantação do experimento.

Os dados foram submetidos a análise estatística, com análise de distribuição normal, variância e teste de médias (Tukey $p < 0,05$), utilizando o pacote estatístico Sisvar versão 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento e acúmulo de massa seca da cana-de-açúcar foram influenciados pelos tratamentos com adubação mineral e EH, sendo verificado de maneira geral, comportamentos similares entre os tratamentos nos dois solos (Figura 1).

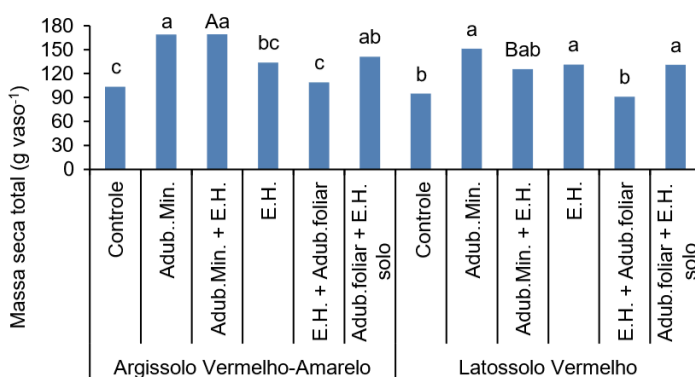


Figura 1 - Massa seca total de cana-de-açúcar cultivada em vasos, em dois solos, com adubação mineral e extrato húmico (E.H.) de chorume de aterro sanitário.

Média de 4 repetições. Teste Tukey ($p < 0,05$). Coeficiente de variação = 11,59%. Adub. Min. = adubação mineral.

No Argissolo os menores valores de massa seca total foram verificados no controle (103,21g) e no tratamento com submersão das gemas no EH 20% por 1 hora + aplicação do EH 10% via foliar aos 47 DAP (108,68g); ao passo que os maiores valores foram encontrados no tratamento com submersão das gemas em EH 20% por 1 hora + adubação mineral (169,21g) e submersão das gemas em água destilada por 1 hora + adubação mineral (168,83g). O tratamento com somente a submersão das gemas em EH 20% e o tratamento com submersão das gemas em água destilada por 1 hora + aplicação foliar com EH 10% + aplicação de EH 10% no solo aos 47 DAP apresentaram massa seca total de 133,50g e 140,68g, respectivamente.

No Latossolo os menores valores de massa seca total também foram verificados no controle (94,59g) e no tratamento com submersão das gemas no EH 20% por 1 hora + aplicação do EH 10% via foliar aos 47 DAP (90,85g); e os maiores no tratamento com submersão das gemas em água destilada por 1 hora + adubação mineral (151,03g), somente a submersão das gemas em EH 20% por 1 hora (131,26g) e o tratamento com submersão das gemas em água destilada por 1 hora + aplicação foliar com EH 10% + aplicação de EH 10% no solo aos 47 DAP (130,97g). O tratamento com submersão das gemas em EH 20% + adubação mineral apresentou massa seca total similar ao tratamento com somente a submersão das gemas em EH 20% (125,41g).

No Argissolo houve aumento de crescimento e acúmulo de massa seca de forma significativa, em relação ao controle, nos tratamentos que receberam adubação mineral independentemente da submersão em água ou EH, o que mostra uma resposta das plantas aos fertilizantes minerais. O tratamento com submersão das gemas em água destilada por 1 hora + aplicação foliar com EH 10% + aplicação de EH 10% no solo aos 47 DAP apresentou acúmulo de massa seca similar aos tratamentos que receberam a fertilização mineral e superior ao controle, o que não foi verificado para os tratamentos onde as gemas foram somente submersas em EH, sendo similares ao controle. No Latossolo houve maior similaridade no acúmulo de massa seca em todos os tratamentos onde as gemas foram submersas em EH, exceto para a submersão em EH + aplicação do EH foliar aos 47 DAP.

Os resultados evidenciam que, com exceção do tratamento com submersão das gemas em EH 20% por 1 hora + adubação foliar com EH 10%, houve efeito positivo do uso do EH no crescimento e acúmulo de massa seca das plantas. A inferioridade no acúmulo de massa seca do tratamento com submersão das gemas em EH 20% por 1 hora + adubação foliar com EH 10% e a superioridade do tratamento com submersão das gemas em água destilada por 1 hora + aplicação foliar com EH 10% + aplicação de EH 10% no solo leva a inferir que a submersão das gemas no EH por 1 hora pode ter causado algum estresse nas gemas, possivelmente de salinização, reduzindo com isso o potencial de desenvolvimento das plantas no início do crescimento da parte aérea. Nos tratamentos que receberam os fertilizantes minerais esse estresse causado na fase inicial do desenvolvimento das pode ter sido compensado pelo maior crescimento das plantas após as plantas superarem o

estresse inicial causado pela submersão das gemas no EH 20%. Estes resultados indicam ainda que a utilização do EH como fonte de nutrição e estímulo de crescimento da cana-de-açúcar depende apenas do ajuste nas doses e da não submersão das gemas no EH 20%; evidencia ainda que a aplicação no solo após o desenvolvimento inicial das plantas é a melhor opção para evitar o estresse inicial das plantas e aproveitar de forma mais eficiente o efeito positivo da nutrição e estímulo de crescimento da cana-de-açúcar pelo EH.

Os atributos químicos do solo determinados após o cultivo da cana-de-açúcar com os diferentes tratamentos apresentaram variabilidade entre os tratamentos e de maneira geral valores baixos para todos os tratamentos (Tabela 1). Os baixos teores são resultantes da extração pela cana-de-açúcar, uma vez que o ensaio foi mantido por 10 meses em vasos com apenas 5 L de solo. As maiores diferenças ocorreram em função dos teores iniciais dos dois solos, sendo observado no Latossolo teores de nutrientes e valor de pH maiores que no Argissolo (Tabela 1). Apesar das diferenças observadas para alguns elementos entre os tratamentos não é possível afirmar que são resultantes dos tratamentos, principalmente por não diferirem agronomicamente do tratamento controle.

Tabela 1: Atributos químicos e textura dos solos utilizados para o desenvolvimento dos ensaios em vasos, em casa de vegetação.

| Trat | pH | Ca | Mg | Na | Al | H+Al | K | P |
|----------------------------|------------------|-----------------------------------|---------|--------|----------|----------|---------------------|----------|
| | H ₂ O |cmolc dm ⁻³ | | | | | mg dm ⁻³ | |
| Latossolo Vermelho | | | | | | | | |
| 0 | 6,25 Aa | 1,15 | 0,50 a | 0,02 B | 0,00 B | 1,94 B | 13,68 | 16,10 Ab |
| 1 | 6,05 Aab | 1,25 | 0,17 b | 0,02 B | 0,00 B | 2,31 B | 16,81 A | 20,55 Ab |
| 2 | 6,14 Aab | 1,50 | 0,42 ab | 0,02 A | 0,00 B | 2,02 B | 12,51 | 28,85 Aa |
| 3 | 5,76 Ab | 1,05 | 0,47 a | 0,02 B | 0,00 B | 2,43 B | 14,10 | 17,59 Ab |
| 4 | 6,16 Aab | 1,40 | 0,52 a | 0,02 B | 0,00 B | 2,02 B | 14,66 | 14,89 Ab |
| 5 | 5,86 Aab | 1,15 | 0,45 ab | 0,02 B | 0,00 B | 2,43 B | 14,45 | 15,83 Ab |
| Argissolo Vermelho-Amarelo | | | | | | | | |
| 0 | 5,11 Ba | 1,02 | 0,20 c | 0,04 A | 0,36 Ac | 7,05 Aab | 13,49 | 2,05 B |
| 1 | 4,94 Bab | 1,05 | 0,62 a | 0,04 A | 0,34 Ac | 6,31 Ab | 12,51 B | 5,24 B |
| 2 | 4,60 Bb | 1,17 | 0,30 bc | 0,03 A | 0,41 Abc | 7,30 Aa | 15,44 | 6,20 B |
| 3 | 5,08 Bab | 0,65 | 0,47abc | 0,04 A | 0,49 Aab | 7,05 Aab | 14,86 | 2,64 B |
| 4 | 5,20 Ba | 1,05 | 0,62 a | 0,04 A | 0,32 Ac | 6,81 Aab | 15,24 | 7,78 B |
| 5 | 4,97 Bab | 0,75 | 0,50 ab | 0,04 A | 0,51 Aa | 7,18 Aa | 13,68 | 3,65 B |
| C.V. | 4,18 | 32,77 | 31,48 | 22,17 | 21,93 | 7,89 B | 18,33 | 32,79 |

Média de 4 repetições. Letras maiúsculas comparam os valores entre os dois solos dentro de cada tratamento. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada solo. Teste Tukey ($p < 0,05$). 0: controle com submersão em água; 1: submersão em água + adubação mineral; 2: submersão em extrato húmico (EH) + adubação mineral; 3: submersão em EH; 4: submersão em EH + adubação foliar com EH; 5 = submersão em água + adubação foliar com EH + aplicação de EH no solo.

CONCLUSÕES

A cana-de-açúcar responde positivamente à aplicação do EH 20% nos dois solos após a emergência dos brotos.

A associação da submersão das gemas no EH 20% + a aplicação foliar do EH 10% reduz o acúmulo de massa seca total da cana-de-açúcar.

A aplicação do EH 10% no solo após a emergência dos brotos resulta no acúmulo de massa seca total da cana-de-açúcar similar à associação da submersão das gemas no EH 20% + a adubação mineral.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à OuroNitro Efluentes e Serviços LTDA pela parceria e suporte financeiro para aquisição de insumos e bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRELPE - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2022.

KAZA, S. et al. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. 2018. p. 17-38.

SALEEM, W. et al. Latest technologies of municipal solid waste management in developed and developing countries: A review. **International Journal of Advanced Science and Research**, v.1, issue 10, 2016; p.22-29.

TEIXEIRA, P.C. et al. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573p.

APLICAÇÃO FOLIAR DO EXTRATO AQUOSO DE *Kappaphycus alvarezii* INFLUENCIANDO NO ACÚMULO DE MASSA SECA E TEORES DE PIGMENTOS EM PLANTAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) VAR. NIPPONBARE

Data de aceite: 03/07/2023

Samuel de Abreu Lopes

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Raphaella Esterque Cantarino

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Orlando Carlos Huertas Tavares

Pós-Doutorado Nota 10/FAPERJ do
PPGA-CS (UFRRJ)

Danielle França de Oliveira Torchia

Doutoranda do Programa de Pós-graduação do Departamento de Solos
(UFRRJ)

Tadeu Augusto van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-graduação do Departamento de Solos
(UFRRJ)

Andrés Calderín García

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

sendo um produto sustentável e de baixo custo. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da aplicação do extrato aquoso de *Kappaphycus alvarezii* em plantas de arroz (*Oryza sativa*) var. Nipponbare, pois além de ser uma planta modelo é uma das culturas de grãos mais produzidas ao redor do globo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com ambiente controlado e contou com seis doses (0, 5, 10, 15, 20 e 25%) para aplicação foliar do extrato, que ocorreu aos 16 e 22 dias após a germinação. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva de Hoagland e Arnon e coletadas aos trinta dias após a germinação. Foram avaliadas as massas secas de raiz, bainha e folha e os teores de clorofila *a* e *b* e carotenoides. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e dez repetições cada. Os resultados indicam estímulo positivo principalmente na dose de 10% para acúmulo de massa seca de todas as partes vegetativas e de 25% para síntese clorofila *a*, mostrando um grande potencial para uso deste produto na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: alga marinha, bioestimulante, incremento de biomassa.

RESUMO: Nas últimas décadas muito tem se estudado sobre o efeito benéfico dos extratos de algas na agricultura devido as diversas propriedades que apresentam,

FOLIAR APPLICATION OF AQUEOUS EXTRACT OF *Kappaphycus alvarezii* INFLUENCE IN DRY WEIGHT ACCUMULATION AND PIGMENT CONTENT ON RICE PLANTS (*Oryza sativa* L.) VAR. NIPPONBARE

ABSTRACT: Nowadays, many studies have been show the beneficial effects of seaweed extracts on agriculture due their properties, seaweed extracts was a sustainable and low cost product. The aim of this assay was evaluated the impact of *Kappaphycus alvarezii* water extract on rice plants (*Oryza sativa*) var. Nipponbare, because rice was a model plant and the most cultivated culture worldwide. The assay happen on outdoor greenhouse with controlled environment and have six doses (0, 5, 10, 15, 20 e 25%) for foliar application of extract with happen on day 16 and 22 after rice germination. After was evaluated the dry weight of roots, stems, leaf and the content of chlorophyll *a* e *b* and carotenoids. The experiment have a completely randomized design with six treatment and ten repetitions each. The preliminary result appoints to a positive effect certainly on 10% concentration for dry weight biomass of all rice parts and 25% for chlorophyll *a*, showing a great potential for this product.

KEYWORDS: seaweed, biostimulants, biomass increase.

INTRODUÇÃO

Os extratos de macroalgas têm se popularizado nos últimos anos como bioestimulantes, pois tem mostrado efeitos expressivos nos produtos derivados das mesmas. Extratos de *Kappaphycus alvarezii* melhoraram a absorção de água e nutrientes, resistência a estresses abióticos e estímulos ao desenvolvimento da microbiota dos solos e plantas submetidas a esses produtos, agindo também na proteção dos cultivos à pesticidas, patógenos e organismos danosos para a produção (KHOLSSI et al., 2022).

O extrato de *Kappaphycus alvarezii* se enquadra como um produto sustentável, que não polui os solos, águas e seres que entram em contato com o mesmo sendo uma alternativa ideal para diminuir ou substituir compostos xenobióticos. Ao aplicar em plantas foi notado aumento na velocidade de germinação de sementes, além de aumentar o rendimento da colheita e melhorar qualidade dos grãos produzidos (DEVI e MANI, 2015). A aplicação foliar desse extrato já foi relatada em diferentes trabalhos com diferentes culturas como: soja, tomate, arroz, pimenta, milho, cana-de-açúcar e banana. Os extratos de *Kappaphycus alvarezii* apresentam riqueza composicional, possuem uma diversidade de compostos bioativos como hormônios, flavonoides, fenóis, polissacarídeos, proteínas e antioxidantes, além de um alto teor de elementos minerais (VAGHELA et al., 2022).

A cultura do arroz mostrou incremento na produção de grãos com aumento de até 11.80% quando aplicado o extrato de *Kappaphycus alvarezii* via foliar na dose de 15% (DEVI & MANI, 2015). Sendo assim o objetivo desse trabalho foi avaliar como o extrato de *Kappaphycus alvarezii* em diferentes doses estimula o acúmulo de massa seca na raiz, bainha e folhas de arroz (*Oryza sativa* L.) da var. Nipponbare e como interfere nos teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides, a fim de entender como esse produto pode estimular a produção vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizada em Seropédica, RJ. As atividades ocorreram no Laboratório de Química Biológica do Solo e na área experimental do Departamento de Solos. A espécie utilizada no estudo foi o arroz (*Oryza sativa* L.) da variedade Nipponbare. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação climatizada nas seguintes condições: 70% de umidade relativa e temperatura de 26 °C.

As sementes de arroz foram desinfestadas previamente com hipoclorito de sódio à 2% por 10 minutos e posteriormente lavadas com água destilada. Logo em seguida, as sementes foram transferidas para potes com gaze que continham somente água destilada. Dois dias após a germinação das sementes, as plântulas receberam uma solução de Hoagland (HOAGLAND & ARNON, 1950) modificada à 1/8 da força iônica total. Após quatro dias foi trocada a solução de Hoagland para 1/4 da força iônica total. Três dias após a última troca de solução, as plantas foram transplantadas para potes escuros de 0,7L contendo solução de Hoagland a 1/4 força iônica total. Três dias após o transplante houve a troca de solução para 1/2 força iônica total, sendo substituída a cada três dias até o momento da coleta. Todas as soluções preparadas tinham como fonte de nitrogênio N-NO₃- a 2mM e pH ajustado a 5,6.

A aplicação dos tratamentos ocorreu aos 16 e 22 dias após a germinação (DAG), por aplicação foliar. Foram utilizadas seis diferentes concentrações do extrato líquido aquoso obtido a partir de *Kapaphicus alvarezzi*: 0% (0,0 ms cm⁻¹), 5% (3,65 ms cm⁻¹), 10% (7,10 ms cm⁻¹), 15% (8,80 ms cm⁻¹), 20% (11,82 ms cm⁻¹) e 25% (14,48 ms cm⁻¹). Na primeira aplicação, o volume de extrato aplicado por unidade experimental correspondeu a 8 mL, já na segunda, o volume de extrato aplicado correspondeu a 10 mL, sendo estes os volumes necessários para atingir o ponto de gotejo pela aplicação foliar. Vinte e oito dias após a germinação ocorreu a coleta das plantas para posteriores análises.

