

Desenvolvimento Tecnológico em Ciência do Solo



Raíssa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Francisca Gislene Albano-Machado
Milena Maria Tomaz de Oliveira
(Organizadoras)

Atena
Editora

Ano 2020

Desenvolvimento Tecnológico em Ciência do Solo



Raíssa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Francisca Gislene Albano-Machado
Milena Maria Tomaz de Oliveira
(Organizadoras)

Atena
Editora

Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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. 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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^a Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Eivaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza

Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Renata Luciane Palsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Desenvolvimento tecnológico em ciência do solo

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário: Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Karine de Lima Wisniewski
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadoras: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Francisca Gislene Albano-Machado
Milena Maria Tomaz de Oliveira

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

D451 Desenvolvimento tecnológico em ciência do solo [recurso eletrônico]
/ Organizadoras Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos,
Francisca Gislene Albano-Machado, Milena Maria Tomaz de
Oliveira. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-262-3

DOI 10.22533/at.ed.623201008

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.
I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da. II. Albano-Machado,
Francisca Gislene. III. Oliveira, Milena Maria Tomaz de.

CDD 631.44

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento tecnológico da Ciência do solo, tem premissas desde a 1ª Revolução Agrícola, que foi definida por uma profunda mudança baseada na utilização de equipamentos e máquinas agrícolas, pela inovação e utilização de fertilizantes, adubos e substâncias químicas no tratamento do solo, além da aliança com a pesquisa genética. Todos esses fatores contribuíram para que a agricultura fizesse uso do solo de forma intensiva.

Porém, esse rápido desenvolvimento logo mostrou alguns pontos negativos, tais como a erosão, contaminação dos solos e corpos de água, assim como a perda da fertilidade do solo, todo esse panorama demonstrou a necessidade da ampliação do conhecimento sobre o solo e seu manejo.

Assim acreditamos que as soluções têm vindo e virão cada vez mais, por meio do desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido, esse livro traz informações relevantes e concisas de pesquisas em sistemas modernos de produção, as quais propõem, com base no conhecimento multidisciplinar, elevar ao máximo a capacidade do potencial de cultivo tecnificado de forma consciente.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Francisca Gislene Albano-Machado

Milena Maria Tomaz de Oliveira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
BIOMETRIA DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO (<i>Passiflora edulis f. flavicarpa</i>) SOB APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAL E AMINOÁCIDOS	
Camila Eduarda Souza de Sousa	
Atila Fonseca Carvalho Silva	
Jessivaldo Rodrigues Galvão	
Thiago Costa Viana	
Ismael de Jesus Matos Viegas	
Mauro Junior Borges Pacheco	
Jorge Cardoso de Azevedo	
Jeferson Campos Carrera	
Joel Correa de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6232010081	
CAPÍTULO 2	13
SISTEMAS DE PRODUÇÃO INTEGRADA E DESENVOLVIMENTO DA SOJA (<i>Glycine max</i>)	
Dayane Aparecida de Souza	
Ana Carolina de Almeida	
José Fernando de Oliveira Delgado	
Michaela Fernandes Sena	
Giovanna Letícia Poltronieri da Silva	
Milena Cremer de Souza	
Maicon Andreus Godoi de Souza	
Leopoldo Sussumu Matsumoto	
DOI 10.22533/at.ed.6232010082	
CAPÍTULO 3	26
CAL HIDRATADA AGRÍCOLA EM SISTEMA AGROPASTORIL	
Wander Luis Barbosa Borges	
Isabela Malaquias Dalto de Souza	
Pedro Henrique Gatto Juliano	
Letícia Nayara Fuzaro Rodrigues	
Jorge Luiz Hipólito	
Flávio Sueo Tokuda	
Adriano Custódio Gasparino	
DOI 10.22533/at.ed.6232010083	
CAPÍTULO 4	37
CALAGEM E GESSAGEM PELA PORCENTAGEM DE CA NA CTC E CTCE, EM SISTEMA AGROPASTORIL	
Wander Luis Barbosa Borges	
Pedro Henrique Gatto Juliano	
Isabela Malaquias Dalto de Souza	
Rogério Soares de Freitas	
Jorge Luiz Hipólito	
Adriano Custódio Gasparino	
Flávio Sueo Tokuda	
DOI 10.22533/at.ed.6232010084	
CAPÍTULO 5	48
CRITÉRIOS E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO COM VINHAÇA, TORTA DE FILTRO E FERTILIZANTE MINERAL PARA A CULTURA DA SOJA	
Antonio Nolla	

Mateus Konrad
Thaynara Garcez Da Silva
Adriely Vechiato Bordin

DOI 10.22533/at.ed.6232010085

CAPÍTULO 6 60

ESTUDO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE QUALIDADE DO SOLO EM UMA COMUNIDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE CAPANEMA-PA

Douglas Silva dos Santos
Fernanda Gisele Santos de Quadros
Wilton Barreto Moraes
César Di Paula Da Silva Pinheiro
Edivandro Ferreira Machado
Fernanda Campos de Araújo
Juliana Costa de Sousa
Nazareno de Jesus Gomes de Lima
Alef David Castro da Silva
Karlamyllie Batista de Jesus
Diocléa Almeida Seabra Silva

DOI 10.22533/at.ed.6232010086

CAPÍTULO 7 72

ESTUDO DO PROCESSO EROSIVO LAMINAR NA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RIO BARRO PRETO, EM CORONEL VIVIDA – PR

Maisa Carla Pasquatto
Julio Caetano Tomazoni

DOI 10.22533/at.ed.6232010087

CAPÍTULO 8 97

AValiação DA ÁGUA DISPONÍVEL EM FUNÇÃO DO GRAU DE INTEMPERISMO DE UM SOLO RESIDUAL GNÁISSICO

Regina Tavares Delcourt
Tácio Mauro Pereira de Campos

DOI 10.22533/at.ed.6232010088

CAPÍTULO 9 105

FRAÇÕES ORGÂNICAS PROVENIENTES DA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUO RUMINAL COMO BIOESTIMULANTE PARA *Urochloa brizantha*

João Henrique Silva da Luz
Evandro Alves Ribeiro
Hanrara Pires de Oliveira
Bruno Henrique Di Napoli Nunes
Leydinaria Pereira da Silva
João Pedro Silva Beserra
Sávio dos Santos Oliveira
Lucas Eduardo Moraes Brito
Gilson Araújo de Freitas
Rubens Ribeiro da Silva

DOI 10.22533/at.ed.6232010089

CAPÍTULO 10 117

FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES EM PRODUÇÃO DE PALMA *Opuntia stricta* IRRIGADA COM DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE

Érica Olandini Lambais
Evaldo dos Santos Felix

George Rodrigues Lambais
Jucilene Silva Araújo
Alexandre Pereira de Bakker

DOI 10.22533/at.ed.62320100810

CAPÍTULO 11 126

LEVANTAMENTO E MAPEAMENTO PEDOLÓGICO DETALHADO: SÍTIO EMAZA, ARAÇATUBA-SP

Ana Paula Antunes Duarte
Carla Caroline de Oliveira Silva
Gabriel Abril Fiel
Michel Amâncio Da Silva
Márcio Fernando Gomes

DOI 10.22533/at.ed.62320100811

CAPÍTULO 12 137

MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM MOMBAÇA EM FUNÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS ESTABILIZADOS

Bruno Henrique Di Napoli Nunes
João Henrique Silva da Luz
Evandro Alves Ribeiro
Hanrara Pires de Oliveira
Leydinaria Pereira da Silva
João Pedro Silva Beserra
Sávio dos Santos Oliveira
Heloisa Donizete da Silva
Índira Rayane Pires Cardeal
Jaci de Souza Dias
Rubens Ribeiro da Silva
Gilson Araújo de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.62320100812

CAPÍTULO 13 148

POTASSIUM FERTILIZATION OF CAULIFLOWER AND BROCCOLI IN A POTASSIUM-RICH SOIL

André Luiz Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.62320100813

CAPÍTULO 14 159

RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E DIAGNÓSTICO DO ESTADO DO NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA BATATEIRA – REVISÃO

Breno de Jesus Pereira
María José Yáñez Medelo
Danilo Reis Cardoso Passos
Fredson dos Santos Menezes

DOI 10.22533/at.ed.62320100814

SOBRE AS ORGANIZADORAS..... 171

ÍNDICE REMISSIVO 172

BIOMETRIA DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) SOB APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAL E AMINOÁCIDOS

Data de aceite: 30/07/2020

Data de submissão: 01/04/2020

Camila Eduarda Souza de Sousa

Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/1542609429766993>

Atila Fonseca Carvalho Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/5637100877467487>

Jessivaldo Rodrigues Galvão

Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/0013591065769741>

Thiago Costa Viana

Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/2173828234634124>

Ismael de Jesus Matos Viegas

Universidade Federal Rural da Amazônia

Capanema – Pará

<http://lattes.cnpq.br/5645151005844327>

Mauro Junior Borges Pacheco

Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/0756046215703468>

Jorge Cardoso de Azevedo

Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/7314584315842962>

Jeferson Campos Carrera

Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/1196879152724033>

Joel Correa de Souza

Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/2582560760025598>

RESUMO: O cultivo do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) vem ganhando notoriedade pela ampla variedade de exploração econômica que a cultura oferece. O Brasil é o maior produtor mundial do fruto, com produção de 602 mil toneladas, e área destinada ao plantio de aproximadamente 44 mil hectares. A produção de mudas é uma etapa importante da cadeia produtiva influenciando o posterior desempenho da cultura. Vários fatores influenciam na produtividade do maracujazeiro, dentre eles, a adubação. A utilização de fertilizantes organominerais e aminoácidos como fornecedores de nutrientes podem ser uma alternativa para a substituição dos adubos minerais na cultura. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento vegetativo de mudas de maracujazeiro, cultivado sob crescentes dosagens de fertilizante organomineral comercial Naturvital,

aplicadas de forma isolada e associado com fertilizante Naturamin, a base de aminoácidos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias, na Universidade Federal rural da Amazônia (UFRA), campus Belém. Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 6 repetições. Foram avaliadas altura da planta, área foliar, comprimento de raiz, massa fresca do caule, massa fresca das folhas, massa fresca da raiz, massa seca do caule, massa seca das folhas e massa seca da raiz. O uso de aminoácidos de forma isolada mostrou melhores resultados quanto altura da planta, área foliar, e massa úmida da raiz. A aplicação de 60 l ha⁻¹ de fertilizante organomineral resultou em maior comprimento de raiz. As demais variáveis analisadas não apresentaram resultados significativos quanto aos tratamentos utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: Maracujá; Produção de mudas; Fertilizante; Substâncias húmicas.

BIOMETRY OF PASSION FRUIT SEEDLINGS (*PASSIFLORA EDULIS* F. *FLAVICARPA*) UNDER THE APPLICATION OF ORGANOMINERAL AND AMINO ACIDS FERTILIZER

ABSTRACT: The cultivation of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) comes gaining notoriety for it's wide variety of economic exploration that's is offered by the culture. Brazil is the world highest producer. With a production of 602 Tons, space dedicated to the planting of approximately 44 thousands of hectares. The production of seedlings is a important stage on the productive chain, influencing further performance of the culture. Several factors influence on the production of Passion fruit trees, among them, fertilization. The use of organomineral and amino acid fertilizer as a supplier of nutrients might be an alternative for the substitution of the mineral fertilizer in the culture. The goal with this is to evaluate the vegetative development of passion fruit seedlings, cultivated under increasing dosages of organomineral Commercial Naturvital, isolate application and associate to Naturamin fertilizer, amino acids based. The experiment was conducted on a vegetation house of the institute of agrarian Science, Federal rural university of Amazon (UFRA) , BELÉM campus. The treatments were distributed on a experimental outline, entirely randomized with 6 repetitions, it was evaluated, the height of the plant, the flowered area, root size, stalks fresh mass , leafs fresh mass, roots fresh mass , stalks dry mass, flowers dry mass, and roots dry mass. The use of amino acids isolated has shown better results in plant height, flowered areas and roots dry mass, the application of 60 l ha⁻¹ of organomineral fertilizer has resulted in a enlargement of the roots, other variables didn't show any relevant result to the used treatments.

KEYWORDS: Passion fruit; Seedling production; Fertilizers; Humic substances

1 | INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é uma frutífera trepadeira, de grande porte, crescimento rápido, e muito popular no Brasil. Em meados de 1970 houve um impulso na sua importância comercial, tornando-se crescente a produção no país, a fim de atender a demandas

internas e de exportação (PIRES et al., 2011). Apresenta cerca de 150 espécies utilizadas para consumo humano, sendo o maracujá-amarelo o responsável por mais de 95% da produção brasileira, devido à qualidade dos seus frutos, vigor, produtividade e rendimento em suco. (COSTA et al., 2008). No Brasil, a preferência por *P. edulis* de frutos amarelados é evidente no número de estados onde é cultivada, tornando o Brasil o maior produtor de maracujá do mundo (BERNACCI et al., 2008).

A cerca da adubação em maracujazeiro, o fertilizante organomineral concilia os benefícios dos adubos minerais e orgânicos, podendo compensar possíveis limitações dos dois, apresentando melhores resultados em termos de produtividade quando comparada com adubação mineral e orgânica usadas separadamente (BRANDÃO et al., 2018). A eficiência da adubação sobre a planta vai depender de alguns fatores como o solo, clima, espécie cultivada, tipo de adubo utilizado e a quantidade do adubo. É possível citar ainda, a partir de estudos realizados com a cultura, que a aplicação e manejo adequado dos insumos utilizados no cultivo de maracujazeiro amarelo contribui de maneira direta para o aumento da produção e qualidade dos frutos colhidos (OLIVEIRA et al., 2017).

Dentre os vários materiais que podem ser usados ou adicionados aos substratos estão as substâncias húmicas, presente em fertilizantes organominerais, compostas por ácidos fúlvicos (AF) e húmicos (AH), principais componentes da matéria orgânica, que atuam nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (BERNARDES et al., 2011). Estudos demonstraram que as substâncias húmicas, influenciaram no aumento e na velocidade das taxas de germinação e de crescimento precoce de mudas frutíferas, cultivadas em solução nutritiva (SILVA FILHO; SILVA, 2002).

Outro insumo a ser utilizado para incremento da produção de culturas são os aminoácidos. Várias funções têm sido atribuídas aos mesmos, tendo papel fundamental no crescimento e desenvolvimento do vegetal, estando envolvidos em grande parte do metabolismo primário e secundário, levando a síntese de proteínas e vários compostos que influenciam na produção e qualidade dos frutos (ALBUQUERQUE; DANTAS, 2010).

A utilização de aminoácidos na agricultura tem sido praticada por várias décadas, no Brasil e no mundo, em diversas culturas. O número de empresas, ofertando no comércio uma ampla gama de produtos à base de aminoácidos vem aumentando consideravelmente. Muitos técnicos e produtores relatam benefícios na utilização destes produtos (CASTRO; CARVALHO, 2014). Estudos feitos por Alves (2017) indicam que a planta é capaz de absorver N na forma orgânica, como os aminoácidos, logo, o uso desse insumo é uma alternativa interessante para ser utilizado na adubação.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar características morfológicas de mudas de maracujazeiro com a utilização de fertilizante organomineral isolado, e associado a aminoácidos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, localizada no município de Belém (PA). O clima da região de Belém é caracterizado como Clima Equatorial Af, de acordo com a classificação de Koppen, com temperatura médias anuais de 25,9 a 32 °C em alguns períodos, o período de maior pluviosidade está concentrado entre os meses de dezembro a maio.

O solo utilizado foi coletado na camada arável de 0-20 cm, classificado com Latossolo Amarelo Distrófico típico (EMBRAPA, 2018). Após coleta, o mesmo foi submetido a análise química, avaliados seguindo metodologia da Embrapa (1997). Os resultados da análise química do solo estão descritos na tabela 1.

RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO										
AMOSTRA	pH		C org	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
1	H ₂ O	KCL	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ³	cmol/dm ³				
	4,55	4,23	9,29	16,02	23,69	0,02	0,5	1,00	0,94	6,08

Tabela 1. Análise química do solo.

Por um período de 30 dias, procedeu-se a incubação do solo através da calagem, para a elevação do pH do solo, através da utilização de calcário dolomítico, com 1,97 t ha⁻¹, de acordo com as necessidades, baseadas na análise de solo. Após esse período, foi realizada uma nova análise para verificação do pH, que ficou estabelecido em 6,10. Ao final da incubação, o experimento foi conduzido em sacos de mudas, com tamanho de 28x18x10 cm.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuído em 10 tratamentos com 6 repetições. Nos tratamentos foi utilizado fertilizante organomineral (FO) comercial Naturvital, em doses crescentes de concentração, composto de ácidos húmicos e fúlvicos, associado também ao fertilizante comercial Naturamin à base de aminoácidos (AA), para observação da influência dos mesmos na produção de mudas de maracujazeiro.

O fertilizante organomineral Naturvital tem em sua composição ácidos húmicos e fúlvicos, carbono orgânico e potássio, sendo a leonardita a fonte de matéria prima mineral. O fertilizante Naturamin à base de aminoácidos é composto por N orgânico e 17 diferentes AA livres, entre eles a arginina e prolina, que intervêm em vários processos vegetais.

Os tratamentos foram descritos em: T1- tratamento controle, contendo apenas solo; T2 - com o equivalente a 20 l ha⁻¹ de FO, sendo uma dose abaixo da recomendada; T3 - 40 l ha⁻¹ de FO, a dose mínima recomendada pelo fabricante; T4 - 60 l ha⁻¹ de FO,

sendo a dose máxima recomendada pelo fabricante; T5 - 1 ha⁻¹ de FO, dose acima da recomendada; T6 - apenas com a adição de AA, T7 - 1 ha⁻¹ de FO + AA; T8 - 40 l ha⁻¹ de FO + AA; T9 com 60 l ha⁻¹ de FO + AA; T10 80 l ha⁻¹ de FO + AA. A dosagem dos aminoácidos seguiu orientação do fabricante, de 5 kg/ha, em todos os tratamentos que receberam aplicação do produto.

As sementes de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) foram obtidas no setor de solos na Universidade Federal Rural da Amazônia, empregando-se 3 sementes por saco. As doses de fertilizante foram medidas com auxílio de pipeta eletrônica de precisão e aplicadas em duas etapas, sendo a primeira aplicação de FO no plantio, a primeira de AA antes do desbaste, e as segundas doses aplicadas 30 dias após as primeiras. Foram diluídos em água, e aplicado diretamente no solo. Foram realizados dois desbastes, permanecendo a planta mais vigorosa em cada repetição.

As plantas foram avaliadas 3 dias após a emissão do primeiro par de gavinhas, critério adotado para estipular o ponto de aptidão de transplântio para campo. As mesmas, em seguida, foram lavadas em água corrente para retirada total da terra, sendo em seguida divididas em parte aérea e raízes. As variáveis respostas consideradas foram altura da planta (AP), área foliar (AF), comprimento da raiz (CR), massa fresca do caule (MFC), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF), e massa seca da raiz (MSR). Para a coleta dos dados, utilizou-se uma régua. A análise de área foliar foi realizada através do aparelho LI-3100C AREA METER (LI-COR). O material, tanto da parte aérea como de raiz, foi acondicionado em sacos de papel e levado a estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, até atingir peso constante, ocorrido em 72 horas. Pesou-se novamente para determinar os valores de massa seca. As massas frescas e secas foram pesadas com auxílio de balança de precisão.

Posteriormente, foi feita a análise de variância das características avaliadas, aplicando-se o teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis AP, AF, CR, MFR, e MSR apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos estudados. As demais variáveis, MFC, MFF, MSC, não mostraram efeitos (Tabela 2).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	AP	AF	CR	MFC	MFF	MFR	MSC	MSF	MSR
TRATAMENTO	9	**	**	**	NS	NS	**	NS	NS	**
CV		5,62	9,89	5,13	16,58	15,9	44,56	22,68	16,98	31,36

Fonte: Autor

(**) significativo aos níveis de 5% de probabilidade.

Tabela 2 . Resumo da análise de variância para as variáveis AP, AF, CR, MFC, MFF, MFR, MSC, MSF, MRS cultivado sob a adição de fertilizante organomineral isolado e associado com aminoácidos.

Na altura de planta, a aplicação de aminoácidos de forma isolada demonstrou melhor resultado apresentando maior média entre as amostras (55,01 cm), porém, foi superior a apenas os tratamentos T1, T3, T9 e T10. Os demais foram estatisticamente iguais a ele (Figura 1).

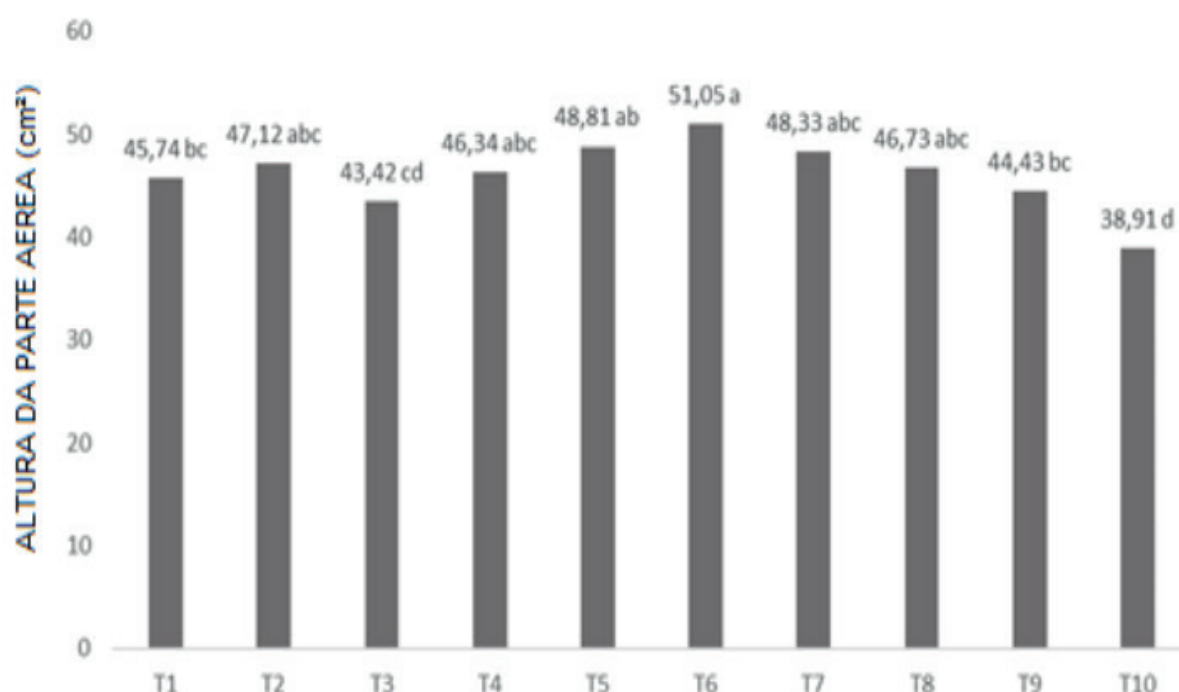


Figura 1. Avaliação da altura das plantas em função dos tratamentos.

Medias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, entre os tratamentos utilizados.

O maior desenvolvimento em altura de parte aérea de T6, somente com aplicação de AA, é compatível com análises feitas por Albuquerque et al. (2008) inserindo doses crescentes de aminoácidos em seus estudos com mudas de videira (*Thompson seedless*), que apesar de pertencer a outra família, apresentaram resultados semelhantes aos encontrados no experimento, onde comprovaram que os tratamentos utilizados mostraram maior crescimento aéreo com a utilização de aminoácidos. Com a presença de aminoácidos livres na solução do solo há um favorecimento à planta de uma fonte direta

para sintetize de proteínas, fornecendo energia adicional, além de disponibilidade de ativadores fito-hormonais, que uma vez absorvidos são transportados rapidamente para todas as partes da planta, principalmente para órgãos de crescimento (COSTA, 2011).

O uso do fertilizante à base de aminoácidos pode aumentar a produtividade nas culturas nas quais são aplicados, pois atua diretamente nos processos fisiológicos como crescimento, desenvolvimento e formação dos frutos (CASTRO; CARVALHO, 2014).

Os resultados obtidos se assemelham a estudos feitos por Souza e Perez (2016), ao avaliarem o potencial de utilização de fertilizantes a base de aminoácidos em *Eucalyptus dunnii*, que demonstraram respostas positivas principalmente quanto à altura da planta, peso da matéria seca e úmida e diâmetro do colmo, mesmo não pertencendo, as culturas, a mesma família.

Com os resultados encontrados, é possível observar a redução da altura de parte aérea a partir da interação de fertilizante organomineral comercial com aminoácidos. Supõe-se que, como foi realizada a associação de dois bioestimulantes para compor o tratamento, pode ter ocorrido inibição de alguns componentes químicos contidos em ambos devido à mistura.

Concentrações de carbono contidas no fertilizante comercial Naturvital associadas ao nitrogênio do fertilizante comercial Naturamin, podem ter exercido ação de imobilização por aumento da concentração de C no solo. Resultados encontrados por Nomura et al. (2012) através de estudos envolvendo aplicação fertilizante organomineral e aminoácidos na cultura da banana, os autores verificaram comportamento semelhante para esta variável, em que, apesar de pertencer a outra família de plantas, se constatou que a partir da aplicação de doses crescentes de fertilizante organomineral associados com AA, ocorreu supressão do desenvolvimento em altura das mudas.

As maiores médias de área foliar foram verificadas nos tratamentos T6 com 585,82 cm², T7 com 573,08 cm² e T8 com 581,98 cm², não se diferindo estatisticamente. O tratamento T10, apresentou menor média entre todos (Figura 2).

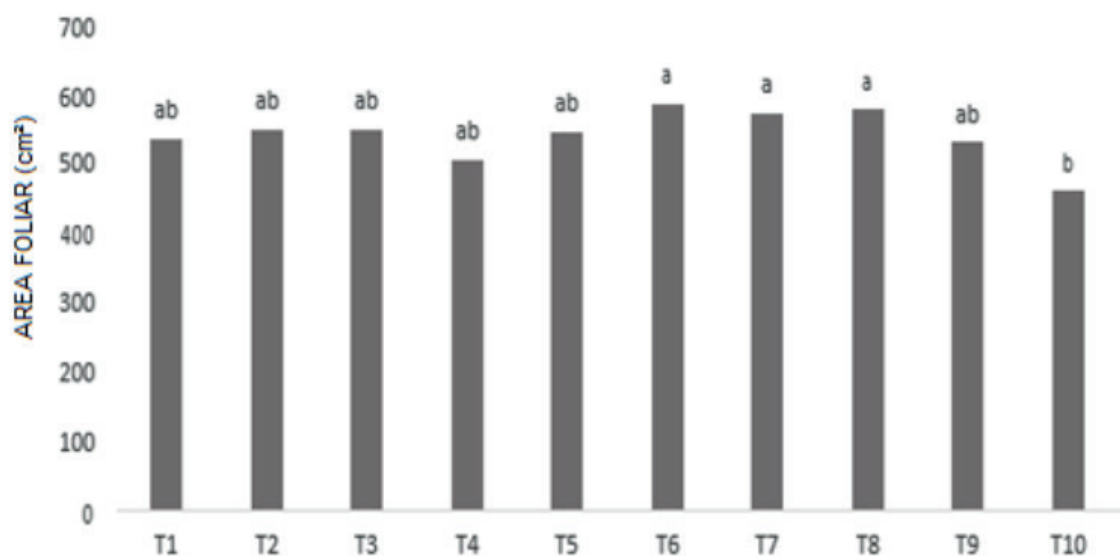


Figura 2. Médias da variável área foliar.

Medias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, entre os tratamentos utilizados.

Na cultura do maracujazeiro, a determinação da área foliar proporciona fundamentação aos estudos fisiológicos, que envolvam o crescimento da planta, a interceptação de luz, a eficiência fotossintética, a evapotranspiração e a resposta a fertilizantes e à irrigação (BLANCO; FOLLEGATTI, 2005).

A utilização de fertilizante organomineral comercial de forma isolada não apresentou diferença estatística em nenhum tratamento, quando comparados ao tratamento controle. T6 demonstrou maior média, comparado a todos os tratamentos. Em interação com aminoácidos, T9 e T10 apresentaram diminuição da área foliar, o que pode ser atribuído ao aumento da dosagem de fertilizante organomineral nos referidos tratamentos, assim como Nomura et al. (2012) relata em seu estudos utilizando fertilizante organomineral associados com aminoácidos na produção de mudas de bananeira, que apesar de pertencer a família diferente ao maracujazeiro, apresentou resultado semelhante, com decréscimo do tamanho de área foliar, a medida em que foram aumentadas as doses de fertilizante organomineral.

É importante salientar que em T6, o uso de aminoácidos em mudas de maracujá sem associação a outro biofertilizante, apresentou respostas estatisticamente iguais à T7 e T8, as quais houve incremento com organomiral Naturvital. Entretanto, apesar de não se diferir estatisticamente, T6 demonstra maior média em área foliar, constatando assim a eficiência dos aminoácidos quando utilizados isoladamente para o aumento dessa variável.

Apesar de não pertencer a mesma família da cultura em estudo, Fabbrin et al (2013) obteve resultados semelhantes ao experimento realizando estudo a partir do uso de biofertilizante a base de aminoácidos em mudas de chicórias, onde a área foliar apresentou

aumento significativo em relação à testemunha contendo somente solo, quando aplicadas doses de fertilizante à base de AA, independente da concentração.

Os resultados apresentados quanto as médias de área foliar são decorrentes de uma das funções dos biofertilizantes a base de aminoácidos, que é o incremento no crescimento e desenvolvimento do tecido vegetal, estimulando a divisão e alongamento celular (VIEIRA, 2001). O decréscimo das médias dessa variável em T9 e T10 quanto a interação do Naturvital com o Naturamin, pode ter relação com o aumento da condutividade elétrica do solo, uma vez que, Oresca (2016) observou que o aumento da salinidade proporcionou uma diminuição constante da área foliar em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.*). A redução na área foliar é um importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas sob excesso de sais, visto que, sob tais condições, é conveniente às plantas a redução do processo transpiratório (ORESCA, 2016).

Analisar resultados para essa variável se torna relevante tendo em vista que, maior a área foliar, melhor o índice de sobrevivência no campo, pois são elas as estruturas responsáveis pela captação de energia solar e produção de matéria orgânica por meio da fotossíntese (MOREIRA et al., 2006).

Para o comprimento de raiz (tabela 3) o tratamento T4 demonstrou melhor resultado, apresentando maior média entre as amostras (44,1 cm). Quanto a massa fresca da raiz, T6 apresentou resultado significativo comparado às outras variáveis. A massa seca da raiz não demonstrou significância significativa entre os tratamentos.

TRATAMENTOS	CR	MFR	MSR
T1	39,15 bc	2,10 ab	0,328
T2	42,57 ab	1,50 ab	0,28
T3	37,34 c	1,67 ab	0,276
T4	44,10 a	1,12 b	0,226
T5	37,44 c	1,22 b	0,260
T6	42,33 ab	2,83 a	0,391
T7	41,38 abc	1,86 ab	0,356
T8	42,77 ab	1,27 b	0,273
T9	43,00 ab	1,72 ab	0,301
T10	41,68 ab	1,22 b	0,230

Valores com ausência de letras mostra não haver diferença entre os tratamentos. Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, entre os tratamentos utilizados.

Tabela 3. Médias das variáveis CR; MFR e MSR.

Valores com ausência de letras mostra não haver diferença entre os tratamentos. Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, entre os tratamentos utilizados.

É importante comentar que apesar de T4 demonstrar maior comprimento radicular, apresentou menor peso de raiz úmida e seca, indicando que a dose máxima recomendada

pelo fabricante do fertilizante organomineral promoveu maior crescimento da raiz principal neste tratamento, em contra partida, não favoreceu o desenvolvimento de raízes laterais.

A constituição mineral do fertilizante organomineral aplicado, proveniente de fontes potássicas (K₂O), é um nutriente ao qual é atribuído o incremento do crescimento de raízes (LABORSOLO, 2013). Ao realizar um estudo acerca do crescimento radicular do maracujazeiro, Sousa (2002) explica que mudas cultivadas sob doses de potássio podem ter comportamento distinto quanto ao desenvolvimento de raízes, pois a solução fertilizante pode provocar alterações frequentes na condutividade elétrica do solo, afetando o desenvolvimento radicular, concordando com Marques et al (2011), que em seus estudos com *Solanum melongena* L, observou que a condutividade elétrica do solo aumentou linearmente em razão do aumento da dose de K₂O, indicando maior aumento da salinidade do solo.

Ao analisar a distribuição radicular do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg) a partir da aplicação de doses crescentes de potássio (0; 0,225; 0,450; 0,675; e 0,900 kg de K₂O planta⁻¹ ano⁻¹), Sousa (2002), apesar de não ter utilizado a mesma fonte de K₂O, encontrou resultados semelhantes ao experimento, verificando que os tratamentos apresentaram diferenças quanto a distribuição no perfil do solo não seguindo um comportamento uniforme, e que as doses de 0, 0,225 e 0,450 kg planta⁻¹ ano⁻¹ apresentaram distribuição das raízes a uma maior profundidade, 0,450 planta⁻¹ ano⁻¹ com maior comprimento, enquanto as doses 0,225 kg e 0,675kg planta⁻¹ ano⁻¹ apresentaram maiores concentrações nas camadas mais superficiais do solo. O autor atribui esse comportamento em razão do maracujazeiro ser uma cultura sensível à salinidade.

O tratamento T4 necessitou de menor tempo em casa de vegetação, até atingir condições de transplântio para campo, com a emissão do primeiro par de gavinhas em média de 72,6 DAP, o tratamento controle apresentou as mesmas condições com 81,5 DAP. O período para produção de mudas de maracujá por semente é de 60 a 80 dias, dependendo das condições climáticas (COSTA; COSTA, 2005).

Para essa variável, a aplicação de aminoácidos associados ao fertilizante organomineral Naturvital não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, mostrando ainda um decréscimo no comprimento radicular quando observados os resultados dessa interação, concordando com Costa et al (2008), em estudos com utilização de bioestimulantes na produção de mudas de melancia, (apesar de espécies diferentes) observaram que a utilização de aminoácidos em conjunto com substâncias húmicas promoveram um menor desenvolvimento das raízes, em decorrência do aumento das doses de fertilizante.

Apartir da análise de PRU, comparado com CR, é possível observar quais tratamentos obtiveram melhor resposta quanto ao crescimento de raízes laterais, sendo o tratamento com utilização de aminoácidos de forma isolada, apresentou maior média e diferença estatística os tratamentos avaliados. Apesar de não pertencer a mesma família, Teixeira (2017) ao avaliar o uso de diferentes aminoácidos de forma isolada e em conjunto na

cultura da soja, obteve resultados semelhantes, e concluiu que o uso deste insumo afetou de maneira positiva o desenvolvimento das raízes, principalmente quanto ao volume de raízes laterais, o que foi atribuído à presença dos aminoácidos, que estimulam a formação de tecidos, através da indução de mobilização de nutrientes, principalmente N e S.

A absorção direta dos aminoácidos proporciona à planta a não necessidade de metabolizar o N mineral na forma de nitrato e amônio, fazendo com que possa direcionar maior quantidade de energia para o enraizamento (SOUZA; PERES, 2016). Souza e Peres (2016) ao avaliar o uso de biofertilizantes à base de aminoácidos na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*, observaram maior qualidade do sistema radicular em mudas que receberam a aplicação dos biofertilizantes, destacando o grande número de raízes finas agregadas ao substrato.

4 | CONCLUSÃO

O tratamento contendo apenas aminoácidos de forma isolada apresenta melhor eficiência para variáveis altura da planta, área foliar, e massa fresca das raízes. Doses crescentes de fertilizante organomineral comercial em interação com aminoácidos mostram efeitos decrescentes quanto à altura da planta e área foliar. A aplicação de fertilizante organomineral na dosagem de 60l/ha apresentou melhor resultado quanto a variável comprimento de raiz.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. C. S. de. et al. Absorção via foliar de aminoácidos em mudas de videira em cultivo hidropônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Vitória/ES. **Anais...** 2008.

ALBUQUERQUE, T. C. S. de; DANTAS, B. F. **Aplicação Foliar de Aminoácidos e a Qualidade das Uvas da cv. Benitaka**. Roraima: Embrapa, 2010. 19 p.

BRANDÃO, A. L. et al. Potencialidade de fertilizante organomineral no desenvolvimento do maracujazeiro. **Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Rural**: compartilhando conhecimentos inovadores e experiências, [s.l.], 2018.

BERNACCI, L. C. et al. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 566-576, June 2008

BERNARDES, J. M.; REIS, J. M. R.; RODRIGUES, J. F. Efeito da aplicação de substância húmica em mudas de tomateiro. **Global Science And Technology**, v. 3, n. 4, p.92-99, dez. 2011.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 305-309, Aug. 2005

CASTRO, P. R. C. de; CARVALHO, M. E. A. **Aminoácidos e suas aplicações na agricultura**. 57. ed. Piracicaba: Esalq, 2014. 58 p.

COSTA, C.L.L.; COSTA, Z.V.B.; COSTA JÚNIOR, C.B. utilização de bioestimulante na produção de mudas de melancia. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v. 3, n. 3, p.110-115, jun. 2008.

COSTA, R. A. **Fertilizantes minerais e aminoácidos aplicados via foliar na produtividade, desenvolvimento vegetativo e nutrição do cafeeiro**. 2011. 57f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

COSTA, Z. V. B. da et al. Crescimento vegetativo do maracujazeiro-amarelo em diferentes tipos e dosagens de biofertilizante na forma líquida. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. Mossoró, v. 4, n. 3, p.116-122, out. 2008.

COSTA, A. de F.S. da; COSTA, A. N. da. **Tecnologias para produção de maracujá**. Vitória, Es: Incaper, 2005. 205 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **Embrapa. Métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa; CNPS, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª edição. Brasília (DF), 2018.

FABBRIN, E. G. dos S. et al. Crescimento de mudas de chicória roxa ‘palla rossa’ em função da aplicação foliar de ácido L- GLUTÂMICO. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 14, n. 3, p.91-94, dez. 2013.

LABORSOLO. **Macronutrientes: conhecendo o Potássio**. 2013. Disponível em: <<https://www.laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/macronutrientes-conhecendo-o-potassio/>>. Acesso em: 12 out. 2019.

NOMURA, E. S. et al. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira ‘grand naine’ com aplicação de biofertilizantes em duas estações do ano. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 59, n. 4, p.518-529, ago. 2012.

OLIVEIRA, F. Í. F. de et al. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo fertirrigado com esterco bovino líquido fermentado. *Revista Agropecuária Técnica*, Areia - Pb, v. 38, n. 4, p.191-199, 20 jan. 2017.

ORESCA, D. **Interação salinidade, biofertilizante e adubação potássica na formação de mudas de maracujazeiro amarelo**. 2016. 48f. TCC (Graduação) – Curso de Agronomia., Ufpb, Areia - Pb, 2016.

PIRES, M. de M.; JOSÉ, A. R. S.; CONCEIÇÃO, A. O. da (Org.). **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus, Ba: Uesc, 2011. 237 p.

SILVA FILHO, A.V. da; SILVA, M. I. V. da. Importância das substâncias húmicas para a agricultura. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO, 2002. João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: EMEPA, 2002, v.2.

SOUSA, V. F. de et al. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 6, n. 1, p.51-56, jun. 2002

SOUZA, L. R. de; PERES, F. S. B. Uso de biofertilizantes à base de aminoácidos na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, [s.l.], v. 36, n. 87, p.211-218, 30 set. 2016.

TEIXEIRA, W. F. **Avaliação do uso de aminoácidos na cultura da soja**. 2017. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2017.

VIEIRA E. L. **Ação de bioestimulantes na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja, feijoeiro e arroz**. Piracicaba: 2001, 122 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO INTEGRADA E DESENVOLVIMENTO DA SOJA (*Glycine max*)

Data de aceite: 30/07/2020

Dayane Aparecida de Souza

Universidade Estadual do Norte do Paraná

Bandeirantes – Paraná

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2832572278450191>

Ana Carolina de Almeida

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7873419398940893>

José Fernando de Oliveira Delgado

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1207614270711702>

Michaela Fernandes Sena

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4655635085175811>

Giovanna Letícia Poltronieri da Silva

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4886098394206320>

Milena Cremer de Souza

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8353126754599913>

Maicon Andreus Godoi de Souza

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5430585569956637>

Leopoldo Sussumu Matsumoto

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0857955043436449>

RESUMO: A Integração Lavoura-Pecuária e Floresta (ILPF) aumenta a diversidade

microbiana, melhora a sustentabilidade e a resiliência do ambiente. Assim, o objetivo desse trabalho foi comparar o manejo de sistemas de produção integrada e convencional sobre o desenvolvimento de soja (*Glycine max*). As coletas de solo e planta foram feitas em áreas no município de Iporã, Perobal e Umuarama no estado do Paraná: um sistema ILPF (soja+eucalipto), agropastoril (AP) e plantio convencional (PC) respectivamente. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm, num total de 5 repetições de 10 sub-amostras, assim como coleta de plantas de soja em estágio reprodutivo num total de 10 amostras por área. No sistema ILPF, foram realizadas coletas nos renques (R) e entre-renques (ER). Foram avaliados: umidade do solo (%), matéria orgânica (MO), carbono da biomassa microbiana (CBMS) via fumigação-extração, respiração basal (RBS) e quocientes microbiano (qMIC) e metabólico (qCO₂), massa seca das plantas e número de vagens por planta. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os teores de MO e CBMS foram menores em PC, seguido de ILPF nos R e maiores em áreas de ILPF nos ER e AP. A RBS foi maior em áreas de ILPF nos ER. A umidade do solo na área de ILPF nos R,

foi fortemente influenciado pela presença do Eucalipto, sendo menor em relação às demais áreas, podendo ter influenciado o CBMS. O qMIC foi melhor nos sistemas ILPF e AP. Nas áreas de ILPF-R, a massa seca das plantas e o número de vagens foram menores também, entretanto, o número de vagens foi superior na área de ILPF-ER. Assim, concluímos que nas áreas de ILPF-ER o desenvolvimento da planta foi influenciado da atividade microbiana e pelo sistema de integração lavoura-pecuária.

PALAVRAS-CHAVE: produção integrada; biomassa microbiana; qualidade do solo.

SYSTEMS FOR INTEGRATED PRODUCTION AND SOYBEAN DEVELOPMENT (*Glycine max*)

ABSTRACT: The Crop-Livestock and Forest Integration (ILPF) increases microbial diversity, improves sustainability and the resilience of the environment. Thus, the objective of this work was to compare the management of integrated and conventional production systems on soy development (*Glycine max*). The soil and plant collections were made in areas in the municipality of Iporã, Perobal and Umuarama in the state of Paraná: an ILPF system (soy+eucalyptus), agropastoral (AP) and conventional planting (PC) respectively. The soil samples were collected at a depth of 0-10 cm, in a total of 5 replicates of 10 sub-samples, as well as collection of soybean plants in reproductive stage in a total of 10 samples per area. In the ILPF system, collections were made in the rows (R) and between rows (ER). The following were evaluated: soil moisture (%), organic matter (OM), carbon from microbial biomass (CBMS) via fumigation-extraction, basal respiration (RBS) and microbial (qMIC) and metabolic (qCO₂) ratios, plant dry mass and number of pods per plant. The data were subjected to analysis of variance and the means compared by the Tukey test ($p < 0.05$). The levels of OM and CBMS were lower in PC, followed by ILPF in the R and higher in areas of ILPF in the ER and AP. The RBS was higher in ILPF areas in the ER. The soil moisture in the ILPF area in the R, was strongly influenced by the presence of Eucalyptus, being lower in relation to the other areas, and may have influenced the CBMS. qMIC was better on ILPF and AP systems. In the ILPF-R areas, the dry mass of the plants and the number of pods were also lower, however, the number of pods was higher in the ILPF-ER area. Thus, we conclude that in the ILPF-ER areas, the development of the plant was influenced by microbial activity and by the crop-livestock integration system.

KEYWORDS: integrated production; microbial biomass; soil quality.

1 | INTRODUÇÃO

O setor agropecuário no Brasil atualmente tem sofrido forte transformação, baseado no crescimento da produtividade e eficiência alocativa dos recursos. Assim, gerando a modernização de diversos setores, os quais incorporaram as mudanças tecnológicas ao

longo do tempo (VIEIRA FILHO et al., 2011).

As práticas convencionais agrícolas e pecuárias apresentam sinais de “desgaste” econômica, sociais e/ou ambientais. Na agricultura os padrões de monocultivo intensificados e o uso indiscriminado de defensivos, fertilizantes e maquinários agrícolas empregados para garantir a lucratividade, acarretaram graves consequências para a sociedade e para o meio ambiente, dando origem e discussões acerca do desenvolvimento de padrões sustentáveis para a produção de alimentos, fibras, bioenergia e produtos madeireiros e não madeireiros (BALBINO et al., 2011). No entanto, tais práticas têm levado a perda de produtividade, acarretando no aparecimento de pragas e doenças, e degradação do solo. (MACEDO, 2009).

O equilíbrio dos ecossistemas depende das inter-relações entre seus componentes bióticos e abióticos. O solo é um recurso natural indispensável ao funcionamento dos ecossistemas terrestres, por ter funções como armazenamento de água, ciclagem de matéria, habitat para espécies, substrato para produção agrícola e meio físico para moradia e atividades humanas (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Os organismos encontrados na camada superficial do solo possuem um papel determinante em processos de transformações, tais como: ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e melhoria dos atributos biológicos, químicos e físicos, como a agregação, a porosidade e água infiltração. Portanto, atributos físicos, químicos e microbiológicos podem ser usados como variáveis ambientais que explicam o funcionamento do solo, e avaliar a sua influência sobre a diversidade edáfica (VASCONCELLOS et al., 2013).

Os sistemas agrossilvipastoris, que integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais, são considerados atualmente, inovadores no Brasil, embora vários tipos de plantios associados entre culturas anuais e culturas perenes ou entre frutíferas e árvores madeireiras sejam conhecidos na Europa desde a antiguidade (BALBINO, 2011).

Este sistema tem sido utilizado como alternativa vantajosa principalmente para pequenos e médios produtores, uma vez que apresenta potencial de benefícios aos animais, ao meio ambiente e ao pasto, aliados ao fornecimento de madeira e outros produtos, que servirão de renda ao produtor. Os benefícios do sistema de produção integrada podem ser resumidos em benefícios agrônômicos, zootécnicos, ecológicos, econômicos e sociais (SANTOS et al., 2008). Assim, a diversificação das atividades agropecuárias tem grande potencial para o aumento na fonte de renda do produtor e com isso a diminuição dos riscos operacionais associados aos sistemas de produção (LAZZAROTTO et al., 2010).

Um ecossistema sustentável, tanto agrícola ou natural, depende do fluxo de nutrientes através dos níveis tróficos, sendo os microrganismos responsáveis pela ciclagem de nutrientes. Porém, quando esse ecossistema é alterado, como é o caso da agricultura, um novo equilíbrio é estabelecido (COSTA et al., 2015).

A dinâmica da biomassa microbiana está estreitamente correlacionada à dinâmica

da matéria orgânica do solo. A maioria dos sistemas naturais é fortemente limitada por nutrientes, o que faz com que os microrganismos tenham crescimento lento, até mesmo diminuindo sua atividade metabólica (GOTTSCHAL, 1990).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Delimitação das áreas amostradas

O trabalho de monitoramento foi realizado na região noroeste do Estado do Paraná, conhecido como arenito Caiuá de solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico. A amostragem foi realizada em momento de pré-plantio da soja (setembro/2014) e na fase fenológica V12 e R1-2 da soja. A descrição das áreas apresentada abaixo tabela 1:

Sistema integrado	Localização	Implantação	Área total	Culturas	Adubação	Período de plantio
Agrosilvipastoril (ASP) e Silvipastoril (SP)	Município de Iporã (23°59'57.6"S e 53°45'00.6"W)	2009	50 ha	- <i>Eucalyptus</i> – em fileira dupla, alternados nas fileiras com espaçamento de 1,5 m entre plantas e distância de 30 a 34 metros entre renques -Verão – soja -Inverno–pastagem temporária (<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã)	- Safra 2014/2015 - adubação de base de 600 kg alq ⁻¹ (NPK) 6–24–12 e cobertura de 150 kg ha ⁻¹ de KCl - semente Potência de ciclo semiprecoce.	Plantio realizado na primeira semana de outubro
Agropastoril (AP)	Município de Perobal (23°53'45"S e 53°24'36"W)	2010	120 ha	Sistema subdividido em três talhões. Verão-Integração realizada com plantio de soja (semente Potência de ciclo semiprecoce) Inverno-pastagem temporária (<i>U. brizantha</i> cv. Piatã) no inverno.	-Safra 2014/2015, -adubação de base de 680 kg alq ⁻¹ (NPK) 6–30–6 e cobertura de 280 kg ha ⁻¹ KCl.	Plantio realizado na primeira semana de outubro.
Sistema Não Integrado ou Agricultura Convencional (AC)	Município de Umuarama (23°49'10.8"S e 53°19'37.3"W)	+ de 12 anos	60 ha	- sistema de produção por sucessão -soja (semente NA 5909 de ciclo superprecoce) no verão - milho safrinha no inverno.	- Safra2014/12015 -plantio foi realizada a adubação de base de 580 kg alq ⁻¹ (NPK) 8–37–6 e cobertura de 250 kg ha ⁻¹ KCl.	Plantio realizado na segunda semana de outubro.

TABELA 1 - Descrição das áreas amostradas.

Amostragem do solo

As amostras de solo foram coletadas em delineamento inteiramente casualizado. Foram coletadas de 10 a 15 amostras simples da profundidade de 0 a 10 cm onde foram homogêneas para constituírem uma amostra composta, totalizando cinco repetições por área. O material foi acondicionado em sacos plásticos e transportado para o laboratório, onde foram peneiradas em malha de 2 mm e mantidas em geladeira até serem analisadas. Na primeira coleta, em setembro, totalizaram 35 amostras e na segunda coleta em dezembro foram 20 amostras.

As coletas de solos foram realizadas em setembro e dezembro de 2014, períodos correspondentes ao pré-plantio e final do estágio vegetativo V12/R1-2 da cultura de soja, respectivamente. Na primeira amostragem, foram analisadas as áreas ASP, nos renques (ASP-R) e entre-renques (ASP-ER), AP, AC e MT. Apenas as áreas com soja foram analisadas na segunda coleta, sendo ASP-R, ASP-ER, AP e A.

Determinação da umidade do solo

Sendo a umidade do solo (U) é definida como a massa da água (P_a) contida em uma amostra de solo dividido pela massa de solo seco (P_s), sendo expressa em quilogramas de água por quilogramas de solo, ou, multiplicando-se por 100, tem-se em percentagem.

Para determinação do peso seco e da massa de água, o método tradicional é a secagem em estufa, na qual a amostra é mantida com temperatura entre 105 C e 110 C, até que apresente peso constante (EMBRAPA, 1999). O peso da água é determinado pela diferença entre o peso da amostra (P) e o peso seco (P_s).

Determinação de carbono da biomassa microbiana do solo

O parâmetro microbiológico do carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método proposto por Vance et al. (1987), pela fumigação das amostras de solo com adição de clorofórmio.

Determinação da respiração basal e quociente metabólico do solo

A atividade respiratória da biomassa microbiana, ou respiração basal do solo (RBS) foi avaliada pela quantificação do CO_2 liberado durante a incubação do solo em sistema fechado, onde o CO_2 (dióxido de carbono) é capturado em solução de NaOH (Hidróxido de sódio) a $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e posteriormente titulado com HCl (ácido clorídrico) (ISERMEYER, 1952).

Determinação do carbono orgânico total (cot) e quociente microbiano do solo (qmic)

A determinação do COT foi feita em combustão da matéria orgânica via úmida, com uso de 0,5g de amostra, segundo Walkley; Black (1934), modificado por Tedesco et. al. (1995), sem aquecimento externo em chapa. O quociente microbiano (qMIC) foi determinado pela razão CBMS/COT. A partir da relação entre o CBM e o conteúdo de matéria orgânica foi determinado o quociente microbiano (qMIC). A transformação dos valores de matéria orgânica para carbono orgânico foi feita pela relação M.O. = 1,724 x C.O. (SILVA, 2009).

Análises agronômicas

A avaliação agronômica foi realizada a partir de 10 plantas coletadas aleatoriamente por parcela. A coleta das micorrizas somente foram realizadas na segunda coleta em que já havia sido realizado o plantio da soja, onde foram avaliados números de flores e vagens por planta da fase R1-2, foi avaliado o peso fresco e seco da parte aérea e nódulos por planta.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises comparativas dos atributos microbiológicos

O CBMS apresenta forte influência da matéria orgânica do solo, fato observado tanto na primeira como na segunda coleta, destacando as áreas com menores teores ASP-R e AC, e os maiores teores as áreas de MT, ASP-ER e AP (Tabela 3).

Áreas	M.O.		CBMS		RBS		qCO ₂	
	g kg ⁻¹		mg C Kg solo ⁻¹		mg C-CO ₂ Kg ⁻¹ h ⁻¹		RBS/CBMS	
	1 Col.**	2 Col.**	1 Col.**	2 Col.**	1 Col.	2 Col.	1 Col.	2 Col.
ASP-R	15,2 c	20,66 b	105,2 c	148,3 b	0,75 b	0,62 a	7,21 a	4,28 b
ASP-ER	16,6 c	29,89 a	210,4 b	265,3 a	0,98 ab	1,09 a	4,68 b	4,68 b
AP	25,1 b	19,74 b	245,5 b	233,6 a	1,12 a	0,93 a	4,63 b	4,01 b
AC	14,8 c	11,38 c	199,6 b	144,5 b	0,92 ab	1,03 a	4,68 b	7,17 a
CV (%)	5,98	15,24	15,03	26,57	12,42	30,24	13,77	45,71

Tabela 3. Atributos microbiológicos em diferentes áreas de sistema de integração lavoura-pecuária e floresta.

Dados: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si no teste Tukey a 5% de probabilidade. [ASP-R] Sistema Agrosilvipastoril Renque; [ASP-ER] Sistema Agrosilvipastoril Entre Renque; [AP] Sistema Agropastoril; [AC] Agricultura Convencional; (**)1 Col (Coleta Setembro); 2 Col (Coleta Dezembro); [CBMS] Carbono da Biomassa Microbiana do Solo; [qMIC] quociente Microbiano; [RBS] Respiração Basal; [qCO₂] quociente metabólico do solo.