A determinação dos teores de clorofilas *a* e *b* e de carotenoides ocorreu de acordo com Lichtenthaler (1987). As amostras de raízes, bainhas e folhas coletadas foram armazenadas em envelopes de papel e transferidas para estufa secadora, permanecendo assim por 72 horas à 60 °C. Passado esse período, foram pesadas as massas secas do sistema radicular e das partes aéreas utilizando balança digital de precisão. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. As análises estatísticas foram realizadas no programa Sisvar. Os testes de médias foram feitos por Tukey (p<0,05), e os gráficos foram elaborados no programa Sigmaplot 12.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta foi feita a análise dos dados obtidos no experimento e foi constatado que a melhor dose para acúmulo de biomassa foi a de 10% de extrato aquoso de

Kappaphicus alvarezzi, que apresentou maior estímulo de produção de massa seca da parte aérea composta por bainha e folhas e da parte radicular, sendo a única concentração que resultou em diferenças significativas quando comparada ao controle. As doses de 5, 15, 20 e 25% não resultaram em diferenças significativas quando comparados ao controle para produção de massa seca em nenhuma parte vegetal. Porém, vale ressaltar que as doses de 5, 15 e 25% para produção de massa seca na raiz, de 5% para produção de massa seca na bainha e de 5% para a produção de massa seca na folha, não diferiram significativamente de seus respectivos controles (Figura 2).

Esse incremento de massa seca na aplicação do extrato aquoso de *Kappaphicus alvarezzi*, já foi constatado por outros autores (PRAMANICK et al., 2017; KARTHIKEYAN e SHANMUGAM, 2017) e a maior hipótese aceita é um estímulo da devido à riqueza de compostos bioativos presentes nesse extrato como hormônios, proteínas, polissacarídeos e compostos de quaternários de amônio (VAGHELA et al., 2022) e até mesmo devido a sua riqueza mineral principalmente em potássio (Figura 2).

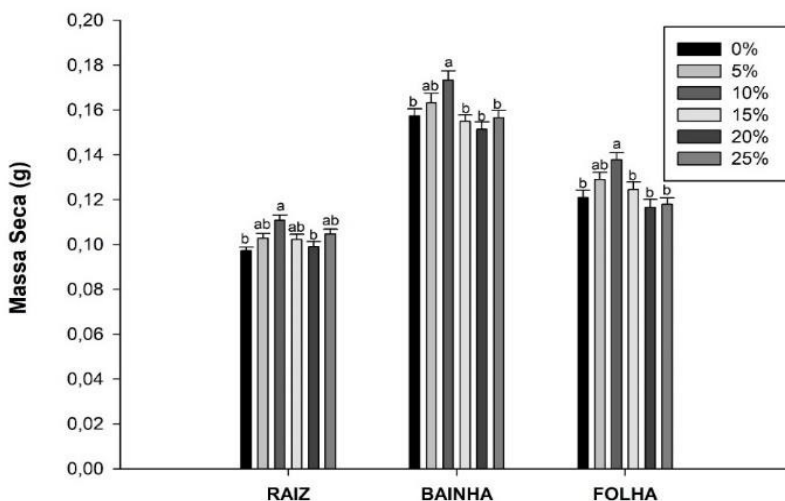


Figura 2. Massa seca da raiz, bainha e folha de plantas de arroz após a aplicação foliar do extrato aquoso de *Kappaphicus alvarezzi*.

Os resultados das análises de teores de clorofilas *a*, *b* e carotenoides, mostrou mudança significativa apenas na clorofila *a*, com destaque para a dose de 25% que apresentou diferença considerável em relação ao controle seguido das doses de 10, 15% e 20%, os quais não diferiram estatisticamente do controle, porém também não diferiram do observado na dose de 25%. Os teores de clorofila *b* e carotenoides não apresentaram diferenças significativas em nenhuma dose aplicada do extrato (Figura 3).

O aumento do teor de clorofila *a* indica maior atividade do aparelho fotossintético, principalmente no centro de reação do complexo antena onde esses pigmentos trabalham em conjunto responsáveis pela captura e transferência de energia luminosa (VAN TOL DE CASTRO et al., 2021), sendo um indício de que ocorreu alguma regulação pela ação da aplicação foliar do extrato aquoso de *Kapphaphicus alvarezzi* (Figura 3).

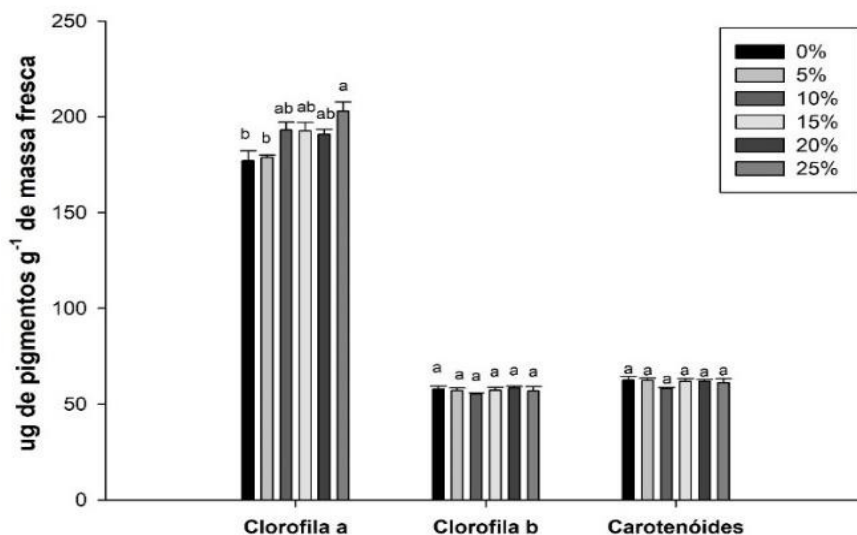


Figura 3. Teor de pigmentos de arroz após a aplicação foliar do extrato aquoso de *Kapphaphicus alvarezzi*.

CONCLUSÕES

Os resultados são expressivos e mostram a eficiência do extrato de *Kapphaphicus alvarezzi* como um produto para fim de estímulo no acúmulo de massa seca em todas as partes de plantas de arroz sujeitas aos tratamentos, sendo a dose de 10% a mais eficiente para essa finalidade. Os teores de clorofila somente tiveram mudanças na clorofila *a*, na dose de 25% como ótima para esse fim.

Foi possível constatar que há estímulo nos parâmetros analisados, abrindo portas para futuros estudos do extrato de *Kapphaphicus alvarezzi* como uma alternativa sustentável de bioestimulante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (SisFaperj:2015002965 e E-26/202.353/2017, SisFaperj: 20128010), ao Conselho Nacional

de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil (306867/2018- 4-PQ2), ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo (PPGA-CS) e ao Laboratório de Química Biológica do Solo (LQBS).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DEVI, N. L. et al. Effect of seaweed saps *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria* on growth, yield and quality of rice. **Indian Journal of science and Technology**, v.8, n.19, p.1-6, 2015.

KARTHIKEYAN, K. et al. The effect of potassium-rich biostimulant from seaweed *Kappaphycus alvarezii* on yield and quality of cane and cane juice of sugarcane var. Co 86032 under plantation and ratoon crops. **Journal of Applied Phycology**, v.29, n.6, p.3245-3252, 2017.

KHOLSSI, R. et al. Green Agriculture: a Review of the Application of Micro-and Macroalgae and Their Impact on Crop Production on Soil Quality. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p.1-15, 2022.

HOAGLAND, D.R. et al. The Water Culture Methods for Growing Plants without Soil, vol. 347. **Bulletin, California Agriculture Experiment Station, Berkeley**, p. 1–39, 1938.

LICHTENTHALER, H.K. et al. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymol.** v.148, p.350–382, 1987.

PRAMANICK, B. et al. Growth, yield and quality improvement of potato tubers through the application of seaweed sap derived from the marine alga *Kappaphycus alvarezii*. **Journal of Applied Phycology**, v.29, n.6, p.3253-3260, 2017.

VAGHELA, P. et al. Characterization and metabolomics profiling of *Kappaphycus alvarezii* seaweed extract. **Algal Research**, v.66, p.102774, 2022.

VAN TOL DE CASTRO, T. A. et al. Humic acids induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.162, p.171–184, 2021.

DOSE VS RESPOSTA PARA PRODUÇÃO DE MASSA SECA RADICULAR DE ARROZ (*Oryza sativa*) VAR. PIAÚI SOB APLICAÇÃO RADICULAR DE ÁCIDO FÚLVICO DE VERMICOMPOSTO

Data de aceite: 03/07/2023

Samuel de Abreu Lopes

Estudante de graduação em Agronomia,
UFRRJ

Raphaella Esterque Cantarino

Estudante de graduação em Agronomia,
UFRRJ

Orlando Carlos Huertas Tavares

Doutorando do Programa de Pós-graduação do Departamento de Solos,
UFRRJ

Danielle França de Oliveira Torchia

Doutoranda do Programa de Pós-graduação do Departamento de Solos,
UFRRJ

Tadeu Augusto van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-graduação do Departamento de Solos,
UFRRJ

Andrés Calderín García

Professor do Departamento de Solos,
UFRRJ

bastante potencial na modulação de plantas, sendo o ácido fúlvico um produto originado dessas substâncias. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito na massa seca radicular pela aplicação de ácido fúlvico extraído de vermicomposto (AFVC) na solução nutritiva de cultivo de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) var. Piauí, pois além da vasta distribuição dessa cultura em todo o mundo, é utilizada e mapeada como uma planta modelo há anos. O experimento ocorreu em câmara de crescimento, com condições controladas e o ácido fúlvico utilizado foi extraído e purificado conforme os protocolos da IHSS, sendo utilizado em sete doses (0, 10, 20, 40, 60, 80 e 100 mg L⁻¹) na solução nutritiva de Hoagland e Arnon, renovada a cada 3 dias. Após 144 horas de crescimento as plantas foram coletadas para se avaliar as massas secas da parte radicular. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado sendo sete tratamentos com 16 repetições cada. Os resultados demonstram efeito estimulante do AFVC sobre a produção de biomassa radicular em plantas de arroz, principalmente da dose de 60mg L⁻¹, evidenciando um efeito importante dessa substância no desenvolvimento radicular.

PALAVRAS-CHAVE: substâncias húmicas, bioestimulante, biomassa radicular.

RESUMO: Atualmente muito se conhece da importância do carbono orgânico e seus derivados para a agricultura, as substâncias húmicas são fundamentais e têm mostrado

RESPONSE DOSE FOR ROOT DRY WEIGHT OF RICE (*Oryza sativa* L.) VAR. PIAUÍ UNDER APPLYING OF FULVIC ACID FROM VERMICOMPOST ON NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT: These days we have a good deal of information about the importance of organic carbon and your derivates molecules on agriculture, the humic substances are fundamental and show high potential on these modulation in plants and the fulvic acid was a product from them. The aim of this assay was evaluated the accumulation of root dry mass under application of fulvic acid from vermicompost (FAVC) on the nutrient solution of rice plants (*Oryza sativa* L.) var. Piauí due their distribution worldwide and the mapping and used like a model plant for many years. The experiment happen on grow chamber with controlled environment and the fulvic acid was obtained following the protocols of IHSS, and applied on seven doses (0, 10, 20, 40, 60, 80 and 100 mg L⁻¹) on Hoagland and Arnon nutrient solution exchanged after 3 days of use adding the FAVC doses. After 144 hours of growth the plants was collected and measured the root dry weight. The experiment have a completely randomized design with seven treatment and twelve repetitions each. The results showing stimulant effect of Fulvic Acid, with strong effect on 60mgL⁻¹ with important influence of FAVC like a root dry weight stimulant.

KEYWORDS: humic substance, biostimulantt, root biomass.

INTRODUÇÃO

As Substancias húmicas são moléculas de estrutura supramolecular, apresentando uma grande diversidade estrutural por ser um produto de diversas reações, como a condensação de vários tipos de estruturas parciais derivadas de resíduos orgânicos. São classificadas de acordo com sua solubilidade em meios ácidos ou básicos e divididas em três frações: ácido húmico, ácido fúlvico e humina (BOTERO, 2010).

Ácidos húmicos e fúlvicos derivados de diferentes materiais de origem possuem diferença em sua composição físico-química, apresentando diferentes variações estruturais e como consequência diferente funções (GARCÍA et al., 2019), ocasionando em uma interação específica com cada organismo e acarretando em reações morfológicas e/ou metabólicas (VAN TOL DE CASTRO et al., 2021).

A aplicação de substâncias húmicas como bioestimulantes, ou condicionadores de solos e/ou plantas em condições ótimas ou adversas tem se tornado uma prática de relevante estudo há anos, devido a essas substâncias terem potencial para aumentar a produtividade ou até mesmo amenizar problemas gerados por condições desfavoráveis para produção agrícola (GARCÍA et al., 2019). O ácido fúlvico apresenta estímulos para plantas em diferentes fases do cultivo, como na germinação (VU TIEN KHANG, 2011) e até mesmo na supressão de doenças (VAN TOL DE CASTRO et al., 2022).

Os ácidos fúlvicos (AF) são moléculas derivadas das substâncias húmicas solúveis em qualquer condição de pH, sendo de menor tamanho estrutural, o que facilita sua permeabilidade e transporte de moléculas e/ou nutrientes, até mesmo quelatados ao AF

(WANG et al., 2022). Além disso é uma substancia sustentável que além de não poluir ajuda na remediação de compostos tóxicos para solos, águas e seres vivos (GARCÍA, 2013).

As raízes são estruturas primordiais na morfologia vegetal possuindo a função de fixar os vegetais, absorver água e nutrientes, além de possuir função de síntese e sinalização (TAVARES et al., 2020). Sendo assim o experimento visou avaliar o efeito do ácido fúlvico extraído de vermicomposto aplicado via radicular no acúmulo de massa seca radicular de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) da var. Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizada em Seropédica, RJ. As atividades ocorreram no Laboratório de Química Biológica do Solo, no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas e no Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta. A espécie utilizada no estudo foi o arroz (*Oryza sativa* L.) da variedade Piauí, cultivado em câmara de crescimento nas seguintes condições: fotoperíodo de 14/10 h (luz/escuro), fluxo de fótons de $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 70% de umidade relativa e temperatura de $26 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 1).



Figura 1. Condição experimental em câmara de crescimento

As sementes de arroz foram desinfestadas previamente com hipoclorito de sódio (2%) por 10 minutos e posteriormente lavadas com água destilada. Em seguida, foram transferidas para potes com uma camada de gaze no topo, que continham somente água destilada. Quatro dias após a germinação das sementes, as plântulas receberam uma solução de Hoagland (HOAGLAND e ARNON, 1950) modificada para 1/8 da força iônica total. Após dois dias, já com as plântulas presentes, foi trocada a solução de Hoagland

para 1/4 da força iônica total. Dois dias após a última troca de solução, as plantas foram transplantadas para potes de 0,7L contendo solução de Hoagland a 1/2 força iônica total. Todas as soluções preparadas tinham como fonte de nitrogênio N- NO₃⁻ a 2mM e pH ajustado a 5,6. Dois dias após o transplante se iniciou a aplicação do ácido fúlvico de vermicomposto, extraído e purificado conforme o protocolo da IHSS, nas doses de: 0, 10, 20, 40, 60, 80 e 100 mg L⁻¹. A cada três dias ocorreu a troca de solução nutritiva acrescida com o respectivo AFVC em suas determinadas doses. Após 144 horas, as raízes das plantas foram coletadas e armazenadas em envelopes de papel e transferidas para estufa secadora, permanecendo assim por 72 horas à 60 °C. Passado esse período, pesou-se a massa seca do sistema radicular de cada planta em balança digital de precisão. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. As análises estatísticas foram realizadas no programa Sisvar. Os testes de médias foram feitos por Tukey (p<0,01), e os gráficos foram elaborados no programa Sigmaplot 12.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os resultados de produção de biomassa radicular pela aplicação das diferentes doses de ácido húmico de vermicomposto após 144 horas ao início da aplicação. É possível observar que a dose de 60 mg L⁻¹ foi a única que resultou em valor de massa seca radicular significativamente superior ao controle, sendo a dose que apresenta maior estímulo radicular. Por mais que o restante das doses não tenham diferido do tratamento controle e nem da dose de 60 mg L⁻¹, é possível observar que houve um estímulo crescente na produção de biomassa até a dose de 60 mg L⁻¹, sendo a dose de melhor resposta. No entanto, doses maiores que esta, resultam em um decréscimo contínuo na produção de massa seca (Figura 2).

Em trabalho realizado por Tavares et al. (2020) com aplicação de ácido húmico de vermicomposto em plantas de arroz da variedade Piauí, utilizando as mesmas concentrações, os autores observaram que o crescimento do sistema radicular foi mais estimulado na dose de 40 mg L⁻¹. Porém houve um comportamento semelhante, ocorreu um estímulo crescente até a dose de maior efeito, porém a partir desta passa haver um decréscimo contínuo do crescimento radicular de acordo com aumento das concentrações (Figura 2).