Basear-se especificamente em um único fator não é suficiente para representar a real qualidade do solo, uma vez que a interação entre eles ocorre de maneira complexa. Um indicador que se encaixa nas três vertentes da ciência do solo é a matéria orgânica, pois seus benefícios e funções não são restritos apenas a um tipo de atributo. A matéria orgânica como fonte de carbono e nutrientes, influencia diretamente a população, a atividade e a diversidade da microbiota do solo, com aumento nesse parâmetro em solos com maior teor de matéria orgânica. (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Os acréscimos da biomassa microbiana em áreas submetidas ao PD, prática adotadas em sistemas integrados, são devidos ao fato de tal prática proporcionar condições mais favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos, como, por exemplo, temperatura, umidade, aeração e menor taxa de decomposição de componentes orgânicos, além do PD favorecer algumas propriedades químicas do solo, como pH e CTC, e os teores de Ca, Mg, K, P (SIDIRAS; PAVAN, 1985).

Os efeitos benéficos do plantio direto, nas características microbiológicas do solo, puderam ser observados nesse estudo, onde as áreas ASP-ER e AP apresentaram valores de CBMS significativamente superior aos da área AC (Tabela 3).

O comportamento diferencial da RBS foi significativamente menor na primeira coleta nas áreas ASP-R em função do menor CBM (Tabela 3), no entanto, temos que destacar os maiores valores do qCO_2 na ASP-R e AC na primeira e segunda análise respectivamente e menor valor na MT por ser uma área apresento índices que indicam equilíbrio (Tabela 3). A área ASP-R apresentou maiores resultados em relação à umidade do solo, que pode ter sido ocasionado pela presença de eucaliptos na área AC sofreu estresse pelo manejo realizado na área de plantio, o que, provavelmente, pode explicar os valores de qCO_2 nessas áreas.

O aumento na RBS entre a 1 C e a 2 C na área ASP-ER demonstra uma grande atividade microbiana em comparação aos demais (Tabela 3). Assim, deve-se salientar que a alta taxa de respiração pode ser interpretada como uma característica desejável, visto que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas (ROSCOE et al., 2006), como pode se observar na matéria seca e número de vagens que foi significativamente maior nesta área em comparação as demais áreas (Tabela 4).

Na segunda amostragem o CBMS também se mostrou maior no ASP-ER, seguido do AP, isto pode se explicar devido a altas quantidades de C liberado por este tipo de sistema. De acordo com Bowen; Rovira (1991) a disponibilidade de materiais com C, como ocorre nesses dois sistemas, liberado por este tipo de sistema e substratos como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos liberados pelas raízes é importante suprimento de energia para a biomassa microbiana do solo.

A eficiência da utilização do carbono pela microbiota edáfica se baseia na incorporação de tal elemento a seus tecidos ou pelas perdas na forma de CO_2 via respiração, sendo

expressa na forma de qCO_2 , o qual indica condições estressantes quando atinge valores elevados. Com isso pode-se observar que áreas bem manejadas de pastagens apresentam alto conteúdo de matéria orgânica e densa massa radicular, contribuindo para a biomassa microbiana na rizosfera (ALVARENGA et al., 1999). Essa massa aumenta o seu potencial qualitativo no processo de mineralização.

Matéria orgânica e quociente microbiano

A relação entre CBM e Carbono Orgânico Total (COT) denominada de quociente microbiano ($qMIC$) tem sido utilizado para expressar a qualidade da matéria orgânica do solo, sendo valores maiores e menores indicativo de acúmulo ou perda de C do solo. Alguns autores têm citado como valor de referência 2,2% como nível em equilíbrio, no entanto, outros autores indicam 1,8% a 2,1% como ponto de equilíbrio em áreas de monocultura extensivo. Tais valores podem variar de acordo com tipo, manejo e época de coleta (BALOTA et al., 1998).

Na área ASP o acúmulo de matéria orgânica foi maior em função da cobertura vegetal (pastagem), o que contribuiu para a atividade biológica, principalmente na área ASP-ER, o que não ocorreu na AC. Tal fato está relacionado às vantagens do sistema agroflorestal apresentar árvores no sistema que pode melhorar as propriedades do solo através da fixação biológica de N_2 , extenso sistema radicular que libera exsudatos e nutrientes para a biomassa microbiana e um microclima mais adequado (ARAÚJO; MELO, 2012).

Em áreas de sistema florestais, a entrada de matérias orgânica se dá pela deposição e decomposição da serapilheira, dependendo da espécie vegetal, do clima, da idade das árvores e da densidade do plantio. A sustentabilidade das florestas incluem a manutenção ou incrementos nos níveis da matéria orgânica no solo, principalmente por serem a decomposição e a mineralização de resíduos os principais processos em que os nutrientes são disponibilizados para as plantas nesse ambiente (ARAUJO, 2014).

A implantação de florestas de eucalipto pode levar a mudanças em várias características do solo. Entre estas, tem-se dado enfoque a matéria orgânica do solo (MOS) devido à sua estreita relação com a qualidade do solo. Os resíduos vegetais aportados são gradualmente decompostos pela biota do solo, retornando C e nutrientes ao solo, favorecendo, assim, o crescimento das plantas (PAVEI, 2005). Dessa forma, a MOS além de se constituir num componente importante do sequestro de C, é tida como principal indicador da sustentabilidade e produtividade dos agroecossistemas.

Acredita-se que a manutenção da MOS está assegurada dado ao grande aporte de resíduos deixado na área por ocasião da colheita. Assim qualidade do resíduo é fundamental, não apenas na determinação da sua dinâmica de decomposição, mas também, na sua conversão em diferentes componentes da MOS, em especial na fração mais estável (humificada). Porém, a manutenção de resíduos mais lábeis como folhas e galhos finos

sobre o solo pode ser pouco efetiva na estabilização do C no solo, principalmente por este material poder exercer efeito “priming” positivo (FONTAINE et al., 2004) que, juntamente com os distúrbios gerados pela operação de colheita, pode contribuir para a diminuição no teor da MOS dos povoamentos de eucalipto.

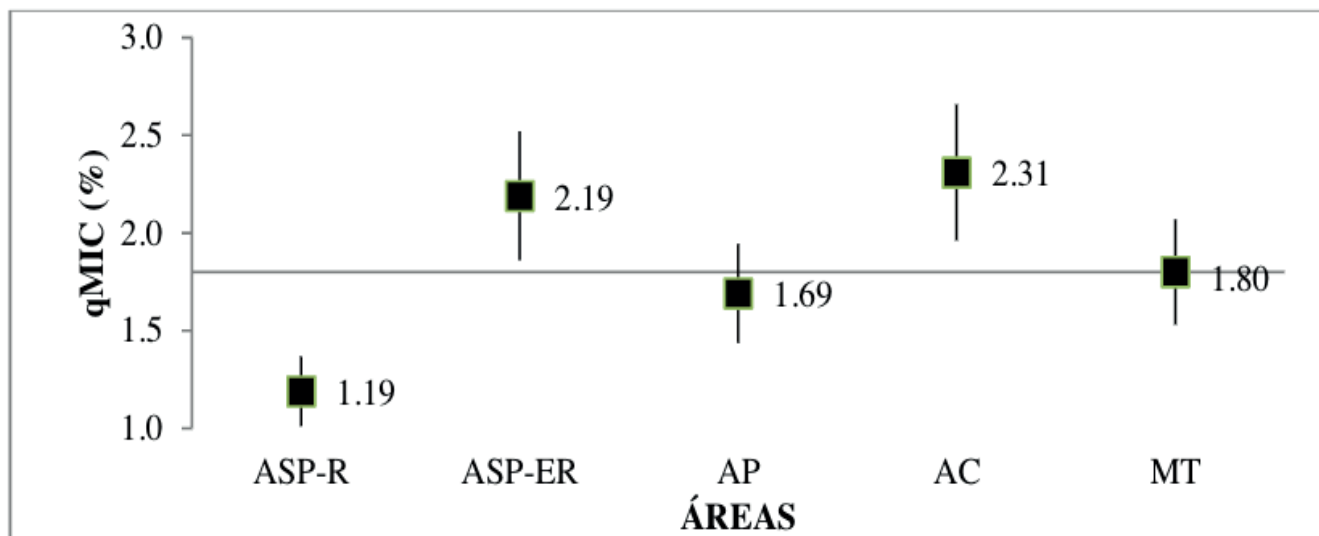


Figura 2. Quociente Microbiano (qMIC) das áreas analisadas na primeira coleta. Dados:(*)[ASP-R] Sistema Agrosilvipastoril Renque; [ASP-ER] Sistema Agrosilvipastoril Entre Renque; [AP] Sistema Agropastoril; [AC] Agricultura Convencional; [MT] Mata.

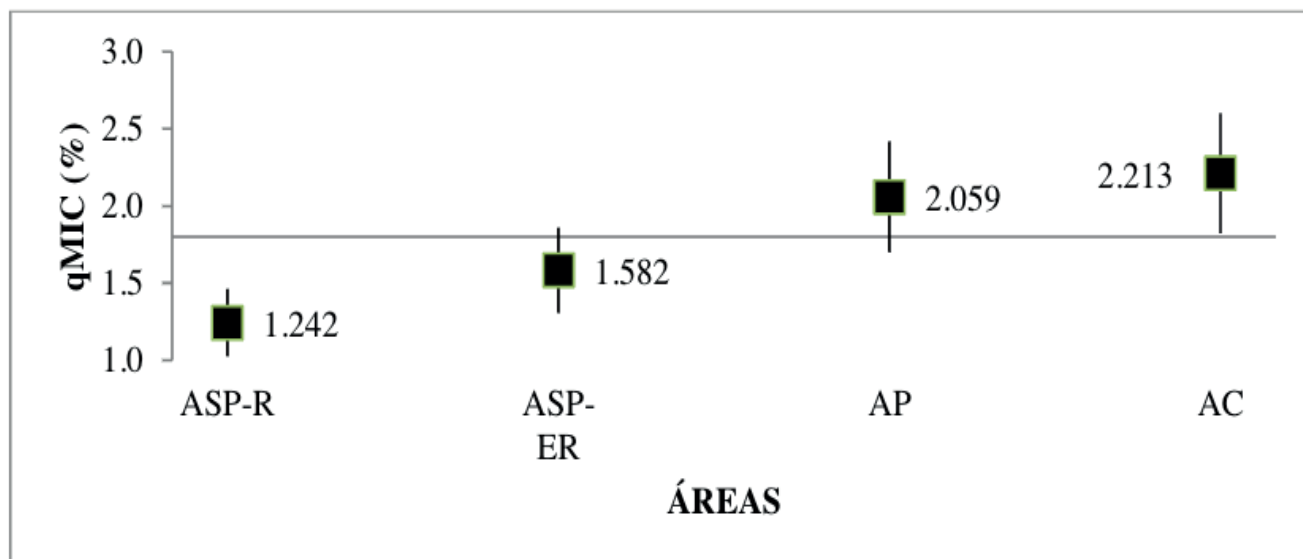


Figura 3. Quociente Microbiano (qMIC) das áreas analisadas na segunda coleta. Dados:(*) [ASP-R] Sistema Agrosilvipastoril Renque; [ASP-ER] Sistema Agrosilvipastoril Entre Renque; [AP] Sistema Agropastoril; [AC] Agricultura Convencional.

Aspecto agrônômico

Nas áreas de ASP-ER, AP e AC, a massa seca das plantas e o número de vagens foram superiores comparados com o sistema ASP-R. Este sistema ASP-R obteve menores resultados nos parâmetros umidade, número de vagens e matéria seca da soja (Tabela 4).

Avaliações realizadas por Almeida e colaboradores (2014), analisando umidade do solo em sistema ASP em diferentes horários, obtiveram uma redução na umidade nos renques de 50 a 60% comparada aos entre-renques (centro) da cultura. Tal resultado pode ser reflexo da existência de plantas eucalipto na área, pois a espécie possui rápido crescimento quando comparadas às espécies nativas, e isto faz com que a sua demanda por água seja maior, embora a eficiência no aproveitamento da mesma seja melhor. Assim como qualquer espécie vegetal, o eucalipto utiliza água para satisfazer suas demandas fisiológicas, promovendo assim o seu crescimento (OLERIANO; DIAS, 2007).

Isso pode explicar o menor resultado apresentado pela área ASP-R, apresentando menor umidade do solo que as demais, o que influenciou também na queda do desenvolvimento do número de vagens e matéria seca da soja. No entanto, outros fatores podem influenciar na produção das vagens na planta, como a incidência de luz (radiação), fator decisivo para a produção do soja, que em condições favoráveis, sem sombreamento, a taxa fotossintética é aumentada e conseqüentemente o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e a produtividade (CÂMARA, 2009).

Áreas*	UMIDADE %	MASSA SECA g	No vagem pl ⁻¹
ASP-R	8,13 c	23,80 c	34,33 c
ASP-ER	13,87 a	42,71 a	56,83 a
AP	9,62 bc	32,65 bc	50,17 ab
AC	12,61 ab	36,30 ab	38,33 bc
CV (%)	13,96	10,44	12,95

Tabela 4. Parâmetros fitométricos, matéria orgânica e umidade do solo em diferentes áreas de sistema de integração lavoura-pecuária e floresta.

Dados: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade no teste Tukey. (*) [ASP-R] Sistema Agrosilvipastoril Renque; [ASP-ER] Sistema Agrosilvipastoril Entre Renque; [AP] Sistema Agropastoril; [AC] Agricultura Convencional.

Tal competição por água entre a planta arbórea e a cultivada, seja cultivo de grãos ou pastagem, se evidencia pela análise ANOVA ($p < 0,003$) da comparação entre sistemas de ASP e SP nos renques e entre-renques dos atributos microbiológicos do solo. Nos parâmetros CBM e $qMIC$ observa-se aumento significativo, e redução no quociente metabólico (qCO_2), demonstrando atividade microbiana mais equilibrado com menor estresse. Os mesmos resultados são observados em comparação aos sistemas ASP e SP, a ação antrópica na área agrícola leva a menor biomassa microbiana e aumento no estresse metabólico (Tabela 5).

Áreas*	CBMS		qMIC		RBS		qCO ₂	
	mg C Kg solo ⁻¹		%		mg C-CO ₂ Kg ⁻¹ h ⁻¹		RBS/CBMS	
	R**	ER**	R	ER	R	ER	R	ER
ASP	105,2 Bb	210,4 Ba	1,19 Ab	2,20 Aa	0,75 Ba	0,98 Aa	7,21 Aa	4,68 Ab
SP	193,4 Ab	288,6 Aa	1,40 Ab	2,32 Aa	1,10 Aa	0,86 Aa	5,77 Ba	2,95 Bb
CV (%)	14,73		14,75		18,25		12,11	

Tabela 5. Atributos microbiológicos nas áreas ASP e SP nos renque e entre-renques

Dados: Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem no teste Tukey a 5% de probabilidade. (*) [ASP] Sistema Agrosilvipastoril; [SP] Sistema Silvipastoril; (**) [R] Renque; [ER] Entre-renques; [CBMS] Carbono da Biomassa Microbiana do Solo; [qMIC] quociente Microbiano; [RBS] Respiração Basal; [qCO₂] quociente metabólico do solo.

4 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas áreas sob sistema integrado apresentaram, em quase todos os parâmetros analisados melhor avaliação, tal como, maior comunidade microbiana, maior teor de matéria orgânica, menor estresse, melhor eficiência na disponibilização de nutriente e maior massa seca das plantas quando comparado ao sistema convencional.

No sistema agrosilvipastoril nos renques há competição por água entre a plantação de eucaliptos e a cultura da soja, fato que prejudica o desenvolvimento das plantas e a comunidade microbiana. Na área agrosilvipastoril entre-renques e agropastoril apresentaram melhores condições ambientais e edáficos para cultivo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. L.; CALONEGO, J. C.; CATUCHI, T. A.; TIRITAN, C. S.; ARAÚJO, F. F.; SILVA, P. C. G. Produtividade de soja em diferentes posições entre renques de Eucalipto em cultivo consorciado, **Colloquium Agrariae**, v. 10, n.1, p.33-44, 2014.

ARAÚJO, A. S. F.; MELO, W. J. **Biomassa microbiana do solo**. Teresina: Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí, 2012.

ARAÚJO; A. S. F.; MONTEIRO, R. T. S.; Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, p. 66-75, 2007.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília: Embrapa. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil ix **Pesquisa agropecuária brasileira.**, Brasília, v.46, n.10,p 130 p.i-xii, out. 2011.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo em ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, p.7-18, 2008.

CÂMARA, G. M. S. Fisiologia da produção de soja. In: CAMARA, G. M. S (Coord.). **Soja & Cia**. Piracicaba: ESALQ/USP, p.150-179, 2009.

COSTA, G. D.; MATSUMOTO, L. S.; ALMEIDA, L. M. F.; PORTO, E. P.; DEMÉTRIO, G. B.; MARQUES, R. D.; SILVA, M. A. A.; SILVA, M. A. Fertilization with poultry litter in a corn crop for silage. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 44. p. 4126-4133, 2015.

EMBRAPA SOJA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1999/2000**. Londrina, p.103, 109. (Embrapa Soja. Documentos, 131). 1999.

FONTAINE, S.; BARDOUX, G.; BENEST, D.; VERDIER, B.; MARIOTTI, A.; ABBADIE, L. Mechanisms of the priming effect in a savannah soil amended with cellulose. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 68:125-131, 2004.

GOTTSCHAL, J. C. Phenotypic response to environmental changes. **FEMS Microbiology Ecology**, v.74, p.93-102, 1990.

ISERMEYER, H. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. **Z. Pflanzenernähr Bodenk.**, 56:26-38, 1952.

LAZZAROTTO, J. J.; SANTOS, M. L.; LIMA, J. E.; MORAIS, A. Viabilidade financeira e riscos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná. **Organizações Rurais e Agronegócio**, v. 12. p. 113-130, 2010.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

OLERIANO, E. S.; DIAS, H. C. T. "A dinâmica da água em microbacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto". In: Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. **O Eucalipto e o Ciclo Hidrológico**, Taubaté, Brasil, 07-09, IPABHi, p. 215-222, novembro 2007.

PAVEI, M. A. **Decomposição de resíduos culturais e emissão de gases de efeito estufa em sistema de manejo de solo em Ponta Grossa (PR)**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia de Agrossistemas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 114 pp. 2005.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Biomassa microbiana do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, p.163-198, 2006.

SANTOS, M. V.; MOTA, V. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; OLIVEIRA, N. J. F.; GERASEEV, L. C.; DUARTE, E. R. Sistemas Agroflorestais: potencialidades para produção de forrageiras no norte de Minas Gerais. In: GERASEEV, L. C.; OLIVEIRA, N. J. F.; CARNEIRO, A. C. B.; DUARTE, E. R. (Ed.). **Recomendações técnicas para vencer o desafio nutricional no período da seca**. UFMG: ICA, Montes Claros, p.99-109, 2008.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 9:249-254, 1985.

SILVA, F. C.; ABREU, M. F.; PÉREZ, D. V.; EIRA, P. A.; ABREU, C. A.; van RAIJ, B.; GIANELLO, C.; COELHO, A. M.; TEDESCO, M. J.; SILVA, C. A.; CANTARELLA, H.; BARRETO, W. O. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes: Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p., 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS-Departamento de Solos, 174p. (Boletim Técnico, 5). 1995.

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

VASCONCELLOS, R. L.; SEGAT, J. C.; BONFIM, J. A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v. 58, p. 105-112, 2013.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G.; SOUSA, A. G. **Texto para discussão**: agricultura e crescimento: cenários e projeções. 2011. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1450/1/td_1642.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2015.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci**. 37:29-38, 1934.

CAL HIDRATADA AGRÍCOLA EM SISTEMA AGROPASTORIL

Data de aceite: 30/07/2020

Data de submissão: 05/06/2020

Wander Luis Barbosa Borges

Instituto Agronômico - IAC, Centro Avançado de Pesquisa de Seringueira e Sistemas Agroflorestais
Votuporanga - São Paulo

<https://orcid.org/0000-0002-3804-1401>

Isabela Malaquias Dalto de Souza

Universidade Estadual Paulista - UNESP,
Faculdade de Engenharia
Ilha Solteira - São Paulo

<https://orcid.org/0000-0002-6343-9083>

Pedro Henrique Gatto Juliano

Centro Universitário de Votuporanga - UNIFEV
Votuporanga - São Paulo

<https://orcid.org/0000-0003-1093-6550>

Letícia Nayara Fuzaro Rodrigues

Centro Universitário de Santa Fé do Sul - UNIFUNEC
Santa Fé do Sul - São Paulo

<https://orcid.org/0000-0002-7212-2184>

Jorge Luiz Hipólito

Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável - CDRS, Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes/Núcleo de Produção de Sementes
Araçatuba - São Paulo

Flávio Suelo Tokuda

Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável - CDRS, Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes/Núcleo de Produção de Sementes
Fernandópolis - São Paulo

Adriano Custódio Gasparino

Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável - CDRS, Casa da Agricultura de Américo de Campos
Américo de Campos - São Paulo

RESUMO: Como há pouca informação sobre a utilização da cal hidratada agrícola em sistemas sustentáveis de produção agropecuária, principalmente em sistema agropastoril, foi realizada uma pesquisa, na região Noroeste Paulista, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de cal hidratada agrícola em superfície, em sistema agropastoril, sobre as características agronômicas da cultura do milho e sobre os atributos químicos do solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, utilizando-se três tratamentos: T1 - aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 70% da capacidade de troca de cátions (CTC) na camada de 0-0,20 m; T2 - aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 52,5% da CTC na camada de 0-0,20 m; T3 - aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 35% da CTC na camada de 0-0,20 m. Constatou-se que a aplicação de cal hidratada agrícola em superfície, dois dias antecedendo a

semeadura do milho, não influenciou suas características agronômicas. A utilização da cal hidratada agrícola com o Ca ocupando 70% da CTC, na camada de 0-0,20 m, proporciona maior pH e menor acidez potencial que o Ca ocupando 35% da CTC. A correção da acidez, na camada de 0-0,20 m, com a aplicação de cal hidratada agrícola em superfície depende da dose utilizada. A utilização da cal hidratada proporciona aumento de Ca e Mg e, redução de Al, na camada de 0,20-0,40 m, em Argissolo sob sistema agropastoril, na região Noroeste Paulista.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas sustentáveis de produção agropecuária, Atributos químicos do solo, *Zea mays* L.

AGRICULTURAL HYDRATED LIME IN AGROPASTORAL SYSTEM

ABSTRACT: As there is little information on the use of hydrated agricultural lime in sustainable agricultural production systems, mainly in an agropastoral system, a research was carried out in the Northwest of São Paulo State, Brazil, with the objective of evaluating the effect of the application of hydrated agricultural lime on the surface, in agropastoral system, on the agronomic characteristics of the maize crop and on the chemical attributes of the soil. The experimental design used was in randomized blocks with four replications, using three treatments: T1 - application of hydrated agricultural lime on the surface to establish that the calcium occupies 70% of the cation exchange capacity (CTC) in the 0-0 layer, 20 m; T2 - application of hydrated agricultural lime on the surface to establish that calcium occupies 52.5% of the CTC in the 0-0.20 m layer; T3 - application of hydrated agricultural lime on the surface to establish that calcium occupies 35% of CTC in the 0-0.20 m layer. It was found that the application of hydrated agricultural lime on the surface, two days before the sowing of maize, did not influence its agronomic characteristics. The use of hydrated agricultural lime with Ca occupying 70% of CTC, in the 0-0.20 m layer, provides a higher pH and less potential acidity than Ca occupying 35% of CTC. The correction of acidity, in the 0-0.20 m layer, with the application of hydrated agricultural lime on the surface depends on the dose used. The use of hydrated lime provides an increase in Ca and Mg and a reduction in Al, in the layer of 0.20-0.40 m, in Ultisol under an agropastoral system, in the Northwest of São Paulo State.

KEYWORDS: Sustainable agricultural production systems, Chemical soil attributes, *Zea mays* L.

1 | INTRODUÇÃO

A adoção de sistemas sustentáveis de produção agropecuária é fundamental para o contínuo avanço tecnológico da agricultura brasileira. Entre esses sistemas está o sistema agropastoril associado ao sistema de semeadura direta, que exclui as práticas de revolvimento do solo, permitindo o acúmulo de material vegetal na superfície, sobre o qual será semeada ou plantada a cultura seguinte (BERTIN; ANDRIOLI; CENTURION, 2005).

Nestes sistemas onde não há o revolvimento no preparo do solo, geralmente, a correção da acidez do solo é realizada mediante aplicação de calcário na superfície, sem incorporação e, a baixa mobilidade dos produtos de dissolução do calcário aplicado na superfície limita sua eficiência na redução da acidez em camadas sub superficiais de solos com cargas variáveis e, que dependem da lixiviação de sais, orgânicos e, ou, inorgânicos, através do perfil do solo (CAIRES; BARTH; GARBUIO, 2006).

Uma alternativa para se ajustar o pH destes solos e proporcionar melhores condições de crescimento radicular e, assim, melhorar o rendimento das culturas, é a utilização de carbonato de cálcio, cal virgem e cal hidratada (EULA, 2018).

A cal virgem é obtida, industrialmente, pela calcinação ou queima completa da rocha calcária, em fornos adequados, a altas temperaturas. Neste processo são formados os óxidos, de cálcio (CaO) e de magnésio (MgO), e quando estes reagem com a água são produzidos os respectivos hidróxidos (PROCAFÉ, 2018).

A cal hidratada agrícola ou cal extinta é obtida industrialmente pela hidratação da cal virgem (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2004). Seus constituintes são o hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 e o hidróxido de magnésio Mg(OH)_2 e se apresenta na forma de pó fino (ALCARDE, 2005). Como se emprega, normalmente, 20% de água na hidratação, os teores de CaO e MgO decrescem nessa mesma proporção, em relação à cal virgem, assim os teores de CaO e MgO nesse produto se situam em cerca de 48% e 24%, respectivamente (PROCAFÉ, 2018).

A cal tem um efeito benéfico no solo de neutralizar os ácidos prejudiciais e aumentar a humificação da matéria orgânica, tornando o solo mais fértil. Tanto o carbonato de cálcio como a cal virgem são usados como intensificadores da qualidade do solo (EULA, 2018).

Como há pouca informação sobre a utilização da cal hidratada agrícola em sistemas sustentáveis de produção agropecuária, principalmente em sistema agropastoril, foi realizada uma pesquisa, na região Noroeste Paulista, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de cal hidratada agrícola em superfície, em sistema agropastoril, sobre as características agronômicas da cultura do milho e sobre os atributos químicos do solo.

2 | DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada durante a safra 2017/18, no Centro Avançado de Pesquisa de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, do Instituto Agrônomo (IAC), da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA/SP), localizado no município de Votuporanga, SP, (20°20'S, 49°58'W e 510 m de altitude), em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (conforme SiBCS, SANTOS et al., 2013).

O clima é o tropical com invernos secos (Aw na classificação de Köppen) com temperatura média anual de 24°C, tendo a média das máximas de 31,2°C e a média das

mínimas de 17,4°C, enquanto que a precipitação pluvial média anual é de 1328,6 mm.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, utilizando-se três tratamentos: T1 - aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 70% da capacidade de troca de cátions (CTC) na camada de 0-0,20 m; T2 - aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 52,5% da CTC na camada de 0-0,20 m; T3 - aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 35% da CTC na camada de 0-0,20 m.

As parcelas tinham 5 m de comprimento por 5 m de largura, totalizando 25 m².

Foi realizada uma coleta de solo no dia 02/10/2017 para caracterização química (RAIJ et al., 2001), física (DANIELSON et al., 1986), granulométrica (DAY, 1965) e estrutural (KEMPER; CHEPIL, 1965), nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

O sistema agropastoril tem alternância entre culturas e pastagem e foi implantado na safra 2010/11, em uma área que era destinada à produção de grãos, com sistema convencional de preparo do solo. Nesta área, os animais, bovinos de corte recém-desmamados, são introduzidos sessenta dias após a colheita do milho e retirados trinta dias antes da semeadura da soja. O sistema de pastejo utilizado é o contínuo e a taxa de lotação depende da oferta de forragem.

Camada (m)	P mg dm ⁻³	S-SO ₄ g dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	V
					-----mmolc dm ⁻³ -----					%
0-0,20	22	4	13	4,5	2,1	7	7	25	2	39
0,20-0,40	15	5	11	4,1	2,5	5	4	28	6	29

Tabela 1. Caracterização química, nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, 2017.

Fonte: BORGES et al. (2018a).

Camada (m)	Areia		Silte			Argila
	-----g kg ⁻¹ -----					
0-0,20	815		104			81
0,20-0,40	783		142			75
	M ⁽¹⁾	μ ⁽²⁾	PT ⁽³⁾	DS ⁽⁴⁾	> 2 mm ⁽⁵⁾	DMP ⁽⁶⁾
	----- m ³ m ⁻³ -----			kg dm ⁻³	%	mm
0-0,20	0,03	0,34	0,38	1,59	57,88	2,76
0,20-0,40	0,03	0,34	0,37	1,58	52,26	2,61

Tabela 2. Caracterização granulométrica, física e estrutural do solo, nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, 2017.

⁽¹⁾ macroporosidade; ⁽²⁾ microporosidade; ⁽³⁾ porosidade total; ⁽⁴⁾ densidade do solo; ⁽⁵⁾ porcentagem de agregados maior que 2 mm; ⁽⁶⁾ diâmetro médio ponderado. Fonte: BORGES et al. (2018b).

As culturas utilizadas, no período de setembro de 2010 a agosto de 2017, estão apresentadas na Tabela 3, e a quantidade de nutrientes utilizadas, durante as safras 2010/11 a 2016/17, encontra-se na Tabela 4.

No dia 03/11/2017 realizou-se uma amostragem de quantidade de palhada presente na área. Foram retiradas duas amostras de 0,5 x 0,5 m por parcela, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada, regulada a 65-70°C por 72 horas. A quantidade média de matéria seca presente na área foi de 7070 kg ha⁻¹.

Foi realizada uma dessecação pré-plantio no dia 07/11/2017, utilizando-se glifosato 720 g kg⁻¹, na dose de 2,0 kg ha⁻¹ do produto comercial (p.c.) + carfentrazona-etílica 400 g kg⁻¹ na dose de 0,05 kg ha⁻¹ do p.c. + óleo mineral, na dose de 1 L ha⁻¹ do p.c.

2010/11		2011/12		2012/13	
Set/Mar	Abr/Ago	Set/Mar	Abr/Ago	Set/Mar	Abr/Ago
Amendoim	Pousio	Milho + <i>U. brizantha</i>	<i>U. brizantha</i>	<i>U. brizantha</i>	<i>U. brizantha</i>
2013/14		2014/15		2015/16	
Soja	<i>C. juncea</i>	Milho + <i>U. brizantha</i>	<i>U. brizantha</i>	<i>U. brizantha</i>	<i>U. brizantha</i>
2016/17					
Soja	<i>C. juncea</i>				

Tabela 3. Culturas utilizadas no sistema agropastoril, no período de setembro (Set) de 2010 a agosto (Ago) de 2017.

Mar: março; Abr: abril; *U. brizantha*: *Urochloa brizantha*; *C. juncea*: *Crotalaria juncea*.

Fonte: BORGES et al. (2018c).

N	P	K	N	P	K	N	P	K
			kg ha ⁻¹					
2010/11			2011/12			2012/13		
10,0	35,0	20,0	112,0	100,0	48,0	-	-	-
2013/14			2014/15			2015/16		
14,0	70,0	70,0	120,0	102,0	94,0	-	-	-
2016/17								
12,0	60,0	60,0						

Tabela 4. Quantidades de nutrientes (N, P e K) utilizadas no sistema agropastoril, durante as safras 2010/11 a 2016/17.

Fonte: BORGES et al. (2018c).

A cal hidratada agrícola foi aplicada manualmente sobre a superfície do solo, no dia 22/11/2017.

A semeadura do milho foi realizada mecanicamente no sistema de semeadura direta

sobre a palhada da *C. juncea* no dia 24/11/2017, utilizando-se a cultivar Dow AgroSciences 2B587 PowerCore™ no espaçamento de 0,8 m e população de 72500 plantas ha⁻¹, com adubação de semente na dose de 315 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16.

As sementes foram tratadas industrialmente com fludioxonil 25 g L⁻¹ + metalaxil - m 20 g L⁻¹ + tiabendazol 150 g L⁻¹, na dose de 0,15 L do p.c. 100 kg de semente⁻¹.

Após a sementeira, foi realizada uma dessecação pós-plantio no dia 24/11/2017, utilizando-se paraquat 200 g L⁻¹, na dose de 2,0 L ha⁻¹ do p.c. + adjuvante, na dosagem de 0,06 L ha⁻¹ do p.c.

No dia 11/12/2018 foi realizada a primeira adubação de cobertura, utilizando-se o adubo formulado 20-00-20, na dose de 270 kg ha⁻¹ e, a aplicação do herbicida pós-emergente atrazina 500 g L⁻¹, na dose de 3,0 L ha⁻¹ do p.c. + óleo mineral, na dose de 1 L ha⁻¹ do p.c.

No dia 14/12/2017 foram semeadas duas linhas de *U. brizantha* cv. Marandu, na entrelinha da cultura do milho, utilizando-se 10 kg ha⁻¹ de sementes da forrageira, com valor cultural de 50%, misturada com o adubo super fosfato simples, na dose de 60 kg ha⁻¹.

No dia 18/12/2017 foi realizada a segunda adubação de cobertura, utilizando-se sulfato de amônio, da dose de 250 kg ha⁻¹.

Os parâmetros avaliados na cultura do milho foram a altura de inserção da primeira espiga, altura de plantas, estande final ha⁻¹, número de espigas ha⁻¹, porcentagem de espigas malformadas, massa de cem grãos e produtividade de grãos.

As avaliações foram realizadas no momento da colheita da cultura do milho, realizada no dia 27/03/2018. Cada parcela foi composta por quatro linhas de milho (espaçamento de 0,80 m) e 5 m de comprimento, totalizando 16 m².

A massa de cem grãos e a produtividade de grãos foi obtida padronizando-se a umidade dos grãos para 13% (base úmida).

A amostragem da altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas foi realizada em cinco plantas de cada parcela, e a amostragem do estande final ha⁻¹, massa de cem grãos e produtividade de grãos foi realizada em 3 m das duas linhas centrais de cada parcela.

As espigas foram debulhadas em debulhadora mecânica. Após a debulha os grãos foram pesados e mensurada sua umidade para o cálculo da produtividade de grãos. Em seguida separou-se cem grãos para cálculo da massa de cem grãos.

Foi realizada nova coleta de solo no dia 29/03/2018, nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, para se verificar as alterações nos atributos químicos do solo.

Foram retiradas duas amostras simples por parcela, as quais foram homogêneas e originaram uma amostra composta de cada parcela.

As amostras foram coletadas com auxílio de trado tipo caneca, acondicionadas em sacos de plástico e, posteriormente, secas ao ar. Nas amostras foram determinados: pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ (relação solo:solução 1:2,5), a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), os teores de P, K, Ca e Mg no solo extraídos pela resina trocadora de íons (RAIJ et al., 2001); com

esses resultados foram calculados os valores de saturação por bases (V) mediante a relação entre o teor de bases trocáveis no solo (Ca, Mg e K) e a CTC em porcentagem.

Os dados mensais de evapotranspiração potencial, precipitação pluvial e temperatura média e, o balanço hídrico semanal de Votuporanga, SP, no período de 27/11/2017 a 01/04/2018, encontram-se em Borges et al (2018c).

Os dados das características agronômicas da cultura do milho e dos atributos químicos do solo foram submetidos ao teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), com o uso do programa computacional Assisat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

3 | CULTURA DO MILHO

As características agronômicas da cultura do milho estão demonstradas na Tabela 6. Constata-se que os tratamentos não diferiram entre si ($p < 0,05$) em relação às características agronômicas avaliadas. Enfatiza-se que a aplicação da cal hidratada agrícola ocorreu somente dois dias antes da semeadura do milho.

Tratamentos	Altura de inserção ⁽⁶⁾ (m)	Altura de plantas	Estande final ha ⁻¹
T1 ⁽¹⁾	0,97 ^(ns)	1,98	69271
T2 ⁽²⁾	1,00	1,96	65104
T3 ⁽³⁾	1,04	1,98	66667
DMS ⁽⁴⁾	0,18	0,38	7343,94
CV ⁽⁵⁾ (%)	8,35	8,71	5,05

Tabela 6. Características agronômicas da cultura do milho em sistema agropastoril, Votuporanga, SP, 2018.

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m); ⁽²⁾ T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m); ⁽³⁾ T3: 35% da CTC (0-0,20 m); ⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa; ⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Altura de inserção: altura de inserção da primeira espiga; ^(ns): não-significativo.

Tratamentos	Número de espigas ha ⁻¹	Porcentagem de espigas ⁽⁶⁾	Massa de cem grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
T1 ⁽¹⁾	65104 ^(ns)	12,94	34,05	7886
T2 ⁽²⁾	59896	19,10	32,93	6693
T3 ⁽³⁾	64063	8,95	34,36	8313
DMS ⁽⁴⁾	7382,49	19,53	5,05	2980,80
CV ⁽⁵⁾ (%)	5,40	65,87	6,88	18,00

Tabela 6. Características agronômicas da cultura do milho em sistema agropastoril, Votuporanga, SP, 2018. Continuação

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m); ⁽²⁾ T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m); ⁽³⁾ T3: 35% da CTC (0-0,20 m); ⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa; ⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Porcentagem de espigas: porcentagem de espigas malformadas; ^(ns): não-significativo.

O déficit hídrico no período de 15/01/2018 a 25/02/2018 proporcionou uma incidência de espigas malformadas variando de 8,95 a 19,10%, o que refletiu em redução na produtividade de grãos, principalmente no T2 (aplicação de cal hidratada agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 52,5% da CTC na camada de 0-0,20 m).

De acordo com Santana, Landau e Sans (2018), por ocasião da floração, temperaturas médias superiores a 26°C aceleram o desenvolvimento dessa fase, e inferiores a 15,5°C o retardam e, cada grau acima da temperatura média de 21,1°C, nos primeiros sessenta dias após a semeadura, pode acelerar o florescimento em dois a três dias, e temperaturas noturnas superiores 24°C, proporcionam um aumento da respiração, ocasionando uma diminuição da taxa de redistribuição de fotoassimilados e consequente redução da produtividade de grãos.

4 | ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os tratamentos diferiram entre si ($p < 0,05$) em relação ao pH e à acidez potencial na camada de 0-0,20 m (Tabela 7), sendo que o T1 proporcionou maior pH e menor acidez potencial que o T3.

Esta melhoria nos atributos químicos do solo com o T1, deu-se pela ação neutralizante da cal hidratada, muito semelhante à da cal virgem, que no solo libera Ca^{2+} , Mg^{2+} e OH^- , a qual neutraliza o H^+ da solução do solo, responsável pela sua acidez (ALCARDE, 2005), que é um dos fatores mais limitantes à produtividade das culturas, no mundo (FAGERIA, 2001).

A acidificação do solo é um processo contínuo, que persiste mesmo depois da utilização de corretivos, já que a decomposição de matéria orgânica adiciona íons H^+ ao solo, bem como a troca iônica que ocorre entre a planta, raízes e os coloides do solo e, neste processo, as plantas absorvem, por exemplo, os íons K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , liberando H^+ , aumentando a acidez do solo com as culturas sucessivas (BARBOSA FILHO; FAGERIA; ZIMMERMANN, 2005; ROSSET et al., 2014).

Tratamentos	P mg dm ⁻³	S-SO ₄	MO g dm ⁻³	pH		K	Ca		Mg		H+Al		Al	V %
				(CaCl ₂)			-----	mmol _c dm ⁻³	-----					
0-0,20 m														
T1 ⁽¹⁾	15,50 ^(ns)	2,75	12,50	5,25	a ⁽⁶⁾	1,10	11,50	18,00	20,25	b	1,00	60,00		
T2 ⁽²⁾	11,25	3,25	11,75	4,80	ab	1,23	9,75	12,75	21,50	ab	1,50	52,50		
T3 ⁽³⁾	16,25	2,00	12,25	4,55	b	1,03	7,75	14,25	28,00	a	3,00	43,00		
DMS ⁽⁴⁾	12,21	2,92	2,53	0,63		0,53	5,59	12,94	6,68		2,05	20,73		
CV ⁽⁵⁾ (%)	39,24	50,39	9,59	5,97		21,68	26,65	39,77	13,24		51,43	18,43		
0,20-0,40 m														
T1	12,50	2,75	11,75	4,58		1,88	8,75	9,50	27,75		2,50	42,50		
T2	13,25	2,75	11,25	4,45		1,68	8,75	8,25	28,00		2,00	39,75		
T3	16,75	1,75	11,75	4,25		1,50	7,75	6,75	29,75		2,25	35,00		
DMS	16,08	1,02	1,02	0,69		0,70	4,52	3,84	10,48		2,32	17,33		
CV (%)	52,31	19,51	4,07	7,22		19,07	24,73	21,69	16,94		47,43	20,44		

Tabela 7. Atributos químicos do solo nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, 2018.

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m); T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m); T3: 35% da CTC (0-0,20 m);

⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa; ⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Significativo a 5% de probabilidade;

^(ns): não-significativo. Fonte: BORGES et al. (2018d).

Os tratamentos T1 e T2 aumentaram o pH na camada de 0-0,20 m. Os três tratamentos proporcionaram, na camada de 0,20-0,40 m, aumento de Ca e de Mg e, redução de Al.

A presença de palhada sobre o solo (7070 kg ha⁻¹ de MS), a ausência de preparo (sistema de semeadura direta) e a rotação de culturas utilizada, proporcionam melhorias nas características físicas e biológicas do solo (SOUZA et al., 2013), favorecendo a descida da cal hidratada agrícola pelos canalículos formados pelas raízes mortas e bioporos formados pela meso e macrofauna do solo (VARGAS et al., 2019) e, conseqüentemente, aumentando os teores de Ca e de Mg em sub superfície, mostrando ser a aplicação de cal hidratada agrícola em superfície uma opção interessante para o sistema agropastoril, na região Noroeste Paulista.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de cal hidratada agrícola em superfície, dois dias antecedendo a semeadura do milho, não influenciou suas características agronômicas.

A utilização da cal hidratada agrícola com o Ca ocupando 70% da CTC, na camada de 0-0,20 m, proporciona maior pH e menor acidez potencial que o Ca ocupando 35% da CTC.

A correção da acidez, na camada de 0-0,20 m, com a aplicação de cal hidratada agrícola em superfície depende da dose utilizada.

A utilização da cal hidratada proporciona aumento de Ca e Mg e, redução de Al, na camada de 0,20-0,40 m, em Argissolo sob sistema agropastoril, na região Noroeste

Paulista.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 2005. 24 p. (Boletim Técnico, 6).

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro e da soja influenciados pela calagem em superfície e incorporada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 507-514, 2005.

BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 379-386, 2005.

BORGES, W. L. B.; HIPÓLITO, J. L.; SOUZA, I. M. D.; ANDREOTTI, M.; GOMES, E. N.; STRADA, W. L. Agricultural hydrated lime use in sustainable maize production systems in the Northwest region of São Paulo State, Brazil. **Nucleus**, v. 1, p. 37-44, 2018a.

BORGES, W. L. B.; HIPÓLITO, J. L.; SOUZA, I. M. D.; TOKUDA, F. S.; GASPARINO, A. C.; ANDREOTTI, M. Liming and gypsum application in sustainable maize production systems in the Northwest region of São Paulo State, Brazil. **Nucleus**, v. 1, p. 7-16, 2018b.

BORGES, W. L. B.; HIPÓLITO, J. L.; STRINGHETTA, W.; TOKUDA, F. S.; GASPARINO, A. C.; FREITAS, R. S.; BÁRBARO-TORNELI, I. M. Sustainable maize production systems in the Northwest region of São Paulo State, Brazil. **Nucleus**, v. 1, p. 27-36, 2018c.

BORGES, W. L. B.; SOUZA, I. M. D.; HIPOLITO, J. L.; TOKUDA, F. S.; GASPARINO, A. C.; ANDREOTTI, M. Cal hidratada agrícola em sistema agropastoril: alterações nos atributos químicos do solo. In: III ENCONTRO PAULISTA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2018, Ilha Solteira, SP. Anais do III Encontro Paulista de Ciência do Solo, 2018d.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUJO, F. J. Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 89, n. 1, p. 3-12, 2006.

DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical methods. SSSA Book Ser. 5.1. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p. 443-461.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLAKE, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE J. L.; ENSMINGER, L. E.; CLARK, F. E. (Eds.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 545-567. (Part 1)

EUROPEAN LIME ASSOCIATION AISBL - EULA. **Lime applications: agriculture, forestry and fish farming**. 2018.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates: In: BLAKE, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E. (Eds.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy; 1965. p. 499-510. (Part I)

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. **Características de corretivos agrícolas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 28 p. (Documentos, 37).

PROCAFÉ. **Cal virgem e cal hidratada agrícola - corretivos ideais para cafezais adultos**. 2018.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Agronômico; 2001.

ROSSET, J. S.; LANA, M. C.; PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; RAMPIM, L.; SARTO, M. V. M.; SEIDEL, E. P. Carbon stock, chemical and physical properties of soils under management systems with different deployment times in western region of Paraná, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 3053-3072, 2014.

SANTANA, D. P.; LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Clima e solo**. In: Cultivo do milho. Sistemas de Produção, 1. Embrapa Milho e Sorgo.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K.T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á. V.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. Á.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SOUZA, R. C.; CANTÃO, M. E.; VASCONCELOS, A. T. R.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Soil metagenomics reveals differences under conventional and no-tillage with crop rotation or succession. **Applied Soil Ecology**, v. 72, p. 49-61, 2013.

VARGAS, J. P. R.; SANTOS, D. R.; BASTOS, M. C.; SCHAEFER, G.; PARISI, P. B. Application forms and types of soil acidity corrective: Changes in depth chemical attributes in long term period experiment. **Soil & Tillage Research**, v. 185, p. 47-60, 2019.

CALAGEM E GESSAGEM PELA PORCENTAGEM DE CÁLCIO NA CTC E CTCE, EM SISTEMA AGROPASTORIL

Data de aceite: 30/07/2020

Data de submissão: 05/06/2020

Wander Luis Barbosa Borges

Instituto Agronômico - IAC, Centro Avançado de Pesquisa de Seringueira e Sistemas Agroflorestais
Votuporanga - São Paulo
<https://orcid.org/0000-0002-3804-1401>

Pedro Henrique Gatto Juliano

Centro Universitário de Votuporanga - UNIFEV
Votuporanga - São Paulo
<https://orcid.org/0000-0003-1093-6550>

Isabela Malaquias Dalto de Souza

Universidade Estadual Paulista - UNESP,
Faculdade de Engenharia
Ilha Solteira - São Paulo
<https://orcid.org/0000-0002-6343-9083>

Rogério Soares de Freitas

Instituto Agronômico - IAC, Centro Avançado de Pesquisa de Seringueira e Sistemas Agroflorestais
Votuporanga - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/9645471530092214>

Jorge Luiz Hipólito

Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável - CDRS, Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes/Núcleo de Produção de Sementes
Araçatuba - São Paulo

Adriano Custódio Gasparino

Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável - CDRS, Casa da Agricultura de Américo de Campos
Américo de Campos - São Paulo

Flávio Sueo Tokuda

Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável - CDRS, Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes/Núcleo de Produção de Sementes
Fernandópolis - São Paulo

RESUMO: Para ajudar a sanar dúvidas quanto a dose ideal de gesso a ser utilizada e verificar o efeito da calagem e gessagem, baseadas na porcentagem de cálcio na capacidade de troca de cátions (CTC) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe), sobre as características agronômicas da cultura do milho e sobre os atributos químicos do solo, sob sistema agropastoril, foi realizada uma pesquisa na região Noroeste Paulista. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, utilizando-se três tratamentos: T1 - aplicação de calcário e gesso agrícola em superfície para estabelecer que, respectivamente, o cálcio ocupe 70% da CTC na camada de 0-0,20 m e 60% da CTCe na camada de 0,20-0,40 m; T2 - aplicação de calcário e gesso agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 52,5% da CTC na camada de 0-0,20 m e 45% da CTCe na camada de 0,20-0,40 m; T3 - aplicação de calcário e gesso agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe

35% da CTC na camada de 0-0,20 m e 30% da CTCe na camada de 0,20-0,40 m. Constatou-se que a calagem e gessagem aplicadas quatorze dias antecedendo a semeadura do milho não influenciaram suas características agronômicas. O T1 proporciona maiores teores de $S-SO_4$ que T2 e T3 na camada de 0-0,40 m. Os tratamentos T1 e T2 elevam a saturação por bases na camada de 0,20-0,40 m. A aplicação de calcário e gesso agrícola, considerando-se a porcentagem de cálcio na CTC, na camada de 0-20 m e, na CTCe, na camada de 0,20-0,40 m, reduz o teor de Al na camada de 0,20-0,40 m de Argissolo sob sistema agropastoril, na região Noroeste Paulista.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas sustentáveis de produção agropecuária, Atributos químicos do solo, *Zea mays* L.

LIMING AND GYPSUM APPLICATION BY THE PERCENTAGE OF CA IN CTC AND CTCE IN AGROPASTORAL SYSTEM

ABSTRACT: To help answer questions about the ideal dose of gypsum to be used and to verify the effect of liming and gypsum application, based on the percentage of calcium in the cation exchange capacity (CTC) and effective cation exchange capacity (CTCe), on the agronomic characteristics of the maize crop and on the chemical attributes of the soil, under an agropastoral system, a research was carried out in the Northwest region of São Paulo State. The experimental design used was in randomized blocks with four replications, using three treatments: T1 - application of lime and gypsum agricultural on the surface to establish that, respectively, calcium occupies 70% of CTC in the 0-0.20 m layer and 60% of the CTCe in the 0.20-0.40 m layer; T2 - application of lime and gypsum agricultural on the surface to establish that calcium occupies 52.5% of the CTC in the 0-0.20 m layer and 45% of the CTCe in the 0.20-0.40 m layer; T3 - application of lime and gypsum agricultural on the surface to establish that calcium occupies 35% of the CTC in the 0-0.20 m layer and 30% of the CTCe in the 0.20-0.40 m layer. It was found that the lime and gypsum applied fourteen days before sowing the maize did not influence its agronomic characteristics. T1 provides higher levels of $S-SO_4$ than T2 and T3 in the 0-0.40 m layer. The T1 and T2 treatments increase the base saturation in the 0.20-0.40 m layer. The application of lime and gypsum agricultural, considering the percentage of calcium in the CTC, in the 0-20 m layer, in the CTCe, in the 0.20-0.40 m layer, reduces the Al content in the 0.20-0.40 m layer of Ultisol under an agropastoral system, in the Northwest region of São Paulo State.

KEYWORDS: Sustainable agricultural production systems, Chemical soil attributes, *Zea mays* L.

1 | INTRODUÇÃO

Em sistemas de produção onde não há revolvimento de solo no preparo, geralmente, a correção da acidez do solo é realizada mediante aplicação de calcário na superfície sem

incorporação e, a baixa mobilidade dos produtos de dissolução do calcário aplicado na superfície limita sua eficiência na redução da acidez em camadas sub superficiais de solos com cargas variáveis, que dependem da lixiviação de sais orgânicos e/ou inorgânicos, através do perfil do solo (CAIRES et al., 2006).

A melhoria das condições do solo abaixo das camadas superficiais pode ser um fator de aumento e/ou estabilidade de produtividade das culturas, especialmente quando há ocorrência de veranicos, comuns nas regiões com inverno seco, notadamente no Cerrado, que apresentam deficiência de Ca na sub superfície do solo, associada ou não à toxidez de Al (COSTA, 2015).

Uma opção interessante para melhoria das camadas sub superficiais em sistemas sem revolvimento do solo é a utilização do gesso agrícola, o qual tem sido utilizado em solos ácidos como um produto complementar ao calcário (BRAGA; VALE; MUNIZ, 1995; SILVA et al., 1998), podendo ser empregado como fonte de enxofre (S) e de cálcio (Ca) e como condicionador de sub superfície, promovendo aumentos nos teores de Ca e diminuição da saturação por alumínio, resultando em maior desenvolvimento do sistema radicular, com conseqüente melhoria na absorção de água e de nutrientes pela cultura (VITTI; PRIORI, 2009).

No entanto, há dúvidas quanto a dose ideal de gesso a ser utilizada e, pouca informação sobre calagem e gessagem baseadas na porcentagem de cálcio na capacidade de troca de cátions (CTC) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe), principalmente em sistema agropastoril.

Para ajudar a sanar estas dúvidas, foi realizada uma pesquisa na região Noroeste Paulista, com o objetivo de avaliar o efeito do calcário e do gesso agrícola sobre as características agronômicas da cultura do milho e sobre os atributos químicos do solo, considerando-se a porcentagem de cálcio na CTC, na camada de 0-20 m e, na CTCe, na camada de 0,20-0,40 m.

2 | DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada durante a safra 2017/18, no Centro Avançado de Pesquisa de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, do Instituto Agrônomo (IAC), da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA/SP), localizado no município de Votuporanga, SP, (20°20'S, 49°58'W e 510 m de altitude), em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (conforme SiBCS, SANTOS et al., 2013).

O clima é o tropical com invernos secos (Aw na classificação de Köppen) com temperatura média anual de 24°C, tendo a média das máximas de 31,2°C e a média das mínimas de 17,4°C, enquanto que a precipitação pluvial média anual é de 1328,6 mm.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, utilizando-se três tratamentos: T1 - aplicação de calcário e gesso agrícola em superfície para estabelecer que, respectivamente, o cálcio ocupe 70% da CTC na camada de 0-0,20 m e 60% da CTCe na camada de 0,20-0,40 m; T2 - aplicação de calcário e gesso agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 52,5% da CTC na camada de 0-0,20 m e 45% da CTCe na camada de 0,20-0,40 m; T3 - aplicação de calcário e gesso agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 35% da CTC na camada de 0-0,20 m e 30% da CTCe na camada de 0,20-0,40 m.

As parcelas tinham 5 m de comprimento por 5 m de largura, totalizando 25 m².

Foi realizada uma coleta de solo no dia 02/10/2017 para caracterização química, física, granulométrica e estrutural, nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 1 e 2 do capítulo “Cal hidratada agrícola em sistema agropastoril”, deste livro, sendo os dois experimentos desenvolvidos no mesmo local e no mesmo período.

O sistema agropastoril tem alternância entre culturas e pastagem e foi implantado na safra 2010/11, em uma área que era destinada à produção de grãos, com sistema convencional de preparo do solo. Nesta área, os animais, bovinos de corte recém-desmamados, são introduzidos sessenta dias após a colheita do milho e retirados trinta dias antes da semeadura da soja. O sistema de pastejo utilizado é o contínuo e a taxa de lotação depende da oferta de forragem.

As culturas utilizadas, no período de setembro de 2010 a agosto de 2017, e a quantidade de nutrientes utilizadas, durante as safras 2010/11 a 2016/17, estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4, respectivamente, do capítulo “Cal hidratada agrícola em sistema agropastoril”, deste livro, sendo os dois experimentos desenvolvidos no mesmo local e no mesmo período e, em Borges et al. (2018a).

No dia 03/11/2017 realizou-se uma amostragem de quantidade de palhada presente na área. Foram retiradas duas amostras de 0,5 x 0,5 m por parcela, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada, regulada a 65-70°C por 72 horas. A quantidade média de matéria seca presente na área foi de 7070 kg ha⁻¹.

Foi realizada uma dessecação pré-plantio no dia 07/11/2017, utilizando-se glifosato 720 g kg⁻¹, na dose de 2,0 kg ha⁻¹ do produto comercial (p.c.) + carfentrazona-etílica 400 g kg⁻¹ na dose de 0,05 kg ha⁻¹ do p.c. + óleo mineral, na dose de 1 L ha⁻¹ do p.c.

O calcário e o gesso agrícola foram aplicados manualmente sobre a superfície do solo, no dia 10/11/2017.

A semeadura do milho foi realizada mecanicamente no sistema de semeadura direta sobre a palhada da *C. juncea* no dia 24/11/2017, utilizando-se a cultivar Dow AgroSciences 2B587 PowerCore™ no espaçamento de 0,8 m e população de 72500 plantas ha⁻¹, com adubação de semeadura na dose de 315 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16.

As sementes foram tratadas industrialmente com fludioxonil 25 g L⁻¹ + metalaxil - m 20 g L⁻¹ + tiabendazol 150 g L⁻¹, na dose de 0,15 L do p.c. 100 kg de semente⁻¹.

Após a semeadura, foi realizada uma dessecação pós-plantio no dia 24/11/2017, utilizando-se paraquat 200 g L⁻¹, na dose de 2,0 L ha⁻¹ do p.c. + adjuvante, na dosagem de 0,06 L ha⁻¹ do p.c.

No dia 11/12/2018 foi realizada a primeira adubação de cobertura, utilizando-se o adubo formulado 20-00-20, na dose de 270 kg ha⁻¹ e, a aplicação do herbicida pós-emergente atrazina 500 g L⁻¹, na dose de 3,0 L ha⁻¹ do p.c. + óleo mineral, na dose de 1 L ha⁻¹ do p.c.

No dia 14/12/2017 foram semeadas duas linhas de *U. brizantha* cv. Marandu, na entrelinha da cultura do milho, utilizando-se 10 kg ha⁻¹ de sementes da forrageira, com valor cultural de 50%, misturada com o adubo super fosfato simples, na dose de 60 kg ha⁻¹.

No dia 18/12/2017 foi realizada a segunda adubação de cobertura, utilizando-se sulfato de amônio, da dose de 250 kg ha⁻¹.

Os parâmetros avaliados na cultura do milho foram a altura de inserção da primeira espiga, altura de plantas, estande final ha⁻¹, número de espigas ha⁻¹, porcentagem de espigas malformadas, massa de cem grãos e produtividade de grãos.

As avaliações foram realizadas no momento da colheita da cultura do milho, realizada no dia 27/03/2018. Cada parcela foi composta por quatro linhas de milho (espaçamento de 0,80 m) e 5 m de comprimento, totalizando 16 m². A massa de cem grãos e a produtividade de grãos foi obtida padronizando-se a umidade dos grãos para 13% (base úmida).

A amostragem da altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas foi realizada em cinco plantas de cada parcela, e a amostragem do estande final ha⁻¹, massa de cem grãos e produtividade de grãos foi realizada em 3 m das duas linhas centrais de cada parcela.

As espigas foram debulhadas em debulhadora mecânica. Após a debulha os grãos foram pesados e mensurada sua umidade para o cálculo da produtividade de grãos. Em seguida separou-se cem grãos para cálculo da massa de cem grãos.

Foi realizada nova coleta de solo no dia 29/03/2018, nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, para se verificar as alterações nos atributos químicos do solo. Foram retiradas duas amostras simples por parcela, as quais foram homogeneizadas e originaram uma amostra composta de cada parcela.

As amostras foram coletadas com auxílio de trado tipo caneca, acondicionadas em sacos de plástico e, posteriormente, secas ao ar. Nas amostras foram determinados: pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ (relação solo:solução 1:2,5), a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), os teores de P, K, Ca e Mg no solo extraídos pela resina trocadora de íons (RAIJ et al., 2001); com esses resultados foram calculados os valores de saturação por bases (V) mediante a relação entre o teor de bases trocáveis no solo (Ca, Mg e K) e a CTC em porcentagem.

Os dados mensais de evapotranspiração potencial, precipitação pluvial e temperatura

média e, o balanço hídrico semanal de Votuporanga, SP, no período de 27/11/2017 a 01/04/2018, encontram-se em Borges et al. (2018b).

Os dados das características agronômicas da cultura do milho e dos atributos químicos do solo foram submetidos ao teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), com o uso do programa computacional Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

3 | CULTURA DO MILHO

As características agronômicas da cultura do milho estão demonstradas na Tabela 2. Constata-se que os tratamentos não diferiram entre si ($p < 0,05$) em relação às características agronômicas e produtividade de grãos, indicando que não houve tempo suficiente para reação do calcário no solo, pois a calagem na superfície cria uma frente de correção da acidez do solo em profundidade, proporcional à dose e ao tempo (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000; RHEINHEIMER et al., 2000).

Tratamentos	Altura de inserção ⁽⁶⁾ (m)	Altura de plantas	Estande final ha ⁻¹
T1 ⁽¹⁾	1,03 ^(ns)	1,91	69792
T2 ⁽²⁾	1,02	1,88	64583
T3 ⁽³⁾	0,99	1,89	70833
DMS ⁽⁴⁾	0,24	0,44	8524,57
CV ⁽⁵⁾ (%)	11,14	10,64	5,74

Tabela 1. Características agronômicas da cultura do milho em sistema agropastoril, Votuporanga, SP, 2018.

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m); ⁽²⁾ T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m); ⁽³⁾ T3: 35% da CTC (0-0,20 m); ⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa; ⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Altura de inserção: altura de inserção da primeira espiga; ^(ns): não-significativo.

Tratamentos	Número de espigas ha ⁻¹	Porcentagem de espigas ⁽⁶⁾	Massa de cem grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
T1 ⁽¹⁾	63542 ^(ns)	9,84	32,31	7643
T2 ⁽²⁾	64583	15,44	33,45	7111
T3 ⁽³⁾	60417	11,00	31,57	6727
DMS ⁽⁴⁾	23599,44	20,21	6,39	4282,67
CV ⁽⁵⁾ (%)	18,05	77,01	9,08	29,39

Tabela 2. Características agronômicas da cultura do milho em sistema agropastoril, Votuporanga, SP, 2018. Continuação

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m); ⁽²⁾ T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m); ⁽³⁾ T3: 35% da CTC (0-0,20 m); ⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa; ⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Porcentagem de espigas: porcentagem de espigas malformadas por ataque de fitopatógenos; ^(ns): não-significativo.

Embora Zandoná et al. (2015) terem citado que o gesso agrícola aumenta a produtividade de grãos de milho, com resposta até a dose de 2 t ha⁻¹, com incrementos de 9,3% em relação ao tratamento controle, este efeito não foi observado neste experimento pelo pouco tempo entre gessagem e semeadura do milho e pelo déficit hídrico durante o ciclo do milho que é determinante na solubilização do gesso agrícola.

Apesar de diversos estudos com aplicação superficial do calcário demonstrarem a eficiência desta prática na produtividade de grãos de milho em sistema de semeadura direta (MIRANDA; MIRANDA, 2000; MIRANDA et al., 2005; CAIRES et al., 2015), nesta pesquisa isto não foi observado, provavelmente por não ter havido tempo suficiente para o calcário reagir no solo, uma vez que a aplicação do calcário e do gesso agrícola ocorreu somente quatorze dias após antes da semeadura do milho.

Segundo Ciotta et al. (2002), o calcário localizado na superfície do solo tem sua reação reduzida pelo menor contato entre as partículas de solo e corretivo, retardando, conseqüentemente, sua ação em profundidade no perfil.

4 | ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os tratamentos diferiram entre si ($p < 0,05$) em relação aos teores de S-SO₄, na camada de 0,-0,20 m, e de P, S-SO₄, Al e saturação por bases na camada de 0,20-0,40 m (Tabela 3).

O T1 apresentou maiores teores de S-SO₄, nas duas camadas avaliadas, devido ao maior fornecimento de S-SO₄ na forma de gesso agrícola.

A aplicação superficial de gesso agrícola, em sistemas com semeadura direta, tem reduzido o Al trocável e aumentado os teores Ca trocável e do sulfato, bem como, em alguns casos, elevado de forma indireta os valores de pH em camadas sub superficiais do solo (CAIRES et al., 2011; MARQUES, 2008; SORATTO; CRUSCIOL, 2008a, 2008b; COSTA, 2011).

Os tratamentos T1 e T2 apresentaram maior saturação por bases, na camada de 0,20-0,40 m, e a elevaram em 8%. A presença de palhada sobre o solo (7070 kg ha⁻¹ de MS), a ausência de preparo (sistema de semeadura direta) e a rotação de culturas utilizada, proporcionaram melhorias nas características físicas e biológicas do solo (SOUZA et al., 2013), favorecendo a descida do calcário pelos canalículos formados pelas raízes mortas e, bioporos formados pela meso e macrofauna do solo (VARGAS et al., 2019) e, conseqüentemente, aumentando os teores de Ca em sub superfície.

Os três tratamentos reduziram o teor de Al na camada de 0,20-0,40 m, com destaque para o T2 que o reduziu, em média, 2,25 mmol_c dm⁻³, corroborando com Soratto e Crusciol (2008a, 2008b), que também verificaram redução do Al trocável, devido à aplicação de gesso na superfície.

Os ânions resultantes da dissociação dos corretores de acidez do solo (HCO_3^- e OH^-) reagem com os prótons da solução do solo resultando na neutralização do Al^{3+} (VARGAS et al., 2019).

Os tratamentos T1 e T3 (aplicação de calcário e gesso agrícola em superfície para estabelecer que o cálcio ocupe 35% da CTC na camada de 0-0,20 m e 30% da CTCe na camada de 0,20-0,40 m) apresentaram maior teor de P que o T2.

Tratamentos	P mg dm ⁻³	S-SO ₄ mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	K -----	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg -----	H+Al -----	Al -----	V %
T1 ⁽¹⁾	18,50 ^(ns)	12,25 a ⁽⁴⁾	12,25	4,30	0,60	13,00	2,75	25,00	2,25	39,25
T2 ⁽²⁾	9,50	5,75 b	12,25	4,25	0,50	11,25	2,50	25,25	3,25	36,50
T3 ⁽³⁾	19,00	6,25 b	13,00	4,15	0,63	10,50	2,50	29,50	4,25	31,50
DMS ⁽⁴⁾	16,98	5,83	2,14	0,49	0,28	4,47	2,48	8,00	2,98	13,47
CV ⁽⁵⁾ (%)	49,94	33,25	7,89	5,34	22,26	17,80	44,23	13,86	42,29	17,36
0,20-0,40 m										
T1	16,25 a	28,50 a	11,75	4,23	1,15	11,75	4,75	29,50	4,75 a	37,50 a
T2	6,50 b	9,75 b	11,50	4,15	0,93	10,00	4,75	26,50	3,75 b	37,25 a
T3	18,00 a	7,75 b	11,50	4,05	0,98	9,25	3,75	29,50	5,00 a	32,00 b
DMS	9,19	6,34	1,73	0,35	0,53	2,53	2,40	5,74	0,96	4,92
CV (%)	31,16	19,05	6,90	3,92	24,15	11,29	25,03	9,28	9,80	6,37

Tabela 3. Atributos químicos do solo nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, 2018.

⁽¹⁾ T1: 70% da CTC (0-0,20 m) e 60% da CTCe na camada de (0,20-0,40 m); T2: 52,5% da CTC (0-0,20 m) e 45% da CTCe (0,20-0,40 m);

T3: 35% da CTC (0-0,20 m) e 30% da CTCe (0,20-0,40 m); ⁽⁴⁾ DMS: Diferença mínima significativa;

⁽⁵⁾ CV: Coeficiente de variação; ⁽⁶⁾ Significativo a 5% de probabilidade; ^(ns): não-significativo. Fonte: BORGES et al. (2018c).

Como a amostragem de solo realizada em 30/10/2017 foi feita aleatoriamente na área, independentemente de parcelas, as doses de calcário e de gesso agrícola podem ter sido sub estimadas, daí a razão pela qual não houve correção ideal da acidez, elevação dos teores de Ca e Mg e da saturação por bases.

Os tratamentos T1 e T2 aumentaram o pH na camada de 0-0,20 m. Os três tratamentos proporcionaram, na camada de 0,20-0,40 m, aumento de Ca e de Mg e, redução de Al. A presença de palhada sobre o solo (7070 kg ha⁻¹ de MS), a ausência de preparo (sistema de semeadura direta) e a rotação de culturas utilizada, proporcionam melhorias nas características físicas e biológicas do solo (SOUZA et al., 2013), favorecendo a descida da cal hidratada agrícola pelos canalículos formados pelas raízes mortas e bioporos formados pela meso e macrofauna do solo (VARGAS et al., 2019) e, conseqüentemente, aumentando os teores de Ca e de Mg em sub superfície, mostrando ser a aplicação de cal hidratada agrícola em superfície uma opção interessante para o sistema agropastoril, na região Noroeste Paulista.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A calagem e gessagem aplicadas quatorze dias antecedendo a semeadura do milho não influenciaram suas características agrônômicas e produtividade de grãos.

A aplicação de calcário e gesso agrícola em superfície com o Ca ocupando 70% da CTC, na camada de 0-0,20 m e, 60% da CTCe, na camada de 0,20-0,40 m, proporciona maiores teores de S-SO₄.

A aplicação de calcário e gesso agrícola em superfície com o Ca ocupando 70 e 52,5% da CTC, na camada de 0-0,20 m e, 60 e 45% da CTCe, na camada de 0,20-0,40 m, elevam a saturação por bases na camada de 0,20-0,40 m.

A aplicação de calcário e gesso agrícola, considerando-se a porcentagem de cálcio na CTC, na camada de 0-20 m e, na CTCe, na camada de 0,20-0,40 m, reduz o teor de Al na camada de 0,20-0,40 m de Argissolo sob sistema agropastoril, na região Noroeste Paulista.

REFERÊNCIAS

BORGES, W. L. B.; HIPÓLITO, J. L.; SOUZA, I. M. D.; TOKUDA, F. S.; GASPARINO, A. C.; ANDREOTTI, M. Liming and gypsum application in sustainable maize production systems in the Northwest region of São Paulo State, Brazil. **Nucleus**, v. 1, p. 7-16, 2018a.

BORGES, W. L. B.; HIPÓLITO, J. L.; STRINGHETTA, W.; TOKUDA, F. S.; GASPARINO, A. C.; FREITAS, R. S.; BÁRBARO-TORNELI, I. M. Sustainable maize production systems in the Northwest region of São Paulo State, Brazil. **Nucleus**, v. 1, p. 27-36, 2018b.

BORGES, W. L. B.; SOUZA, I. M. D.; HIPOLITO, J. L.; TOKUDA, F. S.; GASPARINO, A. C.; ANDREOTTI, M. Calagem e gessagem pela porcentagem de Ca na CTC e CTCe, em sistema agropastoril. In: III ENCONTRO PAULISTA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2018, Ilha Solteira, SP. Anais do III Encontro Paulista de Ciência do Solo, 2018c.

BRAGA, F. A.; VALE, F. R.; MUNIZ, J. A. Movimentação de nutrientes no solo, crescimento e nutrição mineral no eucalipto, em função de doses de gesso e níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 69-77, 1995.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUJO, F. J. Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 89, n. 1, p. 3-12, 2006.

CAIRES, E. F.; HALISKI, A.; BINI, A. R.; SCHARR, D. A. Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 66, p. 41-53, 2015.

CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 1, p. 45-53, 2011.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.

- COSTA, C. H. M. **Efeito residual da aplicação superficial de calcário e gesso nas culturas de soja, aveia-preta e sorgo granífero**. 2011. 80 f. (Dissertação de Mestrado) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2011.
- COSTA, C. H. M. **Calagem superficial e aplicação de gesso em sistema plantio direto de longa duração: efeitos no solo e na sucessão milho/crambe/feijão-caupi**. 2015. 97 f. (Tese de Doutorado) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2015.
- MARQUES, R. R. **Aplicação superficial de calcário e gesso em manejo conservacionista de solo para cultivo de amendoim e aveia branca**. 2008. 142 f. (Tese de Doutorado) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2008.
- MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei Pouco Húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 209-215, 2000.
- MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C.; REIN, T. A.; GOMES, C. A. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 6, p. 563-572, 2005.
- RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Agronômico; 2001.
- RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 797-805, 2000.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K.T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á. V.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. Á.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- SILVA, A. A.; VALE, F. R.; FERNANDES, L. A.; NETO, A. E. F.; MUNIZ, J. A. Efeitos de relações $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 451-457, 1998.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 675-688, 2008a.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Dolomite and phosphogypsum surface application effects on annual crops nutrition and yield. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 2, p. 261-270, 2008b.
- SOUZA, R. C.; CANTÃO, M. E.; VASCONCELOS, A. T. R.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Soil metagenomics reveals differences under conventional and no-tillage with crop rotation or succession. **Applied Soil Ecology**, v. 72, p. 49-61, 2013.
- VARGAS, J. P. R.; SANTOS, D. R.; BASTOS, M. C.; SCHAEFER, G.; PARISI, P. B. Application forms and types of soil acidity corrective: Changes in depth chemical attributes in long term period experiment. **Soil & Tillage Research**, v. 185, p. 47-60, 2019.
- VITTI, G. C.; PRIORI, J. C. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao plantio direto. **Revista Visão Agrícola**, v.9, p. 30-34, 2009.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015.

CRITÉRIOS E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO COM VINHAÇA, TORTA DE FILTRO E FERTILIZANTE MINERAL PARA A CULTURA DA SOJA

Data de aceite: 30/07/2020

Data de submissão: 04/06/2020

Antonio Nolla

Universidade Estadual de Maringá

Umuarama – PR

<http://lattes.cnpq.br/8523637553552551>

Mateus Konrad

Universidade Estadual de Maringá

Umuarama – PR

<http://lattes.cnpq.br/8572382048362066>

Thaynara Garcez Da Silva

Universidade Estadual de Maringá

Umuarama – PR

<http://lattes.cnpq.br/8673019682306399>

Adriely Vechiato Bordin

Universidade Estadual de Maringá

Umuarama – PR

<http://lattes.cnpq.br/8003585449188661>

RESUMO: A substituição de parte da fertilização mineral por resíduos orgânicos é utilizada em culturas como a soja, mas é necessário definir dosagens e combinações de fertilização. Objetivou-se avaliar o crescimento da soja submetida a doses combinadas de fertilizantes orgânicos e minerais para estabelecer critérios de fertilização. Foi desenvolvido um ensaio com combinações de fertilização orgânica e mineral em um Argissolo Vermelho distrófico típico. Cultivou-se soja por 45 dias. Avaliou-se

atributos fenológicos da soja. A torta de filtro e sua combinação com fertilização mineral aumentou o desenvolvimento da parte aérea da soja. O uso de vinhaça e a combinação de torta de filtro + adubação mineral aumentaram o comprimento radicular da soja. A adubação mineral e sua combinação com vinhaça propiciaram o maior acúmulo de matéria seca radicular.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo orgânico, solo arenoso, sistema de plantio direto, *Glycine max*.

CRITERIA AND COMBINATIONS OF FERTILIZATION WITH VINASSE, FILTER CAKE AND MINERAL FERTILIZER FOR SOYBEAN CULTURE

ABSTRACT: Replacing part of mineral fertilization with organic waste is used in crops such as soybean, but it is necessary to define dosages and fertilization combinations. The objective of this paper was to evaluate the soybean growth submitted to combined doses of organic and mineral fertilizers to establish fertilization criteria. An experiment was developed with combinations of organic and mineral fertilization in a Sandy Argisol. Soybean was grown for 45 days. Phenological

attributes were evaluated. Filter cake and its combination with mineral fertilization increased the development of the soybean aerial part. Use of vinasse and the combination of filter cake with mineral fertilizer increased the soybean root length. Mineral fertilization and its combination with vinasse provided the higher accumulation of root dry matter.

KEYWORDS: Organic waste, sandy soil, no-till system, *Glycine max*.

1 | INTRODUÇÃO

A soja é uma das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo. Seu alto teor em proteínas a torna fundamental na alimentação animal e humana, além de seus subprodutos oferecerem uma grande diversidade de uso na indústria química. Atualmente o Brasil é o maior produtor (126,1 milhões de toneladas – safra 2019/2020) e exportador do mundo, com uma área colhida aproximada de 36,8 milhões de hectares milhões de hectares, contribuindo com quase 36% da produção mundial. A média de produtividade da cultura atualmente é de 3313 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020a).

Um novo sistema de manejo para o controle das perdas de solo e água pela erosão, caracterizado pela racionalidade no uso de insumos e máquinas agrícolas, que objetiva produzir com sustentabilidade, gastando-se cada vez menos por unidade produzida, vem sendo desenvolvido com resultados promissores. O cultivo da soja em áreas de renovação de lavouras de cana-de-açúcar tem demonstrado ser uma prática conservacionista e rentável. Este sistema de manejo consiste em realizar a semeadura direta sobre os resíduos da cana-de-açúcar colhida mecanicamente, e sem a necessidade de movimentação do solo através de aração e gradagem. A semeadura da soja em áreas de renovação de cana-de-açúcar permite ao produtor diversificar a sua produção e principalmente proteger o solo durante o período chuvoso, além de melhorar a fertilidade do solo através da decomposição de resíduos culturais (Pereira Neto et al., 2007).

A necessidade de produzir cada vez mais em áreas que apresentam menor capacidade produtiva, como o caso dos solos arenosos, torna necessário estudo detalhado no que diz respeito à utilização de resíduos e fertilizantes para a cultura da soja. Isto se refere à adequação e viabilidade destes produtos em condições distintas dos solos de textura argilosa, com maior capacidade produtiva, onde são mais conhecidas recomendações e critérios de utilização de corretivos e fertilizantes capazes de devolver ao solo o potencial produtivo (Wisawapipat et al., 2009; Pinto et al., 2013).

Para que seja minimizado o custo da lavoura de soja, têm sido utilizados resíduos da industrialização da cana-de-açúcar (como a vinhaça, a torta de filtro e o bagaço) para a fertilização de áreas que apresentem redução de produção. Isto vem sendo estudado na região noroeste do Paraná, uma vez que existem inúmeras usinas que produzem resíduos que podem ser utilizados para a fertilização de outras culturas além da cana-de-açúcar, como é o caso da cultura da soja e milho (Farinelli et al., 2017).

Nos últimos anos, vem sendo observada uma expansão da área plantada e colhida de cana-de-açúcar no estado do Paraná (quarto estado produtor nacional) com uma produção de 35,5 milhões de toneladas (CONAB, 2020b). Com isso, também cresce, proporcionalmente, a geração de resíduos provenientes da produção de açúcar e álcool (torta de filtro e vinhaça), aumentando conjuntamente a preocupação com o acúmulo destes resíduos, potencialmente poluidores, e seu uso inadequada para adubação, podendo acarretar em poluição do solo, rios, lagos e do lençol freático (Silva et al., 2007).

Estes subprodutos tornam-se uma alternativa para a adubação de culturas como a soja, haja visto o aumento substancial no custo dos adubos químicos (N, P, K e S) decorrente da diminuição das reservas pelo mundo (Lopes e Guilherme, 2000). Assim, faz-se necessário encontrar alternativas para a nutrição das culturas com redução dos custos, visando maximizar a produção e, sobretudo, destinar corretamente os resíduos produzidos pela indústria (Nunes Junior, 2008). A torta de filtro e a vinhaça se enquadram como alternativa à adubação química, já que a torta de filtro compõe teores de matéria orgânica, cálcio, fósforo e nitrogênio, proporcionando, através da interação destes resíduos, um grande potencial como adubo orgânico para a cultura da soja (Fravet et al., 2010).

A vinhaça tem sido muito usada para fertilização de culturas, destacando-se a cana-de-açúcar, soja, amendoim e crotalária (Có Junior et al., 2008; Basso et al., 2013). Este resíduo apresenta potencial de adubação e correção dos solos, apresenta teores de matéria orgânica e nutrientes em níveis elevados como potássio, cálcio e enxofre (Freire e Cortez, 2000), além de ser capaz de corrigir a acidez do solo por seu efeito alcalinizante (Silva et al., 2014). A vinhaça apresenta potencial para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos onde é usado o resíduo, além de melhorar a microflora e microbiota do solo (Silva et al., 2007; Santos et al., 2009).

A aplicação deste resíduo aumenta a expectativa de produção, principalmente em solos arenosos, em que a capacidade de fornecimento de nutrientes é baixa (Silva et al., 2014). Silva et al. (2014) estudando o uso de vinhaça, observaram que além de fornecer nutrientes, ocorre correção da acidez do solo e aumento no armazenamento de água (devido ao alto teor de matéria orgânica). Entretanto, é necessário estudar doses adequadas de vinhaça em solos com condições físicas e químicas diferenciadas, pois doses inadequadas podem reduzir produtividade, gerar desequilíbrio nutricional, contaminação do lençol freático ou salinização (Freire e Cortez, 2000).

Sengik et al. (1996) estudando a eficiência da aplicação de doses de vinhaça (0, 50, 100, 200 e 400 m³ ha⁻¹) como fertilizante na cana-de-açúcar, observaram que a fertilização aumentou a área foliar, a produção de matéria seca radicular e da parte aérea, com valores máximos obtidos na dose de 100 m³ ha⁻¹. Além disso, os autores observaram em solos arenosos, dosagens excessivas podem promover desbalanceamento nutricional e salinidade, o que prejudica a produtividade e o meio ambiente (Medina et al., 2002).

A torta de filtro é outro resíduo gerado na industrialização da cana-de-açúcar, e apresenta potencial fertilizante para culturas de interesse comercial. Este resíduo apresenta relação C/N média (20 a 30:1), comparável às leguminosas e do esterco, (Nunes Junior, 2008; Fravet et al., 2010). Entretanto, doses elevadas (acima de 100 toneladas ha⁻¹) podem reduzir o teor de nitrato, sugerindo imobilização de N devido à alta relação C/N do resíduo (Camargo et al., 1984), indicando uso de adubação nitrogenada.

A torta de filtro foi estudada por Rodella et al. (1990), aplicando-se doses crescentes do produto em área total. A aplicação de 100 toneladas por hectare alterou os atributos químicos do solo, promovendo incrementos nos teores de fósforo, cálcio, carbono orgânico, além de reduzir o teor de alumínio trocável, corroborando com Omar (2009). A utilização de torta de filtro em dosagens superiores a 20 t ha⁻¹ no sulco de plantio é capaz de eliminar a necessidade de adubação com fósforo na cultura da cana-de-açúcar (Caldeira e Paccola, 2008). Para os fosfatos naturais, que apresentam uma menor reatividade no solo, é recomendada a mistura com torta de filtro, devido à torta de filtro agir na melhoria da solubilidade destes compostos, disponibilizando mais rapidamente o P presente na torta (González, et al., 2014).

Apesar dos estudos de pesquisa já desenvolvidos com torta de filtro, ainda são necessários resultados capazes de indicar a eficiência da torta de filtro misturada com outros resíduos. Assim, faz-se necessário estabelecer dosagens ideais e critérios de utilização para solos arenosos, com menor capacidade de armazenamento de nutrientes e água, e que podem apresentar recomendações específicas, quando comparadas a solos mais argilosos e com maior potencial de aumento na produtividade de culturas como a soja.

Desta forma, principalmente em solos arenosos, que apresentam uma menor CTC e uma menor capacidade de armazenamento de água e nutrientes, faz-se necessário o estudo destes produtos fertilizantes para estabelecer dosagens adequadas, critérios de utilização e capacidade de fertilização e/ou correção da acidez do solo, de forma que sejam minimizados problemas de lixiviação, salinização e contaminação do meio ambiente. Uma alternativa para a utilização adequada destes resíduos pode ser a utilização monitorada dos resíduos de industrialização. Entretanto, é necessário gerar dados que comprovem a importância, critérios e doses adequadas para a uso de resíduos de industrialização de cana-de-açúcar para fertilizar o solo cultivado com soja.

Objetivou-se avaliar o crescimento da soja submetida à aplicação de dosagens e combinações de resíduos fertilizantes e adubos minerais, para estabelecer recomendações de fertilização para a soja

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na estação experimental da Universidade Estadual de Maringá, campus regional de Umuarama-PR, no período de 2010 a 2011. Foi utilizado um Argissolo Vermelho distrófico típico arenoso (Santos et al., 2018) sob mata natural como base experimental (Tabela 1). O uso do solo se baseou na elevada acidez, baixa fertilidade do solo, o que serviu como base para testar o potencial de fertilização de adubos orgânicos e minerais.

Inicialmente, foram acondicionados aproximadamente 2,5 kg do solo original em colunas de polietileno (tubos de PVC) com dimensões de 20 cm de altura por 15 cm de diâmetro, as quais foram preenchidas com solo de mata natural (camada de 0 – 20 cm), sem cultivo anterior.

pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Al	P	K	S	H+Al	T	V	M.O.	Argila
1 : 2,5	--- cmol _c dm ⁻³ -----			- mg dm ⁻³ -		----- cmol _c dm ⁻³ -----			%	---g kg ⁻¹ ----	
4,9	0,66	0,23	1,3	5,5	27	0,96	4,96	5,92	16	15	200

Tabela 1. Caracterização química da camada de 0-20 cm de um Argissolo Vermelho distrófico típico sob campo natural

Ca, Mg, Al = (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); S = soma de bases; H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); T= CTC pH 7,0; V= Saturação por bases; M.O.= matéria orgânica(Walkley-Black).

Os tratamentos consistiram da aplicação superficial das combinações de fertilizantes: 1) Testemunha; 2) 50 t ha⁻¹ de torta de filtro; 3) 200 m³ ha⁻¹ de vinhaça; 4) Adubação mineral completa (inoculação + 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 85 kg ha⁻¹ de K₂O); 5) 25 t ha⁻¹ de torta de filtro + 100 m³ ha⁻¹ de vinhaça; 6) 37,5 t ha⁻¹ de torta de filtro +25% da adubação mineral completa; 7) 25 t ha⁻¹ de torta de filtro + 50% da adubação mineral completa; 8) 12,5 t ha⁻¹ de torta de filtro + 75% da adubação mineral completa; 9) 150 m³ ha⁻¹ de vinhaça + 25% da adubação mineral completa; 10) 100 m³ ha⁻¹ de vinhaça + 50% da adubação mineral completa; 11) 50 m³ ha⁻¹ de vinhaça + 75% da adubação mineral completa. O delineamento experimental foi inteiramente asualizados com 4 repetições. As colunas foram mantidas em repouso (incubadas) por 10 dias, ao ar livre, com umidade próxima da capacidade de campo para proporcionar uma maior reatividade dos materiais aplicados no solo. O fundo das colunas foi protegido por pratos plásticos, visando evitar a perda de solo.

Após o período de incubação, foi efetuada a semeadura da soja (cultivar CD226 RR), que previamente foi submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* e tratadas com inseticida à base de fipronil e fungicida a base de fludioxonil e metalaxyl-m. Após o desbaste, permaneceram 4 plantas por vaso (parcela). Após a semeadura foi aplicado superficialmente uma quantidade de palha equivalente a 6 toneladas por hectare, com o objetivo de caracterizar o sistema de plantio direto. O experimento foi conduzido ao

ar livre, para simular com precisão as condições de campo. Durante o desenvolvimento das plantas, o solo dos vasos foi mantido úmido através da precipitação pluviométrica natural e pela irrigação (água natural) nas épocas de estiagem.

A colheita da soja foi efetuada manualmente aos 45 dias da semeadura. A parte aérea das plantas foi cortada, obtendo-se a matéria fresca e seca após a secagem em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas. As raízes foram lavadas com água, pesadas (matéria fresca), colocadas em sacos plásticos e congeladas para manter suas características. O comprimento do sistema radicular foi determinado pelo método de Tennant (1975) e a matéria seca foi obtida após a secagem em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas. O raio da raiz foi estimado utilizando-se da fórmula proposta por Barber (1995).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (SISVAR) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de erro.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior altura e acúmulo matéria seca da parte aérea das plantas foi obtida nos tratamentos onde aplicou-se torta de filtro (Figuras 1 e 2). A aplicação de 50 t ha⁻¹ deste fertilizante e a aplicação combinada de 37,5 t ha⁻¹ de torta de filtro + 25% de adubação mineral completa (17,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 21,25 kg ha⁻¹ de K₂O) resultaram em maior crescimento da soja, o que demonstra o efeito fertilizante da torta de filtro, como observado por Fravet (2010). É possível inferir que a torta de filtro foi mais eficiente na fertilização quando comparada à adubação mineral completa devido aos maiores problemas de lixiviação do K e de fixação de PO₄⁻² (Novais et al., 2007) das fontes minerais.

A aplicação de vinhaça e adubação mineral completa resultou em um desenvolvimento semelhante das plântulas de soja em relação à altura e matéria seca da parte aérea (Figuras 1 e 2). A combinação de torta de filtro e vinhaça com adubação mineral também proporcionaram um bom desenvolvimento da soja. Observa-se que nos tratamentos onde aplicou-se 25 toneladas de torta de filtro + 50% da adubação mineral completa (35kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 42,5 kg ha⁻¹ de K₂O) e onde aplicou-se 150 m³ ha⁻¹ de vinhaça + 25% de adubação mineral completa (17,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 21,25 kg ha⁻¹ de K₂O) resultaram em plantas altas (Figura 1A), apesar deste último tratamento não proporcionar o maior acúmulo de matéria seca da parte aérea das plantas de soja (Figura 1B). Isto demonstra que é possível substituir parte da fertilização mineral pela fertilização orgânica. Além de racionalizar o custo, a adubação orgânica pode proporcionar uma fertilização com melhor efeito residual (Bayer & Mielniczuk, 1999; Santos et al., 2010), pois o adubo orgânico apresenta ação gradual, além de aumentar a CTC, diminuindo as perdas por lixiviação dos nutrientes.

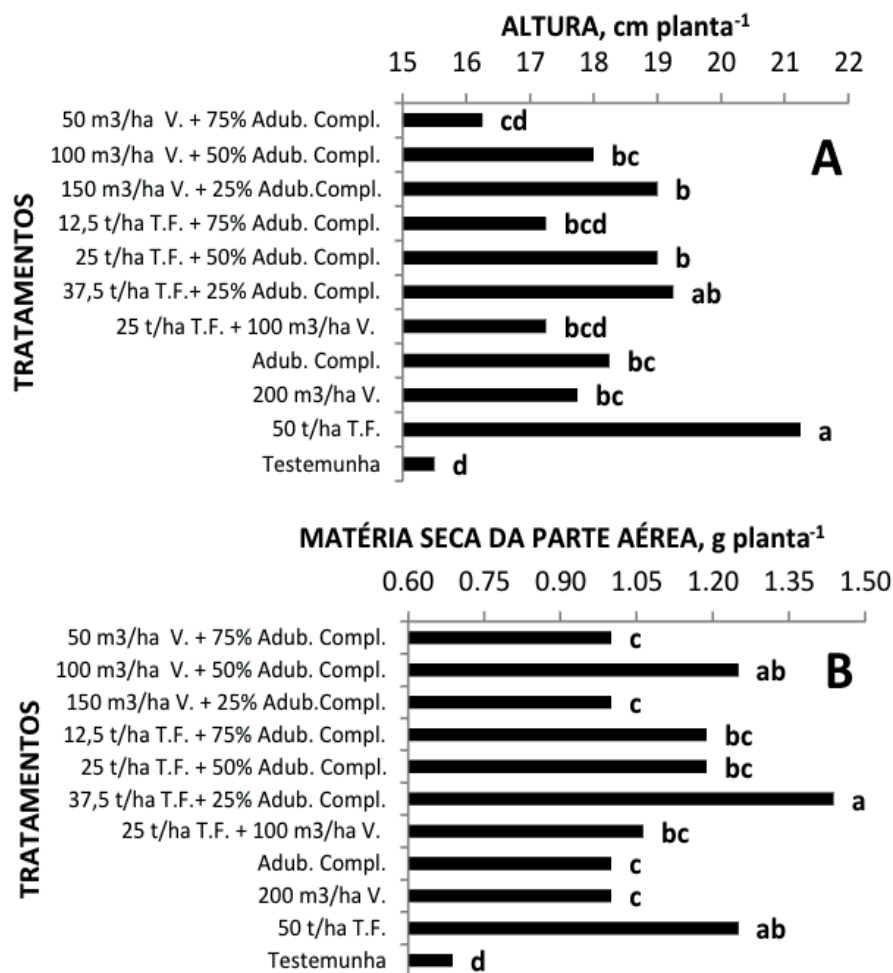


Figura 1. Altura (A) e matéria seca aérea (B) da soja submetida às doses e combinações de torta de filtro, vinhaça e adubação mineral em um Argissolo Vermelho distrófico típico.

O comprimento radicular da soja foi maior com fertilização orgânica combinada com a adubação mineral (Figura 3). O melhor desenvolvimento radicular ocorreu quando aplicou-se torta de filtro combinada com 75% da adubação mineral. O mesmo desempenho ocorreu com a combinação da maior dose de vinhaça (200 m³ ha⁻¹) com vinhaça (150 m³ ha⁻¹) e vinhaça com a aplicação de 25% da adubação mineral completa. Isto deve ter ocorrido porque o fertilizante orgânico é capaz de disponibilizar mais nutrientes, e apresentar uma maior possibilidade de lixiviação (potássio e nitrogênio) e volatilização (nitrogênio) que os fertilizantes minerais (Novais et al., 2007).

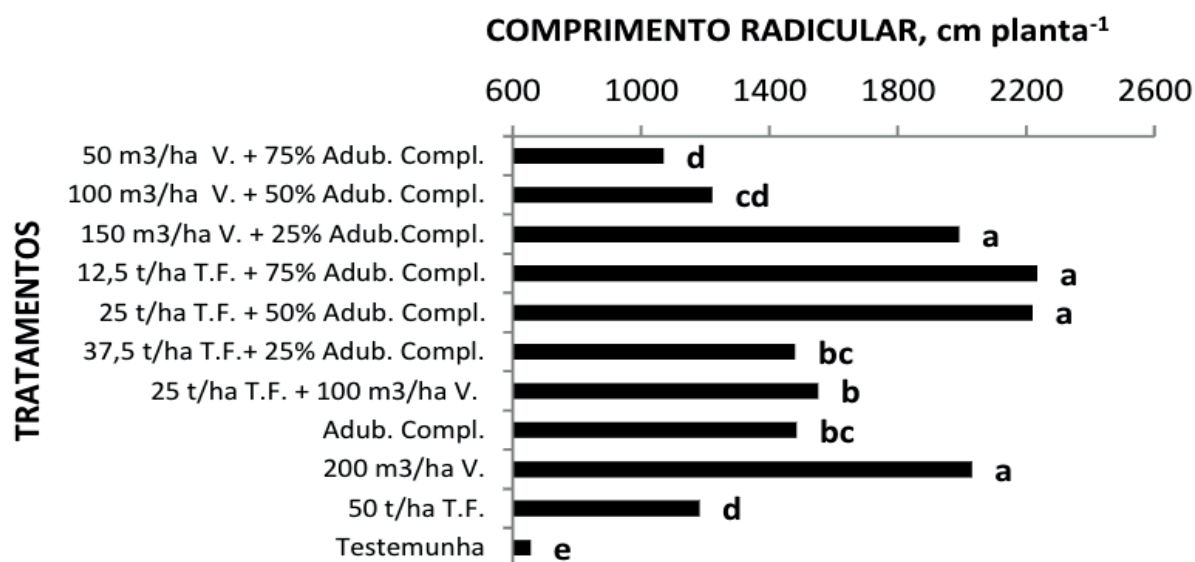


Figura 3. Comprimento radicular da soja submetida à aplicação de doses e combinações de torta de filtro, vinhaça e adubação mineral em um Argissolo Vermelho distrófico típico.

Medina et al.(2002) justificou o maior enraizamento da cana-de-açúcar com uso de vinhaça devido a quantidade de íons aplicada e sua distribuição ao longo do perfil. Isto também pode ser atribuído à melhoria na qualidade física do solo, devido à adição de matéria orgânica (Schultz et al., 2010). Assim, justifica-se o uso de vinhaça como fertilizante visando maior desenvolvimento radicular, assim como a substituição de parte da adubação mineral por torta de filtro, demonstrando a capacidade fertilizante desse resíduo.

A adubação mineral completa e a combinação de 150 m³ ha⁻¹ de vinhaça com 25% de adubação mineral apresentaram maior acúmulo de matéria seca radicular (Figura 4). Isto demonstra o potencial da combinação de adubos orgânicos e minerais para melhorar o desenvolvimento radicular. Assim, plantas fertilizadas com adubo orgânico e mineral podem ser são capazes de explorar melhor o solo, conferindo maior resistência ao estresse hídrico, além da maior absorção de água e nutrientes (Camilotti et al., 2006; Costa et al., 2013).

A aplicação de vinhaça na dosagem de 200 m³ ha⁻¹ apresentou menor desempenho, semelhante à testemunha. Isto pode ter ocorrido em função da dose alta do produto aplicado no solo, conferindo efeito de salinização (Silva et al., 2007). Sengik et al. (1996) estudando a eficiência de doses de vinhaça na cana-de-açúcar, observaram máximo acúmulo de matéria seca radicular na dose de 100 m³ ha⁻¹. Além disso, em solos arenosos, dosagens excessivas podem promover desbalanceamento nutricional e salinidade, o que prejudica a produtividade e o meio ambiente.

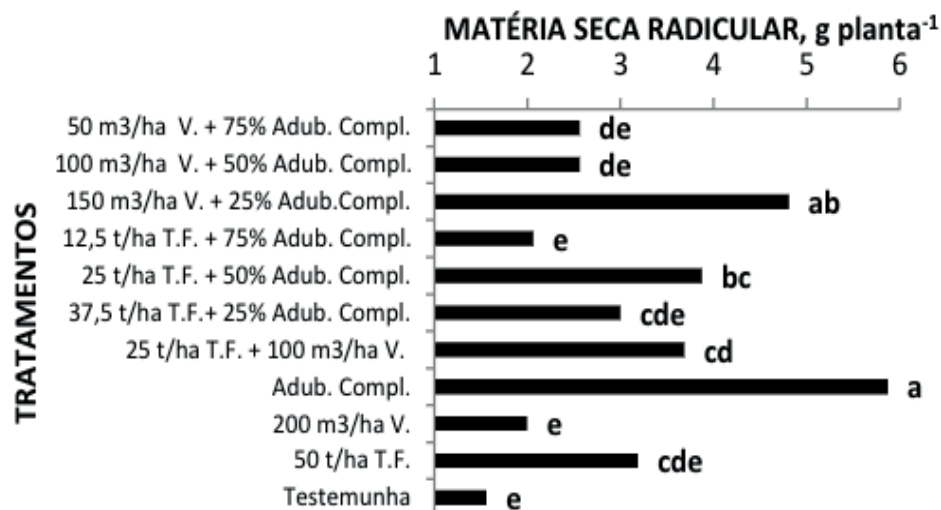


Figura 4. Matéria seca radicular da soja submetida à aplicação de doses e combinações de torta de filtro, vinhaça e adubação mineral em um Argissolo Vermelho distrófico típico.

Torta de filtro na dose de 50 t ha⁻¹ e as combinações com adubação mineral, propiciaram maior acúmulo de matéria fresca aérea (Figura 5). O uso no sulco de torta de filtro acima de 20 t ha⁻¹ pode eliminar a adubação fosfatada mineral na cana-de-açúcar (Caldeira e Paccola, 2008). Para fosfatos naturais, que apresentam uma menor reatividade no solo, é recomendada a aplicação de torta de filtro misturada com fosfatos naturais, devido à torta de filtro agir na melhoria da solubilidade destes compostos, disponibilizando mais rapidamente o P, comparado com a sua aplicação sem a torta (Richardson et al. 2009).

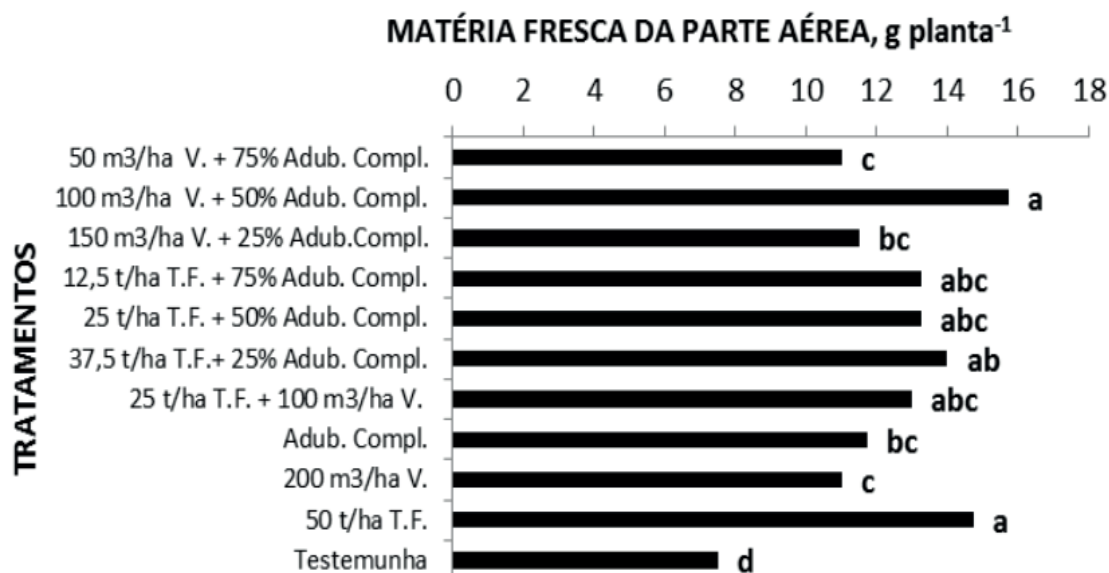


Figura 5. Matéria fresca da parte aérea da soja submetida à aplicação de doses e combinações de torta de filtro, vinhaça e adubação mineral em um Argissolo Vermelho distrófico típico.

A máxima dose de vinhaça reduziu o acúmulo de matéria fresca aérea da soja. Provavelmente, doses excessivas promovem desbalanceamento nutricional e salinidade, prejudicando o desenvolvimento da cultura (Sengik et al., 1996; Paulino et al., 2002). A

adubação exclusivamente mineral também apresentou menor acúmulo de matéria seca aérea da soja, em relação às combinações de fertilizantes orgânicos e minerais. Isso pode ser relacionado à maior absorção de nutrientes pela planta, pois os compostos orgânicos presente no resíduo favorece maior acúmulo de nutrientes pela planta, assim como observado por Akinremi et al. (2000) na nas culturas de canola e ervilha.

A aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos não alteraram o diâmetro do caule das plântulas de soja. Provavelmente em função do curto (45 dias de cultivo) período de cultivo, a soja não apresentou diferença no diâmetro do caule.

4 | CONCLUSÕES

O maior desenvolvimento da parte aérea da soja ocorreu onde aplicou-se torta de filtro e sua combinação com a fertilização mineral. A aplicação de 200 m³ ha⁻¹ de vinhaça e a combinação de torta de filtro e adubação mineral proporcionou maior comprimento radicular da soja. O maior acúmulo de matéria seca radicular ocorreu com a adubação mineral completa e sua combinação com a vinhaça.

REFERÊNCIAS

AKINREMI, O. O.; JANZEN, H. H.; LEMKE, R. L. Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 80, n. 3, p. 437-443, 2000.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 414p.

BASSO, C. J.; SANTI, A.L.; LAMEGO, F.P.; SOMAVILLA, L.; BRIGO, T.J. Vinhaça como fonte de potássio: resposta da sucessão aveia-preta/milho silagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.43, n.4, p.596-602, 2013.

BAYER, C; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26, 1999.

CALDEIRA, D. S. A.; PACCOLA, A. A. Influência do manejo da palhada na fertilidade de um solo cultivado com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Revista Energia na Agricultura**, v. 23, n. 1, p.18-31, 2008.

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; BERTON, R. S.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; MENK, J. R. F. Alteração de características químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico pela aplicação de vinhaça. **Boletim do Instituto Agrônomo**, n.9, p. 1-23, 1984.

CAMILOTTI, F., ANDRIOLI, I., MARQUES, M. O., SILVA, A. R., TASSO JÚNIOR, L. C.; NOBILE, F. O. Atributos físicos de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.3, p. 738-747. 2006.

CÓ JUNIOR, C.; MARQUES, M. O.; TASSO JUNIOR, L. C.. Efeito residual de quatro aplicações anuais de lodo de esgoto e vinhaça na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, p. 196-203, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**.

Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> . Acesso em 31 maio 2020a.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>>. Acesso em 01 junho 2020b.

COSTA, C. S.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, H. R. B.; CORDEIRO NETO, A. T. Efeitos da aplicação de vinhaça sob os atributos físicos do solo coberto com palhicho de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.4, p.636-646, 2013.

FARINELLI, R.; MUSSI, I. E.; MANCINI, R. T. A. Uso de resíduos agroindustriais de cana-de-açúcar na adubação da cultura do milho. **Ciência e Cultura**, v. 13, n. 2, p. 65-73, 2017.

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

FREIRE, J. F.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203 p.

GONZÁLEZ, L. C.; PRADO, R. M.; HERNÁNDEZ, A. R.; CAIONE, G.; SELVA, E. P. Uso de torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 135-141, 2014.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos. 3a ed. São Paulo: ANDA, 2000. 72p.

MEDINA, C. C.; NEVES, C. S. V. J.; FOSNSECA, I. C. B.; TORRETI, A. F. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 23, n. 2, p. 179-184, 2002.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

NUNES JUNIOR, D. Torta de filtro: de resíduo a produto nobre. **Idea News**, v.8, p. 22-30, 2008.

OMAR, Y. S. M. **Effects of sugar cane filter cake compost on selected characteristics of bris soil and growth of maize**. 2009. 25p. Thesis (Master of Science) - University Putra Malaysia, Malaysia, 2009.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; ROBAINA, C. R. P.; LAURANI, R. A. Produções agrícola e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 23, n. 2, p. 145-150, 2002.

PEREIRA NETO, O. C.; GUIMARÃES, M. F.; RALISCH, R.; FONSECA, I. C. B. Análise do tempo de consolidação do sistema de plantio direto. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 11, n. 5, p. 489-496, 2007.

PINTO F. A.; SOUZA E. D.; PAULINO H. B.; CURTI N.; CARNEIRO M. A. C. P-sorption and desorption in savanna Brazilian soils as a support for phosphorus fertilizer management. **Ciência e agrotecnologia**, v. 37, p. 521-530, 2013.

RICHARSON, A. E.; BAREA. J. M.; MCNEILL, A. M.; COMBARET, C. P. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. **Plant and Soil**, v. 321, n. 1, p. 305-339, 2009.

RODELLA, A. A.; SILVA, L. C. F.; FILHO, J. O. Effects of filter cake application on sugarcane yields. **Turialba**, v. 40, n.3, p. 323-326, 1990.

SANTOS, A. F.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PEREZ-MARIN, A. M. . Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1267-1272, 2010.

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**. 5a ed. Brasília: EMBRAPA. 2018. 356 p.

SANTOS, T. M. C.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. G.; SANTOS, V. R. Efeito da fertirrigação com vinhaça nos microorganismos do solo. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p. 155-160, 2009.

SCHULTZ, N.; LIMA, E.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E. Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.34, n.3, p.811-820. 2010.

SENGIK, E.; CANO, M. A. O.; SILVA, C. C.; RIBEIRO, A. C. **Efeitos da vinhaça sobre o crescimento do sorgo granífero**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. Anuário CCA 1995/1996, p. 163-166. 1996.

SILVA, A. P. M.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, F. A. R. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 18, n. 1, p. 38-43, 2014.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Apply Ecology**, v. 63, p.995-1001, 1975.

WISAWAPIPAT W, KHEORUENROMNE I, SUDDHIPRAKARN A, GILKE, R. J. Phosphate sorption and desorption by Thai upland soils. **Geoderma**, V. 153, p. 408-415, 2009.

CAPÍTULO 6

ESTUDO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE QUALIDADE DO SOLO EM UMA COMUNIDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE CAPANEMA-PA

Data de aceite: 30/07/2020

Data de submissão: 05/06/2020

Douglas Silva dos Santos

Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-Pará

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7130358827742214>

Fernanda Gisele Santos de Quadros

Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-Pará

Link do lattes: <http://lattes.cnpq.br/7782947341657509>

Wilton Barreto Morais

Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-Pará

Link do lattes: <http://lattes.cnpq.br/8434718853803462>

Cézar Di Paula Da Silva Pinheiro

Instituto Tecnológico Vale
Belém-Pará

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9477837707374728>

Edivandro Ferreira Machado

Museu Paraense Emílio Goeldi
Belém-Pará

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4949793561570218>

Fernanda Campos de Araújo

Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-Pará

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4622754177222072>

Juliana Costa de Sousa

Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-Pará

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9180999710295395>

Nazareno de Jesus Gomes de Lima

Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-Pará

Link do lattes: <http://lattes.cnpq.br/6550639230042751>

Alef David Castro da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-Pará

Link do lattes: <http://lattes.cnpq.br/4384451099825871>

Karlmylle Batista de Jesus

Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-Pará

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0930275471793559>

Diocléa Almeida Seabra Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-Pará

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8554224619653187>

RESUMO: O solo é um recurso natural essencial à vida dos seres vivos. A importância desse recurso para a vida, resulta das mais diversas funções ecossistêmicas desempenhadas,

inclusive as resultantes das inter-relações entre o homem e o ambiente. Devido a importância deste recurso, este trabalho teve por objetivo analisar a percepção ambiental relacionada à qualidade do solo e ao uso da terra no contexto da comunidade rural do Segredinho, município de Capanema, Nordeste Paraense. O estudo foi realizado por meio de entrevistas e aplicação de questionários semiestruturados junto às famílias de agricultores da comunidade. Como principais resultados, constatou-se que mesmo com a ausência de um conhecimento formal e técnico, os pequenos agricultores rurais detêm o conhecimento através de sua vivência e análises das mudanças que ocorrem no campo diariamente, assim eles elencaram possíveis indicadores de qualidade do solo, bem como práticas conservacionistas que corroboram com os que são frequentemente estudados pelas instituições de ensino e pesquisa, confirmando a importância da troca de saberes entre essas duas esferas. Através dos dados obtidos com esse estudo, infere-se que é essencial a realização de estudos como este, que faça a coleta de dados *in loco*, embasando o conhecimento empírico com as pesquisas catalogadas na literatura.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura familiar, etnopedologia, saberes tradicionais

STUDY OF ENVIRONMENTAL PERCEPTION ON SOIL QUALITY IN A RURAL COMMUNITY IN THE MUNICIPALITY OF CAPANEMA-PA

ABSTRACT: Soil is an essential natural resource for the life of living beings. The importance of this resource for life, results from the most diverse ecosystem functions performed, including those resulting from the interrelationships between man and the environment. Due to the importance of this resource, this study aimed to analyze the environmental perception related to soil quality and land use in the context of the rural community of Segredinho, municipality of Capanema, Northeast Paraense. The study was carried out through interviews and application of semi-structured questionnaires to the farming families of the community. As main results, it was found that even with the absence of formal and technical knowledge, small rural farmers retain the knowledge through their experience and analysis of changes that occur in the field on a daily basis, so they list possible indicators of soil quality, as well as conservationist practices that corroborate those that are frequently studied by teaching and research institutions, confirming the importance of the exchange of knowledge between these two spheres. Through the data obtained with this study, it appears that it is essential to carry out studies such as this one, that do the data collection *in loco*, supporting the empirical knowledge with the cataloged researches in the literature.