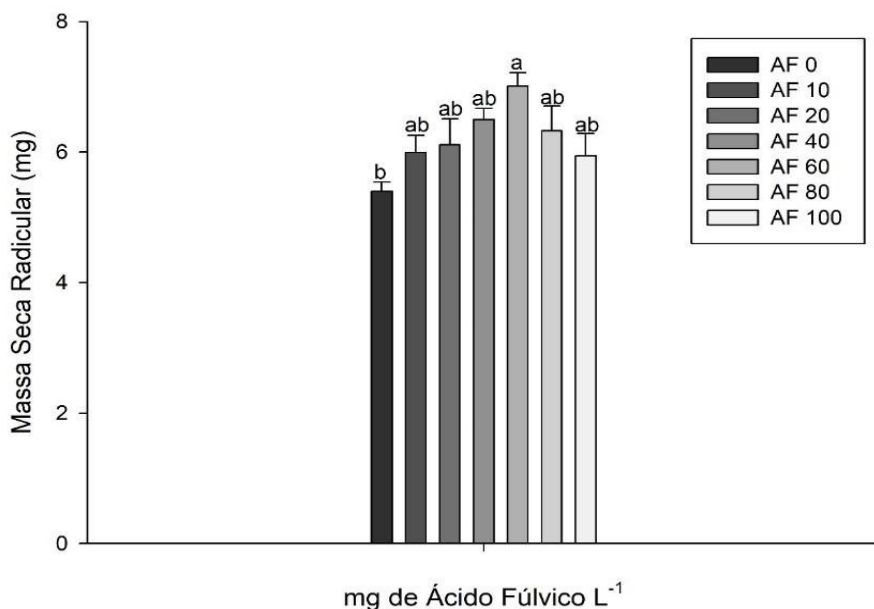


Figura 2. Massa seca radicular obtidas com as diferentes doses de AFVC

CONCLUSÕES

Os resultados são consistentes e indicam que a aplicação de ácido fúlvico por via radicular na dose de 60 mg L⁻¹ foi a dose melhor resposta para a cultura do arroz, apresentando-se como uma maneira de incrementar a massa seca radicular de plantas de arroz de forma eficiente e sustentável.

As substâncias húmicas exercem seus efeitos ótimos em plantas de arroz em concentrações pequenas, acima de uma concentração ótima pode haver uma redução dos estímulos no crescimento vegetal.

Estes resultados encaminham os estudos para um horizonte de possibilidades na aplicação dessas substancias para intensificação da produção radicular de culturas de interesse agrônômico, auxiliando na absorção de água e nutrientes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (SisFaperj:2015002965 e E-26/202.353/2017, SisFaperj: 20128010), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil (306867/2018- 4-PQ2), ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo (PPGA-CS) e ao Laboratório de Química Biológica do Solo (LQBS).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BOTERO, W.G. **Substâncias húmicas: interações com nutrientes e contaminantes**. 2010. 75p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010.

GARCÍA, A.C. **Frações sólidas humidificadas de vermicomposto: seus efeitos em plantas e capacidade de retenção de metais pesados**. 2013. 130 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.

GARCÍA, A.C. et al. Structure–Property–Function Relationship Of Humic Substances In Modulating The Root Growth Of Plants: A Review. **J. Environ. Qual.** 48, 1622–1632, 2019.

TAVARES, O.C.H. et al. Response Surface Modeling Of Humic Acid Stimulation Of The Rice (*Oryza Sativa* L.) **Root System**. **Archives Of Agronomy And Soil Science**, United Kingdom, 2020.

VAN TOL DE CASTRO, T.A et al. Influência das substâncias húmicas no crescimento e desenvolvimento de plantas e na supressão de doenças. **Substâncias húmicas no processo de compostagem, Edition: 1, Chapter: 6**. EDUR (Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), 2022

VAN TOL DE CASTRO, T.A. et al. Humic acids induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, 162, 171–184, 2021.

VU, T. K. Fulvic Foliar Fertilizer Impact On Growth Of Rice And Radish At First Stage. **Omonrice** 18: 144-148, 2011.

WANG, Z.; YAO, Y.; YANG, Y. Fulvic acid-like substance-Ca(II) complexes improved the utilization of calcium in rice: Chelating and absorption mechanism. **Ecotoxicol Environ Saf**, 2022.

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DO CASCALHO DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO DO PRÉ-SAL NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO FEIJÃO- CAUPI

Data de aceite: 03/07/2023

Sandra Santana de Lima

Pesquisadora PNP/CAPE (UFRRJ)

Petrus Gabriel de Freitas Marques

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

Thiago Costa Lima Ferreira

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

Arthur Linhares Basilio

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

Júlia Carina Niemeyer

Professora do Departamento de Ecologia (UFSC)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) por meio de ensaios ecotoxicológicos. Todas as fases do ensaio foram realizadas de acordo com a Norma ABNT NBR ISSO 11269-2-2014. Foram testadas doses crescentes de cascalho proveniente do poço 9-MLL-83-RJS, caracterizado como cascalho do pré-sal. As doses foram 0,0625%; 0,125%; 0,25%; 0,5%; 1% e 2,5% de cascalho e um tratamento controle. Cada dose de cascalho com quatro repetições (vasos) e o controle com oito repetições. Foram avaliados a emergência das sementes e a altura das plantas. Verificou-se que a germinação das sementes no controle foi de 100%, sendo validado o ensaio. Para a altura das plantas verificou-se que as doses crescentes de cascalho do pré-sal não comprometeram o crescimento das mesmas. Os parâmetros vegetativos avaliados não foram afetados pelas diferentes doses de cascalho do pré-sal. Portanto, estes resultados indicam que o uso do cascalho para disposição em solo pode ser promissor.

PALAVRAS-CHAVE: ensaios ecotoxicológicos, parâmetros vegetativos, resíduo petrolífero.

RESUMO: A descoberta do pré-sal no Brasil resultou no crescimento expressivo da produção de petróleo *offshore*. Paralelo a isso cresceu também a preocupação com a quantidade e a qualidade dos resíduos produzidos, como o cascalho da perfuração de poços. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de cascalho do pré-sal, sobre a germinação e crescimentos de plantas de

ECOTOXICOLOGICAL EVALUATION OF PRE-SALT OIL WELL DRILLING GRAVEL ON GERMINATION AND GROWTH OF COWPEA

ABSTRACT: The pre-salt discovery in Brazil resulted in a significant growth in offshore oil production. Parallel to this, there has also been a growing concern with the quantity and quality of waste produced, such as gravel from well drilling. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of different doses of pre-salt gravel on the germination and growth of cowpea plants (*Vigna unguiculata*) through ecotoxicological tests. All test phases were performed in accordance with the ABNT NBR ISO 11269-2- 2014 Standard. Increasing doses of gravel from well 9-MLL-83-RJS, characterized as pre-salt gravel, were tested. Doses were 0.0625%; 0.125%; 0.25%; 0.5%; 1% and 2.5% gravel and a control treatment. Each dose of gravel with four replicates (pots) and the control with eight replicates. Seed emergence and plant height were evaluated. It was verified that the germination of the seeds in the control was 100%, therefore the test was validated. For the height of the plants it was verified that the increasing doses of pre-salt gravel did not compromise their growth. The evaluated vegetative parameters were not affected by different doses of pre-salt gravel. Therefore, these results indicate that the use of gravel for land disposal can be promising.

KEYWORDS: ecotoxicological tests, petroleum waste, vegetative parameters.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no cenário da indústria *offshore* de petróleo por apresentar reservatórios que estão entre os mais produtivos no mundo, com colunas de óleo que chegam a 400 metros de espessura. Após a descoberta do pré-sal, a produção diária de petróleo triplicou nos últimos 4 primeiros anos (PETROBRAS, 2019). Recentemente foi divulgado que a produção na área do pré-sal foi de 1,94 milhão de barris de óleo equivalente, representando 73% da produção total da empresa no terceiro trimestre de 2022 (PETROBRAS, 2022).

Contudo, esse aumento expressivo na produção de petróleo *offshore*, traz consigo uma grande preocupação com os resíduos advindos desta atividade, tais como os fluidos e os cascalhos da perfuração. Neste contexto, vale ressaltar que a qualidade de resíduos, bem como a concentração e composição de contaminantes presentes no cascalho de perfuração de poços de petróleo *offshore*, resulta em um importante problema ocasionado pela indústria desse seguimento (SILVA et al., 2019).

De acordo com Fialho (2012) o cascalho de perfuração constitui uma mistura de pequenos fragmentos de rochas aderidos ao fluido usado para lubrificar e resfriar a broca durante a perfuração. Os contaminantes presentes no cascalho dependem da composição da formação rochosa e da composição química utilizada no fluido de perfuração, a qual pode incluir hidrocarbonetos, metais pesados e cloretos que podem variar desde cloreto de sódio, cloreto de cálcio, cloreto de potássio e cloreto de magnésio (FIALHO, 2012; ALMEIDA, 2016; BANDEIRA, 2019).

Diante disso, um projeto foi desenvolvido, unindo profissionais de várias especialidades e instituições e financiado pela Petrobras, com o objetivo de dar um destino viável a esse resíduo, o qual trata do “Uso de cascalho de perfuração e fontes de matéria orgânica na produção de adubo organomineral para o cultivo de oleaginosas, espécies florestais e na recuperação de áreas degradadas: aspectos químicos e biológicos”. Neste sentido o presente estudo equivale a uma das etapas do projeto, que objetivou a avaliação de ensaios ecotoxicológicos na influência de diferentes doses de cascalho do pré-sal, sobre a germinação e crescimentos de plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*).

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em julho de 2022 no Laboratório de Solo e Planta (LSP) do departamento de Solos, Instituto de Agronomia da UFRRJ, Seropédica, RJ. Todas as fases do ensaio foram de acordo com o estabelecido na Norma ABNT NBR ISSO 11269-2 – 2014 a qual trata da Qualidade do solo - Parte 2: Efeitos do solo contaminado na emergência e no crescimento inicial de vegetais superiores. Inicialmente foram realizadas uma série de pré testes, para posteriormente o ensaio definitivo. Para a condução do ensaio foi utilizado um solo artificial (SAT), e o preparo seguiu as proporções recomendadas pela Norma, sendo: 75% de areia lavada; 20% de caulim e 5% de pó de fibra de coco. O material foi homogeneizado dois dias antes da utilização, de acordo com a sugestão da Norma. Posteriormente foram pesados 700g de SAT para cada vaso e regado com 84 ml de água destilada, que corresponde a 50% da capacidade de campo. Foram testadas doses crescentes de cascalho proveniente do poço 9-MLL-83-RJS, caracterizado como cascalho do pré-sal.

O ensaio foi conduzido a partir de seis doses crescentes de cascalho (0,0625%; 0,125%; 0,25%; 0,5%; 1% e 2,5%) e um tratamento controle. Sendo o controle formado por oito vasos e para cada dose quatro vasos. Em cada vaso foram semeados cinco sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) cultivar BRS Guariba. Após a emergência das sementes, cerca de 8 a 10 dias foi realizado o desbaste, deixando três plantas por vaso. O Ensaio foi realizado em ambiente controlado, em câmara de crescimento (Fitotron) do departamento de Solos da UFRRJ. Com regas manuais diárias, posterior a pesagem afim de ser mantida 50% da capacidade de campo.

A avaliação das plantas ocorreu 14 dias após a emergência de 50% das sementes do controle, sendo que a altura da planta foi determinada na altura da bainha da primeira folha completamente expandida. Para a análise dos dados foram testados a normalidade e homocedasticidade das variâncias pelos testes Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Os dados atenderam aos pressupostos da ANOVA e posteriormente foram submetidos ao teste de Dunnet ($p < 0,05$), sendo realizada a comparação entre o desempenho de cada tratamento (doses) com controle.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a emergência das sementes, verificou-se que a germinação no tratamento controle foi de 100%, sendo, portanto, validado o ensaio. Porém, resultado semelhante foi observado nas doses 0,0625%, 0,125% e 0,5%, enquanto na dose 0,25% foi registrado o menor percentual de emergência das sementes (90%) e nas doses 1% e 2,5% verificou-se 95% de emergência das sementes (Figura 1). Considerando os bons valores de porcentagem de emergência das sementes, não é possível inferir que as doses crescentes de cascalho do pré-sal tenham afetado a germinação das sementes, visto que não comprometeu o número de plantas em cada vaso após realizado o desbaste. Esse resultado corrobora aos observados por Benazzi (2015) que não verificou diferença na germinação de feijão-caupi, sob diferentes doses de resíduos de poços de petróleo terrestre.

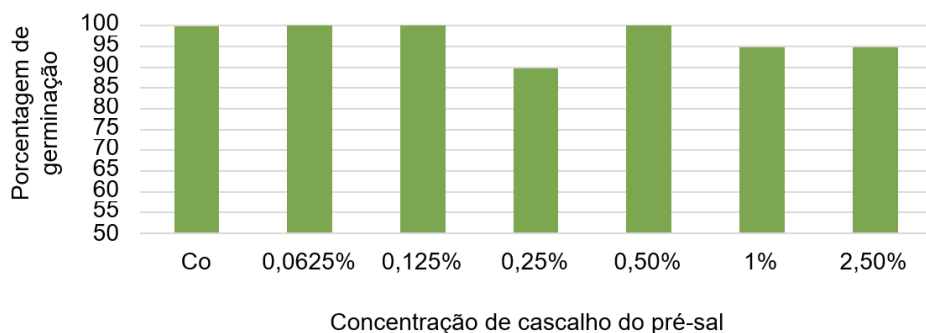


Figura 1. Porcentagem da germinação do feijão-caupi sob diferentes doses de cascalho de perfuração de poços de petróleo do pré-sal.

No que concerne a avaliação da altura das plantas (Figura 2), após a análise de comparação com as plantas controle, verificou-se que as doses crescentes de cascalho do pré-sal não comprometeram o crescimento das plantas, este fato é observado após a análise mostrar que a diferença entre o controle e cada dose, não foi significativa. Os resultados observados neste estudo, referente a germinação e altura das plantas, são semelhantes aos observados por Martins (2022), que relata não ocorrer redução significativa ($p < 0,05$) com o cultivo de alface (*L. sativa*) sob diferentes doses de cascalho do pré-sal.

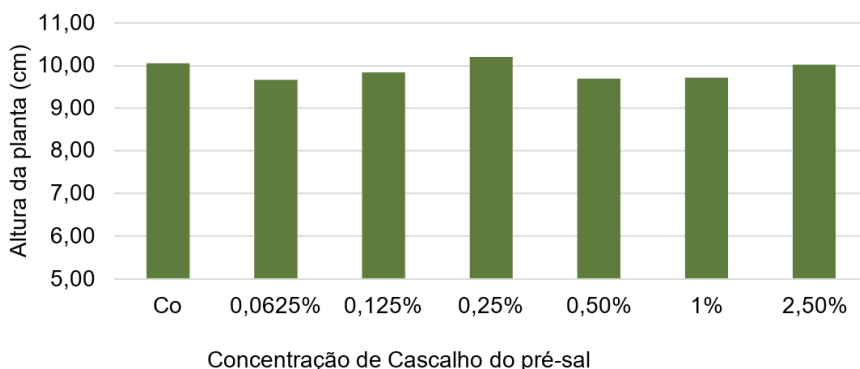


Figura 2. Avaliação da altura das plantas de feijão-caupi sob diferentes doses de cascalho de perfuração de poços de petróleo do pré-sal. Asteriscos (*) indicam diferenças em relação ao controle segundo o teste de Dunnett ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES

Os parâmetros vegetativos avaliados não foram afetados pelas diferentes doses de cascalho do pré-sal. Portanto, estes resultados indicam que o uso do cascalho para disposição em solo pode ser promissor. Novos estudos devem contemplar fases mais avançadas do ciclo destas plantas com vistas a avaliar efeitos sobre parâmetros como produtividade e em situação de campo.

AGRADECIMENTOS

PETROBRÁS, CAPES, UFRRJ, CPGA-CS, FAPUR.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT NBR ISSO 11269-2 Qualidade do solo — Determinação dos efeitos de poluentes na flora terrestre Parte 2: Efeitos do solo contaminado na emergência e no crescimento inicial de vegetais superiores. 2014.

ALMEIDA, P.C. de. **Análise técnico-ambiental de cascalho de perfuração offshore**. 2016. 173 p. Dissertação – (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

BANDEIRA, R.A.F. **Uso de cascalho de perfuração de poços de petróleo na confecção de CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente)**. 2019. 90 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019

BENAZZI, E. dos S. **Avaliação ecotoxicológica de resíduos da perfuração petrolífera em terra**. 2015. 75 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2015.

FIALHO, P.F. **Cascalho de perfuração de poços de petróleo e gás. Estudo do potencial de aplicação em concreto**. 2012. 217 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo – Centro Tecnológico.

MARTINS, A.G.M. **Reuso de cascalho de perfuração de poços de petróleo offshore para produção de adubo organomineral: aspectos ecotoxicológicos do cascalho pós-sal**. 2022. 49 p. Monografia (Graduando em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, *Campus* Curitibanos.

PETROBRAS - **Relatório de produção e vendas. 3º Trimestre de 2022**. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa17d60b2de47d/c9c15dfb-7e20-620c-e82b-e37a7e7ead9b?origin=2>. Acesso em 12 nov 2022.

PETROBRAS. **Pré-sal: produção média de petróleo no pré-sal**. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-deatuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>. Acesso em: 15 dez. 2019.

SILVA, N.C. et al. O conceito lean green utilizado na proposta de reciclagem de cascalho de perfuração de poços de petróleo e gás. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. v. 2, n. 4, p. 1389-140, 2019.

DETERMINAÇÃO TEÓRICA DE PROPRIEDADES ESTRUTURAIS E ELÉTRICAS DE NANOTUBO DE CARBONO

Data de aceite: 03/07/2023

Thales Das C. Vieira

Estudante de graduação em Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Felippo B. Lima

Estudante de graduação em Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Neubi F. Xavier Junior

Pesquisador na University of Surrey (Reino Unido)

Glauco F. Bauerfeldt

Professor do Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

nas geometrias dos modelos de CNT (nanotubo de carbono). Além disso, propriedades elétricas são melhoradas conforme o aumento do comprimento do nanotubo. Desejando-se, portanto, assumir um modelo adequado de CNT para ações eletrocatalíticas, sugere-se buscar um modelo suficientemente estendido, que mimetize os efeitos eletrostáticos interfaciais, ou adotar cálculos periódicos.

PALAVRAS-CHAVE: SWCNT; sensores eletroquímicos; PM6.

THEORETICAL DETERMINATION OF STRUCTURAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF CARBON NANOTUBE

ABSTRACT:

In this work, different molecular models of single-wall carbon nanotubes are investigated in order to theoretically describe these nanomaterials and obtain their molecular properties (such as internal diameter, edge effect, dipole moment, HOMO- LUMO gap and energy). Theoretical calculations were maintained at PM6 level. The results suggest that the preservation of the edge topology (and consequent minimization of the edge effect)

RESUMO: Neste trabalho, diferentes modelos moleculares de nanotubos de carbono de parede única são investigados visando a descrição teórica destes nanomateriais e a obtenção de suas propriedades moleculares (tal como diâmetro interno, efeito de borda, momento de dipolo, *gap* HOMO-LUMO e energia). Cálculos teóricos foram conduzidos em nível PM6. Os resultados sugerem que a preservação da topologia de bordas (e consequente minimização do efeito de bordas) depende de ajustes iniciais

depends on initial adjustments in the geometries of the CNT (carbon nanotube) models. Furthermore, the electrical properties are improved as the length of the nanotube increases. Therefore, wishing to assume an adequate model of CNT for electrocatalytic actions, it is suggested to look for a sufficiently stable model, which mimics the interfacial electrostatic effects, or to adopt periodic calculations.

KEYWORDS: SWCNT, electrochemical sensors, PM6.

INTRODUÇÃO

Materiais nanoestruturados vêm sendo investigados há décadas, sendo a pesquisa intensificada nos últimos anos, motivada pela descoberta da grande diversidade de aplicações tecnológicas que estes materiais atingem em diversas áreas, incluindo biotecnologia, eletrônica e medicina. Nanomateriais, com estruturas ocas e razões superfície/volume particularmente altas, despertam crescente interesse tecnológico, dada o sucesso observado em aplicações diversas, incluindo catalisadores e sensores eletroquímicos. Eventualmente, modificações estruturais levam à potencialização de certas propriedades.

Entre os nanomateriais a base de carbono, destacam-se os nanotubos de carbono, grafeno e fulerenos. A natureza destes materiais, entretanto, não se limita aos alótropos de carbono, podendo se estender a compostos de silício, germânio, estanho, titânio etc. Em relação às aplicações, nanomateriais são adotados em diversos processos de fabricação, produtos e serviços de saúde incluindo tintas, aditivos. E ainda como catalisadores e sensores.

Os nanotubos de carbono (CNT) são estruturados em paredes múltiplas (MWNTs) ou parede simples (SWNT) (QUINTERO-JAIME et al., 2019). Suas estruturas fascinantes atraíram a atenção de inúmeros pesquisadores. São tubos perfeitos em nanoescala feitos de uma bobina de grafite simples ou multicamada em um certo ângulo helicoidal em torno de um eixo central (NOYCE et al., 2019). Por causa de sua ampla gama de propriedades térmicas, estruturais e eletrônicas, eles têm sido aplicados como materiais de suporte, catalisadores e capacitores (GONG et al., 2013). E devido à particular estabilidade da parede lateral e estrutura tubular, eles também podem ainda ser usados como modelos ou suportes para outros nanomateriais, especialmente nanofios (EL-NASHAR et al., 2012).

Nanotubos de carbono exibem particulares características mecânicas e eletrônicas, estabilidade química e se comportam eletricamente como um metal ou semicondutor, dependendo de sua estrutura. Apresentam ainda vantagens que possibilita que sejam usados como sensores eletroquímicos. Entre essas: tamanho pequeno com alta área de superfície, excelente capacidade de promover transferência de elétrons (quando usados como modificadores de eletrodos em reações eletroquímicas), e fácil imobilização de proteínas com retenção de sua atividade (o que os torna potenciais biossensores) (AHAMMAD et al., 2009). Além disso, são materiais eletroquimicamente inertes (semelhantes a outros materiais à base de carbono usados em eletroquímica, ou seja, carbono vítreo, grafite e diamante).

Modificações estruturais podem eventualmente potencializar algumas propriedades moleculares de especial interesse visando as aplicações de CNT como catalisadores e sensores eletroquímicos. Especificamente como sensores, modificações estruturais podem efetivamente acelerar a transferência de elétrons, permitindo transdução aprimorada de sinais eletroquímicos e melhor desempenho do sensor para a detecção da molécula alvo. Neste contexto, pretende-se propor e investigar modelos de CNT que possam ser aplicados como sensores eletroquímicos.

O objetivo central deste trabalho é avaliar as propriedades moleculares de distintos modelos moleculares e eventuais modificações estruturais de CNT, através da descrição mecânico-quântica, e compreender as relações entre propriedade – estrutura.

MATERIAL E MÉTODOS

Modelos de nanotubos de carbono de parede única (SWNT) com diferentes quiralidades (n,m) e comprimentos foram obtidos com o programa Nanotube Modeler (JCrystalSoft, V.1.8.0, <http://www.jcrystal.com/>), que fornece as coordenadas cartesianas dos diversos átomos em um nanotubo em função dos parâmetros (tipo do nanomaterial, tipos de átomos no nanomaterial, índices de quiralidade, comprimento do tubo, distâncias interatômicas e número de paredes). A Tabela 1 sumariza os modelos construídos.

Tabela 1. Parâmetros Iniciais Adotados para a Construção de Modelos Moleculares de SWNT.

| Código | n | M | Comprimento do Tubo (Å) | Números de Átomos | Tipo de Borda |
|-------------|----|----|-------------------------|-------------------|---------------|
| SWNT[10,0] | 10 | 0 | 10 - 27 | 100 - 260 | Zig-Zag |
| SWNT[10,10] | 10 | 10 | 10 - 18 | 180 - 300 | Armchair |

Eventuais modificações estruturais foram conduzidas com auxílio do programa gausview com o intuito de garantir a correta topologia de bordas, seja tipo *armchair* ou *zigzag* (Figura 1).

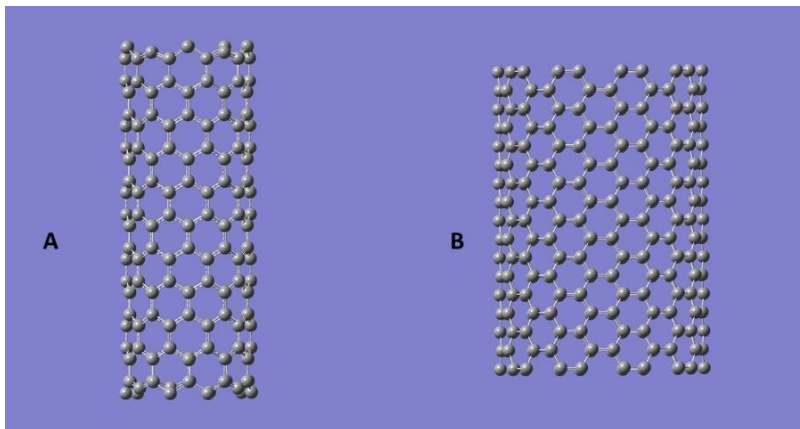


Figura 1. Diferentes topologias de borda: *zigzag* (A) e *armchair* (B).

Cálculos teóricos foram conduzidos em nível semi-empírico PM6 com o programa Gaussian g09 (FRISCH et al., 2009) visando a otimização de geometria, energia e gap HOMO-LUMO. Cálculos de frequências vibracionais foram adotados para a caracterização do ponto estacionário e para a obtenção das propriedades espectroscópicas vibracionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma grande preocupação na construção dos modelos moleculares para nanomateriais é a preservação da simetria e a minimização dos efeitos de borda. A Figura 2 apresenta as geometrias obtidas para o SWNT[10,0]₁₃, tomado como exemplo para os demais modelos de CNT. As geometrias apresentadas em 1a, 1b e 1c referem-se às vistas frontal, lateral e superior do CNT obtido pelo programa NanoTube Modeler e usada como entrada para posterior otimização de geometria em nível PM6. Observa-se nesse modelo um CNT com perfeita simetria cilíndrica.

As bordas, não passivadas, são formadas por átomos de carbono livres. Ainda na Figura 1, as geometrias apresentadas em 2a, 2b e 2c referem-se às vistas frontal, lateral e superior do CNT obtido após otimização de geometria em nível PM6. Verifica-se a mudança de topologia das bordas, resultado da minimização de geometria, o que foi comum em todas as tentativas contendo átomos de carbono livres. Neste exemplo, observou-se uma tentativa de restabelecer a borda com topologia *armchair*, embora resultados que lembram a construção *zigzag* também foram observados em outros casos.

Optou-se, então, por assegurar a borda *zigzag* por correções da geometria, eliminando os átomos de carbono livres. A geometria otimizada apresentada nas vistas frontal, lateral e superior em 3a, 3b e 3c, resultou desse ensaio e, assim como os demais modelos de CNT, preservou a simetria do nanotubo e a topologia inicial da borda. Resultados para o diâmetro do nanotubo, sem e com correções da topologia, são também

significativos. Sem as correções, desvios aleatórios para o diâmetro interno do nanotubo, medidos com diferentes pares de átomos ao longo do nanotubo (acompanhados de grande dispersão) são verificados. Com correções iniciais de topologia, os desvios são menores e os resultados são fortemente agrupados.

Também foi estudado o efeito de borda, sem e com correções iniciais de topologia, considerando o diâmetro da borda relativo ao diâmetro interno do tubo. Novamente, sem as correções, observam-se desvios aleatórios (positivos e negativos) entre o diâmetro da borda e o diâmetro do interior do tubo. O problema foi corrigido com as correções iniciais da topologia.

Finalmente, modificações estruturais obtidas decorando as paredes do nanotubo com átomos de metais de transição (Ag, Co, Cu, Ni e Fe) foram obtidas, conforme exemplificado na Figura 3.

Além dos efeitos geométricos, algumas propriedades foram exploradas como o momento de dipolo, a energia normalizada pelo número de átomos e o *gap* HOMO-LUMO. A Tabela 2 apresenta resultados obtidos para alguns CNT. Verifica-se que o aumento do comprimento, além de trazer estruturas com maior preservação da simetria cilíndrica, também proporciona o aumento do momento de dipolo, diminuição da energia (resultando, portanto, em estruturas mais estáveis) e a diminuição do *gap* HOMO-LUMO. Desta forma, o aumento do comprimento do nanotubo favorece as propriedades elétricas necessárias para a aplicação como sensor eletroquímico.

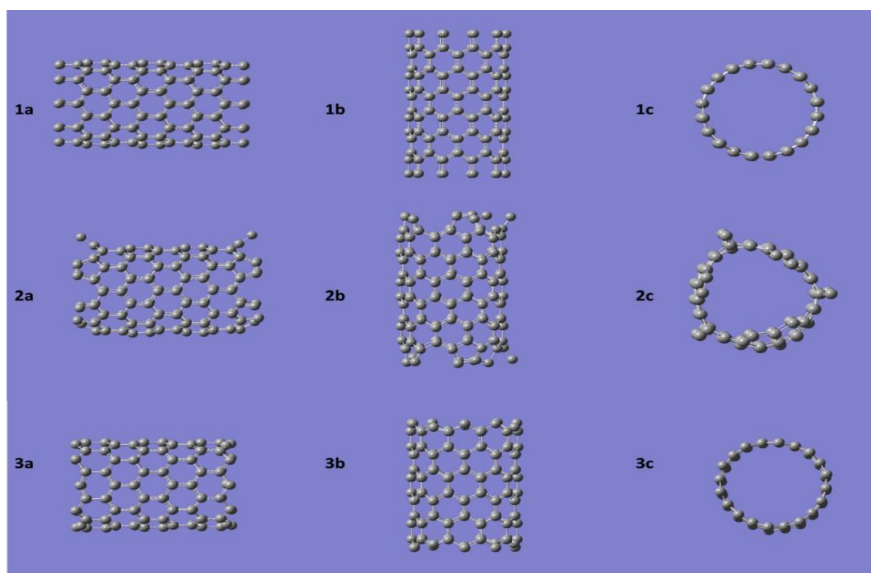


Figura 2. Geometrias obtidas para os modelos SWNT[10,0]₁₃ em três vistas: frontal (a), lateral (b) e superior (c). 1: Geometria sugerida pelo programa NanoTube Modeler; 2: Geometria otimizada em nível PM6; 3: Geometria otimizada após correção das bordas *zigzag*.

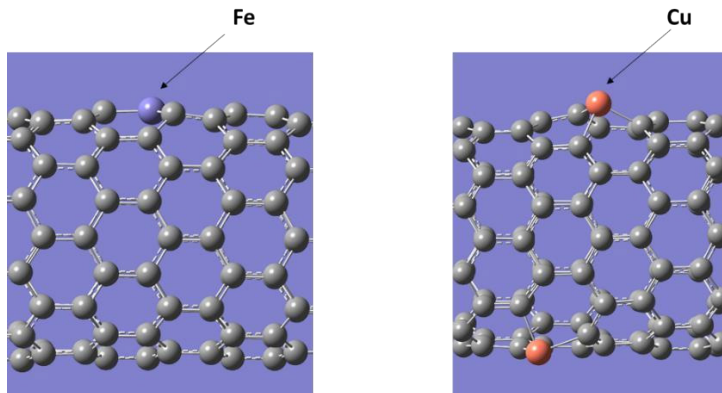


Figura 3. CNT decorados com ferro (A) e cobre (B).

Tabela 2. Propriedades Moleculares obtidas em nível PM6 para alguns modelos de CNT.

| Código | Borda | Momento de Dipolo (Debye) | DHOMO-LUMO (eV) | Energia (hartree/átomo) |
|---------------|--------|---------------------------|-----------------|-------------------------|
| SWNT[10,0]_13 | zigzag | 18,49 | 3,828 | 0,028385 |
| SWNT[10,0]_15 | zigzag | 22,20 | 3,729 | 0,025553 |
| SWNT[10,0]_22 | zigzag | 35,13 | 3,449 | 0,020476 |
| SWNT[10,0]_24 | zigzag | 38,42 | 3,374 | 0,019416 |
| SWNT[10,0]_26 | zigzag | 40,70 | 1,943 | 0,018691 |

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram investigados diversos modelos moleculares de nanotubos de carbono de parede única em nível mecânico-quântico semi-empírico PM6. Diferentes topologias de borda, assim como a decoração das paredes e bordas com metais de transição, foram consideradas.

Bordas não passivadas foram assumidas, o que resultou em forte dependência dos resultados de otimização de geometria com a topologia de bordas inicial. Estruturas com topologia não definida, compostas por átomos não unidos, conduziu aleatoriamente a resultados *zigzag* ou *armchair*. Por outro lado, otimizações de geometrias de estruturas com topologia bem definida resultaram em estruturas com preservação de simetria cilíndrica e com minimização do efeito de bordas. As propriedades elétricas são, por sua vez, fortemente dependentes do comprimento do nanotubo, verificando-se o aumento do momento de dipolo, diminuição da energia (resultando, portanto, em estruturas mais estáveis) e a diminuição do *gap* HOMO-LUMO como o aumento do comprimento do tubo.

Desejando-se, portanto, assumir um modelo adequado de CNT para ações electrocatalíticas, sugere-se buscar um modelo suficientemente estendido, que mimetize os efeitos eletrostáticos interfaciais, ou adotar cálculos periódicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FAPERJ (Edital Nº 47/2021 – APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO REGIONAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (DCTR) – 2021). LIMA e VIEIRA agradecem ao CNPq pela bolsa PIBITI.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AHAMMAD, A.J.S.; LEE, J.J.; RAHMAN, M. A. **Electrochemical Sensors Based on Carbon Nanotubes Sensors** v. 9, n. 4, p. 2289-2319, 2009.

EI-NASHAR, R.M.; ABDEL GHANI, N.T.; HASSAN, S. M. Construction and Performance Characteristics of New Ion Selective Electrodes Based on Carbon Nanotubes for Determination of Meclofenoxate Hydrochloride **Anal. Chim. Acta** v. 730, p. 99-111, 2012.

FRISCH, M.J. et al. Gaussian 09, Revision C.01. Gaussian, Inc., Wallingford CT,2009. GONG, H.; PENG, R.; LIU, Z. Carbon nanotubes for biomedical imaging: the recent advances **Adv. Drug Deliv. Rev.** v. 65, n. 15, p. 1951–1963, 2013.

NOYCE, S. G. et al. Electronic Stability of Carbon Nanotube Transistors Under Long-Term BiasStress **Nano Lett.** v. 19, n. 3, p. 1460–1466, 2019.

QUINTERO-JAIME, A.F. et al. Carbon Nanotubes Modified With Au for Electrochemical Detection of Prostate Specific Antigen: Effect of Au Nanoparticle Size Distribution. **Front. Chem.** v. 7, p. 147, 2019.