KEYWORDS: Family farming, ethnopedology, traditional knowledge

1 | INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural essencial à vida dos seres vivos, que garante a formação e a manutenção dos sistemas nos biomas, além disso, a manutenção da qualidade do solo

torna-se fundamental para a promoção do desenvolvimento sustentável das atividades humanas, em particular na agricultura (GARRIGUES et al., 2012; ROVEDDER et al., 2013). Entre as funções ecossistêmicas desempenhadas por este sistema, destacam-se: fluxo e retenção de água, transporte e retenção de solutos, estabilidade e suporte físico, retenção e ciclagem de nutrientes, tamponamento e filtragem de materiais potencialmente tóxicos, além da manutenção da biodiversidade e habitat (ANDREWS et al., 2004; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Sobre o termo qualidade do solo, Araújo et al. (2012) e Garrigues et al. (2012) destacam que se trata da capacidade que um solo tem, seja em ambiente natural ou manejado, de exercer suas funções, permitindo, assim, a produtividade vegetal e mantendo ou melhorando a qualidade da água, de forma a suportar a habitação e não comprometer a saúde humana.

Para Busato et al. (2015), o meio ambiente pode ser entendido como o espaço físico que surge da relação do homem com a natureza, em que a atuação das atividades humanas, juntamente com agentes naturais, promove alterações na paisagem. Dessa forma, o estudo da percepção ambiental é uma ferramenta usada para melhor entender a dinâmica e as formas de interação da comunidade com o meio em que esta está inserida.

Sobre a percepção ambiental, Vasco e Zakrzewski (2010) afirmam que os indivíduos percebem e reagem diferentemente aos estímulos proporcionados pela sua interação com o meio, a partir de manifestações de elementos culturais. Portanto, os estudos sobre a percepção ambiental se mostram como uma estratégia a ser usada para conhecer e entender as inter-relações entre o homem e o ambiente em determinado contexto, sendo uma ferramenta eficaz no reconhecimento da dinâmica de um determinado local, sendo capaz de apontar os reflexos e pontos chaves que devem ser reavaliados e reestruturados na busca de uma melhoria (PINHEIRO et al., 2020). Fornecendo informações sobre modalidades de conhecimento não formalizados, como, por exemplo, os que são intrínsecos à cultura das populações rurais.

Assim, a percepção é um processo que estuda cada indivíduo que faz parte de um coletivo e pertence a um determinado ambiente de interações, ou seja, faz parte de um grupo com semelhanças comportamentais e características comuns. Assim, a percepção tem grande importância para compreender as vivências, valores e comportamentos de comunidades (MIRANDA; SOUZA, 2011).

A construção do conhecimento de forma empírica, fruto da observação e da experiência, é comum em comunidades rurais, nas quais as famílias estão cotidianamente interagindo e usufruindo dos recursos naturais, buscando interpretar os processos naturais para sintetizar um conhecimento. Conforme Vital et al. (2018), as populações tradicionais são detentoras de profundo conhecimento sobre o ambiente, adquirido pelo exercício da observação direta dos fenômenos da natureza e pela experimentação empírica. Tudo isso é resultado da interação dos membros da comunidade com a natureza, sendo repassado

para as gerações subsequentes. Os mesmos autores ressaltam que,

O conhecimento empírico sobre o solo, ou conhecimento dos agricultores sobre o uso e manejo do solo, é complexo e envolve habilidades, prática e herança da vida cotidiana. São saberes construídos ao longo da vida, repassados na rotina dos afazeres dos roçados. Embora por algum tempo tenha sido desvalorizado, especialmente por cientistas e pesquisadores da área, hoje em dia, é cada vez maior a aceitação das diferentes maneiras de se conhecer o solo (VITAL et al. 2018, p. 90).

O ser humano, historicamente mantém uma relação de dependência com a natureza. E no seu processo evolutivo, ele passou a se utilizar do solo, com suas propriedades e configurações, para sobreviver e estabelecer-se como espécie dominante e racional. E em todo esse processo, por meio de tentativas, de erros e acertos, foi-se construindo saberes embasados na práxis do dia-a-dia. Estes, por sua vez, foram e ainda são passados por meio da oralidade, em muitas populações. Em outras, já há o domínio da escrita, da tecnologia, do registrar. Foram estes saberes que propiciaram criar uma percepção ambiental do solo. Levou as populações tradicionais e de comunidades rurais a terem certo conhecimento e até domínio, sobre a funcionalidade e qualidade do solo.

Ainda hoje, quando se desenvolve trabalhos desta natureza em comunidades de populações tradicionais, nota-se que elas sabem quando e o porquê o solo está empobrecido; conseguem listar uma gama de fatores que impactam negativamente o solo e sabem, também, as alternativas para se cuidar, recuperar e manter o solo rico, vivo e produtivo. Isso tudo sem ter uma formação técnico-científica. Mas sim, utilizando-se somente dos saberes tradicionais acumulados e repassados entre e ao longo das gerações. É importante ressaltar a necessidade de se preservar esses saberes, uma vez que, em muitos casos, comunidades de populações tradicionais estão longe de grandes centros urbanos, o que dificulta o acesso a uma assistência técnica, por exemplo.

De acordo com Santos et al. (2014), a produção em propriedades familiares pode favorecer o uso de práticas agroecológicas que tendem a contribuir com o desenvolvimento de um manejo mais sustentável dos solos agrícolas, proporcionando a conservação dos recursos naturais e a valorização dos saberes locais. A diversidade de espécies cultivadas para atender a demanda do consumo domiciliar e para a comercialização tende a garantir a estabilidade produtiva, com baixo custo de produção, por se utilizar do reaproveitamento e otimização de recursos dispostos na propriedade, além de usar a mão de obra familiar. Trata-se de uma alternativa para garantir a autonomia econômica e produtiva dos agricultores familiares, uma vez que eles próprios conduzem os meios de produção.

Tendo em vista que as populações rurais lidam cotidianamente com o solo por meio da prática agrícola, sendo portanto detentoras de saberes que estão impregnados na sua cultura, este trabalho teve por objetivos conhecer as concepções sobre qualidade do solo dos moradores de uma comunidade rural localizada no município de Capanema, e identificar os aspectos da produção agrícola na localidade.

2 | METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na comunidade rural do Segredinho (Figura 01), localidade pertencente ao distrito de Tauarí, município de Capanema (01° 11' 45" S; 47° 10' 51" W), que faz parte da mesorregião do Nordeste Paraense e da microrregião bragantina. A população municipal está estimada em 68.616 habitantes (IBGE, 2019).

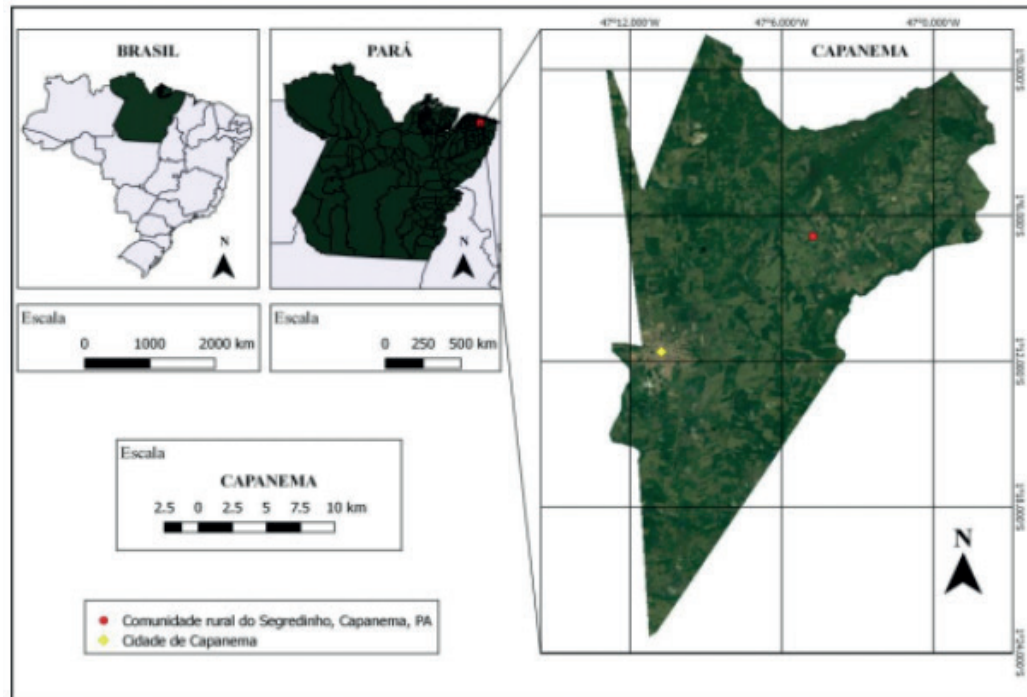


Figura 01- Mapa do município de Capanema-PA.

Os trabalhos de campo ocorreram nos dias 08 e 11 de janeiro de 2019. Os dados foram coletados por meio de entrevistas e preenchimento de formulários, onde se utilizou questionários semiestruturados para avaliação. Ao todo, foram entrevistadas 21 famílias da comunidade. O conteúdo das entrevistas e dos questionários continha questões acerca das percepções dos comunitários sobre o sistema solo e as atividades produtivas desenvolvidas na propriedade.

Os questionários foram aplicados nas residências dos entrevistados, sendo que em cada residência visitada apenas um membro familiar era entrevistado. Os dados coletados foram tabulados e sistematizados no software Microsoft Office Excel 565.

As variáveis analisadas foram principais fontes de renda dos comunitários entrevistados; principais usos do solo na comunidade; objetivos e destinação da produção agrícola nas propriedades visitadas; percepção da qualidade do solo dos entrevistados; percepção comunitária para as ações sobre a conservação do solo. De posse dessas variáveis analisadas o software Excel foi um instrumento importante na quantificação dos dados pela análise de porcentagem.

3 | RESULTADOS/DISCUSSÕES

Sobre a fonte de renda, 67% dos entrevistados relataram que as atividades agrícolas contribuem diretamente ou indiretamente com a renda familiar, seja pela realização de práticas agrícolas no próprio quintal das residências, em terrenos mais afastados ou até mesmo em áreas arrendadas. Outras fontes de renda citadas foram auxílios governamentais (bolsa família, pensões, aposentadoria) e comércio em tabernas ou mercadinhos (Figura 02).

Quando isso acontece, torna-se importante entendermos que a agricultura familiar procura estratégia de sobrevivência levando em consideração as diversas possibilidades que mantém sua relação com a terra que são heranças de antepassados como o cultivo em quintais e em áreas arrendadas.

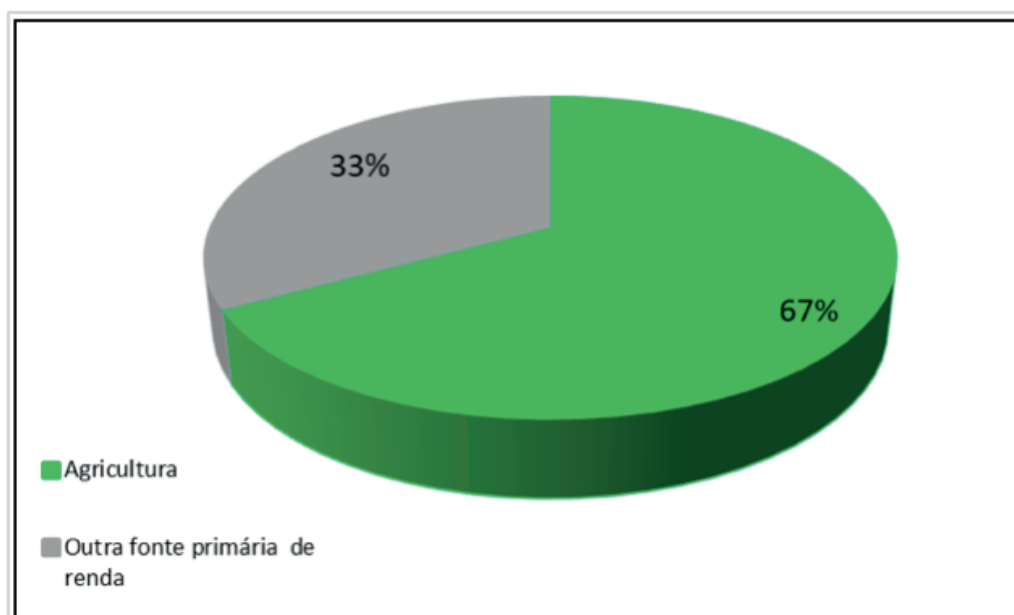


Figura 02 - Principais fontes de renda dos comunitários entrevistados.

As principais atividades desenvolvidas pelas famílias da comunidade são a agricultura e o comércio. As culturas alimentares com maior predominância nas propriedades familiares são: a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), seguida Do Feijão (*Phaseolus vulgaris L.*), do milho (*Zea mays L.*) e do cultivo de hortaliças (Figura 03).

O cultivo de mandioca aparece em primeiro lugar (figura 3), pode-se atribuir ao fato de fazer parte da cultura do povo do nordeste paraense, além disso seu conhecimento sobre cultivo vem sendo passado em gerações.

A diversas utilidades que essa planta proporciona, como: estacas para novos plantios, folhas secas para alimentação de animais; folhas para a culinária no preparo da maniçoba, um outro fato importante sobre esse cultivo é que por meio das raízes é produzida a farinha de mandioca.

Já os grãos como milho e feijão-caupi além de serem utilizados na alimentação da comunidade, também são vendidos porque o nordeste paraense também é um polo de grãos, daí a importância dessas culturas. Por outro lado, a horta, criação de animais, açaí, pupunha e banana são importantes para a comunidade no sentido de agregar não somente alimentação para a família, mas proporciona renda.

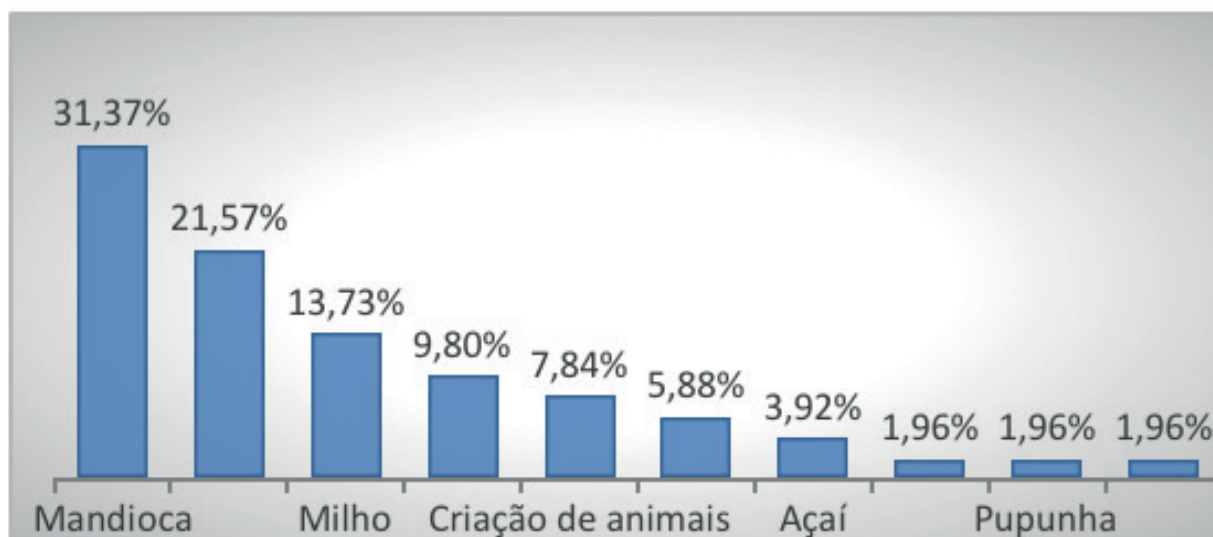


Figura 03 - Principais usos do solo na comunidade.

O plantio de açaí (*Euterpe oleracea*), côco (*Cocos nucifera*), pupunha (*Bactris gasipaes*) e banana (*Musa spp.*) apresentaram porcentagens menores, mas são de grande importância para fins de alimentação e comercialização, principalmente por serem culturas perenes que se reproduzem rapidamente e se adequam com facilidade ao clima da região.

A produção agrícola nas propriedades em sua maioria, 91,42%, produzem tais culturas tanto com objetivo comercial como para sua subsistência, e em apenas 8,58% das propriedades, a agricultura é praticada apenas para o abastecimento familiar (Figura 04).

Em 52,86% das propriedades pesquisadas, o principal destino dos alimentos produzidos é o comércio local, e 38,56% disseram que a produção é escoada, principalmente, para as feiras do centro urbano de Capanema (Figura 04).

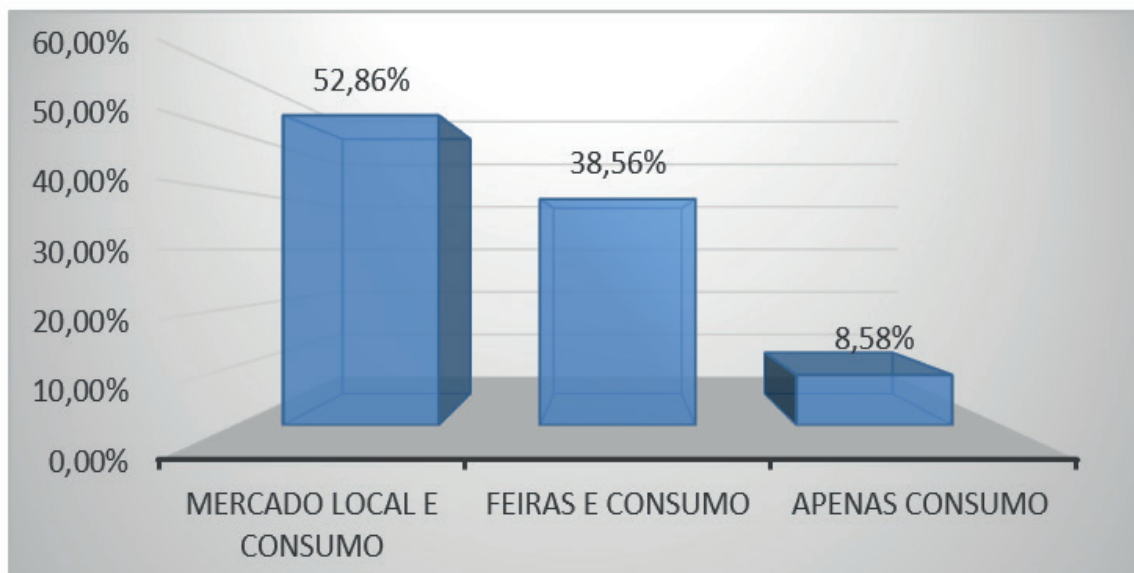


Figura 04 - Objetivos e destinação da produção agrícola nas propriedades visitadas.

Tendo em vista que o manejo do solo e a agricultura fazem parte do cotidiano na comunidade em questão, foi feita análise da percepção de assuntos referentes aos solos das propriedades dos entrevistados. Como resultado, constatou-se que 62,5% dos entrevistados se sentiram seguros em emitir alguma consideração e definir o termo qualidade do solo, de acordo com a sua vivência na comunidade. Os demais (37,5%) disseram não saber responder à pergunta (Tabela 01).

Os conceitos usados pelos moradores estão relacionados, direta e indiretamente, ao conceito formal de qualidade do solo, que, de acordo com definição de Vezzani & Mielniczuk (2002), aborda a capacidade de o solo atuar como meio para o crescimento de plantas e estocar nutrientes.

Descrição	Percentual da resposta (%)
<i>Não soube responder</i>	37,50
<i>“Bom para produção”</i>	33,33
<i>“Terra fértil”</i>	8,33
<i>“Não contaminado”</i>	8,33
<i>“Não precisa de adubo”</i>	4,16
<i>“Sem agrotóxico”</i>	4,16
<i>Presença de matéria orgânica no solo¹</i>	4,16

Tabela 01 - Percepção de qualidade do solo dos entrevistados.

Primavesi (2018) diz que a fertilidade do solo está intimamente ligada com a qualidade do mesmo, onde a sinergia entre propriedades físicas, químicas e biológicas do solo poderão garantir que nele aconteçam ciclos e se desenvolvam sistemas vitais

¹ Foi considerado *matéria orgânica no solo*, citações como “terra com muitas folhas e galhos”, “terra preta” e “terra escura”.

como a produção de alimentos, filtragem da água, estocagem de carbono, manutenção da biodiversidade e da saúde das plantas e das pessoas (CARDOSO; FAVERO, 2018). Tais estudos corroboram com a percepção ambiental dos comunitários que diagnosticam a qualidade do solo através de sua vivência diária no campo.

Outro atributo relacionado a qualidade do solo, mencionado pelos entrevistados, foi a presença de matéria orgânica no solo. Nesta perspectiva, Stefanoski et al. (2013), Sales et al. (2016), Colombo et al. (2017) e Ribeiro et al. (2019), em trabalhos sobre sistemas de manejo, explicam que a manutenção da matéria orgânica no solo agrícola é importante para a garantia da produtividade. Essa matéria orgânica tem muito benefícios, pois promove a melhoria da fertilidade pela ciclagem de nutrientes; torna o sistema mais resistente à erosão por proporcionar maior estabilidade no solo; reduz a evaporação da água, mantendo a umidade e a temperatura estável na superfície do solo, tornando o ambiente propício para a habitação da micro e mesofauna do solo; promove o aumento da macro porosidade solo, ajudando a reverter impactos da compactação.

Por esses motivos, os autores apontam que a presença de matéria orgânica no sistema é importante para a manutenção da qualidade do solo e para recuperar áreas degradadas.

Quando perguntados sobre quais ações são importantes para a conservação do recurso solo, 41,67% dos entrevistados não souberam responder. Entretanto, 58,33% citaram algumas ações que contribuem para a conservação da qualidade do solo, quais sejam: evitar o desmatamento, evitar o uso de veneno, preservação da capoeira, adubação, adubo natural e evitar queimadas (Figura 05).

Os entrevistados citaram o desmatamento e algumas práticas conservacionistas listados na literatura, como eliminação e controle do fogo, adubação química e adubação orgânica. Essa percepção minuciosa do sistema solo é formada pela própria experiência cotidiana que os moradores de uma comunidade rural vivenciam, além de ser muito influenciado pelo trabalho com a terra e o manejo agrícola da terra, exemplificando a relação existente entre o saber local e o científico, que é comum em comunidades tradicionais, a ponto de se configurar como um dos temas da linha de pesquisa, etnopedologia, conforme relatado por Vital et al. (2018).

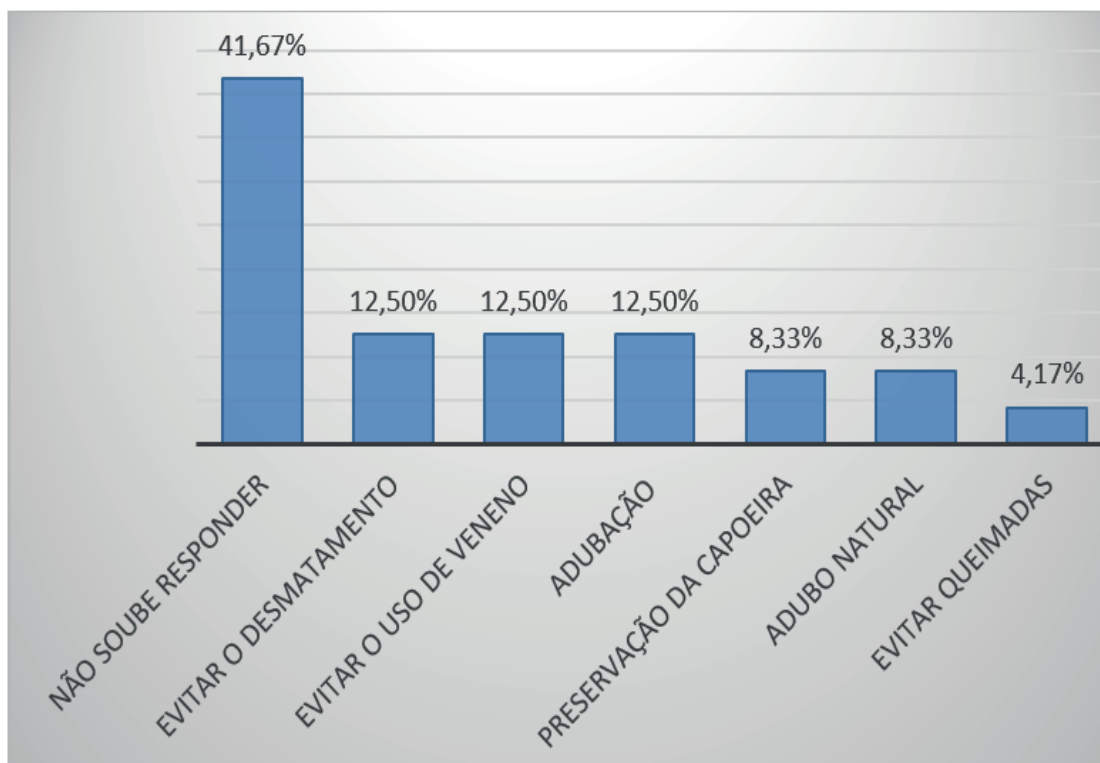


Figura 05 - Percepção comunitária sobre ações para a conservação do solo.

Os entrevistados foram bem assertivos ao apontar o desmatamento como um dos principais fatores de degradação ambiental. O processo de desmatamento provoca uma série de impactos negativos ao solo, uma vez que a remoção da vegetação leva a processos erosivos que empobrecem a solo, tendendo a deixá-lo inapto para desenvolvimento de atividades agropecuárias (CLEMENTE, 2017).

Evitando o desmatamento, mais áreas de capoeira permanecem preservadas e ajudam a manter o equilíbrio do ecossistema. Como afirma Sousa (2018), uma vez que as áreas de capoeira tendem a estocar maiores quantidades de matéria orgânica auxiliando na melhoria de diversas características do solo, principalmente à fertilidade e conservação deste recurso tão importante.

Evitar queimadas também é uma medida muito eficiente para não afetar a qualidade do solo, haja vista que elas desequilibram relações ecológicas, provocam emissão de gases de efeito estufa e alteram as condições de temperatura do solo e do ar, afetando negativamente a ação de microorganismos do solo que, por sua vez, contribuem efetivamente para a manutenção das florestas e no desenvolvimento da agricultura (ALISSON, 2019).

No tocante ao uso de “veneno”, termo utilizado pelos entrevistados, também conhecidos como agrotóxicos podem causar danos tanto ao meio ambiente, como perda de fertilidade e contaminação do solo e dos mananciais. Além disso, o contato indevido e excessivo com esses produtos pode comprometer a saúde do produtor rural e do consumidor final (SERRA et al. 2016).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho reforçou que existem relações entre o saber local e o saber científico, pois a maioria dos moradores da comunidade rural do Segredinho que foram entrevistados sinalizaram entender alguns parâmetros sobre assuntos relacionados à qualidade do solo, mesmo não tendo acesso ao saber formalizado sobre o assunto. Portanto, conclui-se que este conhecimento foi construído através da prática rotineira e cultural de preparo e manejo do solo para agricultura, assim com os assuntos relacionados à qualidade do solo.

Dessa forma, outros trabalhos podem ser desenvolvidos junto aos produtores rurais, partindo do princípio de que eles são detentores de um conhecimento eficaz no que tange à garantia da produtividade para o abastecimento local. No entanto, novos estudos serão necessários, no sentido de averiguar as práticas de manejo e conservação do solo juntamente com a comunidade, cuja finalidade será traçar soluções conservacionistas que deverão ser utilizadas no sentido de aprofundar a análise da relação homem-natureza no contexto das comunidades rurais.

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; CAMBARDELLA, C. A. The soilmanagement assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. **Soil Science Society of America Journal** 68, 1945–1962, 2004.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.5, n.1, p.187- 196, jan./abr, 2012.
- BUSATO, M.; FERRAZ A.; L.; FRANK, N. L. P. Reflexões sobre a relação saúde e ambiente: a percepção de uma Comunidade. **Holos**. v. 6, p. 460- 471, jan./abr, 2015.
- CARDOSO, I. M.; FÁVERO, C. Solos e agroecologia. (Coleção transição agroecológica). V. 4. Editores técnicos – Brasília, DF: Embrapa, 373 p. 2018.
- CLEMENTE, M. I. B.; SOARES, I. A.; SOUZA, A. C. M. Percepção de agricultores sobre as consequências do desmatamento em áreas rurais numa região serrana do semiárido nordestino. **Revista Geotemas**, v. 7, n. 1, p. 50-70, 2017.
- COLOMBO, G. A.; LOPES, M. B. S.; DOTTO, M. C.; CAMPESTRINI, R.; LIMA, S. O. Atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado tocantinense. **Campo Digital**, v. 12, n. 1, 2017.
- GARRIGUES, E.; CORSON, M. S.; ANGERS, D. A.; VAN DER WERF, H. M.; WALTER, C. Soil quality in Life Cycle Assessment: Towards development of an indicator. **Ecological Indicators**, 18, 434-442, 2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/capanema/panorama>>. Acesso em: 29 mar. 2019
- MATOS, L. V., KER, J. C., CARDOSO, I. M., LANI, J. L., SCHAEFER, C. E. G. R.. O conhecimento local e a

etnopedologia no estudo dos agroecossistemas da comunidade quilombola de Brejo dos Crioulos. **Sociedade & Natureza**, 26(3), 497-510, 2014.

MIRANDA, N. M.; SOUZA, L. B. Percepção Ambiental em propriedades rurais: Palmas (TO), Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 171-186, set./dez. 2011.

PINHEIRO, C. P. S.; SANTOS, D. S.; QUADROS, F. G. S.; SILVA, B. M. S.; SANDIM, D. P. R. Análise Da Gestão Dos Resíduos Sólidos Domiciliares De Discentes Da Universidade Federal Rural Da Amazônia (UFRA). In: Frederico Celestino Barbosa. (Org.). Meio ambiente e saneamento básico: impactos e desafios no Brasil. **1ed.Piracanjuba: Editora Conhecimento Livre**, v. 1, p. 318-337, 2020.

PRIMAVESI, A.; PRIMAVESI, A. A biocenose do solo na produção vegetal & Deficiências minerais em culturas: nutrição e produção vegetal. São Paulo: Expressão Popular, 2018.

RIBEIRO, J. M.; FRAZAO, L. A.; SILVEIRA CARDOSO, P. H.; GONCALVES OLIVEIRA, A. L.; SAMPAIO, R. A.; FERNANDES, L. A. Soil fertility and carbon and nitrogen stocks under agroforestry systems in the Cerrado of Minas Gerais State. **CIENCIA FLORESTAL**, 29(2), 913-923, 2019.

ROVEDDER, A. P. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; DALMOLIN, R. S. D.; REICHERT, J. M.; SCHENATO, R; B. Compreensão e aplicabilidade do conceito de solo florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 517-528, jul. /set., 2013.

SALES, R. P. et al. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido1. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 429–438, 2016.

SANTOS, C. F.; SIQUEIRA, E. S.; ARAÚJO I. T.; MAIA, Z. M. G. A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. **Ambiente & Sociedade**. v.17, p. 33-52, abr/jun. 2014.

SERRA, L. S.; MENDES, M. R. F.; SOARES, M. V. A.; MONTEIRO, I. P. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, n. 4, v.1 – jan/jul. 2016.

STEIDINGER, B. S., CROWTHER, T. W., LIANG, J., VAN NULAND, M. E., WERNER, G. D., REICH, P. B., NABUURS, G. J.; MIGUEL, S.; ZHOU, M.; PICARD, N.; HÉRAULT, B.; ZHAO, X.; ZHANG, C.; ROUTH, D.; PEAY, K. G. Climatic controls of decomposition drive the global biogeography of forest-tree symbioses. **Nature**, 569(7756), 404-408, 2019.

SOUSA, R. M.; PEREIRA, R. R.; SOARES, F. Indicadores visuais de qualidade do solo em agroecossistemas familiares na Amazônia maranhense. **Acta Tecnológica**, v. 13, n. 1, p. 109-120, 2018.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, 17(12), 1301-1309, 2013.

VASCO, A. P.; ZAKRZEWSKI, S. B. B. O estado da arte das pesquisas sobre percepção ambiental no Brasil. **Perspectiva**, Erechim, v. 34, n. 125, p. 17-28, março, 2010.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Revisão de literatura: uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 33: p. 743-755, 2009.

VITAL, A. F. M.; SOUZA, M. M. S. P.; PEREIRA, J. W.; NASCIMENTO, J. C.; SANTOS, R. V.; **Solos e agricultores: Saberes locais**. 1. Ed. Campina Grande: Epgraf, Cap. 10, p. 88-104, 2018.

ESTUDO DO PROCESSO EROSIVO LAMINAR NA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RIO BARRO PRETO, EM CORONEL VIVIDA – PR

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 03/06/2020

Maisa Carla Pasquatto

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Pato Branco – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/4252734614567800>

Julio Caetano Tomazoni

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Pato Branco – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/7668469379752427>

RESUMO: O presente estudo tem como objetivo quantificar as perdas médias de solo por erosão laminar na bacia de captação do rio Barro Preto, nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015. A Equação Universal de Perdas de Solo, o software SPRING/INPE e programas da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico permitiram estimar os fatores da equação e as perdas médias anuais de solo dos anos estudados. O fator erosividade das chuvas (R) foi estimado através da equação proposta para o município, utilizando dados pluviométricos de 1986 a 2014. A erodibilidade dos solos (K) foi estimada através da equação que considera a matéria orgânica, silte, argila, areia fina e grossa dos solos da bacia. Os dados altimétricos e hidrografia da carta topográfica do Exército Brasileiro permitiram estimar o fator grau de declive e comprimento de rampa (LS).

Os fatores de forma de uso e manejo e práticas conservacionistas foram estimados através da caracterização do uso e ocupação do solo, utilizando imagens de satélite. O valor estimado para o fator R foi 14.172,81 MJ/ha.mm/a e os valores do fator K foram 0,0138, 0,0137, 0,0196 e 0,0207 t.ha.h/MJ.mm/a para Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho, Neossolo Litólico e Neossolo Flúvico, respectivamente. A classe de baixa erosão do solo compreende de 68,65 a 72,31% da área, caracterizando a bacia com baixo potencial erosivo. Os valores de perda média total anual variaram de 8.231,05 a 9.349,16 t/ano. A regularização da área de preservação permanente da bacia de estudo diminuiria de 545,27 a 1.158,97 t/ano, durante o período estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão do solo; Equação Universal de Perdas de Solo; Sistema de Informações Geográficas; Sistematização.

STUDY OF LAMINAR EROSION IN THE BASIN RIVER CATCHMENT BARRO PRETO, IN CORONEL VIVIDA – PR

ABSTRACT: This study aims to quantify the average losses of soil by laminar erosion in the river basin catchment Barro Preto, in 1999, 2005, 2011 e 2015. The Universal Soil Loss Equation,

software SPRING/INPE and LEGAL language allowed to estimate the factor of the equation and the average annual soil losses of the years studied. The rainfall and runoff factor (R) was estimated using the equation proposed for the city, using rainfall data from 1986 to 2014. The soil erodibility factor (K) was estimated using the equation that considers organic matter, silt, clay, fine and coarse sand of the river basin soil. The altimetry and hydrography data of the topographic map of the Brazilian Army allowed to estimate the topographic factor (LS). The cover and management and support practice factors were estimated by characterizing the use and land cover using satellite images. The estimated value of the R factor was 14.172,81 MJ/ha.mm/a and the values of the K factor were 0,0138, 0,0137, 0,0196 and 0,0207 t.ha.h/MJ.mm/a to Red Latosol, Red Nitosol, Litholic Neosol and Fluvisol Neosol, respectively. The class of low soil erosion comprises 68,65 to 72,31% of the area, featuring the basin with low erosive potential. The average total annual loss of values ranged from 8.231,05 to 9.349,16 t/year. The regularization of the permanent preservation area of study basin decrease from 545,27 to 1.158,97 t/year during the study period.

KEYWORDS: Soil erosion; Universal Soil Loss Equation; Geographical Information System; Systemization.

1 | INTRODUÇÃO

O ciclo hidrossedimentológico está presente nos processos que envolvem as bacias hidrológicas. Ele apresenta os processos de degradação, separação e erosão, transporte, decantação, depósito e consolidação de sedimentos. Dentre os processos do ciclo hidrossedimentológico, a erosão destaca-se em virtude de suas consequências e na redistribuição de partículas nas bacias hidrográficas (BORDAS E SEMMELMAN, 2009).

A erosão do solo é considerada um processo de origem natural com a finalidade de formação da paisagem e renovação do solo. Contudo, as atividades desenvolvidas pelo homem ao longo dos anos têm ocasionado impactos na superfície terrestre, e dessa forma, a erosão do solo acelerada por essas atividades torna-se um problema nas bacias hidrográficas (PIRES E SOUZA, 2013).

O processo de erosão superficial de partículas de solo é ocasionado pela ação do vento ou da água, ocasionando respectivamente erosão eólica e hídrica. No Brasil, a erosão hídrica é a mais importante devido a predominância do clima tropical (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012). A erosão hídrica apresenta três etapas principais, sendo a desagregação ou desprendimento, transporte e deposição (PRUSKI, 2009). A desagregação ou desprendimento consiste na primeira etapa do processo erosivo, o qual é ocasionado pelo impacto das gotas de água das chuvas em solo exposto ou durante as práticas de preparação do solo. Posteriormente, ocorre o transporte pelo deslocamento das partículas desagregadas do local de origem para locais mais baixos pelo escoamento superficial. As partículas de solo sem a capacidade de transporte são depositadas nestes

locais e as mais finas, são transportadas para córregos e rios (PRUSKI, 2009; BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012).

A erosão hídrica pode ser dividida em modalidades, sendo as principais: a erosão laminar, erosão em sulcos e erosão em voçorocas. Dentre as modalidades de perdas de solo, no Brasil, a erosão laminar é a mais importante pois é responsável pela perda de aproximadamente 500 milhões de toneladas de solos por ano (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012).

Os fatores que influenciam e intensificam a erosão hídrica são a intensidade das chuvas, relação de resistência e características do solo, grau de declive e comprimento de rampa, cobertura e manejo do solo. Alguns impactos da erosão hídricas são o empobrecimento do solo devido à perda de nutrientes e matéria orgânica, assoreamento e contaminação dos corpos hídricos pelo deslocamento de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos, causando impactos diretos da fauna e flora (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012; PIRES E SOUZA, 2013).

Para quantificar a erosão laminar são utilizados modelos preditivos, como a Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS. Essa equação foi desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978) e é um dos modelos empíricos mais utilizados, a equação se baseia nos fatores de erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, comprimento e grau de declive, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo quantificar as perdas de solo por erosão laminar pela Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS, nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015, através da sistematização de cálculos no Sistema de Informações Geográficas, software SPRING/INPE, na bacia de captação do rio Barro Preto, em Coronel Vivida – PR.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A área do presente estudo corresponde a bacia de captação do rio Barro Preto, inserida no município de Coronel Vivida, sudoeste do Paraná (Figura 1). A bacia de captação do rio Barro Preto compreende o trecho do rio desde as nascentes até o ponto de captação de água realizada pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, totalizando 768,07 ha e perímetro de 13,03 km.

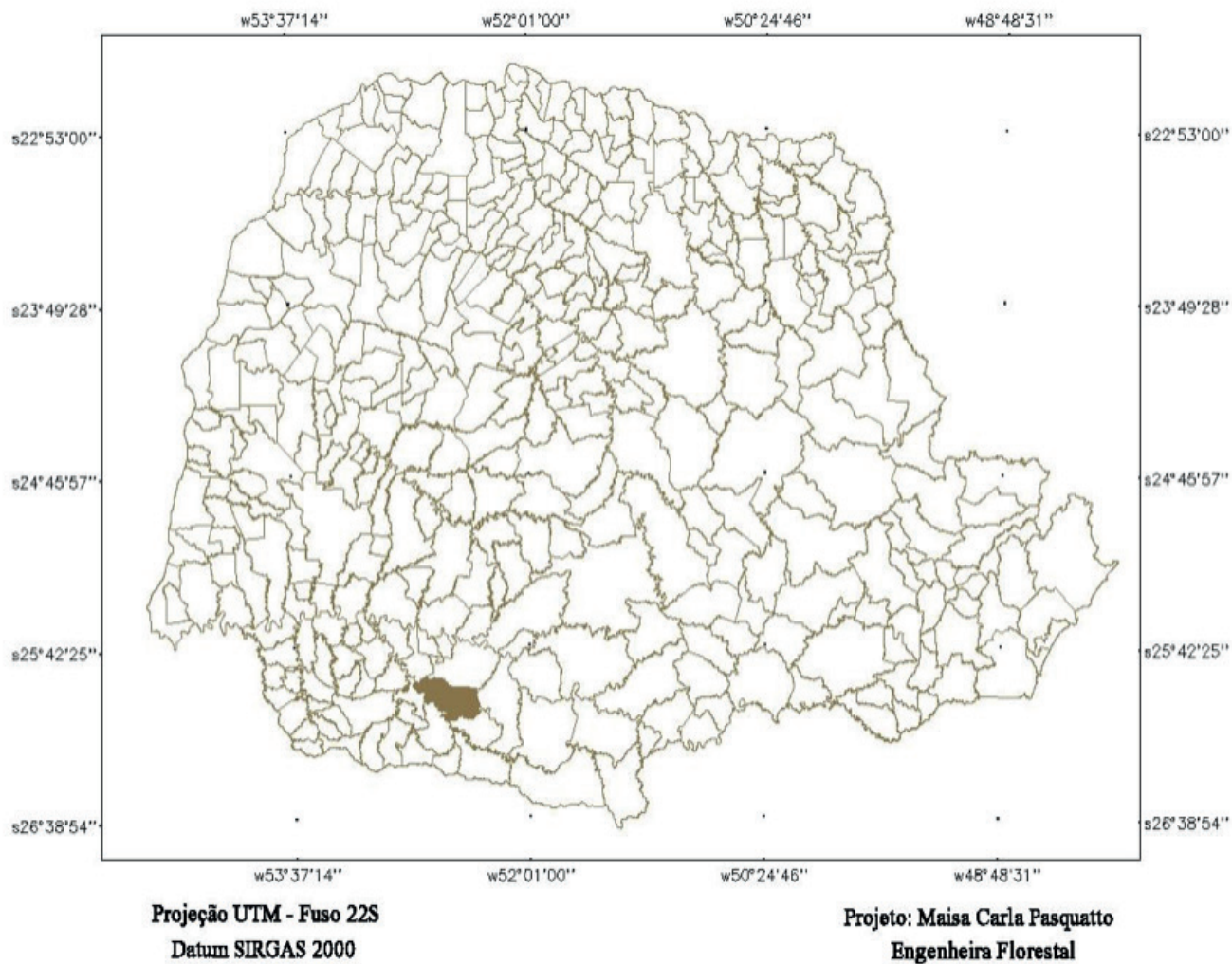


Figura 1. Mapa de localização do município de Coronel Vivida – PR. Fonte: dos autores, 2016.

A quantificação de perdas de solo por erosão laminar na bacia de captação do rio Barro Preto foi estimada pela Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS, proposta por Wischmeier e Smith (1978). A equação utilizada é expressa:

$$A = f(R.K.LS.C.P) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: A = perda média anual de solo em tonelada/ha/ano; R = erosividade das chuvas em MJ/ha.mm/a; K = erodibilidade do solo em t.ha.h/ha.MJ.mm/a; LS = fator de declividade e comprimento de rampa (adimensional); C = forma de uso e manejo (adimensional); e P = práticas conservacionistas (adimensional).

2.1 Fator erosividade das chuvas (R)

Para estimar o fator de erosividade das chuvas (R) foram obtidos os dados pluviométricos do período de janeiro de 1986 até dezembro de 2014, do município de Coronel Vivida – PR. Esses dados foram acessados no Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto das Águas (ANA).

Com os dados pluviométricos, utilizou-se a equação proposta no estudo realizado

por Waltrick (2010) para estimar a erosividade das chuvas para o município de Coronel Vivida – PR, sendo expressa:

$$Y = 146,86 + 55,20X \text{ (Equação 2)}$$

Sendo: Y = variável dependente que resulta no índice mensal de erosividade das chuvas (EI30 mensal), e o somatório dos EI30 mensais ao longo de 12 meses resulta no EI30 anual; e X = variável independente, a qual é determinada pela equação adaptada por Lombardi Neto (1977):

$$Rc = p^2/P \text{ (Equação 3)}$$

Onde: Rc = coeficiente de relação da chuva; p = precipitação média mensal em mm; e P = precipitação média anual em mm.

O *software* Microsoft Excel foi utilizado para realização dos cálculos para estimar a erosividade das chuvas da bacia de captação do rio Barro Preto. Para a sistematização do cálculo em ambiente SPRING, o valor da erosividade das chuvas foi inserido por meio da criação de uma categoria numérica denominada “FatorR” e pelo Programa 1 em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico – LEGAL (Figura 2). O resultado final do Programa LEGAL 1 é um plano de informação denominado “FatorR”, atribuindo o valor final da erosividade das chuvas para a área de estudo, em uma grade retangular com resolução X (10m) e Y (10m).

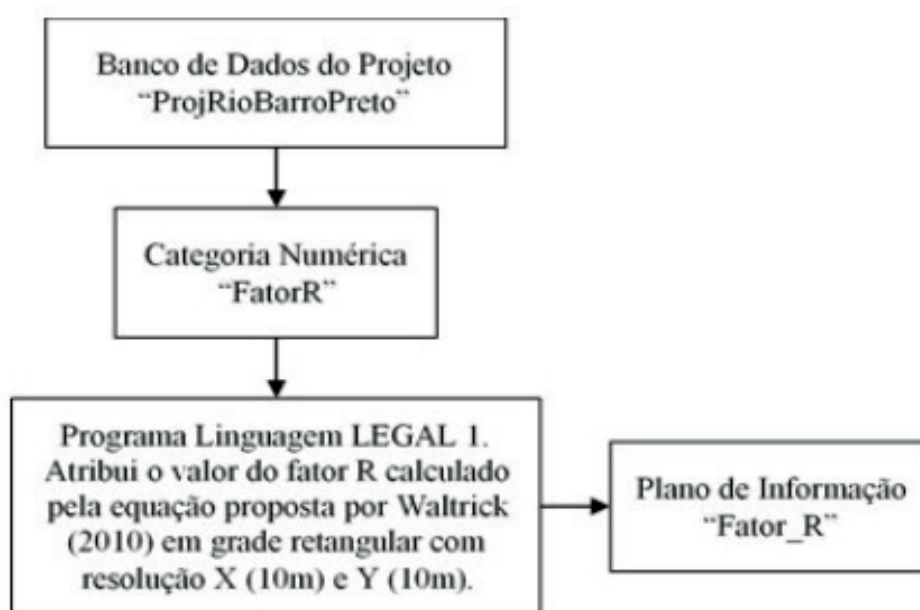


Figura 2. Fluxograma do Programa LEGAL 1 para estimar o fator R. Fonte: dos autores, 2016.

2.2 Fator erodibilidade do solo (K)

Para determinar o fator de erodibilidade do solo (K), inicialmente, verificou-se a ocorrência dos solos na bacia de captação do rio Barro Preto pelo mapa de solos elaborado pela Embrapa Solos (2007). Os solos presentes na bacia de estudo de acordo

com Embrapa Solos (2007), foram: Latossolo Vermelho Distroférico, Nitossolo Vermelho Distroférico e Neossolo Litólico. A partir dessa informação, os solos foram identificados dentro da área de estudo segundo o critério de declividade, sendo: Latossolo Vermelho, 0 – 12%, Nitossolo Vermelho, 12 – 20%, Neossolo Litólico, acima de 20% e a presença de Neossolo Flúvico nas áreas próximas ao rio.

Com a identificação dos solos, foi realizada a coleta de 13 amostras de solos, em profundidade de 0 a 30 cm da superfície do solo, sendo que cada amostra foi composta por 3 sub-amostras, que foram misturadas e homogeneizadas. Posteriormente, essas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, para as análises físico-químicas e granulométricas do solo.

Para estimar a erodibilidade dos solos utilizou-se o método indireto proposto por Denardin (1990), sendo a equação expressa:

$$K = 7,48 \cdot 10^{-6}M + 4,48059 \cdot 10^{-3}P - 6,31175 \cdot 10^{-2}DMP + 1,039657 \cdot 10^{-6}R \text{ (Equação 4)}$$

Onde: M (%) = (areia fina + silte) . [(areia fina + silte) + (areia grossa)]; P = valor de permeabilidade do solo, adotando os valores: 1 = muito baixa, 2 = baixa, 3 = baixa a moderada, 4 = moderada, 5 = moderada a rápida e 6 = rápida; DMP = diâmetro médio ponderado das partículas de solo (mm); e R = [areia grossa . (teor de matéria orgânica/100)]. Sendo que o DMP é calculado através da equação: $DMP = [0,65 \cdot \text{areia grossa} + (0,15 \cdot \text{areia fina}) + (0,0117 \cdot \text{silte}) + 0,00024 \cdot \text{argila}]/100$. Unidade g/kg utilizada para areia fina, areia grossa, silte, argila e teor de matéria orgânica.

Os valores de permeabilidade utilizados na equação foram: Latossolo Vermelho – 3, Nitossolo Vermelho – 3, Neossolo Flúvico – 3 e Neossolo Litólico – 4. O valor de erodibilidade de cada tipo de solo é resultante da média das amostras.

Para o cálculo do fator K, criou-se uma categoria numérica denominada “FatorK” e por meio do Programa LEGAL 2 (Figura 3) os valores de erodibilidade dos solos presentes na bacia de estudo foram inseridos no plano de informação “Fator_K”, em uma grade retangular com resolução X (10m) e Y (10m).

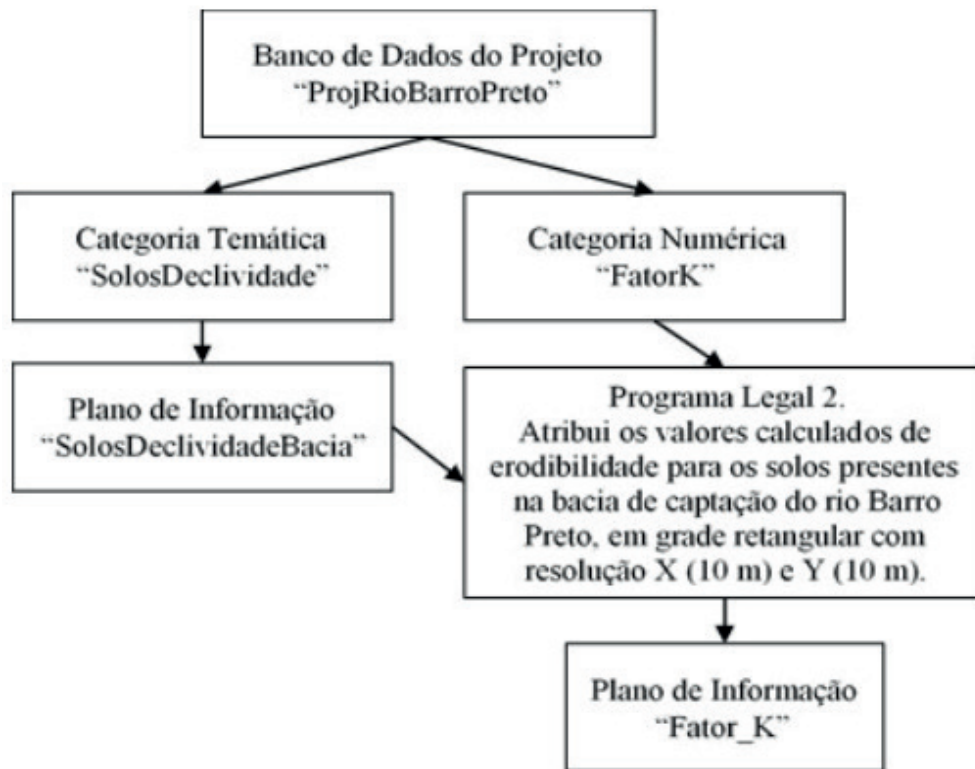


Figura 3. Fluxograma do Programa LEGAL 2 para estimar o fator K. Fonte: dos autores, 2016.

2.3 Fator de declividade e comprimento de rampa (LS)

Para estimar a declividade e comprimento de rampa utilizou-se da equação adaptada por Bertoni e Lombardi Neto (2012), que permite o cálculo de perdas médias de solos para diferentes graus de declive e comprimento de rampa. A equação é expressa:

$$LS = 0,0984 C^{0,63} D^{1,18} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: LS = fator topográfico; C = comprimento de rampa em metros; e D = grau de declive em porcentagem.

Para resolver a equação apresentada, foram utilizadas as informações da malha hídrica, curvas de nível e topos de morro da carta topográfica do Exército Brasileiro, na escala 1:25.000, abrangendo a área de estudo. Essas informações foram digitalizadas manualmente em ambiente SPRING em categorias temáticas.

Para estimar a variável comprimento de rampa (C) da equação, criou-se uma categoria numérica denominada "Divisores" e no plano de informações "Divisores" os divisores topográficos da bacia de captação foram identificados manualmente pelo comando de edição vetorial, estabelecendo a cota Z = 0, e pelo comando mosaico as linhas da rede hidrográfica foram inseridas como linhas de quebra. Com o plano de informação "Divisores", criou-se um mapa de distância pelo comando numérico, resultando no plano de informação "MapaDistancia" na forma de grade retangular com resolução X (10m) e Y (10m).

Para estimar o grau de declive em porcentagem, na categoria "CurvasNivel",

selecionando o plano de informação “Curvas” criou-se uma grade triangular com a hidrografia como linha de quebra com resolução X (10m) e Y (10m), resultando no plano de informação “GradeTriangular”. Utilizando-se dessa grade triangular, gerou-se uma grade retangular com mesma resolução “GradeRetangular”, que por meio do comando numérico declividade, gerou-se uma outra grade retangular contendo as informações sobre a declividade em porcentagem da área de estudo, denominado “DecliveLS”. O cálculo dos fatores de declividade e comprimento de rampa (LS) foi realizada por meio do Programa LEGAL 3 (Figura 4).

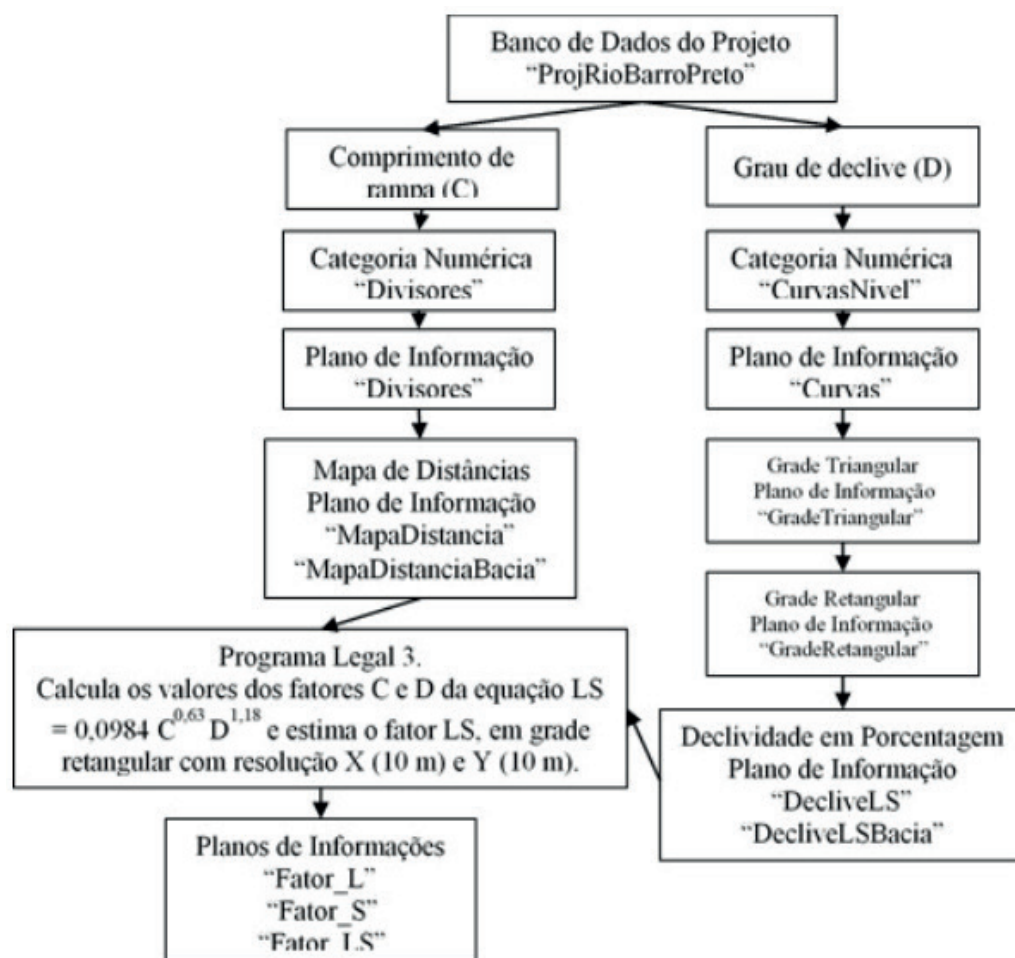


Figura 4. Fluxograma do Programa LEGAL 4 para estimar os fatores L e S. Fonte: dos autores, 2016.

2.4 Fator de forma de uso e manejo (C) e práticas conservacionistas (P)

O fator de forma de uso e manejo do solo está associado com a cobertura do solo, a sequência de culturas e o manejo realizado na área. Com isso, a caracterização do uso e ocupação do solo foi realizada abrangendo a bacia de captação do rio Barro Preto, nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015.

A caracterização do uso e ocupação do solo na bacia de estudo foi realizada no software SPRING, utilizando as imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8. As imagens dos

satélites Landsat 5 e 7 foram adquiridas no Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em formato TIFF e as imagens do satélite Landsat 8 no site do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS) em formato GeoTIFF. As imagens dos satélites foram adquiridas preferencialmente abrangendo o mês de julho, pois esse mês apresenta as áreas de pousio de inverno. As imagens e bandas dos satélites utilizadas no presente estudo estão apresentadas no Quadro 1.

Satélite	Órbita/ Ponto	Data	Bandas utilizadas na caracterização do uso e ocupação do solo
Landsat 7	222/78	22/07/1999	1, 2, 3, 4 e pancromática
Landsat 7	222/78	14/07/2002	Pancromática
Landsat 5	222/78	14/07/2005	1, 2, 3 e 4
Landsat 5	222/78	15/07/2011	1, 2, 3 e 4
Landsat 8	223/78	11/03/2015	Pancromática
Landsat 8	223/78	26/07/2015	2, 3, 4, 5 e pancromática

Quadro 1. Identificação das imagens e bandas dos satélites Landsat 5, 7 e 8.

As imagens dos satélites Landsat 5 e 7 foram transformadas para o formato spg. com auxílio do módulo IMPIMA, possibilitando a entrada no SPRING. Considerando que as imagens do satélite Landsat 8 foram obtidas georreferenciadas, em formato GeoTIFF, as imagens dos satélites Landsat 5 e 7 foram georreferenciadas com base na imagem do satélite Landsat 8 na data de 11/03/2015. As bandas dos satélites Landsat 5 e 7 foram georreferenciadas pelo comando de registro de imagens com a aquisição de pontos de controle obtidos em tela.

O Quadro 2 apresenta as categorias de imagem, as imagens e bandas utilizadas para cada ano de estudo.

Categoria de Imagem	Satélite e Órbita/ Ponto	Data da Imagem	Bandas
ImagemLD71999	Landsat 7 – 222/78	22/07/1999	1, 2, 3 e pancromática
ImagemLD52005	Landsat 5 – 222/78	14/07/2005	1, 2, 3 e 4
	Landsat 7 – 222/78	14/07/2002	Pancromática
ImagemLD52011	Landsat 7 – 222/78	15/07/2011	1, 2, 3 e 4
	Landsat 8 – 223/78	11/03/2015	Pancromática
ImagemLD82015	Landsat 8 – 223/78	26/07/2015	2, 3, 4, 5 e pancromática

Quadro 2. Identificação das imagens e bandas dos satélites Landsat 5, 7 e 8 para as categorias de imagem.

Para melhor identificação dos alvos e caracterização do uso e ocupação do solo, as bandas das imagens com resolução de 30 m foram transformadas pelo comando

“Transformação IHS-RGB” obtendo uma resolução de 15 m. Essa transformação utilizou como base de resolução as bandas pancromáticas das imagens dos satélites Landsat 7 – 22/07/1999, Landsat 7 – 14/07/2002, Landsat 8 – 11/03/2015 e Landsat 8 – 26/07/2015 para os anos de 1999, 2005, 2011 e 2015, respectivamente.

Com as bandas em composição colorida e em resolução espacial de 15 m, as imagens utilizadas para o período de estudo foram segmentadas em ambiente SPRING por meio do comando de segmentação, pelo método de crescimento de regiões com similaridade de 10 e área de 5 pixels, com objetivo de agrupar os pixels semelhantes de uma mesma área. Para a caracterização do uso e ocupação do solo da bacia de estudo criou-se as categorias temáticas denominadas “UsoSoloBacia1999”, “UsoSoloBacia2005”, “UsoSoloBacia2011” e “UsoSoloBacia2015”, e os planos de informação “1999Bacia”, “2005Bacia”, “2011Bacia”, “2015Bacia”, respectivamente. Por meio do comando “Mosaico” as informações vetoriais das imagens segmentadas para cada ano foram importadas para os planos de informação citados anteriormente.

Por meio da edição vetorial, os polígonos das imagens segmentadas para o período estudado foram associados manualmente as seguintes classes temáticas: agricultura, área urbana/construções, pastagem, solo exposto e vegetação arbórea. Para identificar às áreas correspondentes a pastagem, a composição das bandas das imagens dos satélites Landsat 5 e 7 foi R(3)G(4)B(2) e do Landsat 8 R(4)G(5)B(3). O resultado desse procedimento foram os mapas de uso e ocupação do solo da bacia de estudo para os anos de 1999, 2005, 2011 e 2015.

Os fatores de forma de uso e manejo do solo e práticas conservacionistas são interdependentes, e assim, devem ser analisadas em conjunto (PARANHAS FILHO et al., 2003). Nesse sentido, buscou-se em literatura valores utilizados para estimar a erosão do solo e adaptar para o estudo da bacia de captação do rio Barro Preto. Os valores utilizados para estimar os fatores C e P foram:

Tipo de uso do solo	Valor de C	Valor de P(*)	Valor de CP
Vegetação arbórea	0,003(a)	0,2	0,0006
Pastagem	0,01(a)	0,5	0,005
Solo exposto e cultivo de milho em plantio direto**	0,028(b)	0,5	0,014
Solo exposto e cultivo de soja em plantio direto**	0,0455(c)	0,5	0,02275
Área urbana/construções	0,1376	0,5	0,0688

Tabela 1. Valores dos fatores C e P para estimar a erosão do solo na bacia de captação do rio Barro Preto.

(*) Os valores de P foram adaptados de Bertoni e Lombardi Neto (2012).

(**) Os valores de C para o solo exposto foi considerado o mesmo dos cultivos, pois com exceção da área urbana/construções, o solo exposto presente na área de estudo indica as áreas de pousio de inverno.

(a) Resende e Almeida (1985).

(b) De Maria e Lombardi Neto (1997).

(c) Bertol et al. (2001).

Cabe ressaltar, que para estimar o valor dos fatores C e P para as classes temáticas de solo exposto e agricultura, utilizou-se a média dos valores de cultivo de milho e soja em plantio direto, sendo $C = 0,03675$, $P = 0,5$ e $CP = 0,018375$.

A sistematização dos cálculos dos fatores C e P em ambiente SPRING foram realizados de acordo com o Programa Legal 4 (Figura 5).

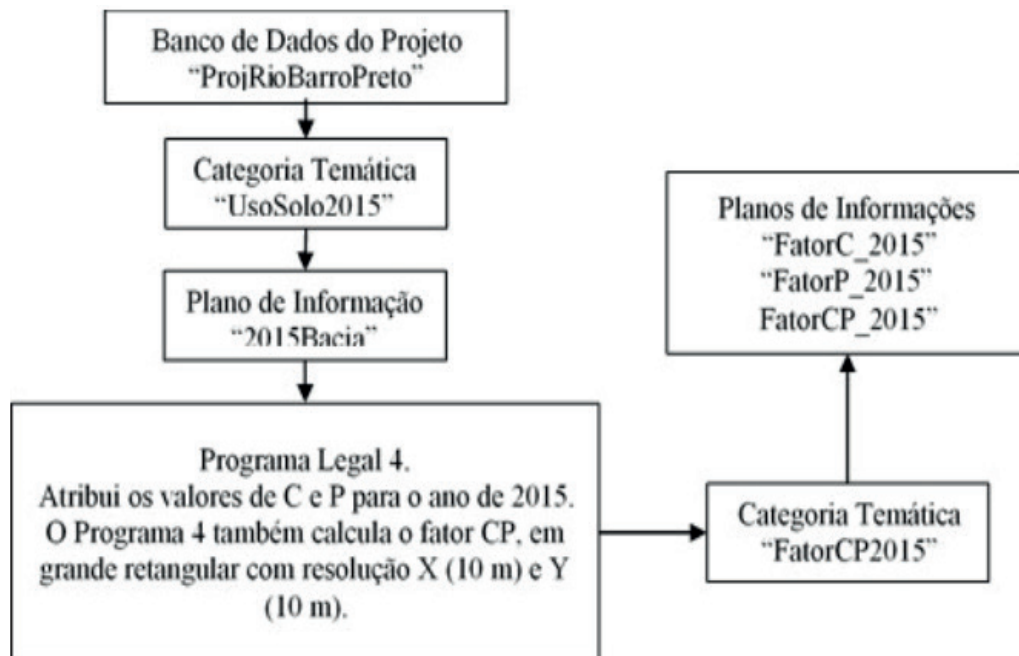


Figura 5. Fluxograma do Programa Legal 4 para estimar os fatores C e P. Fonte: dos autores, 2015.

2.5 Perda média anual de solo

Com o resultado dos fatores que compõem a equação proposta por Wischmeier e Smith (1978) para estimar a perda média anual de solo em tonelada por ha, a multiplicação dos fatores da equação foi realizada pelo Programa LEGAL 5 (Figura 6). O programa resulta nos planos de informações denominados "Amedio_1999", "Amedio_2005", "Amedio_2011" e "Amedio_2015", em categoria numérica "ErosaoBacia", com grades retangulares com resolução X (10m) Y (10m) com o resultado de perda média anual de solo em t/ha/ano para o respectivo ano.

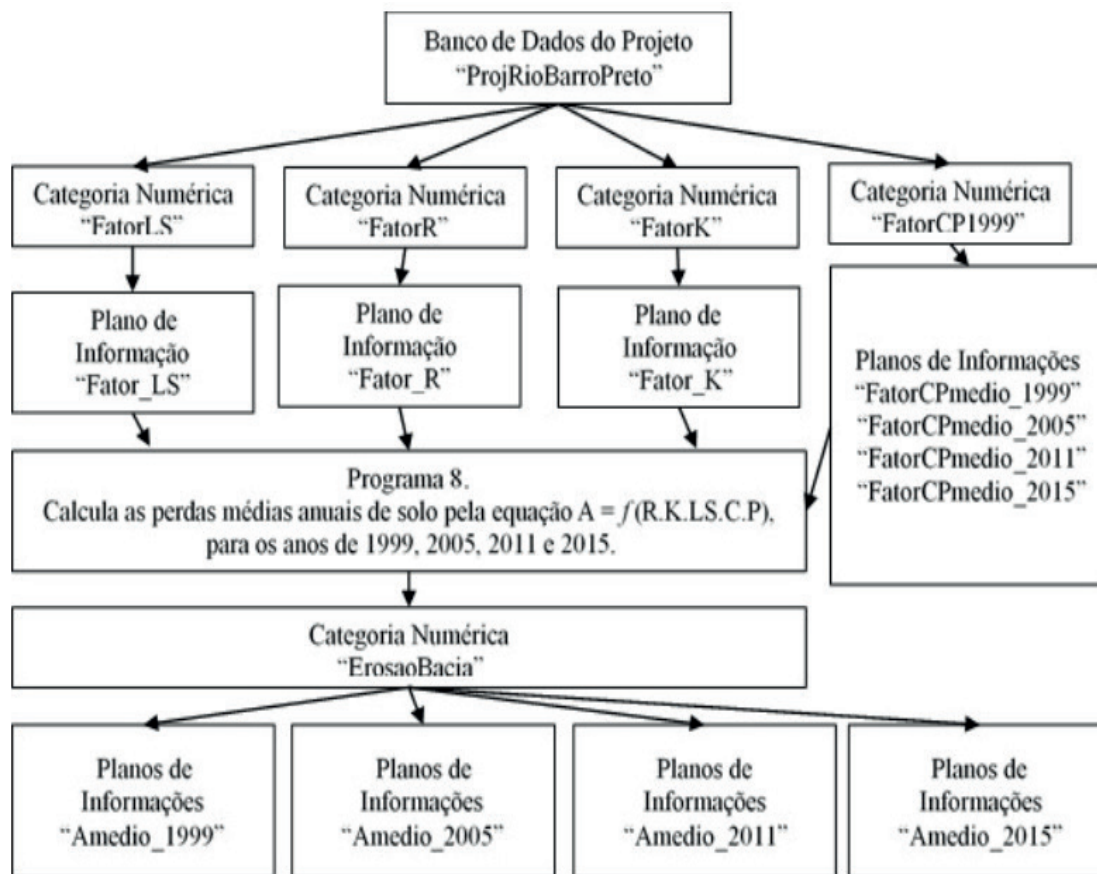


Figura 6. Fluxograma do Programa LEGAL 5 para o cálculo de perda média anual de solos nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015. Fonte: do autor, 2016.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator de erosividade das chuvas possui relação com a precipitação da área de estudo. De acordo com a Tabela 2, a qual apresenta as médias de precipitação mensal e erosividade mensal considerando o período de 1986 a 2014, o valor médio mensal da erosividade das chuvas aumenta com relação à precipitação média mensal.

Os meses que apresentaram os maiores valores de erosividade média mensal foram outubro, maio e dezembro, sendo também os meses que apresentaram os maiores valores médios mensais de precipitação. Os meses que apresentam os menores valores de erosividade média mensal foram agosto, julho e março, com 612,41, 656,28 e 787,75 MJ/ha.mm/a, respectivamente.

Analisando o somatório da erosividade média mensal de acordo com as estações do ano, a primavera é a estação com o maior valor de erosividade média, sendo de 4.175,70 MJ/ha.mm/a, e o inverno com menor valor, 2.552,31 MJ/ha.mm/a (Tabela 2). As estações outono e verão apresentaram valores de erosividade de 3.933,08 e 3.511,72 MJ/ha.mm/a, respectivamente.

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Erosividade média mensal (MJ/ha.mm/a)
Janeiro	199,46	1407,33
Fevereiro	164,70	1112,15
Março	142,11	787,75
Abril	172,58	1205,73
Mai	188,16	1518,24
Junho	177,97	1283,62
Julho	129,86	656,28
Agosto	105,71	612,41
Setembro	171,51	1120,28
Outubro	246,00	1986,09
Novembro	164,28	1069,33
Dezembro	188,77	1413,60
Somatório	2.051,10	14.172,81

Tabela 2. Precipitação média mensal no período de 1986 a 2014, erosividade média mensal e anual da bacia de captação do rio Barro Preto.

Fonte: dos autores, 2016.

O valor da erosividade média anual foi obtida por meio da equação proposta por Waltrick (2010) e pelo somatório das médias mensais durante o período dos anos de 1986 a 2014, sendo de 14.172,81 MJ/ha.mm/a. O resultado da erosividade das chuvas nesse estudo foi superior ao encontrado em literatura, Waltrick (2010) obteve o valor de 10.880,00 MJ/ha.mm/a analisando o período de 1986 a 2008 e os estudos de Tomazoni e Guimarães (2007) e Tomazoni et al. (2005) para bacias hidrográficas na região sudoeste do Paraná resultaram em valores médios de 7.141,26 MJ/ha.mm/a e 7.242,40 MJ/ha.mm/a, respectivamente. Os valores foram diferentes devido ao período considerado para os cálculos e as precipitações dos locais de estudo serem diferentes e também devido a metodologia considerar a intensidade das chuvas medidas por pluviômetros.

A erodibilidade dos solos (K) está relacionado com as propriedades inerentes ao solo que conferem maior ou menor facilidade de erosão. Alguns solos possuem maior facilidade de erosão, mesmo com o declive, precipitação, cobertura vegetal e práticas de controle de erosão (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012). Os solos mais maduros e profundos são menos erodíveis quando comparado com solos rasos e menos maduros. Os valores de K e distribuição de área na bacia de estudos estão apresentados na Tabela 3 e Figura 7.

Solo	Fator de erodibilidade dos solos (K) (t ha h/ha MJ mm/a)	Área (ha)	Área (%)
Latossolo Vermelho Distroférico	0,0138	246,31	32,07
Nitossolo Vermelho Distroférico	0,0137	250,99	32,68
Neossolo Litólico	0,0196	184,55	24,03
Neossolo Flúvico	0,0207	86,22	11,22
TOTAL	768,07	100	

Tabela 3. Fator de erodibilidade dos solos da bacia de captação do rio Barro Preto.

Fonte: dos autores, 2016.

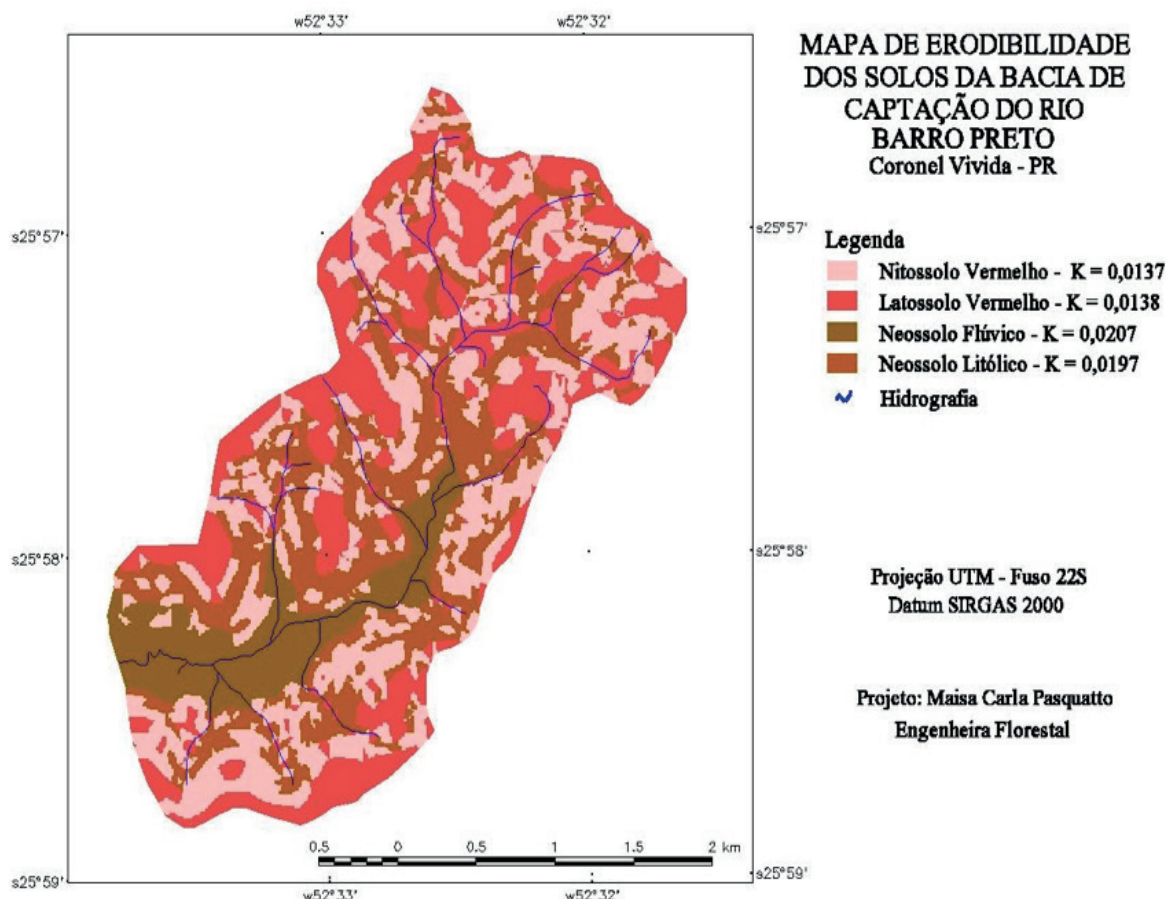


Figura 7. Mapa de erodibilidade dos solos da bacia de captação do rio Barro Preto. Fonte: dos autores, 2016.

Os solos Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho apresentam os menores valores do fator K, sendo de 0,0138 e 0,0137 t.ha.h/MJ.mm/a, respectivamente, representando os solos menos suscetíveis a erosão na bacia de estudo. Os Latossolos possuem características como avançada evolução, muito intemperizados e profundos, e devido a isso, possuem menor susceptibilidade a erosão. Assim como os Latossolos, os Nitossolos também apresentam avançada evolução e profundidade nos horizontes do solo, sendo mais resistentes ao processo erosivo hídrico. De acordo com a Tabela 3, o Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho abrangem 64,75% da área da bacia de estudo, sendo assim, a maioria da área da bacia possui solos com baixa erodibilidade.

Os solos Neossolo Litólico e o Neossolo Flúvico apresentam valores altos de erodibilidade dos solos, de 0,0196 e 0,0207 t.ha.h/ha.MJ.mm/a, respectivamente. Esses solos possuem valores de K mais altos quando comparados com os Latossolos e Nitossolos, pois são solos em vias de formação, pouco profundos e com baixa intensidade nos processos pedogenéticos. Os Neossolos abrangem 32,25% da área de estudo, ou seja, cerca de 1/3 da área possui solos com erodibilidade média.

Correchel (2003), Silva (2004) e Tomazoni et al. (2005) encontraram valores de K para os Latossolos Vermelhos de 0,014, 0,019 e 0,03 t.ha.h/ha.MJ.mm/a, respectivamente, dessa forma, o valor de K calculado se enquadra nos valores encontrados em literatura.

Os valores de erodibilidade do Nitossolo Vermelho encontrados em literatura variaram de 0,018 a 0,04 t.ha.h/ha.MJ.mm/a (CORRECHEL, 2003; CABRAL et al., 2005; TOMAZONI et al., 2005). O valor calculado do fator K para o Nitossolo Vermelho pode ser considerado adequado para o estudo, mesmo com a diferença de 0,0043 t.ha.h/ha.MJ.mm/a.

Os valores de K calculados para os solos Neossolo Litólico e Neossolo Flúvico se esquadram abaixo dos valores encontrados em literatura que variam entre 0,04 a 0,042 (SILVA, 2004; FREITAS et al., 2006; RIBEIRO E ALVES, 2007). Os valores de K para os Neossolos se enquadram abaixo da literatura devido a quantidade média de argila de 81,5% que confere menor susceptibilidade a erosão devido às características relacionadas com a porosidade total e microporosidade, densidade baixa e boa permeabilidade de água no solo.

A intensidade da erosão do solo está relacionada com o grau de declive e comprimento de rampa (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012). A Tabela 4 e Figura 8 apresentam as áreas ocupadas por cada classe do fator topográfico calculado para a bacia de estudo. As classes com menor representatividade são forte e muito forte, abrangendo 15,51 e 0,01% da área da bacia, respectivamente. As classes muito baixo e baixo representam as áreas com menor potencialidade a erosão e compreendem 18,83 e 11,65% da área, respectivamente, e ao total 30,48%. As classes predominantes na bacia são moderado e moderadamente forte que abrangem 26,52 e 27,48% da área. Essas classes representam 54,00% da área total, ou seja, a bacia de estudo possui o relevo moderadamente acidentado.

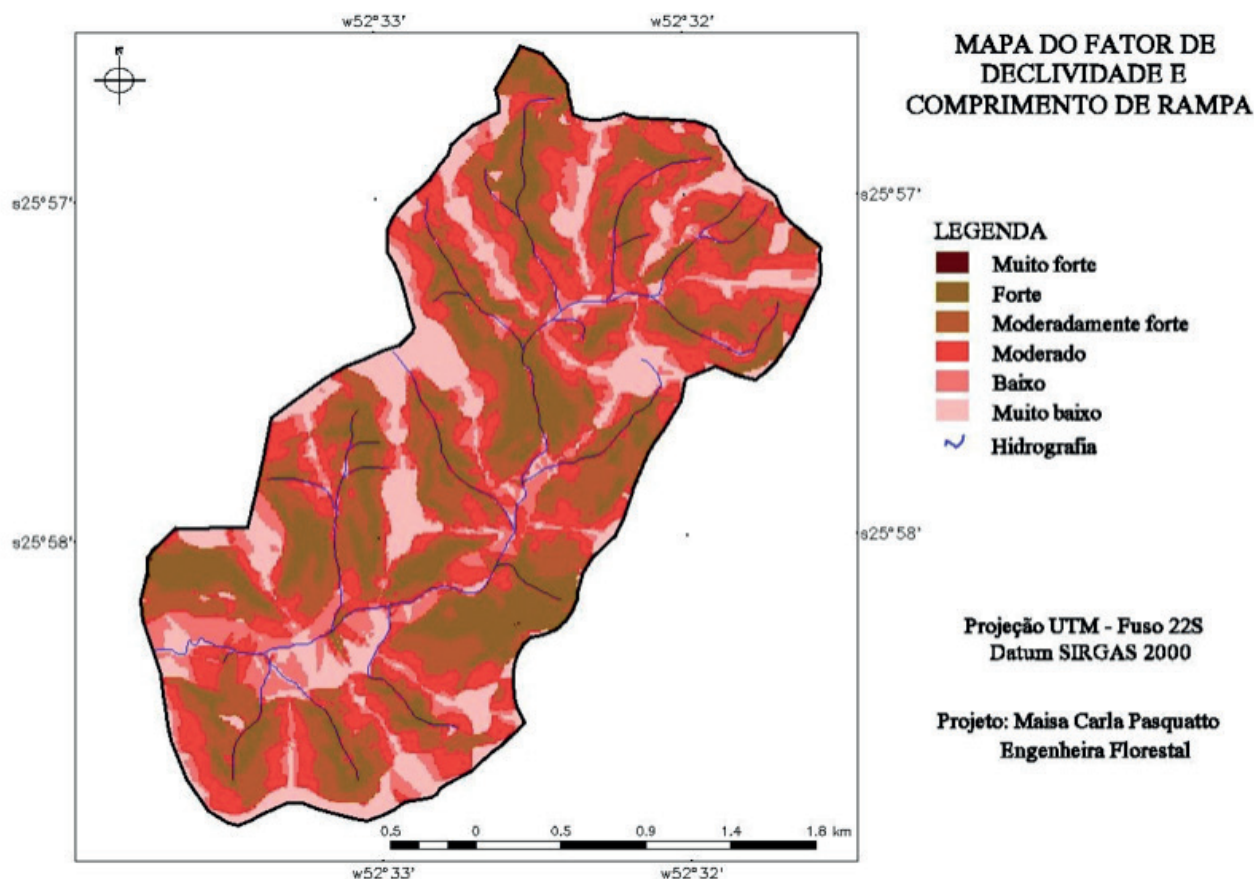


Figura 8. Mapa do fator de declividade e comprimento de rampa (LS) da bacia de captação do rio Barro Preto. Fonte: dos autores, 2016.

Fator LS	Classe*	Área (ha)	Área (%)
0 - 1	Muito baixo	144,63	18,83
1,1 - 2,0	Baixo	89,47	11,65
2,1 - 5,0	Moderado	203,67	26,52
5,1 - 10,0	Moderadamente forte	211,11	27,48
10,1 - 50,0	Forte	119,13	15,51
> 50,0	Muito forte	0,06	0,01
Total		768,07	100,00

Tabela 4. Classes do fator LS para a bacia de captação do rio Barro Preto.

* Fornelos e Neves (2006). Fonte: dos autores, 2016.

O fator de forma de uso e manejo do solo está relacionado com a maior ou menor proteção do solo, o que interfere diretamente na potencialidade do processo erosivo do solo. O cálculo de CP para os anos de 1999, 2005, 2011 e 2015 levou em consideração a caracterização do uso e ocupação do solo dos respectivos anos. Os valores de CP utilizados para as classes de uso e ocupação do solo foram: agricultura, 0,018375; área urbana/construções, 0,0688; pastagem, 0,005; solo exposto, 0,01875, considerou o mesmo valor de agricultura pois representam as áreas agrícolas em pousio de inverno; e vegetação arbórea, 0,00006. A Tabela 5, apresenta as áreas ocupadas por cada classe de

uso e ocupação do solo da área de estudo nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015.

Classes de uso e ocupação do solo	1999		2005		2011		2015	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Agricultura	309,66	40,32	336,51	43,81	418,82	54,53	302,80	39,42
Área urbana/ Construções	18,99	2,47	18,95	2,47	23,13	3,01	22,08	2,87
Pastagem	11,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	6,11	0,80
Solo exposto	188,10	24,49	194,37	25,31	108,40	14,11	221,28	28,81
Vegetação arbórea	239,82	31,22	218,24	28,41	217,71	28,35	215,80	28,10
TOTAL	768,07	100	768,07	100	768,07	100	768,07	100

Tabela 5. Classes de uso e ocupação do solo da bacia de captação nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015. Fonte: dos autores, 2016.

Conforme a Tabela 5, verifica-se que em 1999 as áreas destinadas para cultivos agrícolas, considerando as classes de agricultura e solo exposto, compreendem 64,81% da área de estudo. A classe de vegetação arbórea abrange uma área de 239,82 ha ou 31,22% da bacia. Com isso, no ano de 1999, as lavouras temporárias predominavam a bacia de captação.

No ano de 2005, a classe agricultura é predominante na bacia de estudo, apresentando uma área de 336,51 ha e abrangendo 43,81% da área total. Em comparação ao ano de 1999, houve um aumento de 26,85 ha na classe agricultura. Analisando as classes agricultura e solo exposto em conjunto, essas áreas abrangem 69,12% da bacia ou 530,88 ha, evidenciando a predominância de atividades agrícolas na área de estudo. Com relação a classe de vegetação arbórea, essa apresentou declínio de 21,58 ha em relação a 1999, abrangendo 28,41% da bacia efetiva. As áreas urbanas e construções apresentaram a menor abrangência na bacia de estudo com uma área de 18,65 ha e a classe pastagem não foi identificada para esse ano.

Assim como o ano de 1999, a área de preservação permanente em 2005 não estava regularizada conforme o Código Florestal vigente naquela época. A classe agricultura é predominante na área de preservação permanente, abrangendo 44,55% da área, e apresentou aumento de 16,29 ha em relação ao ano de 1999. Analisando o somatório das classes agricultura e solo exposto, essas abrangem 61,79% da área de preservação permanente, evidenciando que a predominância de áreas destinadas a lavouras temporárias. A classe de vegetação arbórea compreende 37,34% da área de preservação permanente e apresentou declínio de 13,75 ha em relação a 1999.

Os valores de CP para o ano de 2005, considerando a área efetiva e de preservação permanente variaram de 0,0006 a 0,0688, compreendendo uma área de 28,41% e 69,12%, respectivamente. O valor CP total de 2005 apresentou aumento em comparação a 1999, isso ocorreu devido as áreas destinadas aos cultivos agrícolas apresentarem aumento e

as áreas de vegetação arbórea diminuição, tanto na bacia efetiva quanto nas áreas de preservação permanente. De outra forma, esse aumento dos valores totais de CP para a bacia e preservação permanente está relacionado com o aumento de áreas favoráveis a erosão do solo e diminuição de áreas que protegem o solo.

No ano de 2011, a classe agricultura apresentou a maior área durante o período estudado, com 418,82 ha e abrangendo 54,53% da bacia efetiva. Analisando essa classe em comparação com o ano de 2005, essa apresentou aumento de 82,31 ha e declínio de 85,97 ha na classe de solo exposto, evidenciando que a última classe são áreas de lavouras temporárias em pousio de inverno. Em conjunto, as classes agricultura e solos exposto abrangem 68,64% da bacia efetiva, caracterizando-a como predominantemente agrícola. A classe com vegetação arbórea compreende 28,35% da bacia efetiva e apresentou declínio de 0,52 ha em relação ao ano de 2005.

Na análise da área de preservação permanente do ano de 2011, a classe predominante foi a agricultura com área de 58,56 ha e compreendendo 50,13%. Essa classe apresentou aumento de 6,52 ha em relação ao ano de 2005. Considerando as classes agricultura e solo exposto, essas compreendem 62,05% da área de preservação permanente. As áreas com vegetação arbórea abrangem 37,50% da área de preservação permanente, indicando o descumprimento do Código Florestal Brasileiro.

Em 2011, o valor total de CP para a bacia efetiva variou de 0,0006 a 0,0688, abrangendo uma área de 28,35% a 68,64%. As classes agricultura e solo exposto abrangem 64,68% da bacia de estudo e isso contribui para o aumento das áreas favoráveis a erosão. As áreas com vegetação arbórea que conferem proteção do solo contra o processo erosivo apresentaram declínio na bacia efetiva e aumento na área de preservação, indicando a diminuição de áreas favoráveis a erosão.

O uso e ocupação do solo no ano de 2015 (Figura 9) indicou que a bacia é predominantemente agrícola, pois as classes agricultura e solo exposto, compreendem 68,23% da área total. A classe de vegetação arbórea corresponde uma área de 215,80 ha e apresentou declínio de 1,92 ha em relação ao ano de 2011.

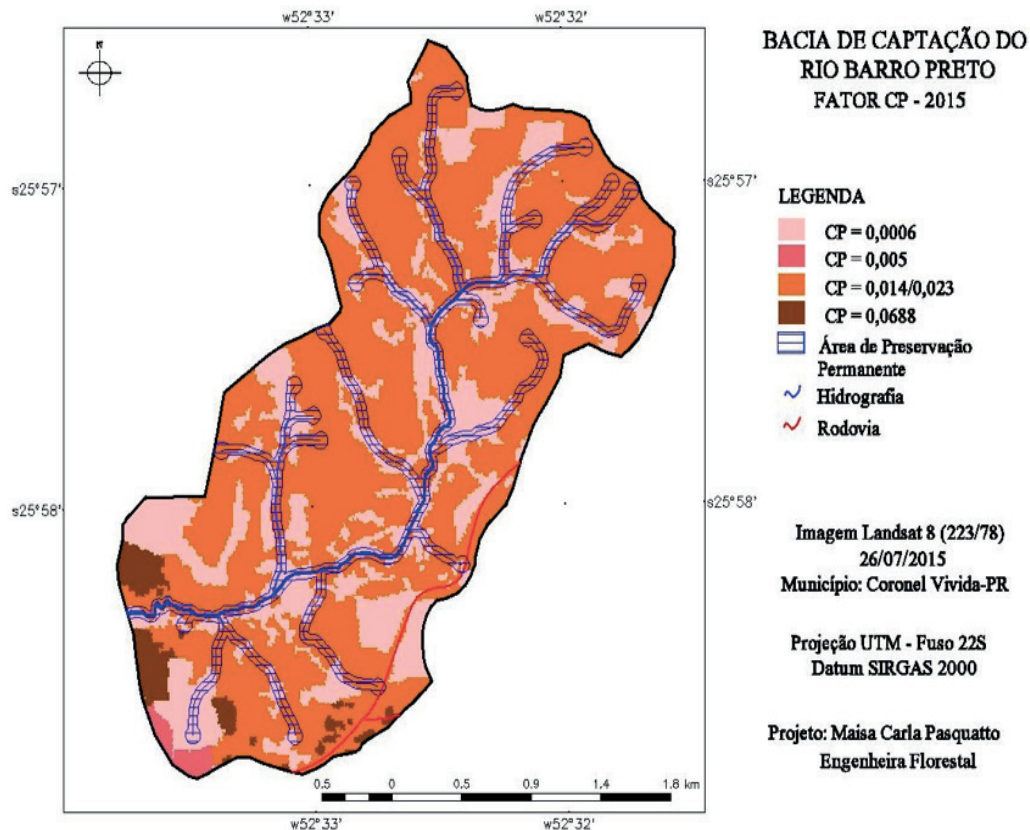


Figura 9. Mapa do fator CP no ano de 2015 da bacia de captação do rio Barro Preto. Fonte: dos autores, 2016.

A área de preservação permanente de 2015 demonstrou predominância em relação as outras classes, compreendendo uma área de 42,48 ha em relação ao ano de 2011. Considerando a análise conjunta das classes de agricultura e solo exposto na área de preservação permanente, verifica-se que ambas correspondem a 63,60% da área, mantendo a condição de irregularidade em relação ao Código Florestal Brasileiro.

Os valores totais de CP para a bacia efetiva e área de preservação permanente para o ano de 2015 variaram de 0,0006 a 0,0688, compreendendo 28,10% e 68,23% da área da bacia. A diminuição de áreas com maior CP na bacia efetiva está relacionada com o aumento das áreas de pastagem em 6,11 ha, que confere maior proteção do solo quando comparado com as lavouras.

Considerando os resultados expostos sobre os valores de CP, as áreas com vegetação arbórea auxiliam na proteção do solo contra o impacto das gotas das chuvas, pois interceptam as gotas de água pelas folhas e tronco que escorrem até a serapilheira na superfície do solo, diminuindo o impacto e a compactação no solo. Além do mais que, as árvores melhoram as condições físicas e químicas do solo contribuindo para uma boa drenagem de água no solo e conseqüentemente diminuindo o escoamento superficial e transporte de sedimentos até os mananciais. Devido a esses fatores, o valor de CP para a vegetação arbórea é menor quando comparado com as outras classes da bacia de estudo. Cabe ressaltar, que se área de preservação permanente estivesse de acordo com

a legislação vigente, o valor de CP para essa área seria de 0,0006.

Por outro lado, as áreas destinadas aos cultivos agrícolas possuem os maiores valores de CP. Esse valor está relacionado com a baixa proteção proporcionada pelas lavouras permanentes, pois esses cultivos pouco reduzem o impacto das gotas das chuvas no solo, desagregando e transportando as partículas do solo.

Com os resultados dos fatores que compõem a EUPS proposta por Wischmeier e Smith (1978), o cálculo de perdas médias anuais de solos da bacia de estudo para os anos de 1999, 2005, 2011 e 2015, foram realizados em ambiente SPRING por meio do Programa LEGAL 5.

Para a análise das perdas médias anuais de solo, a classificação indicada pela FAO – *Food and Agricultura Organization* (1967) foi utilizada: 0 – 10 t/ha/ano – baixa; 10 – 50 t/ha/ano – moderada; 50 – 200 t/ha/ano – alta; e > 200 t/ha/ano – muito alta. A Tabela 6 apresenta os valores de perdas médias anuais de solo e as áreas ocupadas por cada classe durante o período estudado.

Discriminação		1999		2005		2011		2015	
		Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Classes de erosão do solo em t/ha/ano	Baixa (0-10)	555,36	72,31	526,19	69,72	554,66	72,21	535,43	69,71
	Moderada (10-50)	175,06	22,79	204,85	24,35	180,57	23,51	187,07	24,36
	Alta (50-200)	36,9	4,80	36,41	5,76	31,12	4,05	44,26	5,76
	Muito alta (>200)	0,75	0,10	0,63	0,17	1,72	0,22	1,31	0,17
Perda média total anual de solos por erosão laminar (t/ano)		8.231,05		8.736,43		8.284,23		9.349,16	

Tabela 6. Classes de erosão do solo na bacia de captação do rio Barro Preto nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015. Fonte: dos autores, 2016.

Conforme a Tabela 6, verifica-se que durante o período estudado a classe de baixa erosão do solo é predominante na bacia de estudo. A classe de erosão de 0 a 10 t/ha/ano abrange 72,31%, 69,72%, 68,65% e 72,22% da área total da bacia nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015, respectivamente. A segunda classe predominante na bacia é de erosão moderada (0 a 50 t/ha/ano) que compreende 22,79%, 24,35%, 26,53% e 23,51% nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015, respectivamente.

Analisando as classes de erosão de 0 a 50 t/ha/ano, baixa e moderadas, essas compreenderam de 94,07% a 95,72% da área total da bacia de estudo. Esse resultado indica que a bacia de captação do rio Barro Preto se caracteriza com baixo potencial de erosão do solo.

As classes de erosão do solo de 50 a > 200 t/ha/ano são as que possuem maior potencial erosivo na bacia. A classe de alta erosão do solo compreende 36,90, 36,41, 31,12 e 44,26 ha nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015, respectivamente. A classe de 50 a 200 t/ha/ano compreendem abaixo de 6% da área total da bacia. A classe de erosão muito alta abrangem 0,10%, 0,17%, 0,22% e 0,17% nos respectivos anos. Analisando o somatório dessas classes, essas compreendem de 4,28 a 5,93% da área total da bacia no período estudado. Dessa forma, as áreas que possuem maior potencial erosivo do solo compreendem uma pequena área da bacia de estudo, caracterizando como de baixo potencial erosivo.

Em relação ao valor médio de perda anual de solos por erosão laminar, o ano de 1999 apresentou o menor valor de 8.231,05 t/ha/ano e o ano de 2015 o maior valor de 9.349,16 t/ha/ano. Os valores de perdas médias anuais de solo variaram, principalmente, devido ao fator CP de cada ano estudado. O ano de 2015 aumento das classes de agricultura, pastagem e solo exposto de 48,65 ha e declínio de 24,02 ha de vegetação arbórea em comparação ao ano de 1999. Entretanto, a localização geográfica das classes de uso e ocupação do solo em relação aos fatores LS e K também influenciam no valor de perda média anual de solos por erosão laminar.

Aprofundando a análise sobre a erosão do solo na bacia de estudo, a Tabela 7 apresenta as áreas ocupadas por cada classe de erosão nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015, considerando a área de preservação permanente regularizada de acordo com o Código Florestal Brasileiro.

Comparando os resultados da Tabela 7 com a Tabela 6, verifica-se que em 1999 houve diminuição de 15,32 e 3,09 ha nas classes de erosão moderada e alta, respectivamente, e aumento de 35,37 ha na classe de baixa erosão.

Em 2005, houve a diminuição de 39,34 e 6,16 ha nas classes moderada e alta, respectivamente. No mesmo ano, houve aumento de 35,37 ha na classe baixa em comparação ao cenário anterior, onde a área de preservação permanente não se apresenta regularizada.

Discriminação		1999		2005		2011		2015	
		Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Classes de erosão do solo em t/ha/ano	Baixa (0-10)	573,67	74,69	561,56	73,11	577,33	75,17	560,69	73,00
	Moderada (10-50)	159,74	20,80	175,61	22,86	159,88	20,82	165,87	21,60
	Alta (50-200)	33,81	4,40	30,25	3,94	29,14	3,79	40,1	5,22
	Muito alta (>200)	0,85	0,11	0,65	0,08	1,72	0,22	1,41	0,18
Perda média total anual de solos por erosão laminar (t/ano)		7.685,78		7.577,46		7.647,31		8.572,33	

Tabela 7. Classes de erosão do solo na bacia de captação do rio Barro Preto nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015, considerando a área de preservação permanente regularizada.

Fonte: dos autores, 2016.

O ano de 2011, as classe moderada e alta apresentaram declínio de 20,69 e 1,98 ha, respectivamente. A classe de baixa erosão do solo aumentou 22,67 ha.

O mesmo comportamento dos anos de 2005 e 2011 é observado para o ano de 2015. Analisando as perdas anuais de solo no ano de 2015, apresentado na Figura 10, as classes moderada e alta diminuíram 21,20 e 4,16 ha e a classe baixa aumentou 25,26 ha.

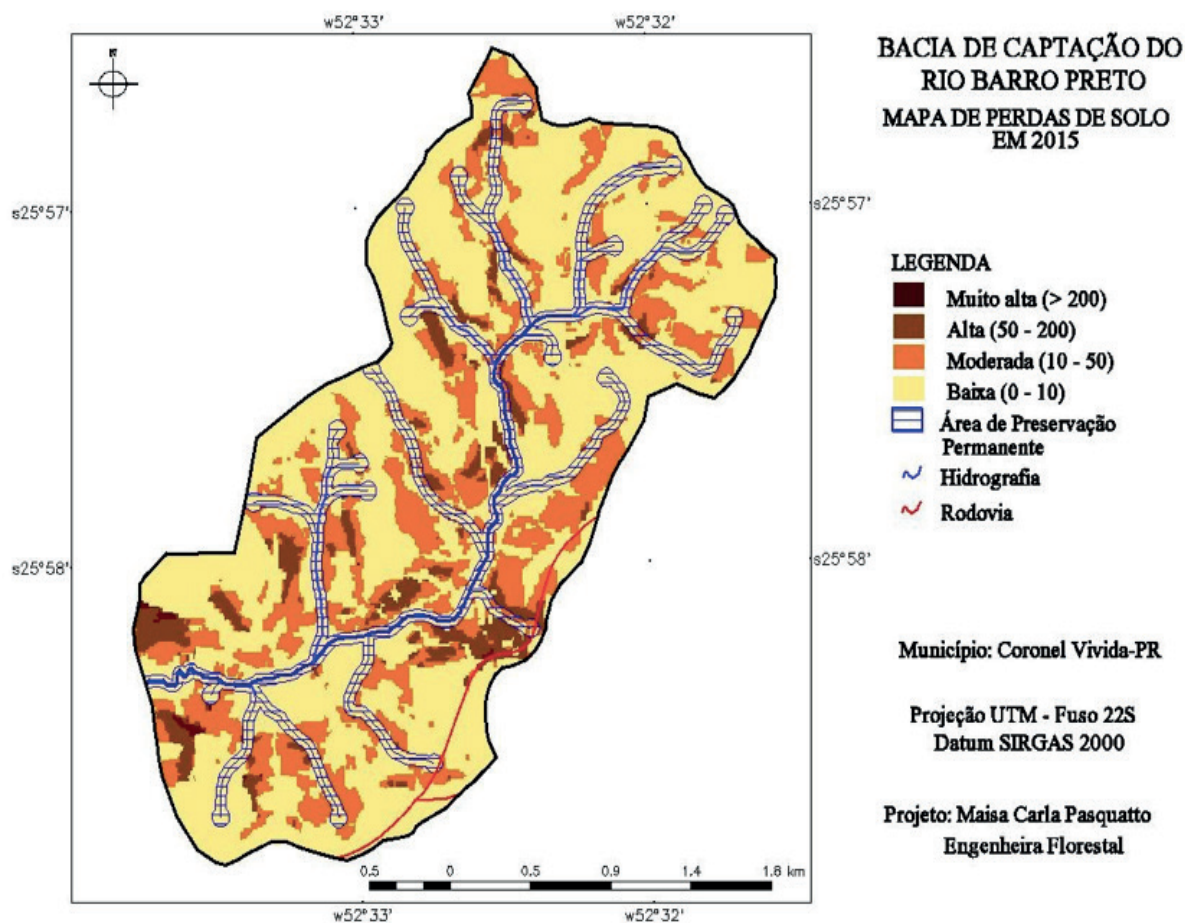


Figura 10. Mapa de perdas de solos em 2015 na bacia de captação do rio Barro Preto, considerando a área de preservação permanente regularizada.

Fonte: dos autores, 2016.

De maneira geral, verifica-se que se a área de preservação permanente estivesse regularizada de acordo com o Código Florestal Brasileiro, a erosão da bacia seria menor, pois houve diminuição das classes de erosão moderada e alta e aumento na classe baixa. Outra evidência disso é a diminuição nos valores médios totais anuais de perdas de solo em 545,27, 1.158,97, 636,92 e 776,83 t/ano nos anos de 1999, 2005, 2011 e 2015, respectivamente.

4 | CONCLUSÕES

O modelo preditivo utilizado para estimar as perdas médias anuais de solo da bacia de captação do rio Barro Preto, EUPS, com técnicas de sensoriamento remoto e o uso

de sistema de informações geográfica (SPRING/INPE) demonstrou ser eficiente na caracterização física e na sistematização dos fatores que compõem a EUPS, bem como na espacialização dos dados de perdas de solo.

Os fatores de erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos e grau de declive e comprimento de rampa apresentaram baixa influência no resultado de perdas médias anuais de solo por erosão laminar durante o período estudado. Esses fatores não são os principais agentes erosivos em razão do relevo se apresentar moderadamente acidentado e os principais solos são o Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho os quais apresentam baixo valor de erodibilidade dos solos. O principal agente erosivo da bacia de captação do rio Barro Preto é o uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas, fator CP, pois as classes de agricultura e solo exposto que predominam a bacia de estudo durante o período estudado possuem valor alto de CP.

A classe de baixa erosão do solo é predominante na bacia de captação do rio Barro Preto, a qual variou de 69,71 a 72,31% da área total da bacia durante o período estudado. Esse resultado está relacionado com o relevo moderadamente acidentado e predominância de solos de baixa erodibilidade.

Com relação as classes com maior potencialidade a erosão do solo, de 50 a > 200 t/ha/ano, essas abrangem de 4,28 a 5,93% da área total da bacia nos anos estudados. Esse resultado demonstra que além da bacia se caracterizar de baixa potencialidade a erosão do solo, apresenta as áreas que necessitam de readequação do uso do solo. Essa readequação pode ocorrer tanto pela modificação do uso e ocupação do solo quanto através de práticas mecânicas de conservação do solo.

Se a bacia de captação do rio Barro Preto estivesse com a área de preservação permanente regularizada de acordo com o Código Florestal Brasileiro, as perdas médias totais anuais de solo diminuiriam de 545,27 a 1.158,97 t/ano, durante o período estudado. Nesse sentido, uma das práticas a ser adotada na bacia de estudo para diminuir as perdas de solo por erosão laminar é a recuperação da área de preservação permanente.

O estudo realizado na bacia de captação do rio Barro Preto contribui com aspectos sobre a erosão laminar dos solos, por meio da sistematização da EUPS em ambiente SPRING/INPE, bem como subsidia decisões de planejamentos futuros a respeito do uso e ocupação do solo e manejo da bacia.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional por oferecer condições ao desenvolvimento do estudo juntamente com a Fundação Araucária pelo incentivo à pesquisa e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- BERTOL, Ildgardis, et al. Razão de perdas de solo e fator C para culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um Cambissolo Húmico Alumínico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 451-461, 2001.
- BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 8 ed. São Paulo, SP: Ícone, 2012.
- BORDAS, Marc P.; SEMMELMAN, Franz R. Elementos de engenharia de sedimentos. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre, RS: UFRGS – Faculdade de Agronomia, 2009.
- CABRAL, João B. P.; et al. Uso de técnicas de geoprocessamento para mapear o potencial natural de erosão da chuva na bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MS. **Revista Ra e Ga**, Curitiba, n. 10, p. 107-116, 2005.
- CORRECHEL, Vladia. **Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição no “Fallout” do ¹³⁷Cs**. 2003. 79 f. Tese – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- DE MARIA, Isabella C.; LOMBARDI NETO, Francisco. **Razão de perdas de terra e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21 : 263-270, 1977.
- DENARDIN, Jose E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 81 f. Tese – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1990.
- EMBRAPA SOLOS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. 2007. Mapa. Escala 1:600.000.
- FORNELOS, Leonardo F.; NEVES, Sandra Mara A. S. Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométrico (SRTM) na estimativa de perdas de solo. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1, 2006, Campo Grande. **Anais...** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 182-191. Disponível em: < <http://mtcm16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.11.15.47/doc/p36.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- FREITAS, Leonardo F. de. et al. Determinação do potencial de erosão a partir da utilização da EUPS na bacia do rio Preto. **Espaço & Geografia**, v. 10, n. 2, p. 431-452, 2007.
- PARANHAS FILHO, Antonio C. et al. Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do rio Taquarizinho – MS. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 52, p. 49-59, 2003.
- PIRES, Fábio R.; SOUZA, Caetano Marciano de. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 3. ed. Viçosa, MG: Autor, 2013.
- PRUSKI, Fernando F. Processo Físico de Ocorrência da Erosão Hídrica. In: PRUSKI, Fernando F. (Ed.). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009.
- RESENDE, Mauro; ALMEIDA, Joaquim R. Modelos de predição de perdas de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 128, p. 38-54, 1985.
- SILVA, Renato L. **Erosão do solo em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura**. 2010. 83 f. Dissertação – Instituto Agronômico, Campinas, 2010.
- TOMAZONI; Julio C. et al. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 3, n.1, p. 01-21, jan./jun., 2005.

TOMAZONI, Julio C.; GUIMARÃES, Elisete. Determinação da capacidade de uso do solo de bacia hidrográfica através da sistematização da EUPS no SPRING. **Revista Geociências**, v. 26, n. 4, p. 323-332, 2007.