PROJEÇÕES FUTURAS PARA A PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL PARA O MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Data de aceite: 03/07/2023

Thamires Franco da Conceição

Licenciada em Ciências Agrícolas
(UFRRJ)

Alessandra Royá da Silva

Mestranda do Programa de Pós-
graduação em Práticas e Desenvolvimento
Sustentável (UFRRJ)

Gabriele Dias da Silva

Licenciada em Ciências Agrícolas
(UFRRJ)

Henderson Silva Wanderley

Professor do Departamento de Ciências
Ambientais (UFRRJ)

RESUMO: O objetivo desta pesquisa consiste em identificar mudança na precipitação total anual (PRCPTOT) para o município do Rio de Janeiro (MRJ). A análise foi realizada com dados do período atual (2000-2020) proveniente do sistema Alerta Rio e futuro (2021-2100) decorrente dos modelos climáticos (CanESM5, MIROC6, MPI-ESM), adotando os cenários de mudanças climáticas SSP 4.5 e 8.5 (CMIP6). A prcptot mostra grande variabilidade no MRJ, com totais médios variando de 900 a 1800 mm/ano. As projeções futuras

mostram redução dos totais pluviométricos, para ambos os senários. Sendo a maior redução para o 8.5.

PALAVRAS-CHAVE: chuva, mudanças climáticas, modelos climáticos.

THE FUTURE PROJECTIONS OF TOTAL ANNUAL RAINFALL RATE FOR THE CITY OF RIO DE JANEIRO

ABSTRACT. This research aims to identify the changes on total annual rainfall rate in the city of Rio de Janeiro (MRJ). The analysis was carried out with data from the current period (1997- 2020) from the Alerta Rio system and future (2021-2100) from climate models (CanESM5, MIROC6, MPI-ESM), adopting climate change scenarios SSP 4.5 and 8.5 (CMIP6). Prcptot shows large variability in the MRJ, with mean totals ranging from 900 to 1800 mm/year. Future projections show a reduction in total rainfall, for both scenarios. The biggest reduction being for 8.5.

KEYWORDS: climates changes, climate models, rain.

INTRODUÇÃO

O alto índice pluviométrico e sua variação possuem uma relação direta com as mudanças climáticas. Observa-se que é comum a ocorrência de eventos de chuva intensa (ECI) concentrada em curto período de tempo, principalmente durante o verão e outono, deflagrando uma série de transtornos à população, que já convive com esse problema desde a fundação da cidade (DERECZYNSKI et al., 2017). Diante dos aumentos dos índices de precipitação, chuvas e eventos extremos que ocasionam os chamados desastres naturais. Pensa-se que a elevação desses índices pode ser prevista, mapeada e quantificada, de modo que haja uma previsão dos níveis de chuva forte, moderada e/ou chuva fraca. Os chamados índices climáticos extremos e indicadores de estresse térmico são derivados das projeções climáticas globais do Programa Mundial de Pesquisas Climáticas (CMIP6).

Os índices de percentuais de chuvas intensas foram identificados de modo a estabelecer projeções futuras para os níveis de precipitação, sendo assim possível estabelecer um mapeamento dos níveis de chuva. Tais índices foram identificados para o estado do Rio de Janeiro através das estações meteorológicas do estado.

O conhecimento sobre essas distribuições da precipitação é de fundamental importância, pois permite determinar em quais regiões determinadas variável ambiental vem sofrendo mudanças significativas ao longo do tempo (REGUEIRA, 2018)

A não homogeneidade e falta de equilíbrio entre estes eventos, pode ocasionar prejuízos na agricultura, na sociedade, economia e qualidade de vida. Uma vez que a agricultura tem relação direta com a segurança alimentar da sociedade e abastecimento alimentar da população. Fora isso, o equilíbrio e desenvolvimento ambiental também é afetado, uma vez que há as variações de escala pluviométrica, todo o ecossistema sofre com os impactos negativos dos eventos extremos de precipitação

Ultimamente o nível de chuva tem apresentado uma elevação, ocasionando os chamados desastres naturais. Tal fator se dá pela elevação e oscilação das escalas de temperatura que são correlacionadas com as mudanças climáticas. A ocorrência de desastres naturais e eventos extremos causados pela precipitação vem afetando diretamente a população do estado do Rio de Janeiro (CARVALHO, 2022).

Em decorrência das mudanças climáticas é possível identificar os níveis de chuva e também as projeções futuras de precipitação.

Deste modo, o objetivo deste estudo consiste em identificar mudanças na precipitação total anual (prcptot) para o município do Rio de Janeiro (MRJ).

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados dados de chuva do sistema de monitoramento no município do Rio de Janeiro (MRJ), o AlertaRio. Este sistema conta 33 estações pluviométricas distribuídas pelo município, e as medições de precipitação.

Este trabalho analisou a precipitação total anual (PRCPTOT) do MRJ, com dados reais medidos do sistema AlertaRio, período atual e dados estimados por três modelos climáticos do World Climate Research Programme (CMIP6), para cenários futuro de mudanças climáticas.

O período atual está compreendido entre os anos de 2000 até o ano de 2020. Foram escolhidas 5 estações pluviométricas do AlertaRio. As estações escolhidas foram Campo Grande, Madureira, Recreio dos Bandeirantes, Rocinha e Tijuca (Tabela 1). Foi utilizada a média dos valores de precipitação total anual das estações pluviométricas durante o período da série histórica escolhida.

Tabela 1. Coordenadas geográficas das estações pluviométricas utilizadas.

| Estação | Latitude (S) | Longitude (W) | Altitude (m) |
|--------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Campo Grande | -22,90361° | -43,56194° | 30 |
| Madureira | -22,87333° | -43,33889° | 45 |
| Recreio dos Bandeirantes | -23,01000° | -43,44056° | 10 |
| Rocinha | -22,98583° | -43,24500° | 160 |
| Tijuca | -22,93194° | -43,22167° | 340 |

Para o período futuro foram utilizados a média anual dos dados de chuva de três modelos climáticos globais. Os modelos utilizados foram o CanESM5 (Canadian Earth System Model), MIROC6 (Modelo para Pesquisa Interdisciplinar sobre o Clima) e MPI-ESM (Modelo do Sistema Terrestre do Instituto Max Planck de Meteorologia).

Para este trabalho foram utilizados dois cenários de mudanças climáticas, o primeiro cenário SSP 4.5 que representa um cenário intermediário de emissão de GEE, e o cenário SSP 8.5, cenário este que representa altas emissões de GEE. Os dados de chuvas foram processados utilizando o software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram que o índice PRCPTOT medido do MRJ, apresenta grande variabilidade pluviométrica com o passar dos anos, variando entre 900 a 1800 mm ano⁻¹, resultados semelhantes também foram observados no trabalho, de Regueira & Wanderley (2022) (Figura 1). É possível observar que os valores medidos apresentam maior variabilidade que os estimados para os cenários futuros, isso se dá pela influência orográfica e a proximidade com a superfície oceânica do município do Rio de Janeiro (SOBRAL, 2017).

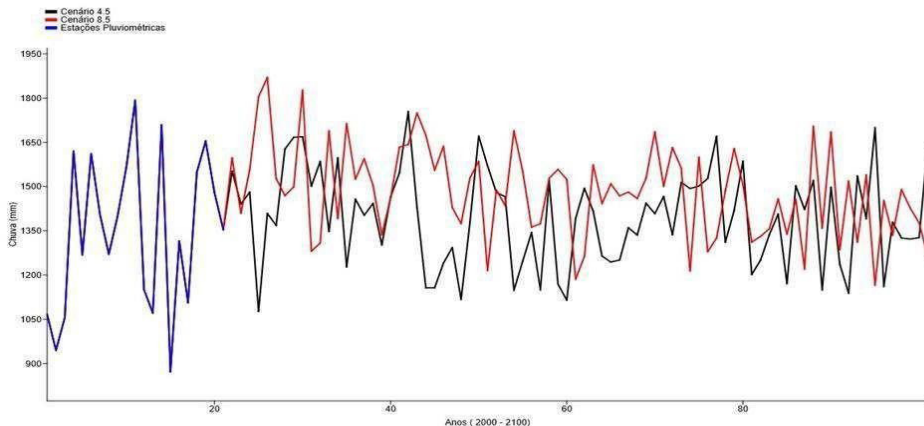


Figura 1: Precipitação total medida e estimada para o município do Rio de Janeiro, no período 2000 e 2100.

Através da análise dos resultados obtidos para os cenários futuros, é possível observar variabilidade semelhante para a distribuição das chuvas do MRJ, porém com tendência de redução. Para o cenário 4.5 a tendência de redução das chuvas é mais intensa até meados do século, passando a apresentar menor variabilidade até o fim do século. Para o cenário 8.5 a redução das chuvas segue uma tendência, quase que linear até o fim do século.

CONCLUSÕES

A precipitação total anual do MRJ, não apresenta grande variação em sua distribuição, para o período atual. No entanto, para os valores de chuva estimados através dos modelos climáticos é observada redução das chuvas, para ambos os cenários, mostrando que a influência das mudanças climáticas é real podendo contribuir para a redução das chuvas no estado em cenários futuros.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, L.V.; WANDERLEY, H. S. (2022). Risk identification of precipitation extremes due to climate change in the southern region of the state of Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 15, 2073- 2085. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15 4.p2073-2085>

EXPERT TEAM ON CLIMATE CHANGE DETECTION AND INDICES (ETCCDI). Disponível em: <http://etccdi.pacificclimate.org/indices.shtml>. Acesso em: 07 nov. 2022.

PRISTO, M. V. J. et al. CLIMATOLOGIA DE CHUVAS INTENSAS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, v. 4,61505. 2018. Acesso em: 16 nov 2022

REGUEIRA, A. O. MUDANÇA NA DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO A IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS. Rio de Janeiro 2018. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7769716. Acesso em: 16 nov. 2022.

REGUEIRA, A. O.; WANDERLEY, H. S. Changes in rainfall rates and increased number of extreme rainfall events in Rio de Janeiro city. **Natural de Hazards**, p. 1-15, 2022.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014.

SISTEMA ALERTA RIO DE PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/>. Acesso em: 07 nov. 2022.

SOBRAL, B. S. **Caracterização da seca no estado do Rio de Janeiro baseada no índiceSPI** via modelo DRINC. 2017. 154f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, 2017.

BALANÇO GERAL DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA NO PERÍODO DE 1990 A 2020

Data de aceite: 03/07/2023

Thiago Rezende Lima do Carmo

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (PPGACS)

Segundo Sacramento Urquiaga Caballero

Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Bruno José Rodrigues Alves

Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

possa contribuir para riscos de poluição ambiental, é explicado e justificado pelo grande impacto da agropecuária nacional para a segurança ambiental do mundo, num meio onde grande parte dos solos apresenta baixos teores de nutrientes. No caso do nitrogênio, verifica-se que a agricultura brasileira é dependente do processo da Fixação biológica de N pois cerca de 50% do ingresso de N é derivado desta fonte.

PALAVRAS-CHAVE: consumo de nutrientes, saída de nutrientes.

GLOBAL BRAZILIAN AGRICULTURE BALANCE OF NITROGEN AND PHOSPHORUS DURING THE PERIOD OF 1990 AND 2020

ABSTRACT: Agricultural and livestock production in Brazil is increasing significantly, the area harvested from agricultural production has increased by 64% in the last 3 decades, reaching 83 million ha in 2020, furthermore increases in agricultural productivity and animal production has been noted (IBGE, 2022) increasingly, a greater volume of agricultural inputs is used. This work have the objective to calculate the N and P balance of Brazilian agriculture between the years 1990 and 2020. Balances

RESUMO: A produção agrícola e pecuária no Brasil se apresenta em pleno crescimento, a área colhida de produções agrícolas aumentou 64% nas últimas 3 décadas alcançando 83 milhões de ha em 2020, além de elevações na produtividade agrícola e acréscimo da produção animal (IBGE, 2022) fazendo com que cada vez mais, um maior volume de insumos agrícolas seja utilizado. Este trabalho teve por objetivo realizar cálculos do balanço de N e P da agropecuária brasileira entre os anos de 1990 e 2020. O balanço de N e P da agropecuária brasileira registra excedentes em todos os anos estudados, que embora

with excess for both nutrients were obtained in all years of the period. The balance of N and P in Brazilian agriculture records surpluses in all the years studied, which, although it may contribute to environmental pollution risks, is explained and justified by the great impact of national agriculture on food and environmental security in the world, in conditions where Soils are naturally very poor in nutrients. In the case of nitrogen, it is shown that Brazilian agriculture is dependent on the process of biological N fixation, since about 50% of the N input is derived from this source.

KEYWORDS: inputs of nutrients, outputs of nutrients, cropping farm, livestock farm.

INTRODUÇÃO

Problemáticas com questões ambientais vem ganhando importância ao longo das últimas décadas no mundo, e no Brasil não é diferente. A respeito da agricultura e pecuária a preocupação existe com a preservação do recurso natural solo e na mitigação da emissão de gases de efeito estufa. A *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 2007a e b), para a agricultura, desenvolveu protocolos para avaliar o balanço dos macronutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P), considerando que balanços positivos ou que no caso do consumo de nutrientes seja maior do que se exporta do campo com os produtos colhidos, os sistemas oferecem algum risco ambiental. Nesse sentido, considerando os desejos do Brasil de ingressar no seleto grupo de países da OECD, é recomendado que seja estudada a situação em que se encontra o país nesse indicador de balanço de nutrientes

O excedente no balanço de N e P no solo ocorre principalmente devido ao uso excessivo de diversas fontes de nutrientes (fertilizantes e compostos orgânicos) e podem levar a excesso de disponibilidade de nutrientes, gerando risco de contaminação de corpos d'água, eutrofização, entre outros problemas (MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2018; TUNDISI, 2006), e além disso, no caso do N, podendo contribuir com emissões do gás de efeito N_2O , seja de maneira direta ou indireta a partir da volatilização do N na forma de NH_3 , NO_2 e NO_3 (IPCC, 2019). Trabalhos de Cunha et al. (2010, 2011, 2014, 2018) e Guareschi et al. (2019) vem registrando no Brasil excedentes contínuos nos últimos anos apesar de Yamanda & Lopes (1998) e Cunha (2011) registrarem balanços negativos para N na primeira metade dos anos 90

O objetivo deste trabalho é avaliar o balanço de N e P para o Brasil entre os anos de 1990 a 2020 seguindo as guias do IPCC (2007a e b), com alguns ajustes que melhor refletem a situação nacional.

MATERIAL E MÉTODOS

O balanço de nutrientes (BN) foi calculado seguindo as diretrizes de OECD (2007a e b) para N e P respectivamente. Os cálculos foram realizados para o Brasil no período de 1990 a 2020 de acordo com a equação a seguir:

$$BN = Ctn - Extn \quad (1)$$

Em que:

Ctn é o consumo (entrada) de nutrientes do balanço; Extn é a exportação (saída) de nutrientes do balanço.

No Ctn as fontes consideradas no balanço são: aplicação de fertilizantes sintéticos; excretas animais (suínos, galináceos, coelhos e demais aves e coelhos); incorporação de sementes e mudas para plantio; fixação biológica de nitrogênio (FBN) e deposição atmosférica. Para isto foram utilizados dados de montante de N e P na forma de fertilizantes sintéticos consumidos na agricultura (IFA, 2022); população animal para as estimativas de excretas, dados de sementes e mudas, área plantada e produtividade de soja e feijões para estimativa de FBN além da área de agricultura temporária, permanente e de pastagens para as contribuições de deposição atmosférica (FAO, 2022).

Foram utilizados fatores de produção de excretas por cabeça animal (IPCC, 2019). Os teores de N e P de sementes e mudas além dos fatores de deposição atmosféricas utilizados foram os propostos pela OECD (2022), enquanto os teores de N incorporado na agricultura devido a FBN foram obtidos da literatura (HERRIDGE et al., 2008) Perdas por volatilização do N não foram consideradas.

No Extn as fontes são: todas as produções agrícolas contabilizadas pela FAO (2022) e a produção de carne bovina, sendo utilizados dados de produção de carcaças bovinas, dados de IBGE (2022).

Considera-se a produção de carne bovina como saída de nutriente pois, no Brasil, o regime de alimentação destes animais é basicamente as pastagens de exploração extensiva. Deste modo, como a pecuária ocorre majoritariamente em regime extensivo ou semiextensivo, suas excretas permanecem no solo no campo, sendo que os nutrientes oriundos de sua alimentação que permanecem na forma de carne o que efetivamente vai ser removido do sistema solo-planta. Deste modo, não se contabiliza a produção de pastagens, nem a entrada de dejetos bovinos no balanço, apenas a saída de nutrientes na forma de um bovino vivo pré abate. A contabilização dos demais animais com regime de alimentação e com destino das excretas semelhantes como caprinos, ovinos e asininos não foram contabilizados devido a menor relevância, não atingindo 10% das contribuições de saída de bovinos devido a população e peso expressivamente menores (IBGE, 2022). Esta foi a principal adaptação do método a realidade nacional realizada a partir do modelo da OECD (OECD, 2007a e b).