WALTRICH, Patrick C. **Erosividade de chuvas no Paraná: atualização, influência do “El Nino” e “La Niña” e estimativa para cenários climáticos futuros**. 2010. 107 f. Dissertação – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

WISCHMEIER, Walter H.; SMITH, Dwight D. **Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning**. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC (Agriculture Handbook, 537). 1978.

AVALIAÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL EM FUNÇÃO DO GRAU DE INTEMPERISMO DE UM SOLO RESIDUAL GNÁISSICO

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 05/05/2020

Regina Tavares Delcourt

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
– Departamento de Engenharia Civil

Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/5167915107777672>

Tácio Mauro Pereira de Campos

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
– Departamento de Engenharia Civil

Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/7476904353230115>

RESUMO: O trabalho teve como objetivo avaliar a disponibilidade de água para plantas em função do grau de intemperismo de um solo residual de gnaiss facoidal, classificado como um argissolo, através de correlações gráficas obtidas por ensaios de determinação da curva característica de sucção dos solos e ensaios de porosimetria por intrusão de mercúrio (PIM). Comparando-se os resultados obtidos, pode-se dizer que o solo menos intemperizado possui maior capacidade de disponibilidade de água do que os solos mais alterados, indicando a influência da granulometria e mineralogia na dinâmica de disponibilidade e retenção de água nos solos.

PALAVRAS-CHAVE: água disponível; porosidade; solo residual.

EVALUATION OF AVAILABLE WATER AS A FUNCTION OF THE WEATHERING DEGREE OF A GNEISS RESIDUAL SOIL

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the availability of water for plants as a function of the weathering degree of a residual facoidal gneiss soil, classified as an argisol, through graphical correlations obtained by tests for determining the soil water retention curve and porosimetry by mercury intrusion (PIM). Comparing the obtained results, it can be said that the less weathered soil has a greater capacity for water availability than the most altered soils, indicating the influence of granulometry and mineralogy on the dynamics of water availability and retention in soils.

KEYWORDS: available water; porosity; residual soil.

1 | INTRODUÇÃO

Considera-se que a disponibilidade de água para as plantas ocorre no intervalo de umidade entre um limite superior, definido como sendo a capacidade de campo (CC), e um limite inferior, definido como sendo o ponto de murcha permanente

(PMP). Assume-se que a umidade do solo, associada aos pontos de CC e PMP, corresponde a um potencial matricial de $-1/3$ atm (-33 kPa) e -15 atm (-1500 kPa), respectivamente (Reichardt e Timm, 2012).

O trabalho teve como objetivo avaliar a disponibilidade de água para plantas em função do grau de intemperismo de um solo residual de gnaiss facoidal, classificado como um argissolo, através de correlações gráficas obtidas por ensaios de determinação da curva característica de sucção dos solos e ensaios de porosimetria por intrusão e extrusão de mercúrio (PIM).

2 | ÁGUA DISPONÍVEL EM UM SOLO RESIDUAL GNÁISSICO

Os materiais estudados foram coletados em uma encosta natural na zona sul da cidade do Rio de Janeiro. Devido à dificuldade em coletar amostras em um perfil vertical, foram identificados e coletados solos de três pontos horizontais com diferentes graus de alteração, denominados de solo residual jovem (SR-N1), horizonte C, solo residual alterado (SR-N2), horizonte B/C, e solo residual mais alterado (SR-N3), horizonte Bt, conforme Figura 1.

Por meio da caracterização física dos mesmos, apresentada na Tabela 1 e Figura 2, de acordo com a classificação da ABNT, obteve-se que o SR-N1 é uma areia siltosa, o SR-N2 uma areia argilosa e o SR-N3 um silte argiloso. Verificou-se que o percentual de finos (argila e silte) no solo aumenta conforme o grau de intemperismo do mesmo, conforme observado por diversos autores, tais como Rahardjo et al. (2004), Boszczowski et al. (2006), Benatti et al. (2013), and Antunes et al. (2015), entre outros.



Figura 1 - Solo residual (a) SR-N1, (b) SR-N2 e (c) SR-N3

Solo	Granulometria – ABNT (%)				Limites de Atterberg (%)		γ _d (kN/m ³)	γ _{nat} (kN/m ³)
	Pedregulho	Areia	Silte	Argila	LL	LP		
SR-N1	18,1	52,8	24,5	4,7	*	*	12,53	15,13
SR-N2	12,4	33,9	24,2	29,4	61,7	36,1	12,80	15,61
SR-N3	11,3	28,5	30,7	29,4	57,9	35,9	12,58	15,77
	w _{nat} (%)	G _s	Índice de vazios		porosidade		S (%)	
SR-N1	20,8	2,625	1,05		0,51		52,0	
SR-N2	21,9	2,671	1,04		0,51		56,1	
SR-N3	25,3	2,699	1,10		0,52		62,1	

Tabela 1 – Resultados da caracterização física

* - não determinável

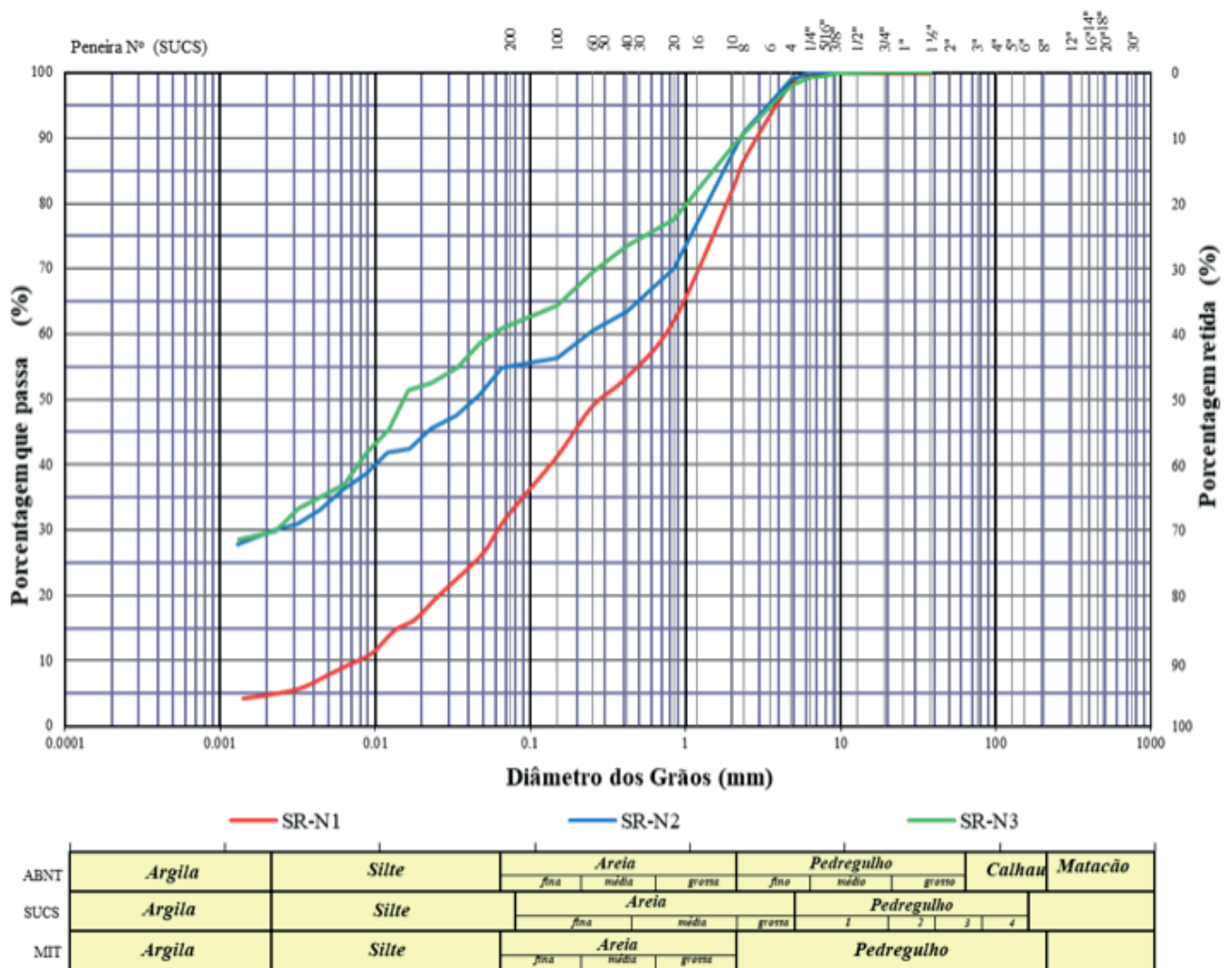


Figura 2 - Curvas granulométricas

Foram realizados testes de porosimetria por intrusão de mercúrio (PIM) para determinar o tamanho, quantidade e distribuição da porosidade dos solos estudados. Neste ensaio, amostras de solo previamente secas são submetidas a injeção de mercúrio sob diferentes estágios de pressão. Para cada estágio de pressão aplicado, o volume de mercúrio injetado nos poros da amostra é medido. O ensaio começa com baixas pressões,

com intrusão nos poros de maior diâmetro, se estendendo para poros menores à medida que a pressão aumenta.

A porosidade total (n) é obtida por meio da seguinte equação: $n = 1 - (\rho_d/\rho_s)$, sendo ρ_d = massa específica seca do solo e ρ_s = massa específica do solo (Horton et al., 1988).

Através dos ensaios de PIM, apresentados na Figura 3 e Figura 4, obteve-se uma porosidade total média para o SR-N1 de 43,1%, para o SR-N2 de 39,3% e para o SR-N3 de 41,7%. Os valores de porosidade obtidos através dos ensaios de PIM são inferiores aos valores de porosidade obtida através dos índices físicos do solo devido, possivelmente, à uma limitação do ensaio de PIM que consegue apenas quantificar a porosidade interconectada do solo, não medindo os poros isolados (cercados por partículas sólidas), conforme Romero et al. (1999).

Tendo em vista que os diâmetros dos poros são proporcionais aos diâmetros dos grãos (Scott, 1965), as faixas dos poros foram definidas considerando que os diâmetros dos poros são 10 vezes menores que os diâmetros dos grãos (Bear, 1972; Lambe e Whitman, 1979; Freeze e Cherry, 1979 ; Fetter, 1988; Mitchell e Soga, 2005). Assim, com base na BS ISO 11277: 2009, assumiu-se que microporos estão relacionados à fração argila ($\phi < 0,2 \mu\text{m}$), mesoporos à fração silte ($0,2 < \phi < 6 \mu\text{m}$) e macroporos à fração areia do solo ($\phi > 6 \mu\text{m}$). Por meio do ensaio PIM observou-se que o SR-N1 possui maior meso e macroporosidade, enquanto o SR-N2 e SR-N3 apresentaram maior micro e macroporosidade.

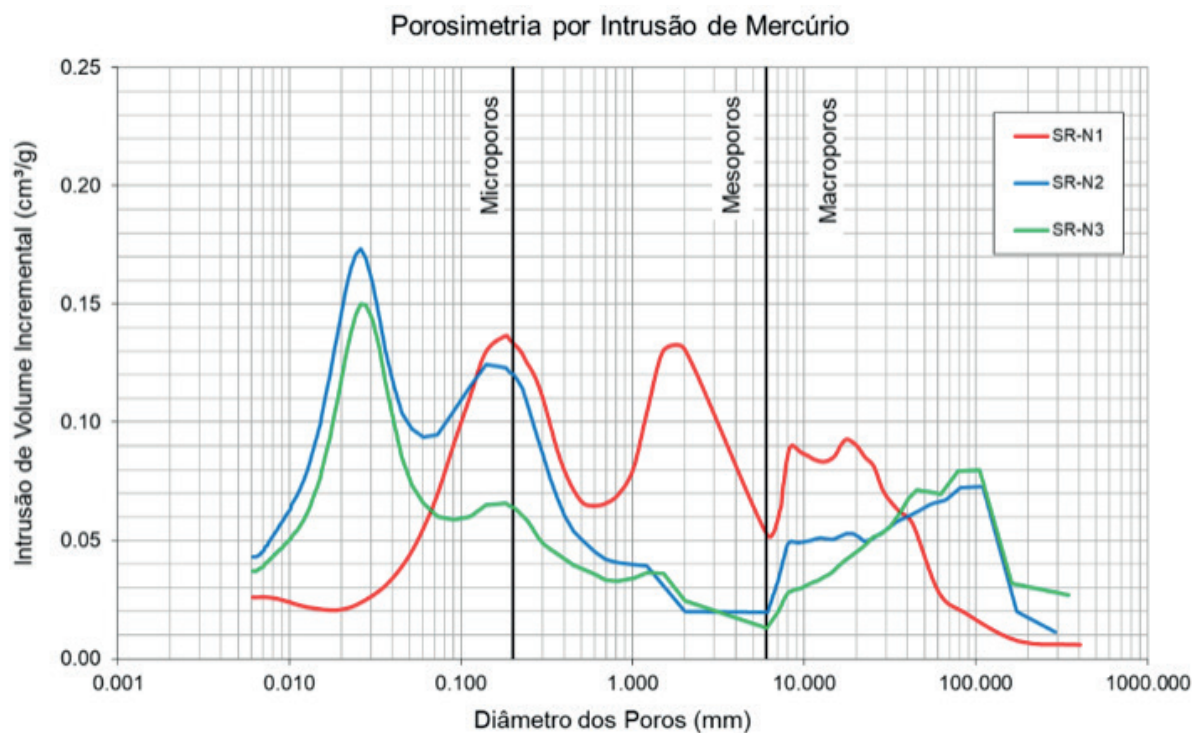


Figura 3 - Curvas de distribuição incremental dos diâmetros dos poros

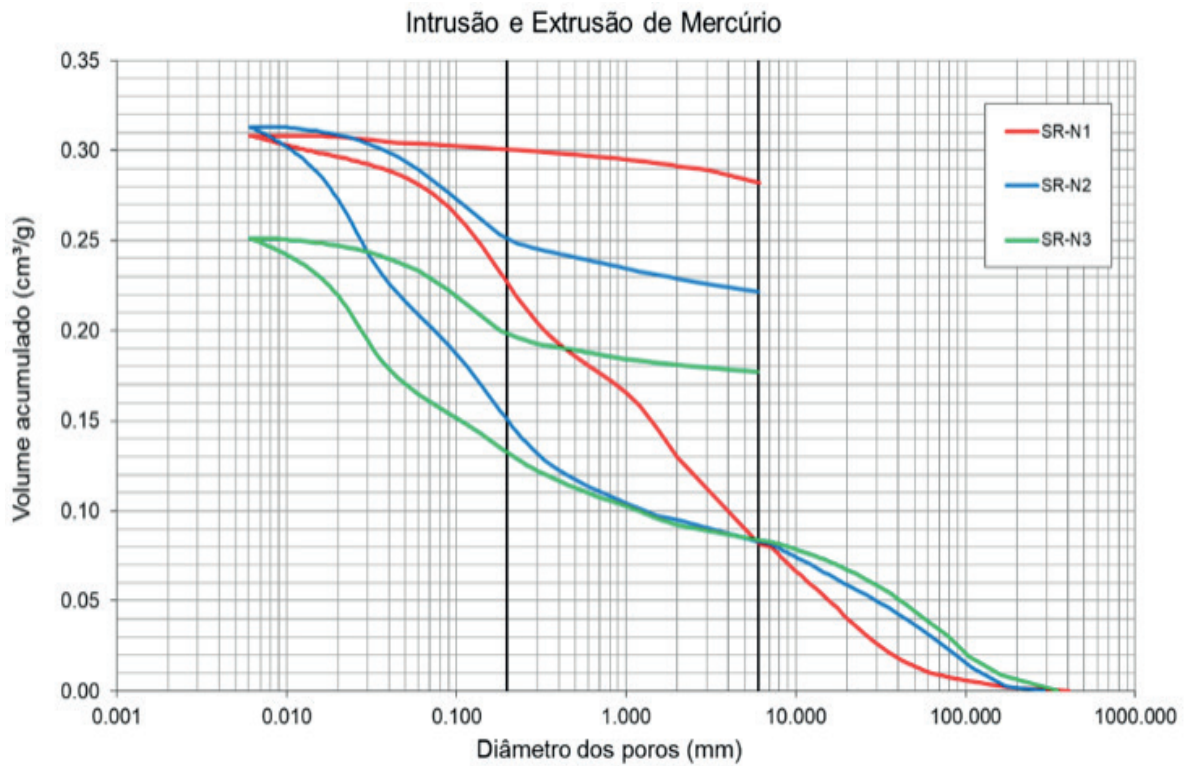


Figura 4 - Curvas de intrusão (e extrusão) de mercúrio

O ensaio de PIM tem estreita relação com a curva característica dos solos, obtidas através do método do papel filtro, que se baseia no princípio de que dois materiais porosos em contato vão trocar água até que o equilíbrio seja alcançado. As curvas de retenção de água no solo (SWRC), ou curvas características, seguindo um caminho de secagem, foram obtidas usando a técnica de papel de filtro, de acordo com Marinho (1994).

As amostras indeformadas foram inicialmente saturadas por capilaridade e posteriormente secas ao ar. Foram utilizados os papéis filtro Whatman nº 42 na avaliação da sucção matricial, conforme Chandler e Gutierrez (1986). Conforme apresentado na Figura 5, as sucções alcançadas foram da ordem de 5 a 2500 kPa, para o SR-N1, de 3 a 5300 kPa, para o SR-N2 e de 4 a 4400 kPa, para o SR-N3. Todas as curvas foram ajustadas pelo modelo de Gitirana e Fredlung (2004). Observou-se similaridade entre as curvas, assim como o comportamento bimodal dos solos estudados.

Curva Característica de Sucção dos Solos

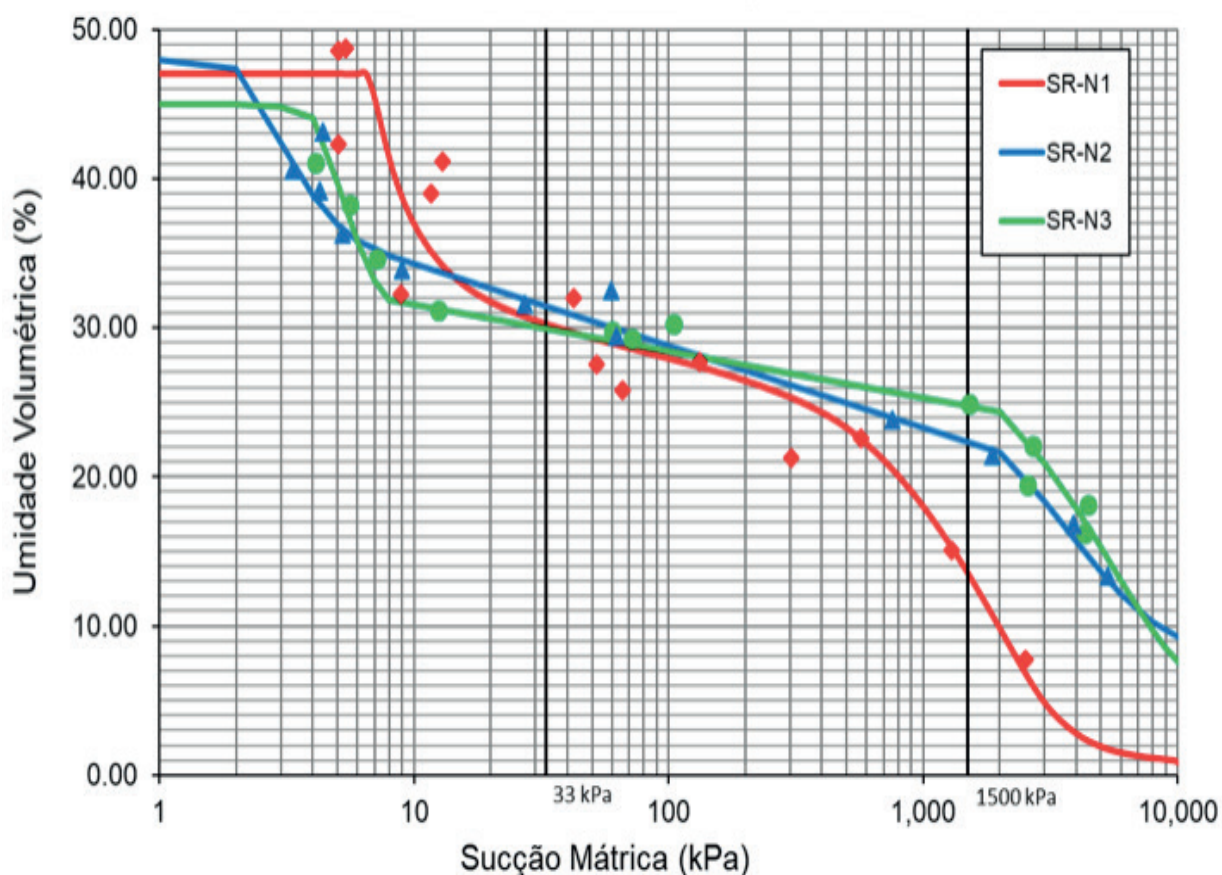


Figura 5 – Curvas de retenção de água no solo

Por meio das curvas de retenção de água no solo dos solos estudados, estimou-se os valores de umidade relativos à capacidade de campo e ponto de murcha permanente, apresentados na Tabela 2, assumindo-se que a umidade do solo, associada aos pontos de CC e PMP, corresponde a um potencial matricial de $-1/3$ atm (-33 kPa) e -15 atm (-1500 kPa), respectivamente.

Solo	CC (%)	PMP (%)
SR-N1	30	13,5
SR-N2	31,5	22,5
SR-N3	30	25

Tabela 2 – Valores de CC e PMP

3 | CONCLUSÃO

Avaliando-se as curvas de intrusão e extrusão de mercúrio, observa-se que o volume de mercúrio injetado acumulado, correspondente à região dos macroporos, é maior para o SR-N1 do que para o SR-N2 e SR-N3. Apesar da característica heterogênea das amostras

foi possível observar que, de forma geral, o volume de macroporos é inversamente proporcional ao grau de alteração do solo, ou seja, quanto menos intemperizado o solo, maior o tamanho dos poros, tornando o solo mais permeável e, portanto, com baixa retenção de água. Quanto mais intemperizado o solo, maior o teor de finos presente no mesmo, associada a uma maior retenção de água. Dessa forma, comparando-se os resultados obtidos pela curva característica dos solos e pelo ensaio de PIM, pode-se dizer que, o SR-N1 possui maior capacidade de disponibilidade de água do que os solos SR-N2 e SR-N3, possivelmente relacionado às características semelhantes das amostras estudadas e à quantidade de finos (silte e argila) presentes nestes, indicando a influência da granulometria e mineralogia na dinâmica de disponibilidade e retenção de água nos solos.

AGRADECIMENTOS

PUC-Rio, CNPq, FAPERJ

REFERÊNCIAS

- Antunes, F.S.; Polivanov, H.; Portocarrero, H.; De Campos, T.M.P.; **Solos: Subsídio Para Estudos de Geologia de Engenharia**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ. ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 38-1, p.180-198, 2015. DOI http://dx.doi.org/10.11137/2015_1_180_198
- Bear, J., **Dynamics of Fluids in Porous Media**. Dover Publication Inc., 764 p., 1972.
- Benatti, J. C. B., Rodrigues, R. A., Miguel, M. G., **Aspects of Mechanical Behavior and Modeling of a Tropical Unsaturated Soil**. Geotech Geol Eng, 31, p.1569–1585, 2013. DOI 10.1007/s10706-013-9682-y
- Boszczowski, R. B., Silva, J. M., **Avaliação da Resistividade Elétrica de um Perfil de Solo Residual em Função do Intemperismo e Teor de Umidade**. In: XIII COBRAMSEG – Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Curitiba, v. 1., p.119-124, 2006.
- BS ISO 11277:2009, **Soil quality. Determination of particle size distribution in mineral soil material. Method by sieving and sedimentation**. Published Date: 30/04/2010.
- Chandler, R. J. Gutierrez; C. I.; **The filter-paper method of suction measurement**. Géotechnique, 36:2, p.265-268, 1986. <https://doi.org/10.1680/geot.1986.36.2.265>
- Fetter, C. W., **Applied Hydrogeology**. 2nd ed., CBS Publishers & Distributors PVT. LTD., 592p., 1988.
- Freeze, R. A., Cherry, J. A., **Groundwater**. Prentice-Hall, Inc., 604p., 1979.
- Gitirana, G. de F. N.; Fredlund, D. G.. **Soil-water characteristic curve equation with independent properties**. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 130, No. 2, p.209-212, 2004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2004\)130:2\(209\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2004)130:2(209))
- Horton, R., Thompson, M. L., and McBride, J. F., **Determination of effective porosity of soil materials**. Agronomy Reports 5, EPA/600/2-88/045, 1988. https://lib.dr.iastate.edu/agron_reports/5

Lambe, W., Whitman, R. V., **Soil Mechanics**, SI Version. John Wiley & Sons, Inc, 553p., 1979.

MARINHO, F. A. M., **Medição de sucção com o método do papel filtro**. In: X Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Foz do Iguaçu, PR, v.2, p. 515-522, 1994.

Mitchell, J. K., Soga, K., **Fundamentals of Soil Behaviour**. 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., 558p., 2005.

Rahardjo, H., Aungb, K.K., Leongc, E.C., Rezaur, R.B., **Characteristics of residual soils in Singapore as formed by weathering**. Engineering Geology, 73, p.157–169, 2004. DOI 10.1016/j.enggeo.2004.01.002

Reichardt, K.; Timm, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processo e aplicações**. 2. Ed., Manole, Barueri, SP, 2012.

Romero E., Gens A., Lloret A., **Water permeability, water retention and microstructure of unsaturated compacted Boom clay**. Engineering Geology, 54, p.117–127, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(99\)00067-8](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(99)00067-8)

Scott, R.F., **Principles of Soil Mechanics**. Addison-Wesley, 550p., 1965.

FRAÇÕES ORGÂNICAS PROVENIENTES DA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUO RUMINAL COMO BIOESTIMULANTE PARA *Urochloa brizantha*

Data de aceite: 30/07/2020

João Henrique Silva da Luz

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de Agronomia
Gurupi – Tocantins - orcid.org/0000-0003-4748-341X – joaohenri_luz@uft.edu.br

Evandro Alves Ribeiro

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de Agronomia
Gurupi – Tocantins -

Hanrara Pires de Oliveira

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de Agronomia
Gurupi – Tocantins -

Bruno Henrique Di Napoli Nunes

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de Agronomia
Gurupi – Tocantins -

Leydinaria Pereira da Silva

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade Metropolitana de Anápolis
Gurupi – Tocantins -

João Pedro Silva Beserra

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de Agronomia
Gurupi – Tocantins -

Sávio dos Santos Oliveira

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de Agronomia
Gurupi – Tocantins -

Lucas Eduardo Morais Brito

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de Agronomia
Gurupi – Tocantins -

Gilson Araújo de Freitas

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de Agronomia
Gurupi – Tocantins -

Rubens Ribeiro da Silva

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de Agronomia
Gurupi – Tocantins -

RESUMO: As substâncias húmicas estimulam o crescimento e desenvolvimento de diversas plantas, porém seu uso em cultivo de forragens em condições tropicais é relativamente desconhecido. Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos sobre o capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Os tratamentos foram dispostos em DBC, obtidos em esquema fatorial (2x3), com 4 repetições, sendo o primeiro fator referente ao ácido húmico (AH) e fúlvico (AF) e o segundo à três doses destes produtos (0, 1 e 2 L ha⁻¹). A forrageira foi cultivada em vasos com 13 dm³ de Latossolo Vermelho-Amarelo. Realizou-se três simulações de pastejo, à 20 cm do solo, com ciclo de 25 dias. Em cada corte foram determinadas características agronômicas e

produtivas. Os dados foram analisados com ANOVA, seguida do teste de Duncan ($p \leq 0,05$). Houve interação dos fatores apenas para massa fresca e área foliar, com incrementos de 12,6 e 17,5%, respectivamente. Os ácidos húmicos e fúlvicos proveniente da decomposição de resíduo ruminal de bovinos demonstraram ser eficientes em melhorar a morfofisiologia e conseqüentemente a produtividade do capim *U. brizantha* cv. Marandu.

PALAVRAS-CHAVE: substâncias húmicas, pastagens, tecnologia de produção.

ORGANIC FRACTIONS FROM THE DECOMPOSITION OF RUMINAL RESIDUE AS BIOSTIMULANT FOR *Urochloa brizantha*

ABSTRACT: The humic substances stimulate the growth and development of several plants, but their use in fodder cultivation under tropical conditions is relatively unknown. The objective evaluated the effects of foliar spray of humic acids and fulvic acids on the grass *Urochloa brizantha* cv. Marandu. The treatments were arranged in DBC, obtained in a factorial scheme (2x3), with 4 replications, the first factor referring to humic acid (AH) e fulvic (AF) and the second to three doses of these products (0, 1 e 2 L ha⁻¹). Forage was grown in pots with 13 dm³ Of Red-Yellow Latosol. Three grazing simulations were performed at 20 cm from the ground, with a cycle of 25 days. In each cut, agronomic and productive characteristics were determined. The data were analyzed with ANOVA, followed by the test of Duncan ($p \leq 0,05$). There was interaction of factors only for fresh mass and leaf area, with increments of 12,6 and 17,5%, respectively. Humic and fulvic acids derived from the decomposition of residue rumen of cattle has been shown to be efficient in improving morphophysiology and consequently the productivity of grass. *U. brizantha* cv Marandu.

KEYWORDS: humic substances, pastures, production technologist

1 | INTRODUÇÃO

É indiscutível a importância da pecuária para a economia brasileira, que ao abater 44,23 milhões de bovinos, gerou mais de R\$ 597,22 bilhões ano-1 em 2019 (8,7% do Produto Interno Bruto) (USDA, 2020). Esse volume resulta numa produção aproximada de 1,1 bilhão de toneladas de resíduo ruminal em matadouros e frigoríficos espalhados pelo país (ABIEC, 2019).

Os resíduos, quando mal gerenciados, tornam-se potenciais fontes de passivos ambientais (TULLO; FINZI; GUARINO, 2019), o que inviabiliza a sustentabilidade da cadeia produtiva (PHILLIPS, 2010). Contudo, a bioconversão destes resíduos é umas das alternativas de reciclagem, uma vez que através do processo de compostagem provoca a decomposição, transformação e estabilização da matéria orgânica (CECI et al., 2019).

As substâncias húmicas são parte da matéria orgânica humificada, que se divide em três frações orgânicas: humina, ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF) (MENDONÇA;

MATOS, 2005). Vários estudos relatam que as duas últimas frações possuem bioatividade em plantas que estão relacionadas com as características estruturais (PERMINOVA et al., 2019), e são influenciadas pelo material de origem e tempo de transformação (BETTONI et al., 2016; CANELLAS; SANTOS, 2005; GARCÍA et al., 2019; OLIVARES et al., 2017)

Os estudos mostram que as substâncias húmicas afetam o metabolismo (DU JARDIN, 2015) e a fisiologia das plantas (GARCÍA et al., 2019) bem como alterações à níveis moleculares (SHAH et al., 2018) que refletem no crescimento vegetativo (AMORIM et al., 2015) através da indução de resistência ou recuperação das tensões abióticas e/ou bióticas, facilitação da assimilação, translocação e uso de nutrientes (ROUPHAEL; COLLA, 2018). Essa bioatividade, também chamada de bioestimulantes de plantas (PBs), podem aumentar a produção das forragens (NEVES et al., 2019; PINHEIRO et al., 2018), além da questão ambiental e da agregação valor aos resíduos da bovinocultura.

Dentre as forrageiras, o gênero *Urochloa*, em especial *Urochloa brizantha* cv. Marandu, é uma das mais utilizadas no bioma Cerrado devido à rusticidade, com elevado potencial de produção (BARCELOS et al., 2011), adaptada a solos com baixa a média fertilidade e responsiva as adubações (GONÇALVES et al., 2018).

Devido à escassez de pesquisas que abordem o uso de composto orgânico a base de resíduos ruminal como fonte de extração de ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF), e seus possíveis efeitos como bioestimulantes em forrageiras tropicais, justificou a execução deste trabalho. O objetivo foi avaliar os efeitos da aplicação foliar de AH e AF proveniente da decomposição de resíduo ruminal sobre a produção e morfofisiologia do capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Gurupi. A área está localizada nas coordenadas de 11°44'44,16" de latitude S e 49°03'04,17" de longitude W, a 280 m de altitude no sul do estado do Tocantins. O clima regional é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica (SEPLAN, 2012).

O experimento foi conduzido em esquema fatorial (2x3), dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo o primeiro fator referente ao ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF) e o segundo referente a três doses destes produtos (0, 1 e 2 L ha⁻¹). Foi realizado aplicação via foliar após cada simulação de pastejo.

O fracionamento do AH e AF foi realizado conforme metodologia proposta por Mendonça e Matos (2005) (KOH a 0,1 mol L⁻¹), a partir do produto de compostagem de material proveniente do rúmen de bovinos, obtidos na linha verde de frigorífico bovino.

O capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu foi cultivado em vasos plásticos contendo 13 dm³ de Latossolo Vermelho-Amarelo coletado da camada de 0-20 cm que apresentava

as seguintes características química e textural (Tabela 1).

Ca	Mg	Al	H+Al	CTC (T) ¹		CTC(t) ²	V ³
----- <i>cmolc dm⁻³</i> -----							%
0,6	0,4	0,0	2,5	3,55		1,05	30
P	K	S	MO ⁴	pH		Textura (g kg ⁻¹)	
----- mg dm ⁻³ -----				CaCl	Areia	Silte	Argila
0,7	18	5,0	1,3	4,9	475	50	475

Tabela 1. Análise química e textural do solo, 2019.

¹CTC total; ²CTC efetiva; ³Saturação por base; ⁴Materia Orgânica.

O solo foi corrigido com 1,5 t ha⁻¹ de calcário e 0,5 t ha⁻¹ de gesso antes do início do experimento. A adubação mineral foi realizada conforme Ribeiro; Guimarães & Alvarez (1999) para médio nível tecnológico, aplicando 50 kg ha⁻¹ de FTE BR12 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ via MAP.

Após 30 dias de emergência, realizou-se o desbaste, deixando 4 plantas vaso⁻¹, e após 3 dias foi iniciado a aplicação dos tratamentos. Foram realizados três cortes da parte aérea à 20 cm do solo, simulando pastejo com ciclo de 25 dias, e os tratos culturais realizados de acordo com a demanda da cultura, de forma que a adubação de cobertura foi realizada três dias após cada corte com 50 e 40 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente.

Após cada corte, determinou-se: altura das plantas (ALT, cm), com auxílio de régua graduada em centímetro, em que foram tomadas medidas do solo ao ápice das folhas. Número de perfilhos (PERF, n) foi realizado por contagem direta. A massa fresca da parte aérea (MFPA, g) foi mensurada antes das folhas perderem turgescência.

Em seguida, as amostras foram transferidas para estufa com circulação forçada a ar à 55 °C por 72 horas até obterem peso constante, e pesadas em balança analítica (0,001g), de modo a quantificar a massa seca da parte aérea (MSPA). A Massa dos perfilhos (MPER, g perfilho⁻¹) foi obtida pela razão entre MSPA/PERF e a relação entre a matéria fresca e seca (RFS) determinada por MFPA/MSPA.

A área foliar (AFo) foi aferida pelo método dos discos, em que foram retirados discos foliares com área de 0,38 cm² (AD). Em seguida, o peso dos discos (PD) e das folhas frescas (PFo) foram determinados em balança analítica, sendo estimada pela fórmula $AFo = PFo \times AD/PD$, segundo Gomes et al. (2011).

Os pigmentos fotossintéticos foram quantificados através de leituras na parte central do limbo foliar em folhas completamente expandidas, utilizando-se um clorofilômetro ClorofiLOG® modelo CFL 1030, que fornece resultados em unidades adimensionais, índice de clorofila Falker (ICF) (FALKER, 2008).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), realizando desdobramento dos fatores quando houvesse interação significativa. Vale ressaltar que o teste de média foi aplicado ao segundo fator devido ao pouco número de doses, o que dificulta o ajuste de um modelo matemático que melhor explique o comportamento dos dados. A estatística e os gráficos foram gerados com o *software* R® versão 3.5, com auxílio do pacote *ExpDes.pt* (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2018).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ácidos húmicos e fúlvicos, provenientes da decomposição de resíduo ruminal, promoveram alterações significativas ($p \leq 0,05$) na morfofisiologia e produção do capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Tabela 2), o que evidencia, efeitos de bioestimulação sobre forragens cultivadas em condição edafoclimáticas do Cerrado brasileiro.

Variáveis	Fontes de Variação – QM				Média geral	CV (%)
	F	D	FxD	Resíduo		
	Graus de liberdade					
1	2	2	15			
ALT	39,185*	61,55**	11,18 ^{ns}	4,31	63,16	3,29
PERF	192,67 ^{ns}	797,56**	68,22 ^{ns}	59,02	67,33	11,41
MFPA	184,96**	132,59**	46,54*	10,84	76,41	4,31
MSPA	0,08 ^{ns}	88,46**	0,14 ^{ns}	4,38	39,78	5,26
RFS	0,08*	0,12**	0,02 ^{ns}	0,01	1,93	6,28
MPER	0,01 ^{ns}	0,08**	4x10 ⁻³ ^{ns}	5x10 ⁻³	0,61	12,33
AFo	5,23 ^{ns}	71,85**	45,17*	10,07	34,41	9,22
ICF	11,31 ^{ns}	32,70**	3,96 ^{ns}	3,70	42,46	4,53

Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores dos quadrados médios e nível de significância para as variáveis, altura de plantas (ALT), número de perfilhos (PERF), massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), relação da massa fresca com a massa seca (RFS), massa de perfilhos (MPER), área foliar (AFo) e índice de clorofila Falker (ICF), do capim Marandu sob a aplicação foliar de doses de ácidos húmicos e fúlvicos. Gurupi - TO, 2019.

F: fontes; D: dose; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação; **: significativo ao nível 1% de probabilidade ($p < 0,01$); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns: não significativo ($p < 0,05$) pelo teste F.

A interação entre os fatores foi significativa para MFPA e AF. Quando analisadas de forma isolada, nota-se que as doses influenciaram, estatisticamente, todas as características ao nível de 1% de probabilidade. Já as fontes influenciaram a ALT, MFPA, RFS.

A forragem apresentou maior ALT na fonte AF com 64,44 cm, superior em 4% em relação ao AH, que obteve 61,88 cm. Independente da fonte, as doses 1 e 2 L ha⁻¹ são semelhantes, porém superiores, em média, 7,9% quando comparadas ao controle (60,0

cm) (Figura 1A). Vale ressaltar que essa variável é uma importante ferramenta de manejo em sistema de alto nível tecnológico, como o rotacionado, sendo 35 cm altura do dossel para entrada dos animais e 15 cm o momento da retirada e finalização do pastejo dando condições para a planta se reestabelecer estrutural e nutricionalmente (MORAIS et al., 2018).

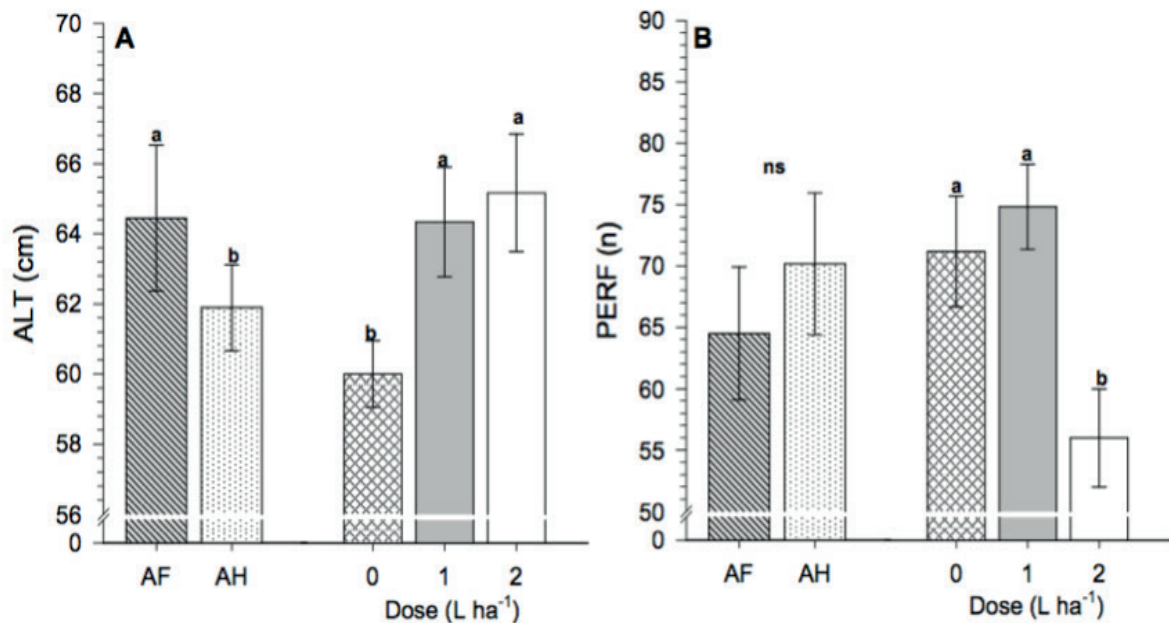


Figura 1. Altura de plantas (ALT) e número de perfilhos (PERF) do capim Marandu sob aplicação via foliar de ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF).

Médias seguidas da mesma letra minúscula não difere entre para fontes ou doses; ns: não significativo pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Segundo Baldissera et al. (2016), essa diferença da ALT pode resultar em ganhos de ciclos de pastejos, quando adotado o manejo pela altura do dossel a 95% de interceptação de luminosa, uma vez que as plantas com aplicação AF e AH apresentaram maior taxa de crescimento que o controle.

As fontes não afetaram o número de PERF, apresentando médias de 64,5 ($\pm 10,8$) para AF e 70,2 ($\pm 11,6$) com AH. Já as doses 0 e 1 L ha⁻¹ diferiram de 2 L ha⁻¹, produzindo 71,16, 74,83 e 56,00 un plantas⁻¹, respectivamente (figura 1B). Vale ressaltar que 2 L ha⁻¹ provocou uma redução do perfilhamento de 15,16 un planta⁻¹.

A produção de MFPA, em geral, foi superior nas plantas com 1 L ha⁻¹ (80,81 g), que produz em média 6,6 g a mais (independente da fonte) que os demais tratamentos, representando acréscimo de 8,2%. Porém, o uso de AH (85,18 g) nessa mesma dose é superior 11,4%, estatisticamente ($p < 0,01$), ao AF com 76,46 g, um incremento de 8,72 g de MFPA (figura 2A).

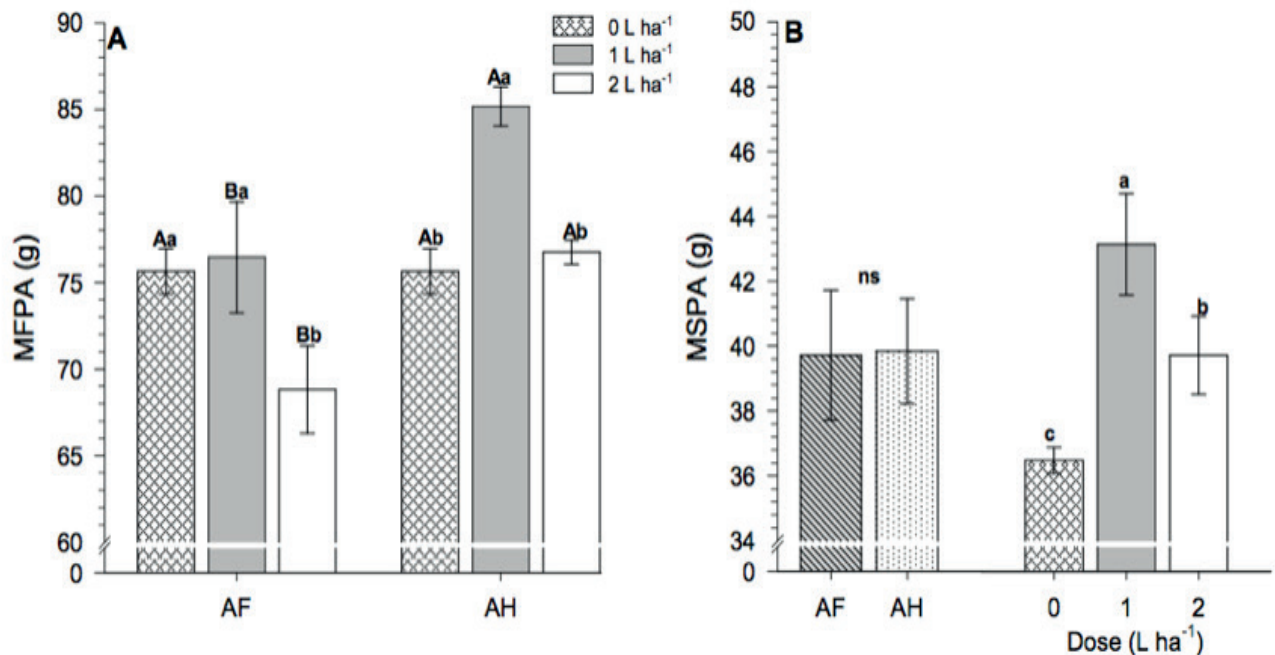


Figura 2. Massa Fresca (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) do capim Marandu sob aplicação via foliar de ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não difere entre as fontes (AF e AH); médias seguidas da mesma letra minúscula não difere entre as doses; ns: não significativo pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Trabalhando com o desenvolvimento inicial de *Brachiaria Brizantha* cv. MG5, Amorim et al. (2015) relatou que 4 mM C L⁻¹ ácidos húmicos provenientes de vermicompostos aumenta 19,48 e 25,58% a MFPA e massa fresca das raízes, porém, quando essa mesma dose foi reaplicada 7 dias após a semeadura, as respostas foram de -13,01 e -14,42%, respectivamente. Essas respostas corroboram com os resultados encontrados nas maiores doses de ambas as fontes, que provocam perda no acúmulo de biomassa fresca.

Para MSPA, principal variável produtiva das forragens, as fontes não diferiram entre si (figura 2B), com médias de 39,72 g e desvio padrão 3,61. Já para as doses, destacaram-se por ordem decrescente 1, 2 e 0 L ha⁻¹, produzindo 43,14, 39,72, 36,48 g, respectivamente. O acréscimo entre 1 e 0 L ha⁻¹ foi de 6,66 g, ou seja, cerca de 18,3%.

Ao extrapolar esses valores para hectares, pode representar uma oferta de 1.024,6 Kg ha⁻¹ a mais de matéria seca. Uma unidade animal (UA) consome diariamente 3% do seu peso vivo (450 kg UA⁻¹) o que necessitaria de 13,5 kg de MSPA dia⁻¹ UA⁻¹, logo, a oferta de 6,66 g pode significar um aumento da capacidade de suporte de 3,03 UA ha⁻¹ por ciclo de pastejo (PHILLIPS, 2010), demonstrando assim que o uso de AH e AF como bioestimulantes podem promover melhorias nos índices zootécnicos da bovinocultura.

Em condições de baixa fertilidade com *Brachiaria Decumbens*, Pinheiro et al. (2018) avaliaram a aplicação foliar de ácidos húmicos liofilizados e relataram que, aplicando 30 mg L⁻¹ após 45 dias de emergência, ocorreu um aumento de 47,7 e 376,7% na produção de massa seca da parte aérea (R_2 : 0,80) e raiz (R_2 : 0,73).

O aumento no acúmulo de biomassa está associado a uns dos efeitos bem descritos das SHs, que atuam de forma semelhante ao fitohormônio auxina (DU JARDIN, 2015) promovendo alterações morfoanatômicas e bioquímicas que resultam na intensificação da formação de raízes laterais (AMORIM et al., 2015) e pêlos radiculares (GARCÍA et al., 2019) que maximizam a superfície de contato da raiz, favorecendo o transporte de íons, absorção de água e nutrientes (TAIZ et al., 2017).

A RFS indica a variação da presença de água nos tecidos vivos da forragem, ou seja, um indicativo indireto da qualidade bromatológica (GONÇALVES et al., 2018). Notou-se uma variação da RFS nas plantas de Marandu de 1,40 a 2,22 g g⁻¹, sendo constatado a maior média entre as fontes quando aplicado AH com 1,99 g g⁻¹ (figura 3A).

As doses 1 e 2 L ha⁻¹ reduziram de forma gradativa o teor relativo, com média de 1,86 g (±0,21) de água por grama de matéria seca (figura 3A), onde o controle obteve 2,07 g g⁻¹. Segundo Taiz et al. (2017), plantas metabolicamente mais ativas apresentam maior produção de fotoassimilados, conseqüentemente mais solutos osmoticamente ativos dissolvidos, diminuindo assim o teor relativo de água.

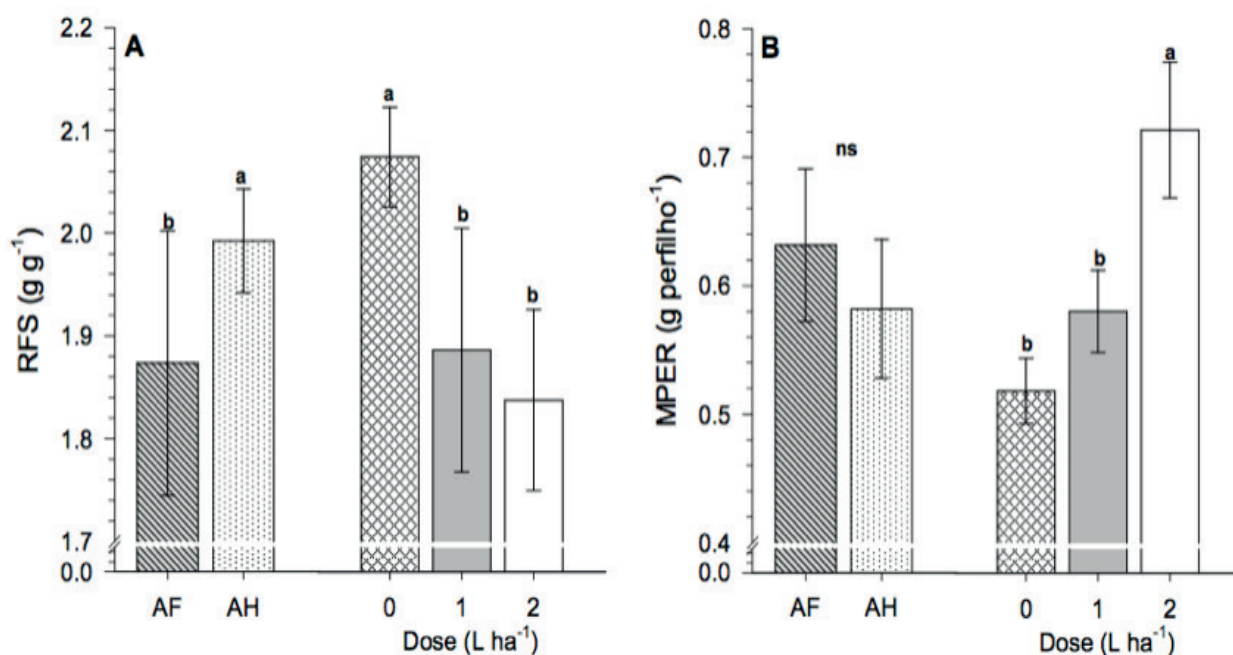


Figura 3. Relação entre a massa fresca e seca (RFS) e massa dos perfilhos (MPER) do capim Marandu sob aplicação via foliar de ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF).

Médias seguidas da mesma letra minúscula não difere entre si para fontes ou doses; ns: não significativo pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Na MPER, não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) para o primeiro fator (média: 0,6 g perfilho⁻¹), porém, independente da fonte, quando aplicado 2 L ha⁻¹ há um aumento no MPER de 39,2% (figura 3B). Isso pode ser explicado devido à redução do perfilhamento (Figura 1B) e um possível aumento da produção e alongamento de folhas ocorrido nestas plantas. Resultados semelhantes foram encontradas por Neves et al. (2019) utilizando

substâncias húmicas (SHs) no capim Marandu, de forma que em condições de campo o uso de SHs aumentou a relação folha/colmo, embora não houvesse efeito significativo sobre a produção de forragem, justificado pelos autores devido o elevado coeficiente de variação (24,6%).

As plantas com 1 L ha⁻¹ de AF ou AH recompensaram com o maior crescimento da superfície foliar, adicionando 5,87 e 2,57 cm² de AF, respectivamente (figura 4A). Porém, embora o elevado erro padrão de AH, AF promoveu acréscimo de 9,1% na dose citada anteriormente, indicando que o AF possui mais bioatividade na área foliar do que o AH.

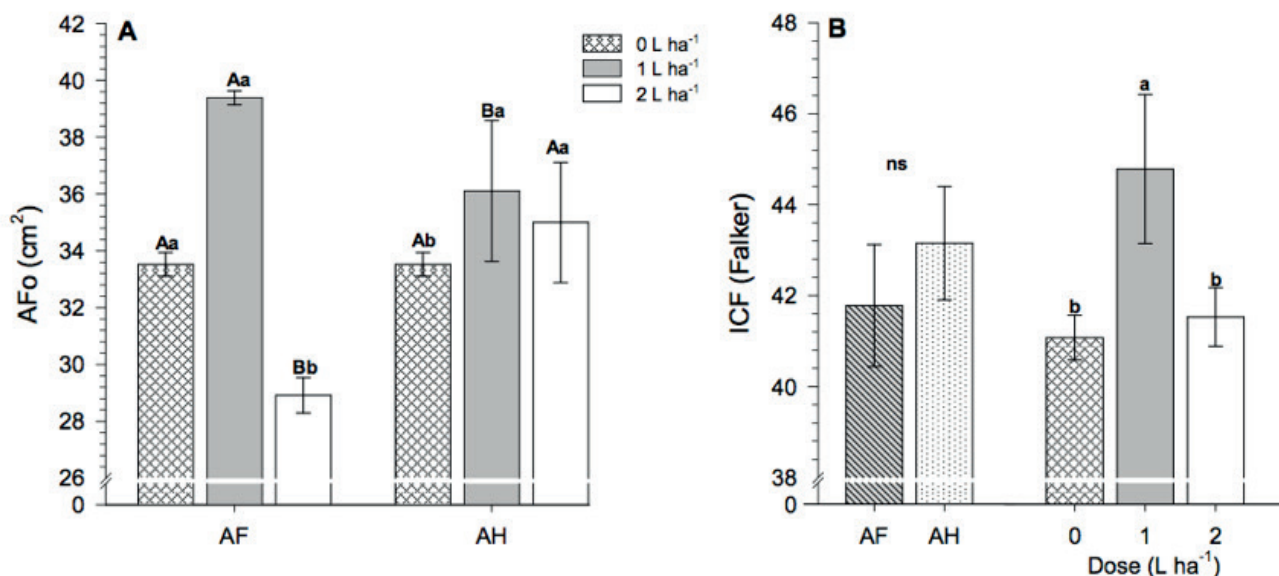


Figura 4. Área foliar (AF) e índice de clorofila Falker (ICF) do capim Marandu sob aplicação via foliar de ácidos húmicos (HA) e fúlvicos (FA).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não difere entre as fontes (AF e AH); médias seguidas da mesma letra minúscula não difere entre as doses; ns: não significativo pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Quanto aos pigmentos fotossintéticos, as fontes não alteraram o ICF, sendo AF e AH estatisticamente semelhantes, com médias de 42,47 e desvio padrão de 2,59. O mesmo não foi observado nas doses, onde 1 L ha⁻¹, diferiu com as demais, com 44,79 de ICF, sendo 8,5% superior. Esses resultados indicam que houve uma alteração, principalmente, no metabolismo do nitrogênio, devido à adubação igualitária de 50 kg ha⁻¹ de N após cada corte. Ou seja, as plantas com 1 L ha⁻¹ foram mais eficientes na utilização de nitrogênio.

O fato de 2 L ha⁻¹ não apresentar resultados semelhantes aos de 1 L ha⁻¹, pode ser justificado pelo acúmulo de aplicações sequenciais (uma a cada corte) podem ter provocado toxidez, como também pela falta de calibração de doses (determinação da máxima eficiência técnica) e época de aplicação para a forrageira. Pinheiro et al. (2018) defende que a eficiência das SHs dependem da concentração e o tempo de aplicação, pois cada planta tem modulações que variam com seu estágio de crescimento e desenvolvimento. Os autores descreveram essa mesma resposta no *B. decumbens*,

com 60 mg L⁻¹ de ácidos húmicos em três aplicações houve uma redução, comparada com o tratamento controle, na ALT, MSPA e massa seca de raiz de -26,1, -36,5 e -59,7%, respectivamente.

Estes efeitos são típicos de aplicações exógenas de hormônios de plantas, que acabam provocando um desequilíbrio fisiológico e bioquímico, uma vez que os hormônios são os principais mensageiros que modulam esses processos (BETTONI et al., 2016; GARCÍA et al., 2019; OLIVARES et al., 2017; SHAH et al., 2018).

Os efeitos de bioestimulação que os AF e AH proveniente de composto de resíduo ruminal bovino tem sobre o capim Marandu, em condições de médio nível tecnológico, é um indicativo da viabilidade desta tecnologia como ferramenta de manejo de regeneração estrutural e produtiva para pastagens. Porém, novos estudos precisam ser conduzidos abordando aspectos econômicos, manejo de pastejo com diferentes níveis de adubação, como também a influência das SHs sobre o uso de nutrientes, na dinâmica morfogênica, produtiva e bromatológica que essa tecnologia pode promover em forragens em condições do Cerrado para viabilizar seu uso a longo prazo.

4 | CONCLUSÃO

Os ácidos húmicos e fúlvicos proveniente da decomposição de resíduo ruminal demonstraram ser eficientes em melhorar a morfofisiologia e conseqüentemente a produtividade de forragem do *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Porém, novos estudos devem ser realizados abordando aspectos bromatológicos, manejo agrônomo e seu efeito a longo prazo no sistema solo-planta.

REFERÊNCIAS

ABIEC. **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes**. Pecuária Brasileira. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/controle/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

AMORIM, M. M. et al. **Effects of the humic acid extracted from vermicompost on the germination and initial growth of *Brachiaria brizantha* cv. MG5**. African Journal of Biotechnology, v. 14, n. 18, p. 1576–1582, abr. 2015.

BALDISSERA, T. C. et al. **Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees**. Crop and Pasture Science, v. 67, n. 11, p. 1199, 13 out. 2016.

BARCELOS, A. F. et al. **Adubação de capins do gênero *Brachiaria***. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, p. 86, 2011.

BETTONI, M. M. et al. **Onion (*Allium cepa* L.) seedling growth using humic substances**. Idesia (Arica), v. 34, n. ahead, p. 0–0, 3 fev. 2016.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. D. A. **HUMOSFERA: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. 1. ed. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2005.

CECI, A. et al. **Roles of saprotrophic fungi in biodegradation or transformation of organic and inorganic pollutants in co-contaminated sites**. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 103, n. 1, p. 53–68, 25 jan. 2019.

DU JARDIN, P. **Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation**. Scientia Horticulturae, v. 196, p. 3–14, 30 nov. 2015.

FALKER. **Manual do medidor eletrônico de teor de clorofila**. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/produto-clorofilog-medidor-clorofila.php>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Pacote Experimental Designs (Portuguese)**. CRAN, p. 62, 2018.

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, 1 nov. 2019.

GOMES, R. A. et al. **Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de Panicum maximum**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 2, p. 205–211, 2011.

GONÇALVES, M. S. et al. **Bromatologia de gramíneas tropicais sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido**. Nativa, v. 6, n. 4, p. 421, 18 jul. 2018.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. 1. ed. Viçosa-MG: UFV, 2005.

MORAIS, L. F. DE et al. **Advances in the evaluation of pastures cultivated with tropical forages in Brazil: A Review**. Applied Research & Agrotechnology, v. 11, n. 2, p. 125–136, maio 2018.

NEVES, R. G. et al. **Dry matter yield, growth index, chemical composition and digestibility of Marandu grass under nitrogen and organic fertilization**. Semina: Ciências Agrárias, v. 40, n. 5, p. 1901–1912, maio 2019.

OLIVARES, F. L. et al. **Plant growth promoting bacteria and humic substances: crop promotion and mechanisms of action**. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, v. 4, n. 1, p. 1–13, 2017.

PERMINOVA, I. V. et al. **Humic substances and nature-like technologies**. Journal of Soils and Sediments, 4 maio 2019.

PHILLIPS, C. J. C. **Principles of cattle production**. 2. ed. Queensland: CABI Head Office, 2010.

PINHEIRO, P. L. et al. **Promoting the growth of *Brachiaria decumbens* by humic acids (HAs)**. Australian Journal of Crop Science, v. 12, n. 07, p. 1114–1121, 2018.

RIBEIRO, A. A. C.; GUIMARÃES, H. P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 aproximação**. CFSEMG ed. Viçosa, MG: p.359, 1999.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. **Synergistic Biostimulatory Action: Designing the Next Generation of Plant Biostimulants for Sustainable Agriculture**. Frontiers in Plant Science, v. 9, p. 1655, 13 nov. 2018.

SEPLAN, S. DO P. DO E. DO T. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Diretoria de Pesquisa e Informações Econômicas, p. 49, 2012.

SHAH, Z. H. et al. **Humic Substances: Determining Potential Molecular Regulatory Processes in Plants**. Frontiers in Plant Science, v. 9, p. 263, 13 mar. 2018.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TULLO, E.; FINZI, A.; GUARINO, M. **Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy**. *Science of The Total Environment*, v. 650, p. 2751–2760, 10 fev. 2019.

USDA. United States Department of Agriculture. **Livestock and poultry: world markets and trade**. Approved by the World Agricultural Outlook Board/USDA. Foreign Agricultural Service/USDA. *Global Market Analysis*, p. 1–17, 9 abr. 2020.

FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES EM PRODUÇÃO DE PALMA *Opuntia stricta* IRRIGADA COM DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE

Data de aceite: 30/07/2020

Érica Olandini Lambais

Pesquisadora do Núcleo de Solos e Mineralogia do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC

Evaldo dos Santos Felix

Pesquisador do Núcleo de Produção Vegetal do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC

George Rodrigues Lambais

Pesquisador do Núcleo de Recursos Hídricos do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC

Jucilene Silva Araújo

Pesquisadora do Núcleo de Produção Vegetal do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC

Alexandre Pereira de Bakker

Pesquisador do Núcleo de Solos e Mineralogia do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC,

RESUMO: As micorrizas são associações mutualistas que ocorrem entre fungos e a maioria das plantas terrestres. Os fungos micorrizicos arbusculares (ma) aumentam a absorção de água e de nutrientes pela planta, enquanto o fungo se beneficia dos produtos produzidos pela planta. Além desses benefícios à planta, a micorriza ajuda também no aumento da tolerância e resistência à estresses ambientais, como escassez de água e alta salinidade do solo. A maior parte do solo salino ocorre nas regiões áridas e semiáridas, onde esse processo é acelerado pela irrigação ineficiente, devido

ao uso de águas com altos teores de sais, e pela drenagem insuficiente. As variedades de palmas cultivadas na região nordeste integram um importante recurso forrageiro e contribuem para o fornecimento de alimento para os animais no período de estiagem. Sendo assim, o presente estudo teve como finalidade verificar o efeito de diferentes concentrações de nacl na quantidade de esporos presentes na produção de palma *Opuntia stricta* (orelha-de-elefante). Foi realizado a extração de esporos de fungos micorrizicos através de peneiramento úmido em solo das culturas que receberam irrigação nas concentrações de 1,5 (t1) e 6,0 (t2) ds m-1. O número de esporos encontrados no solo com irrigação da maior taxa de salinidade (t2) apresentou-se maior que o de menor salinidade (t1), corroborando com a ideia do aumento da resistência da planta ao estresse advinda da associação micorrizica.

PALAVRAS-CHAVE: micorrizas; sustentabilidade; água salina; semiárido brasileiro.

ABSTRACT: Micorrizas are mutualist associations that occur between fungi and the most of earth plants. Arbuscular micorrizic fungi (ma) increase the absorption of water and nutrients through the plant, while fungi benefits

from products produced by the plant. In addition to these plant benefits, micorriza also helps in increasing tolerance and resistance to environmental stresses, like water scarcity and high soil salinity. The most part of the saline soil occurs in arid and semi-arid regions, where this process is accelerated by inefficient irrigation, due to the use of waters with high sales content, and by insufficient drainage. The varieties of palms cultivated in the northeast region integrate an important forage resource and contribute to the supply of food to animals in the duty period. Therefore, the present study has as a purpose to verify the effect of different nacl concentrations on the quantity of spores in the production of palma opuntia stricta (elephant ear). The extraction of sports from mycorrhizal fungi was performed through wet screening in soil of crops that received irrigation in the concentrations of 1.5 (T1) and 6.0 (T2) ds m⁻¹. The number of spores found in the ground with irrigation of the greatest salinity rate (t2) presented greater than the lowest salinity (t1), corroborating with the idea of increasing the plant's resistance to the stress arising from the micorrizic association.

KEYWORDS: mycorrhizae; sustainability; saline water; brazilian semiarid.

INTRODUÇÃO

Salinidade é um termo utilizado para caracterizar o processo de acúmulo de sais no solo ou na água utilizada para irrigação, sendo esses prejudiciais à maioria das espécies de plantas (OLIVEIRA et al., 2010). Há duas origens possíveis para a salinidade do solo, uma associada às causas naturais, ocasionadas pelas transformações químicas das rochas, e outra relacionada a atividade humana, pela utilização de água de baixa qualidade ou pelo manejo inadequado da irrigação e da drenagem (GHEYI, 2016). A condição de salinidade no solo ocorre principalmente em regiões áridas e semiáridas, devido à baixa precipitação pluviométrica, ocasionando uma drenagem deficiente e pela utilização de água de baixa qualidade (HOLLANDA et al, 2007). A principal atividade econômica das pessoas que vivem na região do semiárido nordestino é o extrativismo vegetal e a agropecuária (DUQUE, 2004), sendo a palma forrageira uma boa opção de cultivo por se adaptar à ambientes com déficit hídrico (OLIVEIRA et al., 2010). Segundo Santana et al. (2007) as culturas apresentam respostas diferentes à salinidade, podendo ser extremamente sensíveis em níveis de salinidade relativamente baixos ou produzir bons rendimentos em condições altamente salinas. A associação de plantas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) se apresenta como uma alternativa para promover uma maior tolerância das plantas aos estresses ambientais, como o estresse salino (BEZERRA et al., 2010). Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo quantificar esporos de FMA na produção de mudas da palma *Opuntia stricta*, irrigada com duas concentrações diferentes de NaCl, e duas porcentagem de lixiviação. O solo foi coletado após 1 ano de tratamento, realizada a extração de esporos e a quantificação dos mesmos. O tratamento com maior concentração de NaCl obteve um maior número de esporos, indepentendemetete da porcentagem de

lixiviação. O estudo corroborou os resultados de pesquisas já realizadas, onde houve um crescimento linear da quantidade de esporos com o aumento da salinidade da água de irrigação. Contudo, como a colonização micorrizica e a esporulação dos FMA dependem da espécie do fungo e da planta que realizam a associação, se faz necessário estudos mais aprofundados nessa temática.

DESENVOLVIMENTO

Um dos estresses abióticos que mais limita o crescimento e a produtividade agrícola é a salinidade, sendo essa um dos maiores problemas nas regiões áridas e semiáridas devido às grandes taxas de evapotranspiração e baixas precipitações pluviométricas, associadas ao manejo inadequado do solo e da água, contribuindo assim para o surgimento de solos salinizados (ALMEIDA, 2011). O semiárido nordestino apresenta um percentual significativo de solos com grandes concentrações de sais, onde cerca de 25% da área irrigada possui problemas com salinidade (BRITO, 2002). A salinidade do solo pode ocasionar para as plantas alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, refletindo no transporte de água e de nutrientes (D'ALMEIDA et al., 2005). As plantas reagem diferentemente às concentrações de sais no solo, sendo que algumas conseguem apresentar um nível satisfatório de produção e outras são mais sensíveis a níveis relativamente baixos (ALMEIDA, 2011). O sucesso para o uso de águas salinas na irrigação requer boas práticas de manejo aliadas à seleção de culturas tolerantes à salinidade, e adoção de estratégias de aplicação que evitem o acúmulo de sais no solo (GHEYI, 2016).

A palma forrageira, do gênero *Opuntia*, originária do México, é uma importante fonte de forragem, sendo o Brasil, o país que apresenta a maior área de cultivo da palma no mundo, predominando a espécie *Opuntia ficus-indica*, onde esse cultivo se concentra principalmente na região semiárida, que apresenta condições semelhantes às de sua origem (DA SILVA, 2018). Essa planta atua como uma fonte alimentar estratégica para nutrição de ruminantes e outras espécies animais devido ao seu grande valor nutricional (energético e hídrico), e ainda possui uma alta eficiência do uso da água nas condições de restrição hídrica (OLIVEIRA et al, 2010).

Todos esses estresses abióticos em plantas têm despertado grande interesse na pesquisa, que busca por cultivares mais produtivos sobre essas condições desfavoráveis. Os estresses hídrico e salino são os mais estudados por apresentarem um grande impacto no crescimento e na produtividade das plantas (MONTEIRO et al, 2014).

Além das técnicas convencionais para a facilitação do manejo desses solos salinos, um opção que vem sendo estudada para que o rendimento dessas culturas não seja afetado pelos sais é o emprego de plantas colonizadas com FMA (ALMEIDA, 2011). As

micorrizas arbusculares (MA) são associações mutualísticas entre a maioria das plantas terrestres e fungos do filo Glomeromycota (KIRIACHEK, 2009). Nessa associação a planta é beneficiada com o aumento de absorção de água e de nutrientes, principalmente do fósforo (P), enquanto que o fungo é beneficiado pelos compostos produzidos pelas plantas através da fotossíntese, permitindo que o FMA complete seu ciclo de vida, que só é possível através da associação com a planta hospedeira (SMITH & READ, 2008).

Essa associação promove melhorias no crescimento e desenvolvimento das plantas, além de propiciar uma maior tolerância e resistência à vários agentes ambientais adversos (PEREIRA et al, 2012). Em situações de estresse, boa parte das plantas superiores são colonizadas pelos FMA, e são beneficiadas em seu crescimento (SMITH & READ, 2008).

De acordo com HE et al. (2007) os FMA podem contribuir para uma maior tolerância das plantas à salinidade. Plantas associadas aos FMA tem, frequentemente, maior resistência ao estresse salino, talvez com maior consistência, que ao estresse hídrico, sendo relatado que os FMA aumentam a tolerância da planta ao estresse salino por melhorarem a absorção de água e de nutrientes pela planta, promoverem o equilíbrio iônico e protegerem a atividade enzimática (PEREIRA et al, 2012).

Para que as plantas consigam sobreviver ao estresse hídrico ou salino, o ajuste do potencial osmótico foliar é muito importante e exige um equilíbrio osmótico intracelular (PEREIRA et al, 2012). O controle iônico pelas plantas é um dos processos mais importantes para que as mesmas obtenham essa tolerância, onde desenvolvem mecanismos para a acumulação de solutos, absorvendo íons do meio externo ou mobilizando seus próprios constituintes, tornando o potencial osmótico mais negativo (YAMAGUCHI & BLUMWALD, 2005). Esse processo é conhecido como osmorregulação ou regulação osmótica, e possui variância em relação ao tipo de soluto utilizado, sendo que algumas espécies tem demonstrado eficiência no controle osmótico a partir do acúmulo de compostos orgânicos conhecidos como solutos compatíveis, sendo um desses solutos os aminoácidos (HASEGAWA et al., 2000). A presença dos FMA nas raízes pode ocasionar essas modificações no potencial osmótico, além da composição dos carboidratos e modificação no nível de aminoácidos (PEREIRA et al, 2012).

Além dos benefícios já citados, os FMA tornam o sistema radicular mais vigoroso e estimula a produção de hormônios vegetais pela planta (PEREIRA et al, 2012).

De acordo com as considerações acima, o presente estudo teve como objetivo quantificar os esporos de fungos micorrízicos arbusculares presentes na produção da palma *Opuntia stricta* irrigada com água em diferentes concentrações de salinidade.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido, em Campina Grande, PB (07°16'41" S e 35°57'59" O, altitude média de 470 m,

em vasos com capacidade de 40 L e em ambiente não controlado (Figura 1).



Figura 1 – Área experimental: produção de palma irrigada com concentrações diferentes de NaCl.

O solo utilizado para o plantio da variedade de palma Orelha-de-elefante mexicana foi coletado na própria Estação Experimental e classificado como Planossolo Háplico eutrófico típico, com as seguintes características físico-químicas: Areia = 787 g kg^{-1} ; Silte = 157 g kg^{-1} ; Argila = 56 g kg^{-1} ; pH = 5,7; CE = $152 \mu\text{S cm}^{-1}$; P = $7,0 \text{ mg kg}^{-1}$; H+Al = $1,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Ca^{2+} = $1,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Mg^{2+} = $0,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Na^+ = $0,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; K^+ = $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e SB = $2,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. A palma foi irrigada com dois níveis de salinidade da água, e medida a condutividade elétrica (CE) (S1 = 1,5; S2 = 6,0; dS m^{-1} a 25°C), obtidos pela diluição de cloreto de sódio (NaCl) em água de chuva. Os vasos foram irrigados a cada 7 dias, no final da tarde, e para as duas concentrações de salinidade obtiveram duas lixiviações, de 15% (L1) e 30% (L2), resultando em 4 tratamentos (T1= S1L1; T2= S1L2; T3= S2L1 e T4= S2L2) com 3 repetições para cada tratamento. A coleta do solo foi realizada após 1 ano da implantação do experimento.

Após esse período, o solo foi coletado para a realização de análise em triplicata. As amostras de solo foram peneiradas malha de 2 mm, e realizou-se a extração de esporos por peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), pesando 50 g de solo, adicionado 500 ml de água e mantido em agitação por aproximadamente 1 minuto (Figura 2a). Posteriormente, a amostra passou por duas peneiras, de malha de $500 \mu\text{m}$ (P1) e $37 \mu\text{m}$ (P2) (Figura 2b).

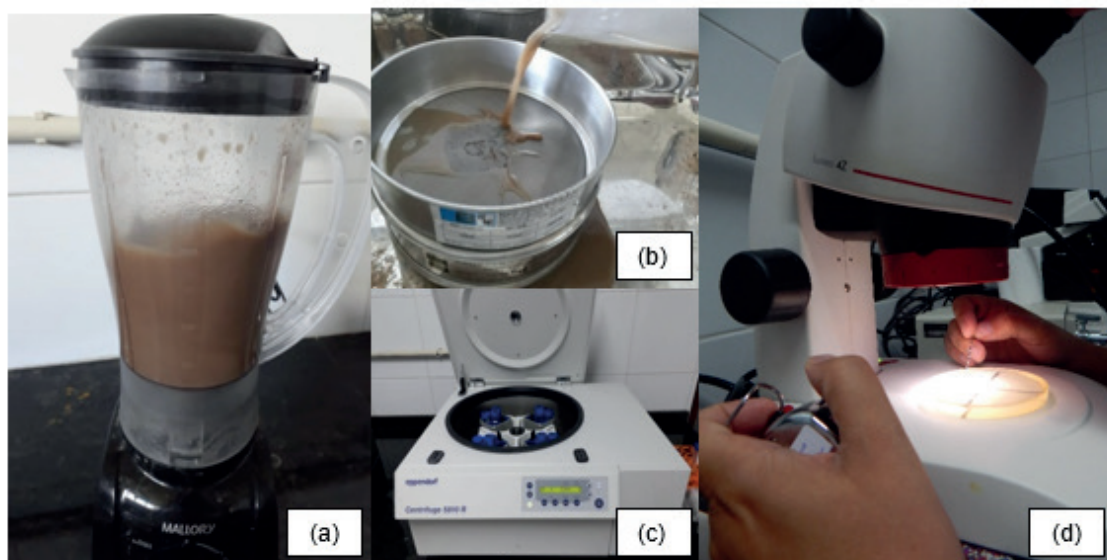


Figura 2 – (a) homogeneização do solo por 1 minuto; (b) a amostra passou por 2 peneiras de malhas diferentes; (c) centrifugação das amostras; e (d) quantificação dos esporos com o auxílio da lupa esteroscópica.

Os esporos que ficaram retidos na P2 foram transferidos para tubos falcon de 50 ml, adicionado o valor de 1:1 de sacarose 50% e centrifugado a 3.000 rpm durante 3 minutos (Figura 2c) (JENKINS, 1964). O sobrenadante foi vertido novamente na P2 e lavados em água corrente para a retirada do excesso de sacarose. A amostra então foi transferida para placa de Petri canaletada e, com o auxílio de um microscópio esteroscópico, os esporos foram quantificados (Figura 2d).

Os dados analisados foram o de densidade de esporos (número médio de esporos em 50 g de solo) e abundância de esporos (número médio de esporos por g^{-1} de solo). A densidade de esporos, em cada tratamento, foi obtida pela média do número de esporos encontrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes a densidade de esporos são apresentados na Tabela 1. A abundância de esporos para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 foi de 0,54 ($\pm 0,03$); 0,93 ($\pm 0,02$); 0,59 ($\pm 0,06$) e 0,92 ($\pm 0,04$), respectivamente.

Tratamento	Lixiviação	CE	Repetições	Quantidade de esporos	Densidade de esporos
T1	15%	1,5 dS m^{-1}	1	28	27 ($\pm 1,5$)
			2	29	
			3	24	
T2	15%	6,0 dS m^{-1}	1	44	46,6 ($\pm 1,4$)
			2	49	
			3	47	

T3	30%	1,5 dS m ⁻¹	1	28	29,6 (±3,2)
			2	36	
			3	25	
T4	30%	6,0 dS m ⁻¹	1	43	46 (±2)
			2	50	
			3	45	

Tabela 1 – Resultados da quantificação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nas duas lixiviações e concentrações de salinidade da água.

A quantidade de esporos presentes nos tratamentos T1 e T3 foram menores que os dos tratamentos T2 e T4. Com relação à porcentagem de lixiviação, os tratamentos com a mesma concentração de NaCl, T1 e T3 e o T2 e T4, não apresentaram diferenças significativas entre eles.

Colla et al. (2008) verificaram que a colonização micorrízica foi maior nas condições de baixo teor de fósforo e alta salinidade (5,0 dS m⁻¹), em plantas de abobrinha. Esse resultado corrobora com os dados obtidos no presente trabalho, onde o solo utilizado para a produção das palmas apresenta uma quantidade baixa de P, e as concentrações de NaCl utilizadas nos tratamentos 2 e 4, que foram os que apresentaram uma quantidade maior de esporos de FMA, receberam irrigação com concentração de NaCl de 6,0 dS m⁻¹.

De acordo com Lucio et al (2013), as alterações das variáveis microbiológicas em um ambiente radicular de plantas colonizadas com FMA ao estresse salino são pouco relatadas na literatura, e apresentam resultados variados que podem estar vinculados com as características intrínsecas do fungo quanto à sua capacidade de germinação e colonização da planta em ambiente salino.

Contudo, mesmo com o aumento da quantidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nos tratamentos que receberam maior quantidade de NaCl, vale ressaltar que a capacidade do fungo de estimular o aumento no crescimento da planta é ocasionado pela característica do mesmo, podendo apresentar diferentes graus de eficiência, podendo até mesmo ser ineficaz, dependendo das condições de crescimento e da espécie da planta hospedeira (ALMEIDA, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Poucos são os trabalhos voltados para o comportamento dos FMA quanto a esporulação em condições de estresse salino, e de acordo com a literatura, a colonização micorrízica pode variar de acordo com a espécie do fungo que coloniza a planta, demonstrando assim a importância de estudos mais aprofundados sobre o comportamento de esporulação de cada espécie de FMA em associações com as variedades de palma forrageira nas condições de alta salinidade.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. S. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. 2011. 89f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- BEZERRA, M. E. J.; LACERDA, C.F.; SOUSA, G. G.; GOMES, V. F. F.; FILHO, P. F. M. Biomassa, atividade microbiana e FMA em rotação de cultural milho/feijão-de-corda utilizando-se águas salinas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 4, p. 562-570, out-dez, 2010
- BRITO, L.K.F.L. Avaliação da resposta *in vitro* de duas variedades de abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merr) a um segundo cultivo na presença de NaCl. 2002. 63 p. Monografia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; TULLIO, M; RIVERA, C. M.; REA, E. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. *Biology and Fertility of Soils*, v. 44, p. 501-509, 2008.
- D'ALMEIDA, D. M. B. A. D.; et al. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p.615- 621, 2005.
- DA SILVA, R.H.D. Crescimento da Palma Forrageira com água salina. 2018. 66f. Tese de doutorado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.
- DUQUE, J.G. *Perspectivas Nordesteiras*. 2 ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. p.424.
- GHEYI, H. R. et al. Manejo da salinidade na Agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2ª edição. Fortaleza - CE, 2016.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores os mycorrhizal Endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of British Mycological Society, Camdrigde, U. K.*, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.
- GIRI, B.; KAPOOR, R.; MUKERJI, K.G. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinitation growth, biomass, and mineral nutition of *Acacia auriculiformes*. *Biology and Fertility of Soils*, v. 38, p. 170-175, 2003.
- HASEGAWA, P.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BOHNERT, J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto*, v.51, p.463-499, 2000
- HE, Z.; HE, C.; ZHANG, Z.; ZOU, Z. & WANG, H. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress. *Colloid. Surface. B.*, 59:128-133, 2007.
- HOLANDA, A. C.; SANTOS, R. V.; SOUTO, J. S.; ALVES, A. R. 2007. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.7, n.1, p.39-50.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report, [S. I.]*, v. 48, p. 692, 1964.
- KIRIACHEK, S.G. et al.. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, núm. 1, p.1-16.
- LÚCIO, W. S. et al. Crescimento e respostas fisiológicas do meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 34, n. 4, p. 1587-1602, jul./ago. 2013.

MONTEIRO, J. G.; CRUZ, F. J. R.; NARDIN, M. B.; SANTOS, D. M. M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.49, n.1, p.18-25, jan. 2014.

OLIVEIRA, F.T.; SILVA, J.S.; SILVA, R.P.; ANDRADE-FILHO, F.C.; PEREIRA-JUNIOR, E.B. Palma forrageira: Adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, n.4, p.27-37, 2010.

PEREIRA, M. S. F. et al. Micorriza Arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36p: 1663 – 1679, agosto de 2012.

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; SOUZA, K.J.; SOUSA, A.M.G.; VASCONCELOS, C.L.; ANDRADE, L.A.B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 5, p. 1470-1476, 2007.

SANTOS, D. C. dos; FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; ARRUDA, G. P. de; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. de. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48 p. (IPA. Documentos, 30).

SMITH, S.E. & READ, D.J. *Mycorrhizal symbiosis*. 3.ed. London, Academic Press, 2008. 785p.

YAMAGUCHI, T.; BLUMWALD, E. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in Plant Science*, Killington, v.10, n.12, p.615-620, 2005.

LEVANTAMENTO E MAPEAMENTO PEDOLÓGICO DETALHADO: SÍTIO EMAZA, ARAÇATUBA-SP

Data de aceite: 30/07/2020

Data de submissão: 20/06/2020

Ana Paula Antunes Duarte

Engenharia Agrônômica - Centro Universitário
Toledo
Araçatuba – SP
<http://lattes.cnpq.br/6921351672233576>

Carla Caroline de Oliveira Silva

Engenharia Agrônômica - Centro Universitário
Toledo
Araçatuba – SP
<http://lattes.cnpq.br/1196118267349343>

Gabriel Abril Fiel

Engenharia Agrônômica - Centro Universitário
Toledo
Araçatuba – SP
<http://lattes.cnpq.br/2000616048153796>

Michel Amâncio Da Silva

Engenharia Agrônômica - Centro Universitário
Toledo
Araçatuba – SP
<http://lattes.cnpq.br/3490803696169392>

Márcio Fernando Gomes

Professor Titular - Centro Universitário Toledo
Araçatuba – SP
<http://lattes.cnpq.br/1893141009368841>

RESUMO: Os levantamentos pedológicos são fundamentais para a avaliação do potencial ou das limitações de uma área a ser utilizada

como base para o planejamento sustentável de uso da terra. Este trabalho teve como objetivo realizar o levantamento e mapeamento pedológico detalhado do Sítio Emaza, localizado no município de Araçatuba-SP. Para o levantamento detalhado da área foi utilizado o método de prospecção da topossequência, abertas quatro trincheiras e uma mini trincheira para descrição de perfis completos do solo e realizadas sondagens complementares com trado holandês para amostragens extras e complementares de solos. A identificação dos horizontes, a descrição morfológica e a coleta de amostras dos horizontes dos solos foram realizadas conforme Santos *et al* (2015). As análises químicas (pH, MO, C, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H⁺, Na⁺, RC, CTC, SB, T, V%) e físicas (granulometria) foram realizadas em TFSA e seguiram os métodos preconizados por Embrapa (2017). Os solos foram classificados segundo critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2018). Na área de estudo foram identificadas e mapeadas cinco classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Típico, Neossolo Regolítico Distrófico Léptico e Gleissolo Háplico Ta Eutrófico Típico.

PALAVRAS-CHAVE: Levantamento de Solo; Mapeamento de Solos; Classificação de Solo.

DETAILED PEDOLOGICAL SURVEY AND MAPPING: EMAZA SITE, ARAÇATUBA-SP

ABSTRACT: Pedological surveys are essential to assess the potential or limitations of an area to be used as a basis for sustainable land use planning. This work aimed to carry out a detailed pedological survey and mapping of the Sítio Emaza, located in the city of Araçatuba-SP. For the detailed survey of the area, the toposequence prospecting method was used, four trenches and a mini trench were opened to describe complete soil profiles and complementary drilling with Dutch auger was carried out for extra and complementary soil sampling. The identification of the horizons, the morphological description and the collection of samples of the horizons of the soils were carried out according to Santos *et al* (2015). Chemical (pH, MO, C, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H⁺, Na⁺, RC, CTC, SB, T, V%) and physical (particle size) analyzes were performed in TFSA and followed the methods recommended by Embrapa (2017). Soils were classified according to criteria established by the Brazilian Soil Classification System (EMBRAPA, 2018). In the study area, five soil classes were identified and mapped: Typical Eutrophic Red-Yellow Latosol, Typical Dystrophic Red-Yellow Latosol, Typical Eutrophic Tb Haplissole, Lyptic Dystrophic Regolitic Neosol and Typical Eutrophic Gleissol.

KEYWORDS: Soil survey; Soil Mapping; Soil Classification.

1 | INTRODUÇÃO

Os levantamentos pedológicos consistem no registro de observações, análises e interpretações de aspectos do meio físico e de características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas dos solos, visando a sua caracterização, classificação e cartografia. Essa base de dados é essencial para a avaliação do potencial ou das limitações de uma área a ser utilizada como base para o planejamento sustentável de uso da terra (IBGE 2007).

Segundo Lepsch (2011, p. 343), um levantamento de solo é o inventário cartográfico da pedologia de uma parte da superfície da terra e conta com o mapa, que mostra distribuição espacial dos solos, e um texto denominado relatório de levantamento, com detalhes da classificação dos solos, descrições morfológicas e análise de laboratório de perfis representativos da área de estudo.

Os levantamentos pedológicos podem ser classificados, de acordo com o objetivo, a extensão da área, o método de construção e a densidade de observações, em: Ultradetalhado, Detalhado, Semidetalhado, de Reconhecimento, Exploratório e Esquemático (EMBRAPA, 1995; IBGE, 2007; LEPSCH, 2002 e 2011; PRADO, 2016).

Os mapas pedológicos são classificados como detalhados “quando os solos são identificados no campo com observações feitas a intervalos regulares, pelo menos um por

cinco hectares” e “são publicados em escala de 1:20.000 ou maior” (LEPSCH, 2002, p. 82). Segundo o Manual Técnico de Pedologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007, p. 145), para mapas detalhados de solos “a densidade de observações deve ser mantida entre 0,20 e 4,0 observações por hectare” e a “frequência de amostragem deve permitir a detecção da diferença de solos em pequenas áreas”, sendo necessário, no mínimo, “um perfil completo para caracterização das classes de solos identificadas no nível taxonômico mais baixo”.

De acordo com a Embrapa (1995), os levantamentos pedológicos detalhados têm como metas atender os critérios de projetos conservacionistas, caracterizar e delinear precisamente os solos de estações experimentais, tornar viáveis recomendações técnicas de uso e manejo de solos para fins de exploração agrícola, pastoril e florestal intensiva, além de servir de base para execução de projetos de irrigação, drenagem e interpretações para projetos de engenharia civil.

O presente trabalho teve como objetivo realizar o levantamento e mapeamento pedológico detalhado no Sítio Emaza, localizado no município de Araçatuba-SP.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo possui aproximadamente 21 hectares e está localizada no Sítio Emaza, no município de Araçatuba-SP, na região noroeste do estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas de latitude 21°14'37" Sul e longitude 50°27'29" Oeste (Figura 1).

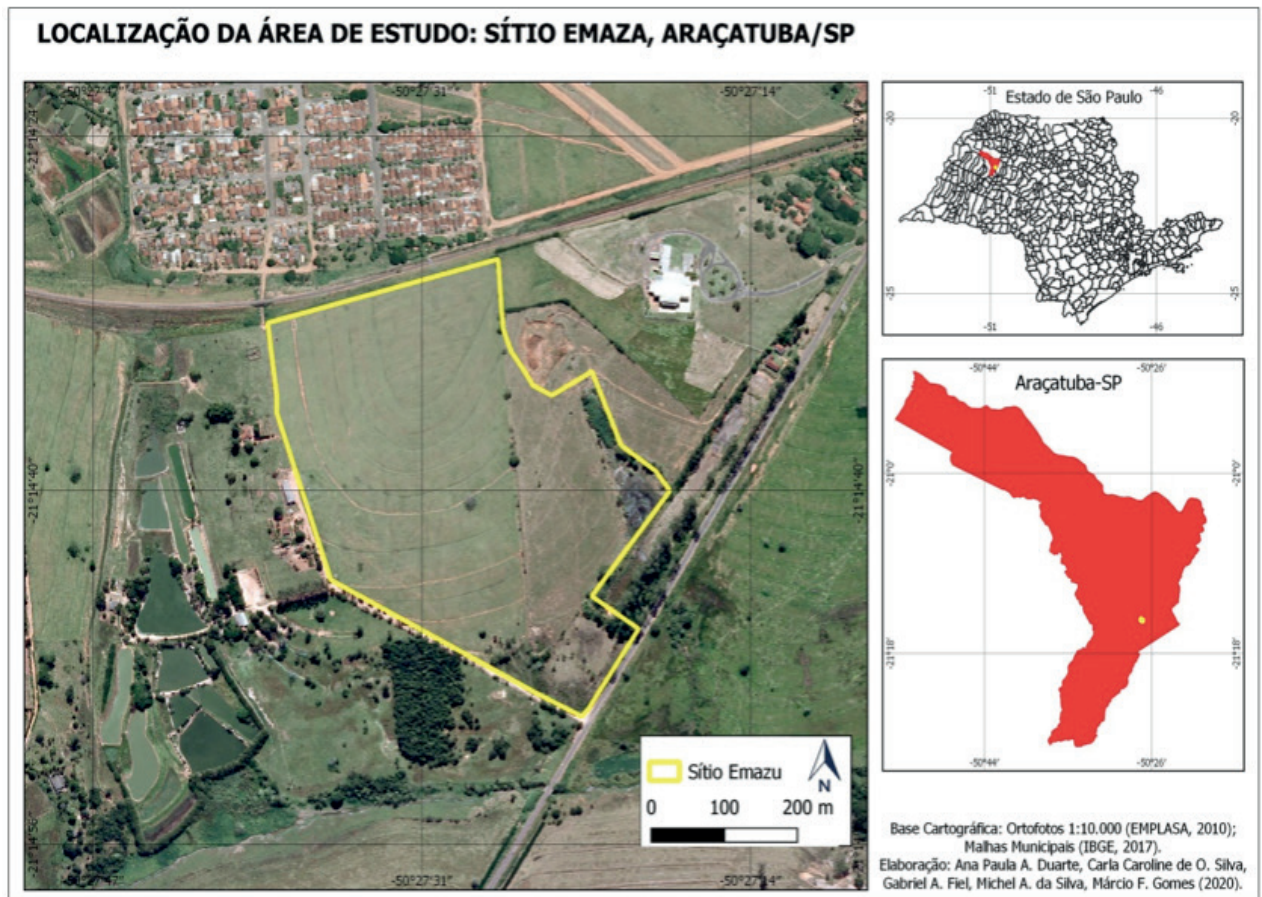


Figura 1. Área de Estudo – Sítio Emazu, Araçatuba-SP.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A área está situada em região de clima tropical com inverno seco, Aw na classificação de Köppen, é caracterizado por apresentar estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro, a temperatura no mês mais frio é superior a 18°C (CEPAGRI, 2018). A região está inserida no Bioma de Mata Atlântica, em área de vegetação original caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual (IF-SP, 2009). Possui geologia indicando domínio do Grupo Bauru, com destaque para Formação Araçatuba, constituída por siltitos arenosos e arenitos muito finos, e Formação Vale do Rio Peixe, composta por arenitos muito finos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos (BATEZELLI *et al*, 2003; FERNANDES e COIMBRA, 2000). O relevo local é suave ondulado, caracterizado por colinas com topo aplainado e vertentes convexas, com altitude variando ente 399m e 353m. A área possui atualmente as terras ocupadas por pastagem.

2.2 Levantamento do Solo em Campo

Inicialmente foi realizado trabalho de campo na área com o proposito de definir a unidade de mapeamento e estabelecer correlações destas com as feições da paisagem, bem como definir o método de prospecção, a densidade de observações e a frequência

de amostragens.

O método de prospecção utilizado foi o estudo de topossequência, onde os solos e suas variações são correlacionados com a superfície geomórfica em que ocorrem. Foi estabelecida uma topossequência, de aproximadamente 600m, em vertente representativa da área, caracterizada por relevo suave ondulado, topo plano e forma convexa, onde foram definidos os pontos de amostragem de solos.

Foram definidas 0,5 observações por hectare como densidade de observações. Para amostragem dos solos foram abertas quatro trincheiras (2mx2mx2m) e uma mini trincheira (1mx1mx1m) para descrição do perfil completo e analisadas cinco amostras extras por meio de sondagens de 1,5m de profundidade, com a utilização de trado holandês. Entre os perfis completos de solo foram realizadas sondagens para identificar a transição dos solos.

A identificação dos horizontes e a descrição morfológica, seguidas de coleta de amostras dos horizontes dos solos, foram realizadas conforme proposta de Santos *et al* (2015).

Os solos foram classificados até o 4º nível categórico (subgrupos), segundo critérios e nomenclatura das classes estabelecidos pela Embrapa (2018).

2.3 Análises Laboratoriais

As análises químicas e físicas foram realizadas em TFSA (terra fina seca ao ar). Na análise física foi determinada a granulometria. Os atributos químicos analisados foram o pH, MO, C, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H⁺, Na⁺, RC, CTC, SB, T e V% e m%. Todas as análises físicas e químicas seguiram os métodos preconizados por Embrapa (2017).

2.4 Mapeamento dos Solos

Com base nas características da área de estudo, na descrição do solo em campo, nas análises laboratoriais e na classificação do solo foi confeccionado o “Mapa Detalhado de Solos do Sítio Emaza”. O mapa de solos foi elaborado no software QGIS e foram utilizadas como base cartográfica Ortofotos na escala 1:10.000 (EMPLASA, 2010), disponibilizadas pela Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo por meio do DataGEO.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento pedológico identificou a presença de cinco classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Típico, Neossolo Regolítico Distrófico Léptico e

Gleissolo Háptico Ta Eutrófico Típico.

O Perfil 1 - localizado em topo plano, com declividade inferior a 2%, com boa condição de drenagem e ausência de erosão aparente - apresentou sequência de horizontes A, AB, Bw1 e Bw2 e foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico (Figura 2). Trata-se de solos minerais, não hidromórficos, com pequena diferenciação entre os horizontes e com presença de horizonte B latossólico precedido de horizonte A. O horizonte A fraco (0 – 57cm) possui cor bruno (7,5YR 4/3), textura média, estrutura granular pequena, consistência extremamente dura (seca), extremamente firme (úmida), não plástica e não pegajosa (molhada) e transição difusa. No horizonte AB, 57 – 79cm, ocorre cor bruno (7,5YR 4/3), textura média, estrutura em blocos subangular muito pequena, consistência ligeiramente dura (seca), firme (úmida), não plástica e não pegajosa (molhada) e transição difusa. Os horizontes Bw1 (79 – 128cm) e Bw2 (128 - 184cm) possuem, respectivamente, cor vermelho amarelado (5YR 5/4 e 5YR 5/6), textura média, estrutura em blocos subangular muito pequena e granular pequena, consistência ligeiramente dura e solta (seca), muito friável e friável (úmida), não plástica e não pegajosa (molhada) e transição difusa. Todos os horizontes apresentaram textura média e saturação por bases superior a 50%. As características granulométricas e químicas do perfil 1 estão sistematizadas no Quadro 1.

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH		MO g/dm ³	H	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	CTC	T	RC	V
		(%)			H ₂ O	KCl		cmol _c .kg ⁻¹ de solo								cmol _c .kg ⁻¹ de argila		(%)
A	0-57	68	14	18	6,2	4,1	12	2,0	0,1	1,8	0,5	0,1	0,0	2,4	4,5	2,6	1,5	53
AB	57-79	60	14	26	6,4	4,3	5	1,3	0,0	1,4	0,3	0,1	0,0	1,8	3,1	1,4	0,8	58
Bw1	79-128	59	14	27	6,4	4,4	4	1,3	0,0	1,4	0,3	0,1	0,0	1,8	3,1	1,4	0,8	58
Bw2	128-184	61	14	25	6,5	4,5	4	1,3	0,0	1,1	0,4	0,1	0,0	1,6	2,9	1,4	0,8	55

Quadro 1 -Perfil 1- Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico:

Dados Granulométricos e Químicos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

No Perfil 2 foi identificada a presença de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, com horizontes A, AB, BA, Bw1 e Bw2. O perfil está localizado a 388m de altitude, em uma área de relevo plano, com declive inferior a 4%. O horizonte superficial foi classificado como A moderado (0 – 31cm) e apresenta as características morfológicas de cor vermelho (2,5YR 5/6), textura média, estrutura em blocos subangular grande, consistência muito dura (seca), ligeiramente firme (úmida), não plástica e não pegajosa (molhada), e transição difusa. Entre o horizonte A e Bw, foram diagnosticados horizontes de transição AB e BA. Os horizontes diagnósticos Bw1 e Bw2 são caracterizados por cor vermelho amarelo, textura média, estrutura em blocos subangular grande, consistência ligeiramente solta, ligeiramente friável, não plástica e não pegajosa. A textura média

foi identificada em todos os horizontes, bem como foi observado um ténue aumento no percentual de argila com a profundidade. Entre o horizonte A e B ocorre uma representativa queda de cálcio e magnésio, que conferem caráter distrófico ao solo, e aumento no teor de alumínio (Quadro 2).

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH		MO g/dm ⁻³	H	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	CTC	T	RC	V
		(%)			H ₂ O	KCl		cmol _c .kg ⁻¹ de solo									cmol _c .kg ⁻¹ de argila	
A	0-31	70	13	17	5,7	4,1	16	2,0	0,2	1,3	0,6	0,2	0,0	2,1	4,3	2,4	1,3	48
AB	31-55	68	11	21	6,1	4,2	8	1,8	0,1	1,6	0,5	0,1	0,0	2,2	4,1	1,6	1,6	54
BA	55-78	66	12	22	6,1	4,5	5	1,6	0,0	1,1	0,5	0,2	0,0	1,8	3,4	1,3	0,7	53
Bw1	78-136	68	12	21	5,9	4,0	4	1,5	0,6	0,4	0,2	0,2	0,0	0,8	2,9	1,2	0,6	29
Bw2	136-180	70	13	17	5,8	3,9	4	1,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,0	0,8	2,9	1,2	0,5	27

Quadro 2 -Perfil 2 - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico:

Dados Granulométricos e Químicos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

No Perfil 3, localizado na média-baixa vertente, a 377m de altitude, em relevo mais acidentado com declive médio de 8%, foi observada a presença de Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Típico (Figura 2), com horizontes A, BA, Bi e BC. Trata-se de solo mineral, raso, fortemente drenado, com frequentes fragmentos de rocha. O horizonte superficial foi enquadrado como A chernozêmico (0 – 25cm), apresentou saturação por bases (v%) > 65%, com predomínio de cálcio e magnésio. O horizonte diagnóstico classificado como B incipiente é eutrófico (v% = 58). No que se refere às características morfológicas, os horizontes A e Bi são classificados como de cor bruno amarelo escuro (10YR 6/6), apresentam textura média, estrutura em blocos subangular e angular muito pequenas, consistência ligeiramente dura e muito dura (seca), friável e firme (úmida), não plástica e não pegajosa (molhada) e transição difusa e abrupta. No horizonte C foi observada a presença de nódulos em quantidade frequente de tamanho “médio”, forma angular de coloração amarronzada, endurecidos. O Quadro 3 apresenta as características granulométricas e químicas do perfil 3.

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH		MO g/dm ⁻³	H	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	CTC	T	RC	V
		(%)			H ₂ O	KCl		cmol _c .kg ⁻¹ de solo									cmol _c .kg ⁻¹ de argila	
A	0-25	55	18	28	5	4,2	12	1,7	0,1	3,2	0,9	0,2	0,0	4,3	6,1	2,2	1,6	70
BA	25-49	51	18	31	5,2	4,6	10	1,6	0,0	3,5	0,8	0,2	0,0	4,5	6,1	6,1	0,9	44
Bi	79-128	51	19	30	4,8	4,8	4	1,3	0,0	1,1	0,3	0,1	0,0	1,8	3,1	1,4	0,8	58
BC	> 128	48	23	30	5,1	4,9	4	1,3	0,0	1,1	0,4	0,1	0,0	1,6	2,9	1,4	0,8	55

Quadro 3 -Perfil 3 – Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Típico:

Dados Granulométricos e Químicos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

No perfil 4, o solo foi classificado como Neossolo Regolítico Distrófico Léptico (Figura 2), com horizontes A, C1, C2 e R. O perfil situa-se a 375 m, em área de ruptura de relevo com talude e declividade mais acentuada. Este solo é raso, apresenta pouca evidência de horizontes pedogenéticos subsuperficial e não apresenta horizonte B diagnóstico. O horizonte A (0 – 10cm), apresenta cor vermelho amarelo (5YR 5/4), transição gradual, textura média, estrutura granular pequena, consistência solta (seco), firme (úmida) e não plástica e não pegajosa (molhado). O Quadro 4 apresenta as características granulométricas e químicas do Perfil 4.

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH		MO g/dm ⁻³	H	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	CTC	T	RC	V
		(%)			H ₂ O	KCl		cmol _c .kg ⁻¹ de solo										cmol _c .kg ⁻¹ de argila
A	0-10	62	22	17	6	4,2	25	3,4	0,0	2,1	1	0,1	0	3,3	6,8	4,2	2,1	47

Quadro 4 -Perfil 4 – Neossolo Regolítico Distrófico Léptico:

Dados Granulométricos e Químicos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

O perfil 5 apresenta Gleissolo Háptico Ta Eutrófico Típico (Figura 2), com horizontes A e Bg. O perfil situa-se a 373 m de altitude, em relevo plano na baixa vertente, em área de várzea, com drenagem ineficiente e ambiente com saturação de água. Os horizontes A (0 – 18cm) e Bg (18 – 66cm) possuem cor cinza (5B 6/1 e 5B 7/1), transição clara, textura média, estrutura em blocos subangular pequena, consistência firme (úmida) e não plástica e não pegajosa. O horizonte diagnóstico B apresentou elevada CTC, soma de bases, saturação por bases superior a 50% (eutrófico), e argila de atividade alta (Quadro 5).

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH		MO g/dm ⁻³	H	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	CTC	T	RC	V
		(%)			H ₂ O	KCl		cmol _c .kg ⁻¹ de solo										cmol _c .kg ⁻¹ de argila
A	0-18	47	33	20	6,1	3,9	6	4,5	1,3	3,5	3,0	0,5	0,2	7,2	12,8	6,3	4,1	55
Bg	18-66	55	28	17	6,4	7,8	25	1,6	0,0	4,0	3,1	0,2	0,1	7,4	9,9	3,0	2,3	74

Quadro 5 –Perfil 5 – Gleissolo Háptico Ta Eutrófico Típico:

Dados Granulométricos e Químicos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Com base na classificação dos perfis de solo, na análise das amostras complementares realizadas através de sondagens com trado holandês, considerando as características da paisagem (geologia, relevo, drenagem, etc.) e estabelecendo a relação solo-paisagem, foi

confeccionado o mapa detalhado de solos para área estudada (Figura 3).

Os Latossolos ocupam 88% da área, ocorrem no topo e na alta e média vertente, em áreas com baixa declividade (2%) e fortemente drenadas. O Cambissolo abrange 3% da área, está situado na média-baixa vertente, em locais com declividade média superior a 5%. Em direção ao fundo de vale, com o aumento de declividade e ruptura do relevo, existe uma mancha de Neossolo, que representa 1,7% da área. Na baixa vertente, em local de relevo plano, com a presença de várzea, existe a presença de Gleissolo em 7,3% da área (Figura 3).

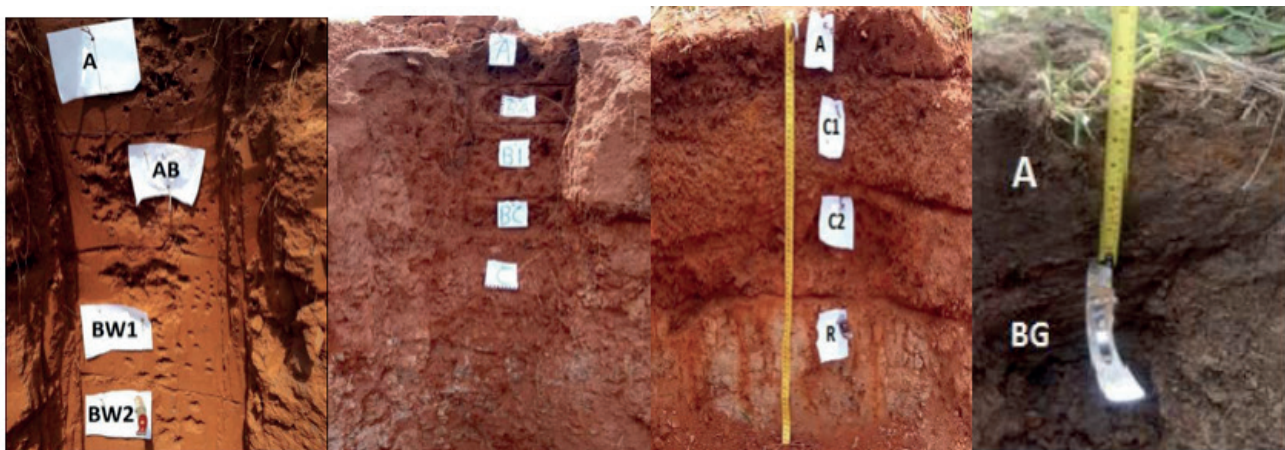


Figura 2 – Perfis de Solo, Sítio Emaza, Araçatuba/SP: Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Típico, Neossolo Regolítico Distrófico Léptico e Gleissolo Háplico Ta Eutrófico Típico (da esquerda para direita).

Fonte: Acervo dos autores (2017).