As produções agrícolas são a principal fonte de saída de nutrientes do balanço, e foram utilizados dados de IPNI (2022) como fatores de N e P para cada cultura. Em caso de culturas menos relevantes não contabilizados por IPNI, foram utilizados dados padrões da OECD (2022). No caso da carne bovina foi utilizado o fator de N e P médios de um bovino vivo pré abate (BONILHA et al., 2008; GOULART et al., 2008)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentado o balanço de N da agropecuária brasileira no período de 1990 a 2020. Nela é possível observar um excedente de 2,43 milhões de toneladas métricas no ano de 1990. O balanço segue apresentando excedentes em todos os anos com constante crescimento até o ano de 2020 (6,17 milhões de Mg). Dentre as fontes de entrada de N destacasse os fertilizantes sintéticos, que desde 2000 representam entre 20 a 31% das entradas; a deposição atmosférica, representando 39% em 1990 e decrescendo continuamente até a marca de 12% em 2020; e a FBN, principal fonte de entrada, onde na década dos 90 correspondia a cerca de 30%, e na última década do período estudado corresponde sempre entre 38 e 49% do N anual contabilizado como entrada no balanço.

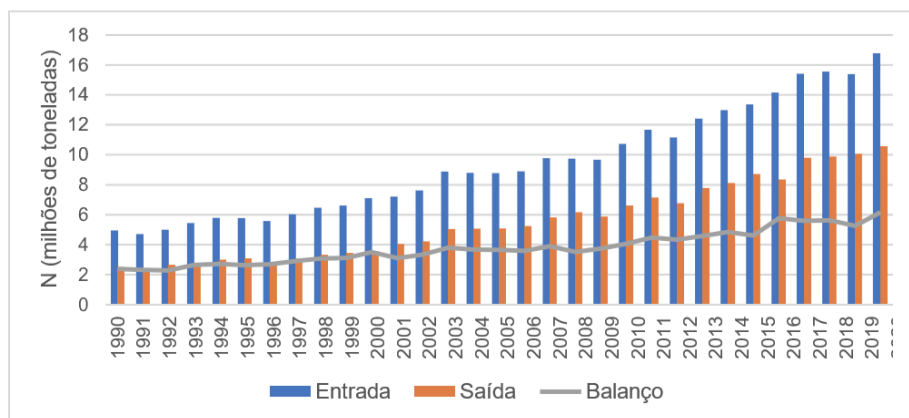


Figura 1. Balanço de N na agropecuária Brasileira entre 1990 a 2020

A Figura 2 ilustra o balanço de P da agropecuária nacional ao longo dos 31 anos de estudo. Semelhante ao ocorrido com N, também há excedentes em todos os anos além de um crescimento notório e constante, entretanto, os montantes envolvidos no balanço de P são menores, apresentando em 1990 um excedente de 0,42 Mg, alcançando 1,75 Mg em 2020 onde as entradas de P ocorrem numa escala cerca de 5 vezes menor que em N, devido que as doses aplicadas deste nutriente são geralmente menores que as de N. A principal fonte de entrada do nutriente são os fertilizantes industriais fosfatados, representando entre 64 e 72% das entradas nos anos 90 e entre 77 e 83% na última década deste estudo. A outra fonte significativa de entrada no balanço são os dejetos animais, normalmente incorporados ao solo na forma de adubos orgânicos, estes têm grau de importância inverso aos fertilizantes sintéticos, registrando na década de 90 cerca de 25% das entradas e reduzindo para 17% entre 2010 e 2020.

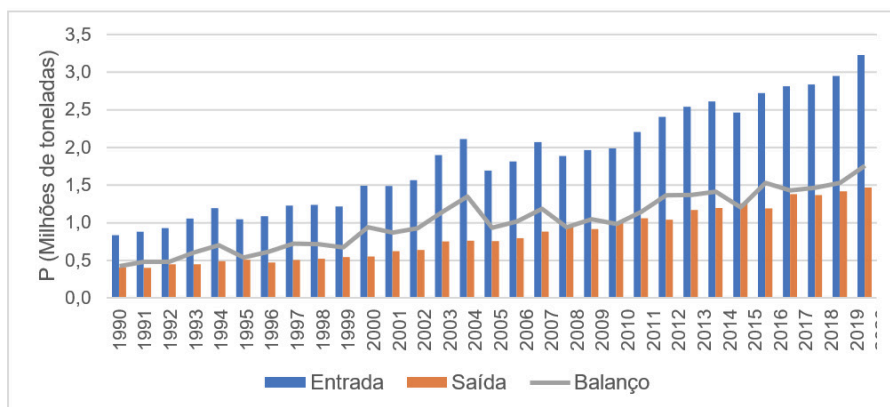


Figura 2. Balanço de P da agropecuária Brasileira entre 1990 a 2020.

Com relação a saída de nutrientes do balanço, tanto de N quanto em P, as culturas agrícolas tem papel predominante, sendo a carne bovina responsável por cerca de 7 e 10% de N e P respectivamente no período. Dentre as culturas agrícolas mais importantes destacasse a soja, milho e cana-de-açúcar, que juntas, foram responsáveis na década de 90 por cerca de 65 e 62% e atualmente por 80 e 76% das saídas de N e P do balanço, respectivamente.

CONCLUSÕES

O balanço de N e P da agropecuária brasileira registra excedentes em todos os anos estudados, que embora possa contribuir para riscos de poluição ambiental, é explicado e justificado pelo grande impacto da agropecuária nacional para a segurança ambiental do mundo. No caso do nitrogênio, demonstra-se que a agricultura brasileira é dependente do processo da fixação biológica de N pois cerca de 50% do ingresso de N é derivado desta fonte.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BANCO DE DADOS SIDRA: AGRICULTURA, PECUÁRIA E OUTROS. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>. Acesso em 18 jan 2022.

BONILHA, S.F. et al. Estimação da composição química do corpo vazio de animais Nelore e Caracu a partir das composições química e física do corte da 9^a-10^a-11^a costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 2206-2214, 2008.

CALCULADORA DE REMOÇÃO DE NUTRIENTE. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Disponível em <www.ipni.net/app/calculator/home>. acesso em 16 set de 2022.

CUNHA, J.F. et al. Balanço de nutrientes na agricultura Brasileira 2009 a 2012. **Informações agronômicas**: Piracicaba, n. 145, p. 1-28, 2014.

CUNHA, J.F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações agronômicas**, IPNI, v.130, p. 1-11, 2010.

CUNHA, J.F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira no período de 1988 a 2010. **Informações agronômicas**, IPNI, v.135, p. 1-7, 2011.

CUNHA, J.F.; FRANCISCO, E.A. B.; PROCHNOW, L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira no período de 2013 a 2016. **Informações agronômicas**, IPNI, v.162, p. 3-14, 2018.

FAOSTAT: DADOS DE PRODUÇÃO E CULTIVO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

GOULART, R.S. et al. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia de bovinos de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 926-935, 2008.

GUARESCHI, R.F. et al. Balanço de nitrogênio, fósforo e potássio na agricultura da América Latina e Caribe. **Terra Latinoamericana**, v. 37, n. 2, p. 105-119, 2019.

HERRIDGE, D.F.; PEOPLES, M.B.; BODDEY, R.M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. **Plant Soil**, v. 311, p. 1-18, 2008.

IFASTAT: DATABASES. International Fertilizer Association (IFA). Disponível em <www.ifastat.org/>. acesso em 18 jan 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, v. 4. Ch.10-11, 2019.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2018.

OECD AGRICULTURE STATISTICS: ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF AGRICULTURE - NUTRIENTS BALANCES. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Disponível em <<https://doi.org/10.1787/d327d2a9-en>>, acesso em 03 ago de 2022.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Gross nitrogen balances handbook**. OECD, 2007a.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Gross phosphorus balances handbook**. OECD, 2007b.

TUNDSI, J. G. A crise da água: eutrofização e suas consequências. Água no século XXI: enfrentando a escassez. **Rima**, IIE, São Carlos. 247p, 2003.

YAMANDA, T.; LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações agronômicas**: IPNI, v. 84, p. 1-8, 1998.

VARIAÇÕES DOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DO SOLO EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA COM DIFERENTES INTENSIDADES DE USO AGRÍCOLA

Data de aceite: 03/07/2023

Tiago Paula da Silva

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (UFRRJ)

Caio Simões dos Santos Nicolau

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Carlos Wagnerribeiro Junqueira

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Nivaldo Schultz

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

Gilsonley Lopes dos Santos

Pós-Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

RESUMO: Os solos apresentam características distintas de acordo com a intensidade dos fatores de formação. Na Baixada Fluminense, RJ os solos são predominantemente de textura arenosa na camada arável. Essa característica afeta diretamente seus atributos físicos, químicos, biológicos e morfológicos. O objetivo deste

estudo foi avaliar os atributos morfológicos, físicos e o teor de carbono orgânico (COT) de perfis em uma topossequência, em função das variações topográficas e da intensidade de uso. O estudo foi conduzido em uma área experimental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica, RJ. Foi selecionada uma topossequência e abertos perfis nos terços superior, médio e inferior, para coleta de amostras de terra, em cada horizonte. Observou-se que o terço médio possui menor espessura do horizontesuperficial, o que pode ser atribuído à maior intensidade dos processos erosivos, enquanto no terço inferior o maior valor de espessura deve-se à deposição do material carreado dos pontos mais altos da paisagem. No terço inferior, apesar de terem sido observados maiores teores de argila no horizonte superficial, não foi verificada a ocorrência de estrutura com agregação. As cores mais escuras estão associadas a maiores teores de carbono, enquanto no terço inferior a textura mais arenosa do horizonte superficial favorece uma pigmentação mais intensa, mesmo com menores teores de carbono.

PALAVRAS-CHAVE: agregação do solo, indicadores de qualidade do solo, manejo do solo.

VARIATIONS OF SOIL MORPHOLOGICAL ATTRIBUTES IN A TOPOSEQUENCE WITH DIFFERENT INTENSITIES OF AGRICULTURAL USE

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the morphological and physical attributes and the organic carbon content (TOC) of profiles in a toposequence as a function of topographical variations and intensity of use. The study was conducted in an experimental area of the Federal Rural University of Rio de Janeiro, in Seropédica, RJ. A toposequence was selected, profiles opened in the upper, middle and lower thirds were collected, and soil samples were collected from each horizon. The middle third has a lower thickness of the surface horizon, which can be attributed to the greater intensity of erosion processes. In the lower third, the greater thickness value is due to the deposition of material from the highest points of the landscape. In the lower third, although higher clay content was observed in the surface horizon, the occurrence of structure with aggregation was not verified. Darker colors are associated with higher carbon contents, while in the lower third the sandy texture of the surface horizon favors a more intense pigmentation, even with lower carbon contents.

KEYWORDS: soil aggregation, soil quality indicators, soil management.

INTRODUÇÃO

Os solos são formados a partir do intemperismo das rochas, sendo denominados de autóctones ou por sedimentos (alóctones). Associado ainda a este fator de formação do solo, tem-se a contribuição dos demais fatores - clima, relevo, organismos e tempo, que podem atuar em diferentes magnitudes, resultando em solos com características distintas. Os solos brasileiros, em sua grande maioria, são formados por rochas de caráter ácido ou sedimentos produzidos a partir do intemperismo destas. Solos formados a partir destes materiais de origem, em ambientes de alta precipitação pluviométrica, apresentam de maneira geral fertilidade natural baixa e textura arenosa nos horizontes superficiais.

Na Baixada Fluminense no Rio de Janeiro, grande parte dos solos possui textura arenosa na camada arável. Essa condição contribui para que estes apresentem solos baixos níveis de fertilidade, de matéria orgânica, e capacidade de retenção de água.

Ainda decorrente dos elevados teores de areia na camada arável, observa-se a formação de estrutura sem agregação (grão simples), ou quando agregados estão presentes eles possuem um baixo grão de resistência, com isto, os agregados podem ser facilmente destruídos e, as partículas individualizadas, removidas pela ação da água ou ventos, ou seja, erosão hídrica ou eólica, respectivamente. Em função dessa fragilidade estrutural, práticas que propiciem uma menor mobilização do terreno e que contribuam para o aumento e/ou manutenção do conteúdo de matéria orgânica devem ser estimuladas. Além de atuar como agente cimentante, a matéria orgânica promove maior escurecimento dos horizontes superficiais, em especial naqueles que possuem textura mais arenosa.

Os atributos do solo como cor, textura, estrutura e teores de carbono podem variar em diferentes condições do relevo e pontos da pendente. Segundo Hattar et al. (2010), o declive, a extensão, a curvatura e a localização de uma toposequência podem

provocar modificações nas propriedades químicas e mineralógicas dos solos. As atividades agrícolas também podem afetar diretamente nos atributos morfológicos do solo, sendo estas modificações mais intensas na camada arável, quando não são empregadas práticas conservacionistas.

Este estudo teve como objetivo avaliar as modificações dos atributos morfológicos em função das variações topográficas e intensidade de uso agrícola do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no *campus* da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizado no município de Seropédica, Rio de Janeiro, cujas coordenadas geográficas são 22°45'39.2"S 43°41'52.2"W. O clima, segundo Köppen, é Aw tropical de inverno seco e verão chuvoso, com precipitação pluviométrica média anual de 1200 mm, e temperatura média de 23,5 °C.

A área selecionada situa-se no setor de grandes culturas na área experimental do Instituto de Agronomia. Nesta área, foi selecionada uma topossequência, para abertura de perfis localizados em diferentes pontos da pendente, a saber: terço superior, terço médio e terço inferior. A declividade da área é de aproximadamente 5%.

Cada terço da topossequência é submetido a um diferente tipo de uso agrícola. O terço superior é aquele que apresenta uma maior intensidade de uso do solo, enquanto o terço médio apresenta intensidade de uso moderada (principalmente pastagem), sendo verificada uma maior suscetibilidade aos processos erosivos, ao passo que o terço inferior é uma área que se encontra sem utilização (área de pousio).

Os perfis foram descritos e coletados segundo Santos et al. (2015). Foram coletadas amostras de cada horizonte, sendo estas posteriormente levadas para laboratório.

Foi realizada a determinação da cor, utilizando-se a carta de cores de Munsell (Munsell Color Charts). Para tanto, avaliou-se o (Matiz), o (Valor) e o (Croma) em torrões secos e úmidos. A textura do solo avaliada pelo método expedito, segundo Santos et al. (2015). O material foi seco ao ar, destorroado e passado por peneira de 2,0 mm de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), para a realização das análises de fertilidade e de matéria orgânica do solo.

Nestas amostras, para a caracterização dos perfis, foram realizadas as determinações dos seguintes atributos: pH em água na relação 1:2,5 (solo:água); Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, analisados por titulometria; P, Na⁺ e K⁺ extraídos pelo método Mehlich-1 e analisados por colorimetria (P) e fotometria de chama (K⁺ e Na⁺). A acidez trocável (H+Al), extraída com KCl 1 mol L⁻¹ foi analisada por titulometria (TEIXEIRA et al., 2018). Nas amostras, também foi determinada a granulometria, pelo método da pipeta (TEIXEIRA et al., 2018). Foram quantificados os teores de carbono orgânico total (COT), por meio da oxidação com dicromato de potássio a 0,2 mol L⁻¹ em meio ácido, e pela titulação por sulfato ferroso amoniacal a 0,1 mol L⁻¹, segundo Yeomans & Bremner (1988).

Os perfis foram classificados segundo Santos et al. (2018). As representações gráficas dos atributos analisados foram realizadas com auxílio do software R Core Team (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos atributos morfológicos, físicos e químicos, os perfis foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018), como Plintossolo Argilúvico (terço superior) e Planossolo Háplico (terços médio e terço).

Os perfis possuem espessuras dos horizontes superficiais variáveis (Figura 1), sendo essas distintas em cada ponto da paisagem. No perfil localizado no terço médio, foi observada a menor espessura do horizontesuperficial (Figura 1).

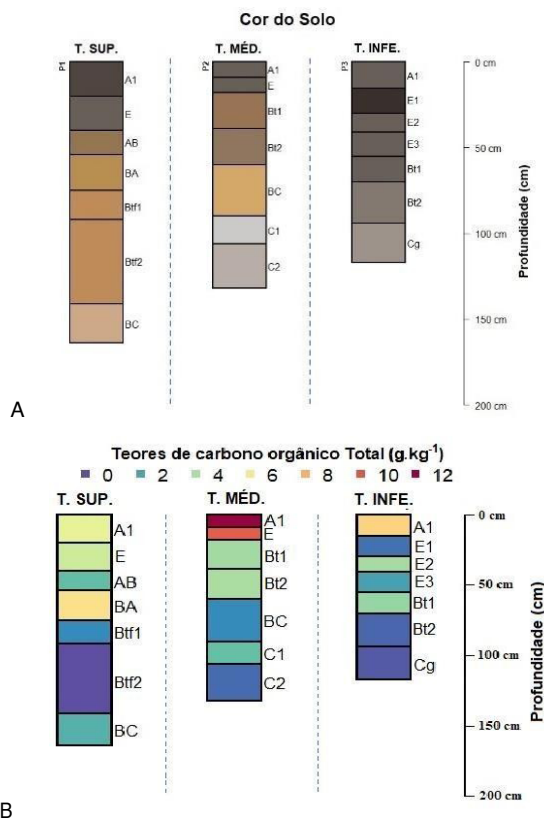


Figura 1. (A) Representação da cor do solo nos perfis (Munsell Color Charts) e (B) do carbono orgânico total nos perfis.

Este ponto da paisagem é o que apresenta maior influência dos processos erosivos, contribuindo para a maior remoção de material e consequentemente diminuição da espessura. Outro fator que pode estar atuando também para a menor espessura do solo

no terço médio seria a intensidade de uso. No terço inferior da topossequência, foram verificados horizontes superficiais mais espessos, em comparação ao terço médio. Apesar disto a espessura dos horizontes é menor que a observada no terço superior. Maiores valores de espessura nesse ponto de paisagem podem ser atribuídos à maior deposição de sedimentos, já que está área corresponde ao ponto mais baixo da paisagem (Figura 1).

Outro atributo morfológico para o qual foram verificadas modificações é a cor. Nos horizontes superficiais, foram observados tons mais escuros, correspondendo a menores valores. Esse padrão pode ser correlacionado aos maiores teores de COT nestes horizontes (Figura 1-B). No terço superior, os horizontes superficiais possuem cores cinzento muito escuro e cinzento escuro; no terço médio, cinzento escuro; e no terço inferior, cinzento e preto (Figura 1- A).

Para o perfil localizado no terço inferior, foram verificados os horizontes com coloração mais escura, preto (Figura 1-A), padrão que não está associado aos altos teores de carbono (Figura 1-B). Essa condição pode ser explicada pela textura mais arenosa que facilita a maior pigmentação do horizonte pela matéria orgânica, devido à menor superfície específica da areia. No horizonte superficial deste perfil foi observado o maior teor de areia, com 840 g kg⁻¹ (Tabela 1).

Quanto à estrutura, verificaram-se variações ao longo da topossequência. Nos horizontes superficiais dos terços superior e médio, são observadas estruturas do tipo granular, enquanto no terço inferior, estrutura sem agregação (grão simples) (Tabela 1). A presença de estruturas sem agregação nos horizontes superficiais do perfil localizado no terço inferior deve-se à textura arenosa (Tabela 1).

Em estudo em topossequência, em Paranavaí - PR, Gasparetto (1999) observou que ocorria o aumento das frações mais grossas em direção ao sopé da vertente, resultado semelhante ao observado neste estudo. Apesar de no horizonte A1 do perfil localizado no terço inferior serem observados maiores teores de argila, não foi identificada estrutura com agregação. O aumento da concentração de argila neste terço da topossequência, pode estar relacionado ao escoamento de água superficial, trazendo as partículas mais finas dos demais pontos da paisagem (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo nos horizontes dos perfis da topossequência.(1)

| T. Pai. | Hori. | Prof. cm | Estrutura | Cor úmida | | Textura | | | COT |
|---------|-------|-------------|-----------|-------------|---------------|--------------------|-------|-------|-------|
| | | | | | | Argila | Areia | Silte | |
| | | | | | | g kg ⁻¹ | | | |
| T. S. | A1 | 0-20 | Granular | 7,5YR3/1 | Cinz. m. esc. | 120 | 770 | 110 | 5,69 |
| T. S. | E | 20-40 | Granular | 7,5YR4/1 | Cinz.-escuro | 60 | 760 | 180 | 5,13 |
| T. S. | Bt1 | 40-54 | Bl. Ang. | 10YR 5/4 | Bruno-amar. | 300 | 460 | 240 | 3,23 |
| T. S. | Bt2 | 54-75 | Bl. Sub. | 10YR 6/6 | Amar.-bruna. | 480 | 410 | 110 | 6,64 |
| T. S. | Btf1 | 75-92 | Bl. Sub. | 7,5YR 6/6 | Amar.-aver. | 410 | 400 | 190 | 2,25 |
| T. S. | Btf2 | 92-141 | Bl. Ang. | 7,5YR 6/6 | Amar.-aver. | 680 | 290 | 30 | 1,04 |
| T. S. | BC | 141-164 | Bl. Sub. | 7,5YR 7/4 | Rosado | 380 | 330 | 210 | 2,97 |
| T. M. | A1 | 0-9 | Granular | 7,5YR 4/1 | Cinz.-escuro | 240 | 570 | 190 | 11,24 |
| T. M. | E | 9-18 | Granular | 10YR 4/1 | Cinz.-escuro | 180 | 590 | 230 | 9,36 |
| T. M. | Bt1 | 18-39 | Bl. Sub. | 7,5YR 5/4 | Bruno | 550 | 360 | 90 | 4,32 |
| T. M. | Bt2 | 39-60 | Bl. Sub. | 7,5YR 5/3 | Bruno | 430 | 260 | 310 | 4,45 |
| T. M. | BC | 60-90 | Bl. Sub. | 10YR 7/6 | Amarelo | 460 | 340 | 200 | 2,26 |
| T. M. | Cg1 | 90-106 | Bl. Ang. | 2,5YR 8/1 | Branco | 260 | 480 | 260 | 3,29 |
| T. M. | Cg2 | 106-132 | Bl. Sub. | 2,5YR 7/1 | Cinz.-claro | 450 | 190 | 360 | 1,61 |
| T. IN. | A1 | 0-15.5 | G. Sim. | 7,5YR 4/1 | Cinz.-escuro | 480 | 200 | 320 | 6,98 |
| T. IN. | E1 | 15.5-30 | G. Sim. | 7,5YR 2,5/1 | Preto | 80 | 840 | 80 | 1,77 |
| T. IN. | E2 | 30-41 | G. Sim. | 5YR 4/1 | Cinz. escuro | 50 | 840 | 110 | 4,37 |
| T. IN. | E3 | 41-55 | G. Sim. | 7,5YR 4/1 | Cinz. escuro | 60 | 790 | 150 | 2,67 |
| T. IN. | Bt1 | 55-70 | G. Sim. | 7,5YR 4/1 | Cinz. escuro | 120 | 570 | 310 | 4,11 |
| T. IN. | Bt2 | 70-94 | G. Sim. | 7,5YR 5/1 | Cinzento | 130 | 800 | 70 | 1,53 |
| T. IN. | Cg | 94-117 | G. Sim. | 7,5YR 6/1 | Cinzento | 200 | 800 | 0 | 1,26 |

Valores totais dos atributos químicos dos solos. Terço superior (T. S.); Terço médio (T. M.); Terço inferior (T. IN.), Carbono Orgânico Total (COT), Terço da Paisagem (P. Pai.), Horizonte (Hori.), Blocos subangulares (Bl. Sub.), Blocos Angulares (Bl. Ang.), Grãos simples (G. Sim.), Cinzento muito escuro (Cinz. m. esc.), Cinzento escuro (Cinz.-escur.); Amarelo-brunado (Amar.-bruna.); Bruno amarelado (Bruno amar.); Cinzento-claro (Cinz.-claro) e Amarelo-avermelhado (Amar.-aver.).

CONCLUSÕES

Os menores valores de espessura do horizonte superficial foram verificados no terço médio, o que pode ser o resultado da maior intensidade dos processos erosivos e atividades agrícolas realizadas. A textura mais arenosa no horizonte superficial do perfil localizado no terço inferior limita a formação de estrutura com agregação.

As cores mais escuras estão associadas a maiores teores de carbono nos terços superior e médio, em função das práticas agrícolas, enquanto no terço inferior a textura mais arenosa do horizonte superficial favorece umapigmentação mais intensa, mesmo com menores teores de carbono.

AGRADECIMENTOS

Ao PPGA-CS, FAPERJ e ao CNPq.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GASPARETTO, N. **As formações superficiais do Noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, p.182.1999.

HATTAR, B.I. et al. Variation in soil chemical properties along toposequences in an arid region of the Levant. **Catena**, v. 83, n. 1, p. 34-45, 2010.

SANTOS, R.D. et al. Manual de descrição e coleta de solo no campo 7. ed. rev.e ampl. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2015.

SANTOS, H.G. dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed.rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**, 2018.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p.1467-1476, 1988.

AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E VEGETAÇÃO NATIVA NO CERRADO

Data de aceite: 03/07/2023

Vanessa Cristine Serra Pereira

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (UFRRJ)

Raquel Valério Dias

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (UFRRJ)

Clara Fontes e Oliveira Azevedo

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Isabel Silva Pereira

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Ana Paula Guimarães

Pós Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (UFRRJ)

David Villas Boas Campos

Pesquisador da Embrapa

de água e ar no solo. O Brasil desenvolveu o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), com o intuito de adotar atividades com tecnologias de manejo de produção sustentáveis para a mitigação das emissões de gases que causam efeito estufa, como é o caso da integração lavoura-pecuária e do plantio direto. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de sistemas agrícolas de manejo sustentável na porosidade dos solos do Cerrado brasileiro. O experimento foi conduzido em uma propriedade em Rio Verde - GO, no bioma Cerrado, sobre um Latossolo Vermelho Distrófico. Os tratamentos avaliados foram: mata, integração lavoura-pecuária, soja sob plantio direto e áreas de silvicultura (eucalipto e seringueira). Foram abertas trincheiras e coletadas amostras indeformadas de terra nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30cm. Os resultados mostraram que o tipo de manejo agrícola influencia nos resultados de densidade do solo. Uma maior porosidade do solo foi observada na camada superficial da área sob mata secundária.

PALAVRAS-CHAVE: compactação, manejo sustentável, porosidade.

RESUMO: As atividades agrícolas com manejo inadequado ocasionam a compactação do solo, diminuindo a porosidade total e limitando a distribuição

ABSTRACT: Agricultural activities with inadequate management cause soil compaction, reducing the total porosity and limiting the distribution of water and air in the soil. Brazil developed the Low Carbon Agriculture Plan (ABC Plan), with the intention of adopting activities with ecological production management technologies to mitigate greenhouse gas emissions, as is the case of crop-livestock integration and of direct planting. In this sense, the present work aimed to evaluate the effect of management systems on the porosity of soils in the Brazilian Cerrado. The experiment was carried out in a property in Rio Verde - GO, in the Cerrado biome on a Latossolo Vermelho Distrófico. The treatments evaluated were: forest, crop-livestock integration, soy under no-tillage, and forestry areas (eucalyptus and rubber trees). Trenches were opened and undisturbed earth samples were collected at depths of 0-10, 10-20 and 20-30 cm. The results appreciated that the type of agricultural management influences the soil density results. Greater soil porosity was observed in the surface layer of the area under secondary forest (1.09 g cm^{-3}).

KEYWORDS: compaction, porosity, sustainable handling.

INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, com a intensa atividade antrópica, as emissões de gases de efeito estufa (GEE) tornaram-se exacerbadas. O Brasil chegou a ocupar o quarto lugar entre os maiores países emissores de GEEs no mundo, entre os anos de 1850 e 2021 (EVANS, 2021), devido, principalmente, ao aumento das queimadas da vegetação nativa em áreas que foram posteriormente destinadas à produção agropecuária, sobretudo em biomas como o Cerrado (BRITO, 2018).

Em 2009, na Conferência de Copenhague (COP15), o Brasil assumiu compromisso de redução das suas emissões dos GEEs, propondo o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC). Em 2020, o país propôs o Plano ABC+, através da adoção de tecnologias agropecuárias sustentáveis (OBSERVATÓRIO ABC, 2020).

Como forma de colocar em prática os objetivos do Plano ABC+, o país tem implementado o Protocolo MRV (Medição, Relato e Verificação), que consiste em um conjunto de etapas e subprotocolos para avaliar as alterações na dinâmica do carbono orgânico no solo (COS) como decorrência da mudança no uso da terra, através de práticas de manejos conservacionistas (FAO, 2020).

Entre as tecnologias propostas no Plano ABC e no Protocolo MRV, destaca-se o uso de sistemas agrícolas de manejo sustentável, tais como o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (SILPF) e o Sistema de Plantio Direto (SPD). Esses sistemas de manejo promovem a melhoria da estrutura do solo com a formação de agregados e, conseqüentemente, na proteção física da matéria orgânica, que é um mecanismo que contribui para a estabilização do carbono do solo.

Atividades agrícolas com manejo inadequado ocasionam o aumento da densidade do solo, diminuindo a porosidade total do solo, o que resulta na redução da infiltração e retenção de água no solo e no armazenamento do ar no solo, que é fundamental para as trocas gasosas, afetando negativamente a produtividade das plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de sistemas agrícolas de manejo sustentável na porosidade dos solos do Cerrado brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em uma propriedade rural, localizada no município de Rio Verde, no estado de Goiás, no bioma Cerrado. O clima é classificado como Tropical Chuvoso (Aw), de acordo com Koppen, com temperatura média de 21,3 a 27,2 °C e precipitação média de 1500 ± 500 mm. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico.

Os experimentos foram instalados em áreas sob floresta secundária, plantio direto, plantio de eucalipto, plantio de seringueira e sob sistema de integração lavoura - pecuária (SILP). A metodologia utilizada para a amostragem de terra foi a recomendada pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Para a realização da coleta de amostras indeformadas de terra para a determinação da densidade do solo, foram abertas trincheiras com 60 cm de profundidade x 1,2 m de largura x 1,5 m de comprimento. Em seguida, foi realizada a limpeza da superfície do solo e das paredes do perfil da trincheira, a fim de não comprometer as amostras coletadas. Posteriormente, foi feita a coleta de amostras indeformadas de terra nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, utilizando anéis biselados com volume interno de aproximadamente 100 cm³ (anéis de Kopecky), que foram inseridos cuidadosamente com o auxílio de um martelo pedológico, iniciando da maior profundidade para evitar a contaminação das amostras.

Todas as amostras foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados e enviados ao Laboratório de Matéria Orgânica do Solo, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Para a determinação da densidade do solo, foi utilizada a metodologia da Embrapa (2017). Para a obtenção do resultado de densidade do solo (g cm⁻³), realizou-se o seguinte cálculo:

$$Ds = \frac{Ms}{Vt}$$

Em que:

Ds – densidade do solo, em g cm⁻³

Ms – massa de solo seco à 105 °C, em g

Vt – volume total, considera-se o volume do anel, em cm³

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de densidade do solo variaram entre 1,09 e 1,68 g cm⁻³ (Figura 1). O menor valor de densidade do solo foi observado em área sob mata (1,09 g cm⁻³), na camada superficial (0-10 cm). Esse resultado pode ser explicado devido à não perturbação do solo em áreas sob vegetação natural e ao contínuo aporte de material orgânico, que age como importante agente cimentante na formação de agregados no solo, a ausência de uso de máquinas agrícolas e de pressão de pastejo bovino, que levam à compactação do solo.

O maior valor de densidade do solo foi registrado na área de plantio de seringueira implementado há 40 anos, com valor de 1,62 g cm⁻³ na camada superficial do solo (0-10 cm). Nessa área, maiores valores de densidade do solo podem estar associados ao uso de máquinas agrícolas e na constante coleta de látex, já que acarretam a elevação da compactação do solo. Já na área de eucalipto, a densidade do solo na camada superficial (0-10 cm) foi menor 1,34 g cm⁻³, devido à pouca intervenção antrópica desde a implementação do plantio, há mais de 20 anos.

Nas áreas de SILP (sistema de integração lavoura-pecuária), os valores de densidade do solo na camada de 0-10 variaram entre 1,38 g cm⁻³ e 1,48 g cm⁻³, e foram maiores nas camadas em maior profundidade (10-20 e 20-30 cm). Já nos cultivos de soja plantio direto, o valor médio da densidade do solo na camada de 0-10 cm ficou em torno de 1,40 g cm⁻³, e também aumentaram nas camadas de solo em maior profundidade.

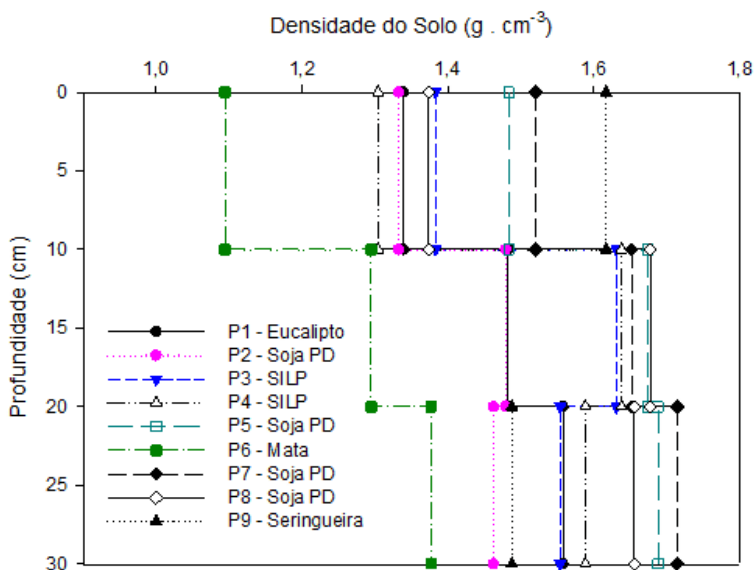


Figura 1 – Densidade do solo (g cm⁻³) nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, sob P1 eucalipto, P6 Mata secundária de Cerrado, P9 Seringueira P3 e P4 SILP (sistema de integração lavourapecuária), P2, P5, P7 e P8 cultura da soja sob sistema de Plantio Direto.

De uma maneira geral, verificou-se que as camadas superficiais (0-10 e 10-20 cm) se apresentaram menos compactadas, devido à maior concentração de matéria orgânica, pois ela favorece a porosidade do solo. Já na camada de solo mais profunda (20-30 cm), os maiores valores de densidade do solo podem ser explicados pelo uso de maquinários no manejo, formando o ‘pé-de-arado’, que acarreta a compactação do solo.

CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo do solo avaliados influenciaram na porosidade do solo. A vegetação nativa, que é considerada a área de referência, apresentou menor densidade do solo na camada do solo superficial (0-10 cm).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRITO, M. et al. Estoque de carbono no solo sob diferentes condições de cerrado. **Desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, Palmas, v. 5, p. 114-124, 2018.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro**, v. 997, p. 65 – 67. 2017.

EVANS, S. Analysis: Which countries are historically responsible for climate change. Carbon brief, 2021. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/analysis-whichcountries-are-historically-responsible-for-climate-change/>. Acesso em: 05 set. 2022.

FAO. A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocol. FAO, Rome. 2020.

IPCC. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019.

OBSERVATÓRIO ABC. **Proposta de Monitoramento, Relato e Verificação das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono**. Observatório ABC – Agricultura de Baixo Carbono. 2020. 28 p. Disponível em: <http://observatorioabc.com.br/2020/05/proposta-de-monitoramento-relato-e-verificacao-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-da-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono/>. Acesso em: 09 set. 2022.

QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS PRODUZIDAS COM RESÍDUOS ORGÂNICOS

Data de aceite: 03/07/2023

Victória M^a Monteiro Mendonça

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (PPGCAF/UFRRJ)

Thainá Salazar de Assis

Estudante de Graduação em Agronomia (UFRRJ)

Gilsonley Lopes dos Santos

Pós-doutorando em Ciências Ambientais e Florestais (PPGCAF/UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor do Departamento de Silvicultura no Instituto de Florestas (DS/IF - UFRRJ)

José Carlos Arthur Júnior

Professor do Departamento de Solos no Instituto de Agronomia (DS/IA - UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos no Instituto de Agronomia (DS/IA - UFRRJ)

compostagem de resíduos da arborização urbana e alimentícios. Para tal, foram utilizados três componentes em diferentes proporções volumétricas: substrato comercial (SC), composto orgânico de resíduos da poda arbórea (CP) e composto orgânico de resíduos de alimentos (CC). Adotou-se o delineamento inteiramente casualizados (DIC), com 9 tratamentos (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 e S9) e 3 repetições, cada repetição com 5 mudas. Após 15 dias da germinação em areia lavada, as plântulas foram repicadas para tubetes de 280 cm³. A irrigação foi feita duas vezes ao dia. O experimento foi conduzido de março a novembro de 2020, totalizando 270 dias. Aos 270 dias foram avaliadas altura (cm), diâmetro de coleto (mm) e feita a segmentação das mudas para determinação da matéria seca (g) produzida e o Índice de qualidade de Dickson e o Índice de qualidade de Dickson (IQD). Posteriormente, determinou-se as concentrações do nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Os dados foram submetidos à análise não paramétrica (Kruskall-Wallis, 5%) no *software R*. Constatou-se os maiores valores de IQD e acúmulo de N, P, K nas mudas do tratamento S4 (50%SC:25%CP:25%CC) e os menores no controle (S1- 100%SC). O S4 foi o único

RESUMO: Esse estudo teve por objetivo avaliar a qualidade e o acúmulo de nutrientes das mudas de *Tabebuia aurea* produzidas em diferentes substratos com compostos orgânicos provenientes da

dentro dos parâmetros recomendados para expedição de mudas. Indica-se a utilização de resíduos orgânicos para melhoria da qualidade das mudas.

PALAVRAS-CHAVE: espécie nativa, NPK, reaproveitamento, resíduos, substratos.

QUALITY OF FOREST SEEDLINGS PRODUCED WITH ORGANIC WASTE

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the quality and nutrient accumulation of *Tabebuia aurea* (Ipê caraíba) seedlings produced in different substrates with organic compounds from the composting of urban tree and food waste. For this, 3 components were used in different volumetric proportions: commercial substrate (SC), organic compost from tree pruning residues (CP) and organic compost from food scraps (CC). A completely randomized design (DIC) was adopted, with 9 treatments (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 and S9) and 3 repetitions, each repetition with 5 seedlings. After 15 days of germination in washed sand, the seedlings were transplanted to 280 cm³ tubes. Irrigation was performed twice a day. The experiment took place from March to November 2020, totaling 270 days. At 270 days, height (cm), stem diameter (mm) were evaluated and the seedlings were segmented to determine the dry matter (g) produced and the Dickson Quality Index (DQI). Afterwards, the concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) were determined. The data were submitted to non-parametric analysis (Kruskall-Wallis, 5%) in the R software. The highest values of IQD and accumulation of N, P, K were found in the seedlings of treatment S4 (50%SC:25%CP: 25%CC) and the lowest in the control (S1-100%SC). S4 was the only one within the recommended parameters for seedling expedition. It is recommended the use of organic residues to improve the quality of the seedlings.

KEYWORDS: native species, NPK, reuse, waste, substrates.

INTRODUÇÃO

Atualmente há uma crescente geração de resíduos orgânicos produzidos pelo aumento da população mundial, como restos de alimentos, cascas de frutas e legumes, resíduos vegetais de jardinagem, poda da arborização urbana, entre outros que podem ser reciclados, sendo empregados como componentes para a formulação de substratos para produção de mudas florestais. Destaca-se a utilização destes materiais por estes poderem funcionar como fontes de nutrientes (PINTO et al., 2016).

O substrato, por ter função de sustentação e fornecimento de condições adequadas para o desenvolvimento e funcionamento do sistema radicular, bem como os nutrientes necessários para o crescimento (CUNHA et al., 2022; KRATZ, 2013). Portanto, é um dos fatores que influenciam diretamente na qualidade das mudas, sendo necessária atenção às combinações dos componentes quanto às suas características físicas e químicas, para que sejam atendidas todas as exigências das mudas, mas que também possuam baixo custo para produção e grande disponibilidade.

Diante da crescente demanda por mudas de qualidade, esse estudo teve por objetivo avaliar o acúmulo de macronutrientes e a qualidade das mudas da espécie *Tabebuia aurea*

(Silva Manso) Benth. e Hook.f. ex S.Moore produzidas em diferentes substratos formulados com compostos orgânicos provenientes da compostagem de dois resíduos: poda da arborização urbana e resíduos de alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

A condução experimental foi realizada no Viveiro Florestal Luiz Fernando Oliveira Capellão do Departamento de Silvicultura, no Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizada no município de Seropédica, RJ, a 22° 44' e 43° 42' e 26 metros de altitude. O clima, segundo classificação de Köppen é tipo Aw sendo, tropical com verão chuvoso e inverno seco. Com a média mensal de temperaturas mínima e máxima de 20° e 29°, respectivamente (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2013). A condução experimental ocorreu no período de Janeiro de 2020 a Novembro de 2020.

Foram elaboradas 09 formulações de substratos (tratamentos) com diferentes doses de substrato comercial (SC) (Mecplant®), composto orgânico produzido da compostagem de resíduos da poda arbórea urbana da cidade do Rio de Janeiro (CP) e composto orgânico produzido de restos de alimentos do alojamento universitário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro compostado (CC). Após a formulação dos substratos, foram adicionados 5 g L⁻¹ de adubo de liberação (Forth COTE Classic® 14-14-14) lenta para todos os tratamentos.

As proporções dos componentes utilizados na formulação dos 09 substratos (tratamentos) orgânicos foram: 100%SC (S1), 75%SC:25%CP (S2), 75%SC:25%CC (S3), 50%SC:25%CP:25%CC (S4), 25%SC:50%CP:25% CC (S5), 25%SC:25%CP: 50%CC (S6), 50%CP: 50%CC (S7), 75%CP:25%CC (S8) e 25%CP:75%CC (S9).

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizados (DIC), com nove tratamentos e três repetições, cada repetição com cinco mudas. Para a produção foi selecionada a espécie *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. e Hook.f. ex S.Moore, popularmente conhecida como Ipê caraíba. A semeadura foi realizada em areia lavada e após 15 dias da germinação, as plântulas foram repicadas para tubetes (280 cm³), com irrigação por microaspersão duas vezes ao dia.

A avaliação do desenvolvimento das mudas, foi feita através da análise das variáveis altura (H), utilizando régua milimetrada e diâmetro de coleto (DC) com paquímetro digital a cada 30 dias. Aos 270 dias, as mudas foram segmentadas em parte aérea (PA) e raiz (R), secas em estufa a 65° com circulação forçada, até atingir peso constante. Determinou-se a massa seca dos compartimentos para cálculo do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Equação 1). Após esta etapa foram realizadas as análises para determinação do teor de nitrogênio (N), fósforo (P), e potássio (K) nos compartimentos das mudas, segundo Tedesco et al. (1995), para cálculo do acúmulo de nutrientes total nas mudas (correspondente ao produto entre teor e massa de matéria seca por órgão e soma destas).

$$\text{Equação 1: } IQD = MST / [(H/DC) + (MSPA/MSR)]$$

Em que: IQD: índice de qualidade de Dickson; MST: massa seca total (g); H: altura das mudas (cm); DC: diâmetro do coleto (mm); MSPA: massa seca da parte aérea (folhas e coleto) (g); MSR: massa seca de raiz (g) (DICKSON et al., 1960).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade (teste de Shapiro Wilk, 5%) e homogeneidade da variância dos erros (teste de Levene, 5%), como os dados não atenderam aos pressupostos estatísticos, foi realizada a análise não paramétrica, (teste de Kruskal-Wallis, 5%), todas as análises foram executadas no *software R: A language and environment for statistical computing* (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento das mudas de *T. aurea* apresentou influência negativa durante o período de realização do experimento (270 dias) em função do recipiente utilizado (tubete de 280 cm³), que restringiu o desenvolvimento das raízes, as quais ocuparam todo o volume do tubete em alguns tratamentos (Figura 1B). Destaca-se que, o longo período de desenvolvimento do experimento, foi em decorrência da necessária paralisação de todas as atividades no ano de 2020 devido a Pandemia, as mudas foram encaminhadas para as análises laboratoriais assim que as atividades retornaram.



Figura 1: A – Raiz referente a muda produzida no substrato S1 – testemunha (100% substrato comercial); B – Raiz referente a muda produzida no substrato S4 (50% substrato comercial + 25% composto de poda + 25% composto de comida).

Os resultados indicam a influência das diferentes formulações de substrato para todas as variáveis analisadas. Com relação as médias determinadas para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), os tratamentos S4 e S8 foram superiores, ambos com IQD de 2,9 (Figura 2). O índice indica a qualidade das mudas através do equilíbrio de suas características, considerando as variáveis altura, diâmetro de coleto e matéria seca (CALDEIRA et al., 2012).

Apesar do tratamento S8 ter um alto IQD, este não refletiu numa muda de qualidade para ser utilizada na restauração florestal. Foram registradas para as mudas do substrato S8 a menor média de altura (14,6 cm) e coleto (5,9 mm) aos 270 dias de idade, ou seja, mudas muito pequenas com desenvolvimento lento, mas com suas características equilibradas. Já para as mudas do tratamento com 50% SC + 25% CP + 25% CC (S4), pode-se verificar as maiores médias (31,2 cm de H e 8 mm de DC), sendo mudas equilibradas e com os padrões para utilização na restauração.

Estudando o efeito de substratos (formulados com compostos de resíduos vegetais e diferentes esterco) e recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia aurea*, Pinto et al. (2016), observaram valores de IQD variando de 0,18 a 0,46 para as mudas produzidas em tubetes (0,3 dm³) aos 120 dias, já para as mudas produzidas em vasos (1,8 dm³) os valores variaram de 0,51 a 1,75.

O acúmulo dos nutrientes analisados seguiu padrão semelhante aos resultados do IQD, com o tratamento S4 destacando-se com os maiores valores médios, como pode ser observado na Figura 2. A formulação S1 (testemunha), proporcionou o menor IQD e os menores valores de acúmulo de N e P. O acúmulo de K também foi significativamente menor para S1 junto ao tratamento S9.

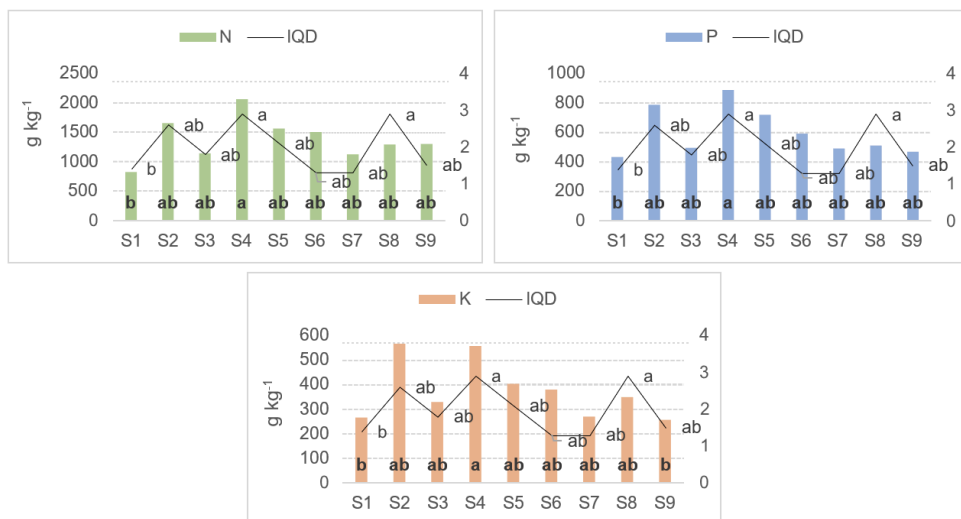


Figura 2: Médias do acúmulo total de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas produzidas nas diferentes formulações de substrato.

As maiores médias de IQD associadas aos maiores acúmulos de N, P e K no material vegetal, podem ser devido a melhor utilização e aproveitamento dos macronutrientes em seu desenvolvimento, como também, os nutrientes podem estar de formas mais disponíveis para as plantas nessas composições de substratos.

Estudos testando diferentes dosagens de N e K em mudas (FERREIRA et al., 2019); adubação de mudas com composto orgânico proveniente da compostagem de resíduos de ruminantes (PRIMO et al., 2014), salientam a forte relação do acúmulo de nutrientes com o crescimento foliar, em altura, diâmetro de coleto, das raízes, produção de matéria seca, entre outros.

Observando de forma geral, as médias de acúmulo dos nutrientes e IQD, nota-se que as composições formuladas com substrato comercial associado ao composto de poda arbórea, são os tratamentos com as maiores médias para todas as variáveis analisadas, sendo eles S4, S2 e S5. Em contrapartida, a composição sem compostos orgânicos (S1), a composição com maior porcentagem do composto de comida (S6) e as composições sem substrato comercial (S7, S8 e S9), foram os tratamentos com menores médias e desenvolvimento limitado.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento e acúmulo dos nutrientes avaliados foram influenciados pela adição dos compostos orgânicos aos substratos para mudas de *Tabebuia aurea*. Os resíduos orgânicos podem ser aproveitados na composição de substratos para mudas. As mudas produzidas na formulação 50% substrato comercial + 25% composto de poda + 25% composto de comida (tratamento S4), proporcionou uma melhoria na qualidade das mudas, possibilitando maior crescimento e acúmulo de macronutrientes.

AGRADECIMENTOS

AGEVAP e FAPERJ

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CALDEIRA, M.V.W. et al. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p: 77 – 84, 2012.

DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 36, p. 10-13, 1960.

FERREIRA, K.S. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleiras em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 2, p: 37–50, 2019.

KRATZ, D. et al. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Floresta, Curitiba**, v. 43, p. 125-136, 2013.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.O. et al. Caracterização do Regime de Vento no Município de Seropédica, Rio de Janeiro (2001-2010) Characterization of Wind Regime in Seropédica. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 447–459, 2013.

PINTO, A.V.F. et al. Efeitos de substratos e recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. F. Ex S. Moore. **Revista Biociências**, v. 22, n. 1, p. 100- 109, 2016.

PRIMO, A.A. et al. Produção e acúmulo de nutrientes de mudas de gliricídia adubadas com composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 16, n. 2, p. 144-153, 2014.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, p. 177-188, 1995.





MARCOS GERVASIO PEREIRA - é Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia – Ciência do Solo ambas as titulações obtidas na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. É Professor Titular do Departamento de Solos, Cientista do Nosso Estado (FAPERJ) e bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Atua em várias linhas de pesquisa com destaque para as de Pedologia e Manejo e Conservação do Solo e da Água.

EVERALDO ZONTA - é Engenheiro Agrônomo e Licenciado em Ciências Agrícolas, Doutor em Agronomia – Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. É Professor Titular do Departamento de Solos, Cientista do Nosso Estado (FAPERJ) e bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Atua em várias linhas de pesquisa com destaque para a de Fertilidade do Solo.



AGRICULTURA, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEGURANÇA ALIMENTAR

Anais do VI Simpósio ABC (Argentina-Brasil-Cuba)

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br



AGRICULTURA, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEGURANÇA ALIMENTAR

Anais do VI Simpósio ABC (Argentina-Brasil-Cuba)

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br