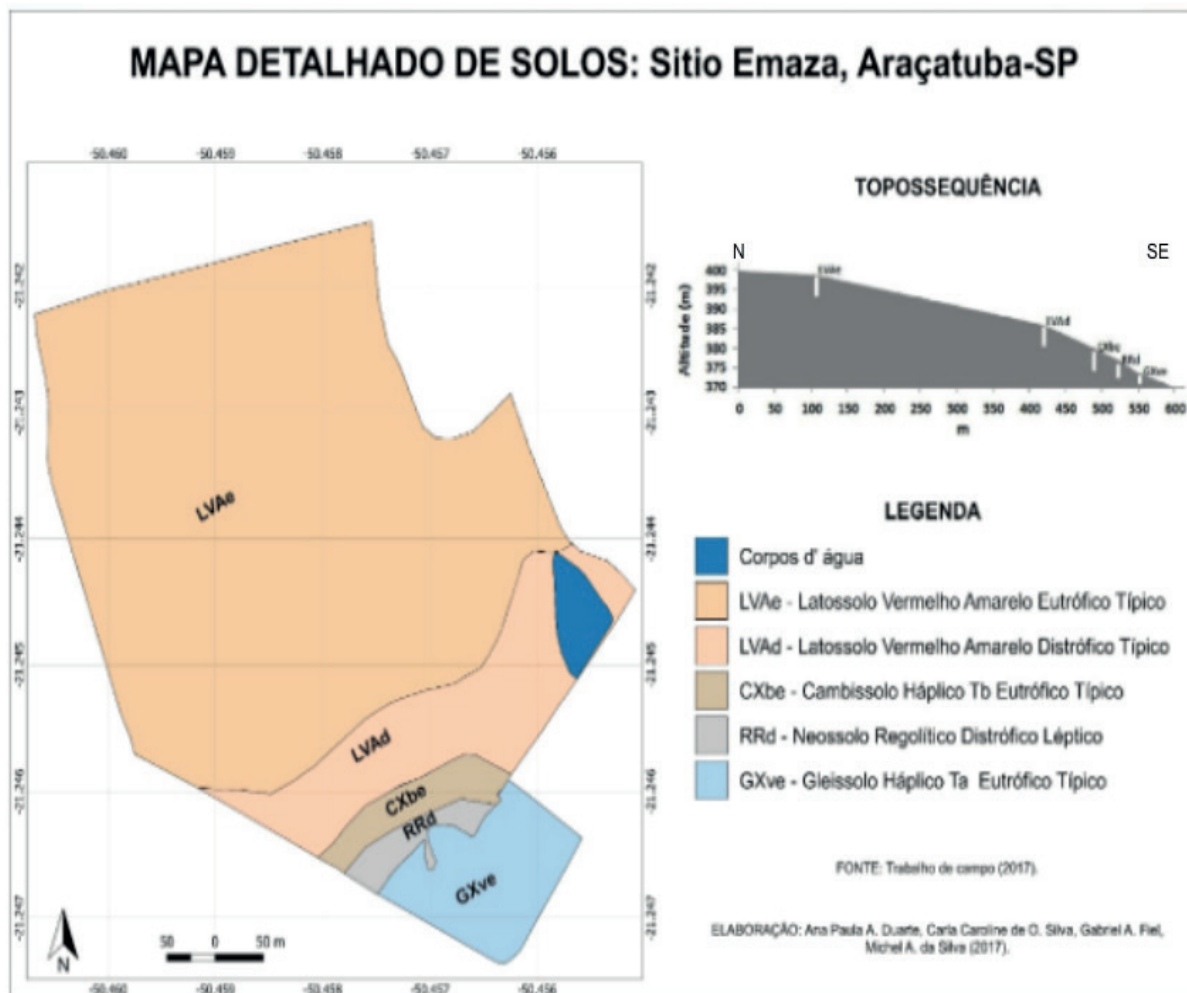


Figura 3 – Mapa Detalhado de Solos: Sítio Emaza, Araçatuba/SP.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

4 | CONCLUSÃO

O Sítio Emaza, localizado no município de Araçatuba-SP, apresentou cinco classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, Cambissolo Háptico Tb Eutrófico Típico, Neossolo Regolítico Distrófico Léptico e Gleissolo Háptico Ta Eutrófico Típico.

A topossequência permitiu a compreensão da relação solo e paisagem na área e a distribuição dos solos ao longo da vertente. De um modo geral, há presença de Latossolos no topo e alta-média vertente, Cambissolos e Neossolos na média-baixa vertente, em setores com declives mais acentuados, e Gleissolos no fundo do vale, em áreas mal drenadas.

Os solos aliados às características do terreno permitem diferentes capacidades de uso. Diante deste contexto, o presente trabalho pretende subsidiar a realização de novos estudos na área e auxiliar nas recomendações técnicas de uso e manejo de solos na área.

REFERÊNCIAS

- BATEZELLI, A; SAAD, A. R; ETCHEBEHERE, M. L. de C; PERINOTO, J. A. de J; FULFARO, V. J. **Análise Estratégica Aplicada à Formação Araçatuba** (GRUPO BAURU-Ks) No Centro- Oeste do Estado de São Paulo. Revista Geociências, 22: 05-19, 2003.
- CEPAGRI. Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informações/clima-dosmunicipiospaulistas>> Acesso em: 15 nov. 2018.
- DATAGEO. **Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo – IDEA –SP**. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: 20 de mai. 2017.
- EMBRAPA. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: Embrapa, 1995.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Brasília-DF: Embrapa Solos, 2017.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 2018.
- EMPLASA. **Ortofotos do Estado de São Paulo – 2010/2011**. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: 20 de mai. 2017.
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. **Revisão estratigráfica da parte oriental da bacia Bauru (neocretáceo)**. Revista Brasileira de Geociências, 30 4:717 – 728, 2000.
- IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. (IBGE – Manuais Técnicos em Geociências).
- INSTITUTO FLORESTAL – SÃO PAULO. **Inventário Florestal**. São Paulo: Secretaria do Meio ambiente/ Instituto Florestal, 2009. Disponível em: <<http://www2.ambiente.sp.gov.br/sifesp/inventario-florestal/>> Acesso em 15. nov. 2017.
- KOPPEN, G. **Classificação climática de Koppen-Geiger**. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/68/o/Classifica_o_Clim_tica_Koppen.pdf>. Acesso em: 19 de jun. de 2020.
- LEPSCH, I. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- LEPSCH, I. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- PRADO, H. do. **Pedologia Fácil: Aplicações em solos tropicais**. Piracicaba: Edição do autor, 2016.
- SANTOS, D. R; LEMOS, R. C; SANTOS, H. G; KER, J. C. ANJOS, L. H. C, **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Embrapa, 2015.

MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM MOMBAÇA EM FUNÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS ESTABILIZADOS

Data de aceite: 30/07/2020

Bruno Henrique Di Napoli Nunes

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Agronomia
Gurupi – Tocantins
orcid.org/0000-0003-3584-5487

João Henrique Silva da Luz

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Agronomia
Gurupi – Tocantins
orcid.org/0000-0003-4748-341X

Evandro Alves Ribeiro

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Agronomia
Gurupi – Tocantins

Hanrara Pires de Oliveira

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Agronomia
Gurupi – Tocantins

Leydinaria Pereira da Silva

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade
Metropolitana de Anápolis
Gurupi – Tocantins

João Pedro Silva Beserra

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Agronomia
Gurupi – Tocantins

Sávio dos Santos Oliveira

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Agronomia
Gurupi – Tocantins

Heloisa Donizete da Silva

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Engenharia Florestal
Gurupi – Tocantins

Indira Rayane Pires Cardeal

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Agronomia
Gurupi – Tocantins

Jaci de Souza Dias

Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de
Solos e Nutrição de Plantas
Gurupi – Tocantins

Rubens Ribeiro da Silva

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Agronomia
Gurupi – Tocantins

Gilson Araújo de Freitas

Universidade Federal do Tocantins, Faculdade de
Agronomia
Gurupi – Tocantins

RESUMO: O Nitrogênio (N) quando aplicado na superfície do solo sofre grandes perdas por volatilização. Logo, para reduzir essa perda é fundamental utilizar fertilizantes de eficiência aumentada, pois possuem inibidores de uréase e nitrificação. Objetivou-se avaliar características morfológicas e fisiológicas do capim Mombaça em função de fontes nitrogenadas associadas ou não a inibidores de volatilização (ASP4)

e nitrificação (CTN). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, UFT – Gurupi, em DBC, com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo eles: SN1 – Sulfammo; SN3 - Sulfammo + ASP4; NC1 - Sulfammo + CTN; NC3 – Sulfammo + CTN + ASP4 e URE – Ureia convencional como testemunha. Foram avaliados: Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Altura de Planta (AP), Área Foliar (AF), Massa de Perfilhos (MPER), Índice de Clorofila Foliar (ICF), Taxa de Transpiração (E), Condutância Estomática (gs), Fotossíntese líquida (A), eficiência do uso da água (EUA). Os dados foram analisados por MANOVA, utilizando a técnica de componentes principais (PCA) através do software R[®] 3.5. De acordo com os scores da PCA, as características morfofisiológicas mais influentes no PC1 e PC2 foram: E, gs, A, ICF, MPER, MSPA, AF, ALT. Tanto no PC1 quanto em PC2 o tratamento mais influente nas características foi o NC3, demonstrando tendência inversa a testemunhas UR no PC2. O desenvolvimento da cultura foi influenciado significativamente pela ureia e as fontes de N estabilizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Análise multivariada; fertilizantes de eficiência aumentada; Forragem.

MORPHOPHYSIOLOGY OF MOMBAÇA GRASS AS A FUNCTION OF STABILIZED NITROGEN FERTILIZERS

ABSTRACT: Nitrogen (N), when applied to the soil surface, suffers great losses by volatilization. Therefore, to reduce this loss it is essential to use fertilizers of increased efficiency because they have urease inhibitors and nitrification. The objective of this study was to evaluate the morphological and physiological characteristics of Mombasa grass as a function of nitrogen sources associated or not with volatilization inhibitors (ASP4) and nitrification (CTN). The experiment was conducted in a greenhouse, UFT - Gurupi, in DBC, with five treatments and five replications, which were: SN1 - Sulfammo; SN3 - Sulfammo + ASP4; NC1 - Sulfammo + CTN; NC3 - Sulfammo + CTN + ASP4 and URE - Conventional urea as a control. The following were evaluated: Dry Mass (MSPA), Plant Height (AP), Leaf Area (PA), Tiller Mass (MPER), Leaf Chlorophyll Index (ICF), Transpiration Rate (E), Stomatal Conductance (gs), Liquid Photosynthesis (A), water use efficiency (EUA). The data were analyzed by MANOVA, using the main component technique (PCA) using the Software R[®] 3.5. According to the PCA scores, the most influential morphophysiological characteristics in PC1 and PC2 were: E, gs, A, ICF, MPER, MSPA, AF, ALT. Both in PC1 and PC2 the most influential treatment in the characteristics was NC3, demonstrating an inverse tendency to RH witnesses in PC2. The development of the culture was significantly influenced by urea and stabilized N sources.

KEYWORDS: multivariate analysis; increased efficiency fertilizers; grass.

1 | INTRODUÇÃO

As forragens têm papel fundamental na nutrição de animais ruminantes, como fonte de energia de menor custo em relação aos concentrados e por fornecerem fibra necessária à manutenção da função ruminal, determinante do consumo de matéria seca e da produção animal (TULLO; FINZI; GUARINO, 2019). O Brasil é o segundo maior produtor de bovinos do mundo, com rebanho médio de 232.540 milhões de cabeças (USDA, 2018). A maior parte do rebanho é criada a pasto e ocupa área média de 173 milhões de hectares (ABIEC, 2017), sendo gênero *Urochloa* mais representativo dentre as forragens utilizadas.

Em geral as gramíneas desse gênero têm sofrido considerável redução nos últimos anos e o capim *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça (Syn. *Panicum maximum*) tem sido introduzido em substituição a essas pastagens, principalmente em função do elevado potencial produtivo, alto valor nutritivo e protéico (12 a 16%), adaptado a diferentes condições edafoclimáticas, alta produção de folhas longas, porte alto e alta aceitabilidade pelos animais das mais variadas categorias (Oliveira et al., 2012; Carneiro et al., 2017). De acordo com Sales e Valentim (2002), a cultivar Mombaça produz aproximadamente 33 toneladas de massa seca foliar ha⁻¹ ano⁻¹ com cerca de 13,4% de proteína.

No entanto grande parte das pastagens brasileiras cultivadas ou nativas encontram-se em algum estágio de degradação, devido a diversos fatores, entre eles o manejo inadequado (ANDRADE et al., 2011). A queda de rendimento dessas áreas se inicia com a diminuição da fertilidade do solo pela extração da cultura e a não reposição destes nutrientes via adubação além do pastejo, que dificulta a recuperação dessas forrageiras (CARNEIRO et al., 2017). A extração de nutrientes do solo pelas espécies forrageiras ocorre em quantidades 2,5 a 10 vezes maiores que as demandadas pelas culturas destinadas a produção de grãos, em que os restos culturais permanecem na área de cultivo (MENDONÇA et al., 2015).

Logo, o investimento em fertilizantes deve ser obrigatoriamente considerado, principalmente, quando o sistema de produção animal for intensificado. Notadamente, a literatura relata a importância do nitrogênio (N), pois é um dos principais nutrientes para a manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, é constituinte das proteínas e ligado diretamente ao processo fotossintético, além de influenciar no tamanho das folhas e colmos, aparecimento e desenvolvimento de perfilhos, e produção de massa seca (Moreira et al., 2009; Primavesi et al., 2006).

A fonte de N mais utilizada na agricultura mundial é a ureia (UR) (IFA, 2019) e tende a permanecer como principal fertilizante nitrogenado pelas vantagens que apresenta em relação aos demais, como fácil fabricação, elevada concentração de nutriente e preço N kg⁻¹ mais baixo. Estudos mostram que ao aplicar a UR diretamente na superfície do solo pode ocasionar perdas de N por volatilização de amônia (NH₃), processo que pode ser acelerado de acordo com condições ambientais, como: temperatura, umidade, teor de

matéria orgânica (MO), pH e outros.

A melhor forma de reduzir as perdas de N é a incorporação do fertilizante no solo de forma mecânica, pela água de irrigação ou chuva, onde em sistema de pastagem muitas vezes se torna inviável (CANTARELLA, 2007). Uma solução para minimizar a volatilização da amônia (NH₃) é o uso de novas fontes de N em união a tecnologias que retardam a hidrólise provocada pela enzima uréase e a conversão de amônio em nitrato (KISS & SIMIHÄIAN, 2002; CHIEN et al. 2009).

Trabalhos realizados com fontes de fertilizantes nitrogenados associado ou não a inibidores de uréase ainda são escassos quando se busca respostas em plantas forrageiras. Por isso, se faz necessário a realização de pesquisas mais detalhas sobre sua atuação na disponibilização de nitrogênio para as plantas, gerando arcabouço técnico/científico para predição de possíveis ações de manejo bem como a influência nas características morfológicas e fisiológicas da planta. Assim melhorando o planejamento de estratégias e práticas de manejo para o aumento da produtividade forrageira a fim de beneficiar a pecuária brasileira.

O objetivo foi avaliar alterações morfológicas e fisiológicas no capim *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça em função de fontes nitrogenadas associadas ou não a inibidores de volatilização.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em campo na área experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi. A área está localizada nas coordenadas de 11°44'44,16" de latitude S e 49°03'04,17" de longitude W, a 280 m de altitude no sul do estado do Tocantins. O clima regional é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica (SEPLAN, 2012).

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições e cinco tratamentos, sendo eles: SN1 – Sulfammo; SN3 – Sulfammo + ASP4; NC1 – Sulfammo + CTN; NC3 – Sulfammo MeTA + CTN e URE – Ureia convencional como testemunha. A forrageira utilizada foi o capim *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça. A quantidade de sementes foi determinada segundo o valor cultural (germinação-%, pureza-%, VC-%).

Como substrato foi utilizado solo da camada de 0 a 20 cm de um Latossolo Vermelho Amarelo na forma de terra fina seca ao ar (TFSA) submetido à caracterização química e textural no Laboratório de Solos (LABSOLO) da Universidade Federal do Tocantins/Gurupi, de acordo com metodologia proposta por EMBRAPA (1997) para determinação dos seguintes teores de nutrientes (Tabela 1).

Ca	Mg	Al	H+Al	CTC (T) ¹		CTC(t) ²	V3
----- cmol _c dm ⁻³ -----							%
0,6	0,4	0,0	2,5	3,55		1,05	30
P	K	S	M.O ⁴	pH	Textura (g kg ⁻¹)		
----- mg dm ⁻³ -----				CaCl	Areia	Silte	Argila
0,7	18	5	1,3	4,9	475	50	475

Tabela 1. Análise Química e Textura do solo utilizado no experimento, 2019.

¹CTC total; ²CTC efetiva; ³Saturação por base; ⁴Materia Orgânica

Com base na análise química do solo (Tabela 1), foi efetuada a aplicação de 6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (30% de CaO, 18% de MgO e PRNT = 97,55%) e 2 t ha⁻¹ de gesso agrícola (26% de CaO e 26% de SO₄). Após 20 dias, com umidade próxima a 60% do volume total de poros (VTP), foi efetuada a adubação básica de plantio de acordo com recomendações para estabelecimento da cultura do CFSEMG (1999), foi incorporado 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ via super fosfato simples (SS) e 80 kg ha⁻¹ de FTE BR-12 (*Fritted Trace Elements*), contendo 1,6% de B, 12% de Zn, 8% de Mn e 1,6% de Cu.

Além da adubação de plantio será foi realizada três adubações de cobertura com K₂O na dose de 80 kg ha⁻¹ e N na dose de 100 kg ha⁻¹ de cada fonte, sendo aplicadas em cobertura aos 30; 60 e 90 dias após corte de uniformidade.

Após cada corte foram realizadas as avaliações morfológicas: altura de plantas (AP, cm) - medindo-se com auxílio de régua graduada em centímetro (cm), o comprimento entre a superfície do solo até a maior extremidade das folhas; número de perfilhos (NP), através da contagem direta.

A área foliar (AF, cm²) que consistiu da retirada de 10 discos foliares com um vazador com área de 0,38 cm², estes foram pesadas em balança analítica. A área foliar foi calculada pela fórmula (AF = PF x AD/PD, onde: AF é a área foliar estimada pelo método; PF é a massa fresca da folha; AD é a área conhecida do disco; e PD é a massa fresca dos discos) conforme estudos realizados por Huerta; Alvim (1962) e Gomide et al. (1977).

A massa seca das forrageiras (MSPA, g), foi obtida a partir de três cortes realizadas à 30 cm acima do nível do solo para o Mombaça logo após avaliação das características morfológicas e fisiológicas. A parte aérea das plantas foi coletada e acondicionada em sacos de papel, encaminhadas para laboratório e seco em estufa de circulação forçada de ar, a 55° C por 72 horas.

Para a atividade fisiológica, foram realizadas avaliações de trocas gasosas em folhas marcadas após o corte de uniformização. Sendo a primeira avaliação 15 dias após o primeiro corte e assim por diante nos demais cortes. As avaliações serão realizadas no período das 8 às 10 h sempre em dia ensolarado, em folhas totalmente expandidas do terço médio, sem sinais de senescência e sadias utilizando-se o equipamento de sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d'água por radiação infravermelha

(*Infra Red Gas Analyser* – IRGA, modelo LI-6400, da Li-Cor) que utiliza a equação geral de trocas gasosas de Von Caemmerer & Farquhar (1981).

A atividade fotossintética foi avaliada através da taxa de assimilação líquida (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), quantificadas A eficiência do uso da água [(EUA, $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O}^{-1})$] foi determinada pela relação entre a taxa de assimilação líquida e a taxa de transpiração (A/E).

O índice de clorofila foliar (ICF) foi determinado em folhas novas e expandidas por meio do medidor portátil de clorofila ClorofiLOG® modelo CFL 1030 (FALKER, 2008).

Os dados foram submetidos à análise multivariada, utilizando a técnica de componentes principais para verificar a relação entre as variáveis, sendo o ponto de partida a matriz de correlação entre as características analisadas (HAIR et al., 2009). Os coeficientes dos autovetores foram utilizados para avaliar a importância de cada variável em cada componente principal escolhido, bem como a relação entre as variáveis, sendo que esses valores funcionaram como coeficientes de correlação (GOMES et al., 2004). A análise estatística e os gráficos foram plotados utilizando o software R® versão 3.5 (TEAM, 2013).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre os métodos utilizados para escolher o número de componentes a serem avaliados, utilizou-se a análise do gráfico *scree plot* (figura 1). Onde os componentes principais de maior representatividade foram os que mais variaram a angulação da linha que une os autovalores a eles (Hair Jr. et al., 2005).

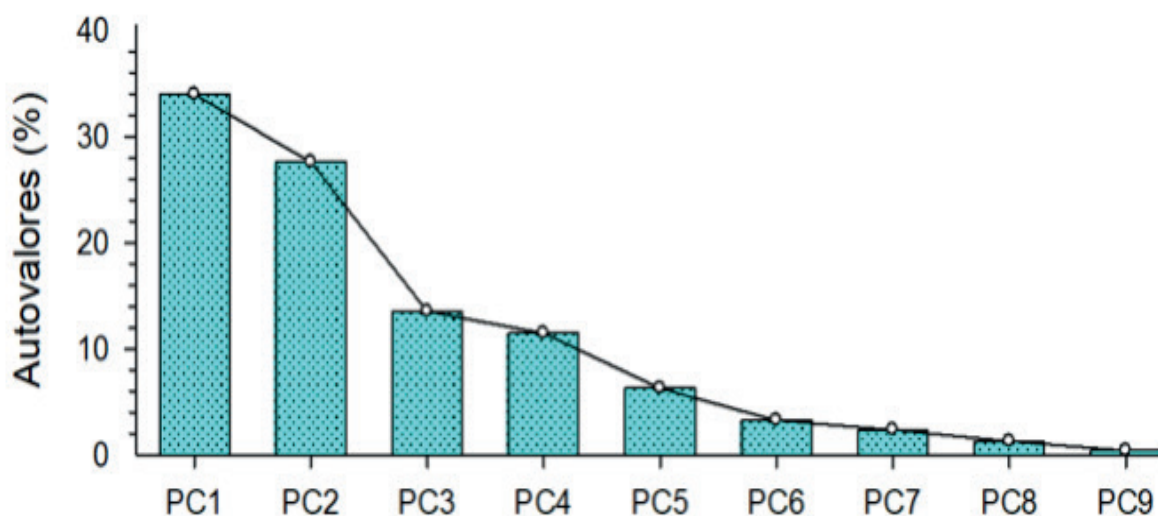


Figura 1. Componentes principais (CPs) e proporção de autovalores (%).

Grande parte dos estudos que analisam os componentes principais, utilizam apenas PC1 e PC2, o que é considerado suficiente para explicar os dados pois juntos representam 61,5% dos dados acumulados (tabela 2) e pela facilidade e interpretação (Vendrame et al., 2007; Freddi et al., 2008).

CP	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
Autovalores	3,05	2,5	1,21	1,03	0,56	0,3	0,2	0,11	0,03
Proporção (%)	33,9	27,6	13,5	11,4	6,26	3,23	2,33	1,26	0,39
P. acumulada (%)	33,9	61,5	75,0	86,5	92,7	96,01	98,34	99,60	100

Tabela 2. Componentes principais (CPs), autovalores (λ_i), porcentagem da variância e proporção acumulada (%).

O primeiro componente é detentor das relações mais importantes da resposta do capim Mombaça as fontes de N pois explica 38,31% da variação total dos dados (tabela 2). As características associadas com valores positivos são: E (0,8), *gs* (0,79), A (0,78), ICF (0,62) e correlacionam-se negativamente ALT (-0,01), MPER (-0,06), EUA (-0,39), AF (-0,48), MSPA (-0,61) (figura 3A).

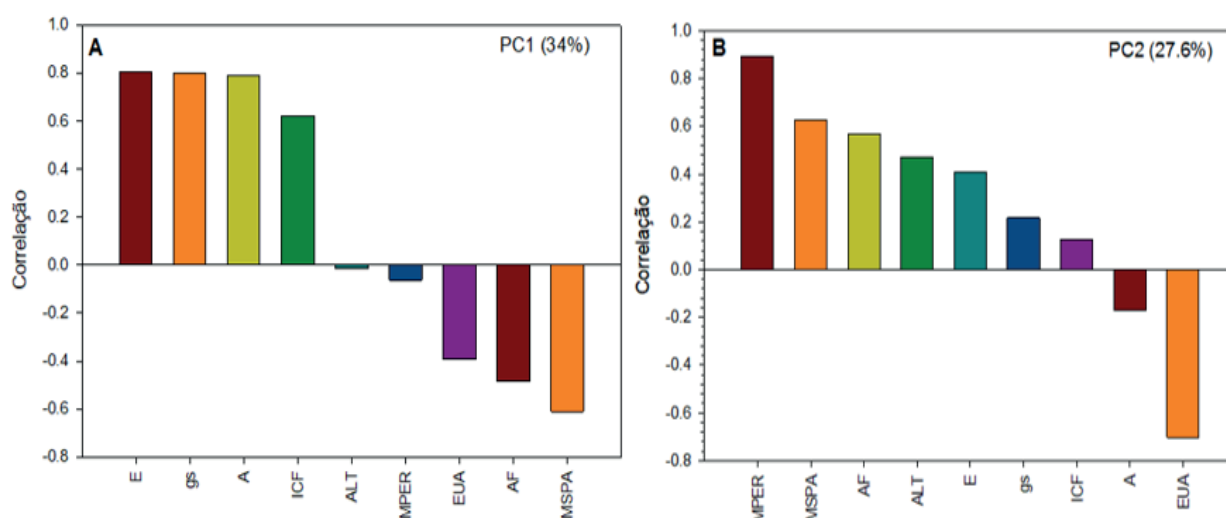


Figura 3. Coeficiente de variação por ordem decrescente das variáveis correlacionadas com o primeiro componente (A) e o segundo componente (B).

Já o segundo componente corresponde a 27,6% dos dados (tabela 2), onde os coeficientes de correlação que se destacam positivamente são: MPER (0,89), MSPA (0,62), AF (0,56), ALT (0,47), E (0,40), *gs* (0,21), ICF (0,12). Além destes destaca-se A (-0,17) e EUA (-0,70) com correlações negativas (figura 3B).

Os *scores* mais influentes na resposta dos tratamentos nos dois componentes principais (tabela 3), onde para PC1 os melhores tratamentos foram UR (2,33) e NC3 (0,09) seguido por respostas menos significativas NC1 (-0,73), SN1 (-0,76), SN3 (-0,93)

(figura 4A).

Tratamento	Score PC1	Tratamento	Score PC2
Ureia	2,33022	NC1	0,88242
NC3	0,09854	NC3	0,6622
NC1	-0,73512	SN3	-0,0206
SN1	-0,76122	Ureia	-0,63628
SN3	-0,93244	SN1	-0,88774

Tabela 3. Scores dos tratamentos por ordem decrescente nos dois primeiros componentes principais.

Os tratamentos que proporcionaram maior influência no PC2, de acordo com seus scores (tabela 3) em ordem crescente foram: NC1 (0,88), NC3 (0,66). Os tratamentos SN (-0,02) e SN1 (-0,88) juntamente com a testemunha UR (-0,63) se comportaram de forma no PC2. A testemunha UR apresenta comportamento oposto nos primeiros componentes, correlacionando-se positivamente no PC1, UR (2,33) e de forma negativa no PC2 UR (-0,6622) (figura 4B).

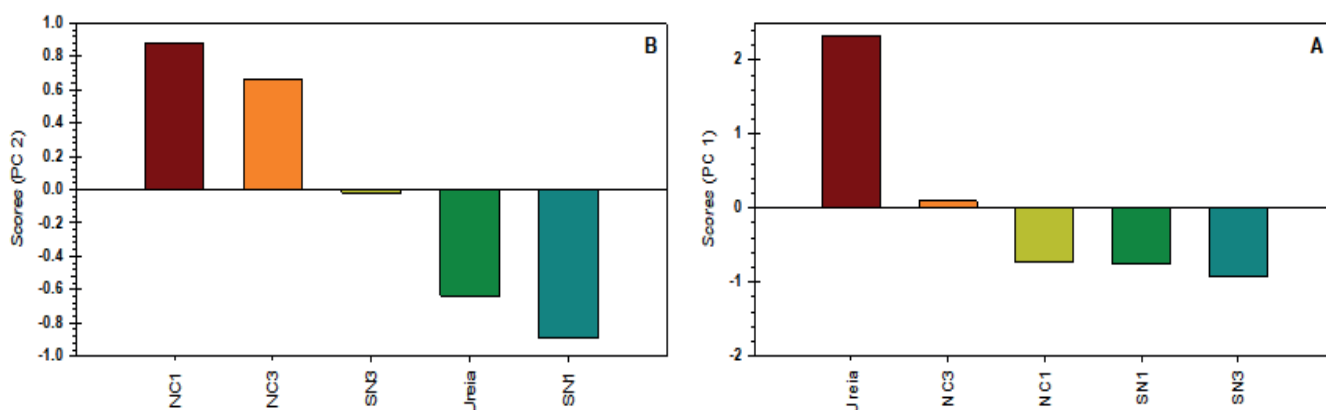


Figura 4. Scores dos tratamentos para o primeiro componente (A) e o segundo componente (B)..

Esses resultados demonstram que a NC3 possui maior influência dentre os tratamentos avaliados pois está sempre com score positivo, tanto em PC1 quanto em PC2 e com isso agrupando consigo maior quantidade das características avaliadas nas plantas.

Os resultados plotados em gráfico do tipo *Biplot* PC1 X PC2 (Figura 5) para agrupar as características analisadas com os tratamentos aplicados afim de melhor explorar os resultados encontrados na análise dos componentes principais. A presença de fontes de N estabilizada (NC3) aumentou o ICF da planta e a atividade fotossintética também (A, E, gs), alterando assim as características morfológicas no geral, tanto em PC1 quanto em PC2 (MPER, MSPA, AF, ALT).

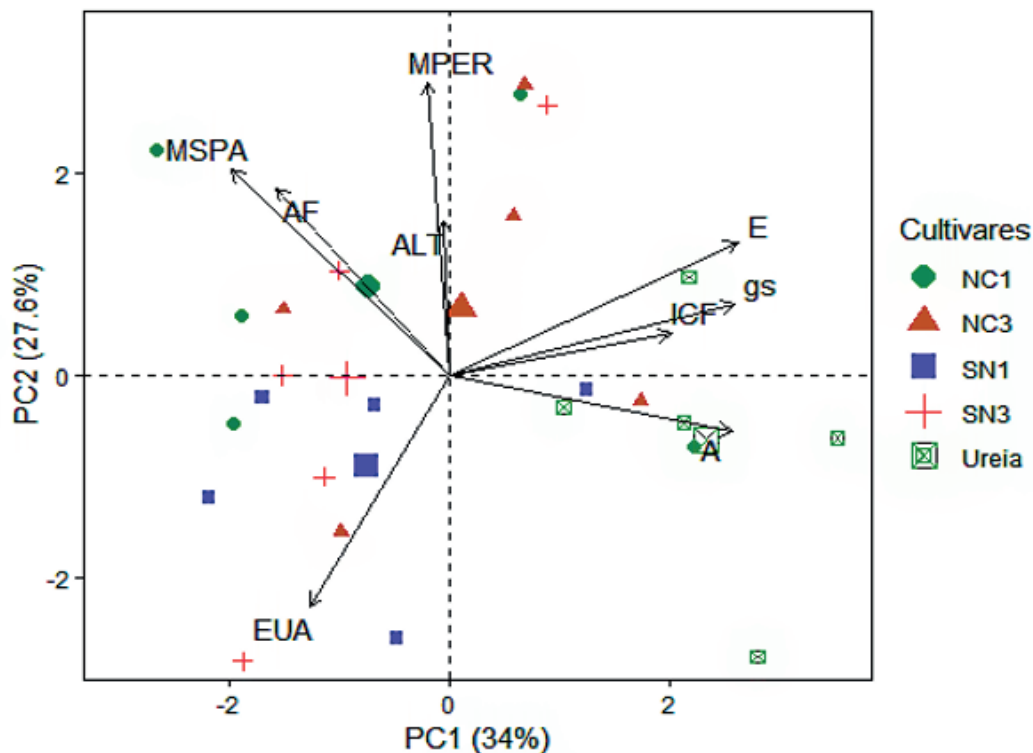


Figura 5. *Biplot* PC1 x PC2 sobre as variáveis respostas do capim Mombaça ao uso de diferentes fontes de N estabilizadas ou não.

4 | CONCLUSÃO

A aplicação de Sulfammo (NC3) promove influência positiva nas variáveis morfológicas e fisiológicas nos componentes 1 e 2.

O uso conjunto do inibidor de uréase e da fonte nitrogenada Sulfammo NC3 proporciona os maiores scores nos dois primeiros componentes e representam 61,5% dos dados.

REFERÊNCIAS

ABIEC - **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Pecuária Brasileira.** Disponível em: <http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp> Acesso em: 02 mar. 2018.

ANDRADE, W. R.; SILVA, M. F.; PORTO, E. M. V.; VITOR, C. M. T.; PINTO, F. S. **Densidade populacional de perfilhos de cultivares de *Brachiaria Brizantha* submetidas a doses crescentes de nitrogênio.** 5º FÓRUM DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E GESTÃO (FEPEG), Universidade Estadual de Montes Claros, 2011.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio.** p. 375-470. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B; NEVES, J.C.L. (Ed.). *Fertilidade do Solo.* Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. 1017p.

CARNEIRO, J. S. S.; SILVA, P. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FREITAS, G. A.; SILVA, R. R. **Resposta do capim Mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação.** *Journal of Bioenergy and Food Science*, v. 4, n. 1, p. 12-25, 2017.

CFSEMG – Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: UFV, 1999, 359p.

CHIEN, S.H.; PROCHNOW, L.I.; CANTARELLA, H. **Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts**. *Advances in Agronomy*, v. 102, p. 267-322. 2009

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

FALKER. **Manual do medidor eletrônico de teor de clorofila**. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/produto-clorofilog-medidor-clorofila.php>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

FREDDI, O.S.; FERRAUDO, A.S.; CENTURION, J.F. **Análise multivariada na compactação de um Latossolo Vermelho cultivado com milho**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 953-961, 2008.

GOMES, J. B. V. et al. **Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado**. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 28, n. 1, p. 137–153, 2004.

Gomide, M. B; Lemos, O. V; Tourino, D; de Carvalho, M. M; Carvalho, J. D; Duarte, C. D. S. **Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo novo e Catuai**. *Ciencia e Prática (Brasil)* v. 1 (2) p. 118-123, 1977.

HAIR JR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. Trad. SANT'ANNA, A.S; CHAVES NETO, A. 5ed. Porto Alegre: Bookman, 2005; 593 p.

HAIR, J. F. J. et al. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto alegre: Bookman, 2009.

HUERTA, S. A.; ALVIM, P. de T. **Índice de área foliar y su influencia en la capacidad fotosintética del café**. *Cenicafé*, v. 13, n. 2, p. 75-84, 1962.

IFA - **INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION**. Disponível em:<http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/STATISTICS/Fertilizer-supply-statistics>, acessado em 10/05/2020.

KISS, S.; SIMIHIÄIAN, M. **Improving efficiency of urea fertilizers by inhibition of soil urease activity**. Klumer Academic Publishers, Doordrech, 417p., 2002

MENDONÇA, V.Z.; MELLO, L.M.M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C.M.; YANO, E.H.; PEREIRA, F.C.B.L.; **Liberção de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja**. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.39, p.183-193, 2015.

MOREIRA, L.M.; MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.M.; RIBEIRO JUNIOR, J.I. **Perfilhamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol.38, n.9, pp. 1675-1684, 2009.

OLIVEIRA, S. B.; CAIONE, G.; CAMARGO, M. F.; OLIVEIRA, A. N. B.; SANTANA, L. **Fontes de Fósforo no Estabelecimento e Produtividade de Forrageiras na Região de Alta Floresta – MT**. *Global Science and Technology*, v. 05, n. 01, p. 01–10, 2012.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. **Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio**. *Ciência Agrotécnica*, v.30, p.562-568, 2006

SALES, M. F. L.; VALENTIM, J. F. **Capim Mombaça – formação e manejo de pastagens no Acre**. Rio Branco: Embrapa, 2002.

SEPLAN, S. DO P. DO E. DO T. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Diretoria de Pesquisa e Informações Econômicas, p. 49, 2012.

TEAM, R. C. R. R. **A language and environment for statistical computing** Vienna, Austria, 2013.

TULLO, E.; FINZI, A.; GUARINO, M. **Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy**. Science of The Total Environment, v. 650, p. 2751–2760, 10 fev. 2019.

VENDRAME, P.R.S.; BRITO, O.R.; QUANTIN, C. BECQUER, T. **Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagensna Região do Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 6, p. 859 – 864, 2007

VON CAEMMERER, S.; FARQUHAR, G. D. **Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves**. Planta, v. 153, n. 4, p. 376–387, dez. 1981.

USDA - **United States Department of Agriculture. Livestock and poultry: world markets and trade**. (Despite HPAI Outbreaks, Global Broiler Meat Production and Trade Forecast to Rise in 2018). Approved by the World Agricultural Outlook Board/USDA. Foreign Agricultural Service/USDA. Office of Global Analysis. 2018, 28 p.

POTASSIUM FERTILIZATION OF CAULIFLOWER AND BROCCOLI IN A POTASSIUM-RICH SOIL

Data de aceite: 30/07/2020

André Luiz Pereira da Silva

Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo.

ABSTRACT: Cauliflower and broccoli are two important vegetables, but with lack and divergence of information about potassium (K) fertilization in soil with high K content. Two experiments were carried out from 2-1 to 5-20 2010, in Jaboticabal city, São Paulo, Brazil, aiming to evaluate K doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ de K₂O), in potassium chloride, upon the yield of cauliflower 'Verona' and broccoli 'BRO 68', in Rhodic Eutrudox soil with high K content. The broccoli and cauliflower responded positively to potassium fertilization, but differently. The maximum yield of broccoli (12,476 kg ha⁻¹) was obtained with 160 kg ha⁻¹ of K₂O, while the yield of cauliflower increased linearly with increase of K dose, yielding 38,285 kg ha⁻¹ with 200 kg ha⁻¹ of K₂O.

KEYWORDS: *Brassica oleracea* var. *botrytis*, *Brassica oleracea* var. *itálica*, productivity.

FERTILIZAÇÃO COM POTÁSSIO EM COUVE-FLOR E BROCOLI EM SOLO COM ALTO TEOR DESSE NUTRIENTE

RESUMO: Couve-flor e brócolis são dois vegetais importantes, mas com falta e divergência de informações sobre a fertilização com potássio (K) em solos com alto teor de K. Foram realizados dois experimentos de 2-1 a 5-20 2010, na cidade de Jaboticabal, São Paulo, Brasil, com o objetivo de avaliar as doses de K (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O), em cloreto de potássio, sobre a produção de couve-flor 'Verona' e brócolis 'BRO 68', em solo Rhodic Eutrudox com alto teor de K. O brócolis e a couve-flor responderam positivamente à fertilização com potássio, mas de maneira diferente. O rendimento máximo de brócolis (12.476 kg ha⁻¹) foi obtido com 160 kg ha⁻¹ de K₂O, enquanto o rendimento de couve-flor aumentou linearmente com o aumento da dose de K, produzindo 38.285 kg ha⁻¹ com 200 kg ha⁻¹ de K₂O.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassica oleracea* var. *botrytis*, *Brassica oleracea* var. *itálica*, produtividade.

INTRODUCTION

Fertilizing agricultural soils is one of the most expensive practices although its economic return is usually high due to its effects on productivity, product uniformity and quality (Ricci *et al.*, 1995). In horticulture, due to its being a high economic return activity, farmers usually do not economize when applying fertilizers to the plants.

Cauliflower and broccoli crops are among those of highest demand for potassium – it is the second most absorbed nutrient by plants of those species (Castoldi *et al.*, 2009; Takeishi *et al.*, 2009). According to Islam *et al.* (2010), K is the most important nutrient for broccoli productivity. Increasing plant resistance to diseases and drought stress, increasing the vegetables quality and the efficiency with which the plants use other nutrients are referred as the most important effects of K on the plants (Armstrong, 1998).

Although the importance of potassium for cauliflower and broccoli productivity is well established, few are the studies concerning the effects of that nutrient on the productivity performance of those species. Farmers who apply K fertilizers to horticultural plants in doses larger than those officially recommended are frequently found, since they base their decision on the fact that even in potassium-rich soils, horticultural plants usually show positive responses to potassium fertilizers. This procedure is adopted by the farmers probably with basis on fertilizer doses recommendations found in tables valid for old cultivars which were less productive than the modern ones which are highly responsive to soil fertilization.

In a soil condition of high levels of K availability, the recommendations of fertilizers use for broccoli and cauliflower crops are divergent. Trani *et al.* (1997) recommend the application of 120 kg ha⁻¹ at the planting time of both species followed by a dose of 60 kg ha⁻¹ of K₂O in a side dress application. Fontes (1999 a, b) recommends a dose of 20 kg ha⁻¹ at planting and 80 kg ha⁻¹ of K₂O in a side dress application. In potassium-rich soils, Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) recommend a dose of 220 kg ha⁻¹ of K₂O. In addition to the discrepancies in the recommended doses, another intriguing fact is the recommendation of the same dose for two different horticultural species, this being a recommendation that does not consider the species differences as to nutritional requirements, nutrients accumulation, productivity, spacing and other cultural practices.

Taking in consideration the above mentioned facts, the objective of this study was to verify the effects of potassium fertilizer doses on the productivity performance of cauliflower and broccoli plants growing in a potassium-rich soil.

MATERIALS AND METHODS

Experimental site

From February, 01 to May, 20 of 2010 at the municipality of Jaboticabal, state of São Paulo, Brazil, two experiments (cauliflower and broccoli) were carried out.

Soil type and characteristics

The soil of the experimental area was classified as Rhodic Eutrudox (Soil Survey Staff, 1999). The textural and chemical analyses of the soil conducted with samples taken at depths between 0 and 20 cm before the experiment was installed showed the following results: 253, 132 and 615 g kg⁻¹ of sand, silt and clay, respectively; 5.4 of pH(CaCl₂); 20 g kg⁻¹ of organic matter; 103 mg dm⁻³ of P(resin); 3.6, 25, 7, 28 and 64 mmolc dm⁻³ of K, Ca, Mg, H + Al, and cation exchange capacity, respectively; and 56% of soil base saturation.

Treatments, experimental design and experimental unit

Doses of 0, 50, 100, 150, and 200 kg ha⁻¹ of K₂O were evaluated, which were adopted taking in consideration recommendations by Trani et al. (1997), that recommend 120 kg ha⁻¹ of K₂O for cauliflower and broccoli when the K content in the soil is high. In each one of the experiments the experimental units were distributed in the field according to a randomized complete block design with four replications. The experimental unit was composed of two six plants rows of which only the four central plants were used to get the experimental data.

Plant material, planting and harvesting

The seedlings of 'Verona' cauliflower and 'BRO 68' broccoli cultivars were grown in propylene trays with space enough for 200 seedlings in BIOPLANT organic mineral substratum. Transplantation to the seed bed took place on February 1, 2010, when the seedlings exhibited four leaves. Cauliflower seedlings were placed at a distance of 0.7 m between rows and 0.50 m between plants. Broccoli seedlings were disposed at a distance of 0.7 m between rows and 0.35 m between plants in the row. The distance between seed beds was of 0.5 m. Cauliflower was harvested from 14 to 20, May and broccoli from 2 to 13, April, 2010.

Management practices

Soil liming of the whole area was made to raise soil base saturation to 80% for what calcined lime with a neutralization power of 124% and CaO and MgO contents of 48%

and 16% respectively was used. The mineral fertilization of the seed beds took place immediately before the seedlings transplantation and the amounts of fertilizers used were based on recommendations by Trani et al. (1997). N, P, and K sources were, respectively, urea, superphosphate, and potassium chloride. No organic fertilizer was applied. The side dressing of fertilizers also obeyed recommendations by Trani et al. (1997) although the doses were applied only at 15, 30, and 45 days after transplantation (DAT). About 40% of the total K of each treatment were applied at planting and the remaining part was divided and each one applied at the aforementioned moments. Irrigation was provided by a sprinkler system during the plant life cycle.

Parameters evaluated

Potassium foliar content was measured in the leaf developed immediately after the inflorescence started to grow, according to instructions found in Trani and Raij (1997). Potassium soil content was determined after harvest, according to methodology proposed by Raij et al. (2001). Mass and diameter of the inflorescence and also productivity were determined.

Data analysis

Analysis of variance and polynomial regression of the data were made. It was chosen the equation with a significant F and with the highest determination coefficient.

RESULTS AND DISCUSSION

Foliar K content

Potassium level in cauliflower leaf was influenced by K doses. A quadratic adjustment was found for K levels in the leaves and K doses. K levels in the leaves increased from 29.2 g kg⁻¹, when the K₂O dose was null, to 34.9 g kg⁻¹, when K₂O dose was of 200 kg ha⁻¹. In broccoli plants, on the other hand, K foliar level was not influenced by K₂O dose - the mean value was of 34.4 g kg⁻¹ (Figure 1).

Potassium foliar levels found for both cauliflower and broccoli plants were within the adequate ranges (25 to 50 g kg⁻¹) according to Trani and Raij (1997). The difference in response shown by cauliflower and broccoli is supposed to be due the better adaptation displayed by the cauliflower cultivar to the high temperatures registered during the experiment. Although both cultivars are recommend for summer cultivation, broccoli cultivars have shown poor growth and productivity when environmental conditions are of high temperatures and pluvial precipitation. This is an indication that genetic improvement viewing more heat tolerant broccoli cultivars is needed. This explains – at least partially

– why increasing doses of K_2O did not result in increased levels of potassium in broccoli leaves. Highly productive cauliflower cultivars for summer, winter, and midseason conditions are available.

Inflorescence diameter

The effects of K_2O doses on inflorescence diameter were different for cauliflower and broccoli. In cauliflower, the response of inflorescence diameter to K_2O doses showed a polynomial quadratic adjustment pattern starting from 50 kg ha^{-1} (the maximum diameter of 21.8 cm resulted from the K_2O dose of 200 kg ha^{-1}). In broccoli plants, inflorescence diameter grew with K_2O doses up to 150 kg ha^{-1} , this being the dose which resulted in the highest diameter, that is, 14.6 cm (Figure 2a).

Increments in inflorescence diameter were less expressive in broccoli than in cauliflower. Monteiro et al. (2010) reported to have observed a diameter of 25.3 cm in cauliflower plants of the ‘Verona’ cultivar growing under summer conditions in Jaboticabal.

Inflorescence mass

Inflorescence mass increased with K_2O doses. The highest inflorescence mass in cauliflower (1,086.3 g) and in broccoli (362.1 g) resulted from the respective K_2O doses of 200 and 155 kg ha^{-1} (Figure 2b). The mass in this experiment was similar to that (1,120 g) reported by Monteiro et al. (2010) in a work with the ‘Verona’ cultivar in a summer experiment for the observation of cauliflower hybrids. It was, on the other hand, larger than that reported by Pôrto et al. (2012) (860 g) in an experiment in which the plants grew in the same population density. Islam et al. (2010) reported to have also observed broccoli inflorescence diameter and mass to respond with quadratic adjustments to K_2O doses – they worked with doses from 0 to 360 kg ha^{-1} of K_2O .

The authors also verified that maxima inflorescence diameter and mass were gained when the K_2O dose was of 240 kg ha^{-1} and that doses larger than that started to have depressing effects on those characteristics. Productivity of both cauliflower and broccoli plants was significantly influenced by K_2O doses.

Productivity

Cauliflower productivity was observed to increase linearly with doses of K_2O - the dose of 200 kg ha^{-1} resulted in a yield of $38,285 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figure 3). That dose is larger than that recommended by Fontes (1999 a, b), that is, of 100 kg ha^{-1} , and is close to the one recommended by Trani *et al.* (1997), that is, of 180 kg ha^{-1} for potassium-rich soils. When K fertilizer was not applied, the inflorescence production was of $30,351 \text{ kg ha}^{-1}$, a value representing 79% of that of maximum yield (Figure 3). A high productivity without the

application of K may be ascribed to the soil high fertility with a high level of K - 3.6 mmol_c dm⁻³. But, when K₂O fertilizer was applied to the soil, cauliflower showed responsiveness and an increment of 40 kg ha⁻¹ of inflorescence was registered for each 1 kg of K₂O fertilizer applied.

The maximum productivity verified for cauliflower is approximately twice as much as the national average, that is, 20,000 kg ha⁻¹. In an experiment in which cauliflower genotypes were evaluated during summer time, Monteiro *et al.* (2010) found a productivity of 22,340 kg ha⁻¹ for the 'Verona' cultivar and between 14,560 and 23,760 kg ha⁻¹ for the other hybrids. Pôrto *et al.* (2012) reported productivities between 11,381 and 23,035 kg ha⁻¹ for 'Verona' cultivar depending on plant population.

Broccoli productivity showed an adjustment to the quadratic equation in response to K₂O doses with a maximum yield of 12,476 kg ha⁻¹ when K₂O dose was of 160 kg ha⁻¹ (Figure 3). This dose is a little bit above that recommended by Fontes (1999 a, b) and close to that recommended by Trani *et al.* (1997), that is, 180 kg ha⁻¹ of K₂O when the lowest side dressed dose - 60 kg ha⁻¹ - is added to that of 120 kg ha⁻¹, applied at planting. That productivity though is lower than that reported by Cecílio Filho *et al.* (2012) who, evaluating distances between plants and doses of N and K, verified a 'Mônaco' broccoli productivity of 22,082 kg ha⁻¹ in the best treatment, that is, a dose of 315 kg ha⁻¹ of N and K₂O and a spacing combination of 0.2 m between plants and 0.8 m between rows. But that was an Autumn crop, this being a time more favorable for productivity and with a larger plant population since the authors did not cultivate broccoli in seed beds. Islam *et al.* (2010) verified larger yields with 240 kg ha⁻¹ of K₂O in an experiment in which they evaluated doses from 0 to 360 kg ha⁻¹ of K₂O.

Examining both species productivity it is verified that broccoli was agronomically more efficient than cauliflower since up to the dose of 70 kg ha⁻¹ it produced a higher amount of inflorescence per kilogram of K₂O. Doses higher than that (100, 150, and 200 kg ha⁻¹) reduced broccoli agronomical efficiency, with respective yields of 20.9, 16.2, and 11.5 kg of inflorescences per kilogram of K₂O. Those same K₂O doses resulted in 28.9, 34.3, and 39.7 kg of cauliflower inflorescences per kilogram of K₂O. When the cauliflower and broccoli yield respective maximizing doses of 200 and 160 kg ha⁻¹ of K₂O were used, the agronomical efficiencies were, respectively, of 39.7 and 15.1 kg of inflorescence per kilogram of K₂O.

The level of potassium in the soil was significantly influenced by K₂O dose. When no K was applied, K levels in the soil were, in the cauliflower and broccoli areas, respectively, of 1.8 and 2.5 mmol_c dm⁻³. With increasing K₂O doses up to 200 kg ha⁻¹, K level in the soil increased linearly, when 4.0 and 4.5 mmol_c dm⁻³ were reached in the cauliflower and broccoli areas, respectively (Figure 4).

Considering that the level of K in the soil before the experiment was installed was of 3.6 mmol_c dm⁻³ that level was maintained after the inflorescences were harvested when

cauliflower and broccoli were fertilized with, respectively, 165 and 110 kg ha⁻¹ of K₂O (Figure 4). Doses higher than those resulted in increased levels of K in the soil with increments of the initial level of 11% and 25%, the initial level being already a high value, according to Raij *et al.* (1997). The lower recuperation of the applied nutrient shown by broccoli plants than that shown by cauliflower depicts differences between the two species, probably influenced by the adaptability to the cropping environment. Pôrto *et al.* (2012), evaluating the effects of time of 'Verona' cauliflower cultivation (Spring-Summer and Autumn-Winter) reported significant differences as to number of leaves, stem diameter, inflorescence diameter, inflorescence mass, productivity, and cycle.

When cauliflower and broccoli were cultivated with respective K₂O doses lower than 165 and 110 kg ha⁻¹ of K₂O, K levels in the soil were verified to reduce. These reductions increased as K₂O doses decreased and reached 50% and 30% when cauliflower and broccoli, respectively, were cultivated without potassium fertilizer. The higher reduction in K level in the soil verified for cauliflower plants may be attributed to the higher demand shown by this species for K in comparison with broccoli, as reported by workers such as Castoldi *et al.* (2009), and Takeishi *et al.* (2009). The results for cauliflower inflorescence diameter and mass and yield suggest that this brassica was not negatively affected by the increment of K level in the soil which reached 4.5 mmol_c dm⁻³ when the highest dose of K₂O was applied (Figure 4), differently of that observed for broccoli.

CONCLUSION

Based on the observed results, broccoli and cauliflower plants growing in K-rich soils respond to K fertilization. Maximum yield of broccoli is reached when the K₂O dose is of 160 kg ha⁻¹ and that of cauliflower when that dose is of 200 kg ha⁻¹ of K₂O.

REFERENCES

- Armstrong, D.L. 1998. **Potassium for agriculture**. Better Crops with Plant Food, 82, 4-5.
- Castoldi, R., Charlo, H.C.O., Vargas, P.F., e Braz, L.T. 2009. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor**. Horticultura Brasileira 27:438-446.
- Cecílio Filho, A.B., Schiavon Júnior, A.A., e Cortez, J.W.M. 2012. **Produtividade e classificação de brócolis para indústria em função da adubação nitrogenada e potássica e dos espaçamentos entre plantas**. Horticultura Brasileira 30:12-17.
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. 2004. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. 400 pp.
- Fontes, P.C.R. Brócolos. 1999^a. In: A.C. Ribeiro, P.T.G. Guimarães, e V.H Alvarez V. (eds.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, Viçosa, Minas Geras, Brasil. 5a aproximação. p. 183.

- Fontes, P.C.R. Couve-Flor. 1999b. In: A.C. Ribeiro, P.T.G. Guimarães, e V.H. Alvarez V. (eds.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, Viçosa, Minas Geras, Brasil. 5a aproximação. p. 187.
- Islam, M.H., Shaheb, M.R., Rahman, S., Ahmed, B., Islam, A.T.M.T., and Sarker, P.C. 2010. **Curd yield and profitability of broccoli as affected by phosphorus and potassium**. International Journal of Sustainable Crop Production 5:1-7.
- Monteiro, B.C.B.A., Charlo, H.C.O., e Braz, L.T. 2010. **Desempenho de híbridos de couve-flor de verão em Jaboticabal**. Horticultura Brasileira 28:115-119.
- Pôrto, D.R.Q., Cecílio Filho, A.B., Rezende, B.L.A., Barros Júnior, A.P., e Silva, G.S. 2012. **Densidade populacional e época de plantio no crescimento e produtividade da couve-flor cv. Verona 284**. Revista Caatinga 25:92-98.
- Raij, B. van, Andrade, J.C., Cantarella, H., e Quaggio, J.A. 2001. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Instituto Agronômico & Fundação IAC, Campinas, São Paulo, Brasil. 285 pp.
- Raij, B. van, Cantarella, H., Quaggio, J.A., e Furlani, A.M.C. 1997. Fósforo e potássio. In: B. van Raij, H. Cantarella, J.A. Quaggio, e A.M.C. Furlani (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Instituto Agronômico & Fundação IAC, Campinas, São Paulo, Brasil. Boletim Técnico 100. p. 9-10.
- Ricci, M.S.F., Casali, V.W.D., Cardoso, A.A., e Ruiz, H.A. 1995. **Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com composto orgânico**. Pesquisa Agropecuária Brasileira 30:1035-1039.
- Soil Survey Staff. (1999). **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Washington DC. 754 pp.
- Takeishi, J., Cecílio Filho, A.B., e Oliveira, P.R. 2009. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em couve-flor 'Verona'**. Bioscience Journal 25:1-10.
- Trani, P.E., Passos, F.A., Azevedo, J.A., e Tavares, M. 1997. **Brócolos, couve-flor e repolho**. In: B. van Raij, H. Cantarella, J.A. Quaggio, e A.M.C. Furlani (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Instituto Agronômico & Fundação IAC, Campinas, São Paulo, Brasil. Boletim Técnico 100. p. 175.
- Trani, P.E., Raij, B. van. 1997. Hortaliças. In: B. van Raij, H. Cantarella, J.A. Quaggio, e A.M.C. Furlani (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Instituto Agronômico & Fundação IAC, Campinas, São Paulo, Brasil. Boletim Técnico 100. p. 157-185.

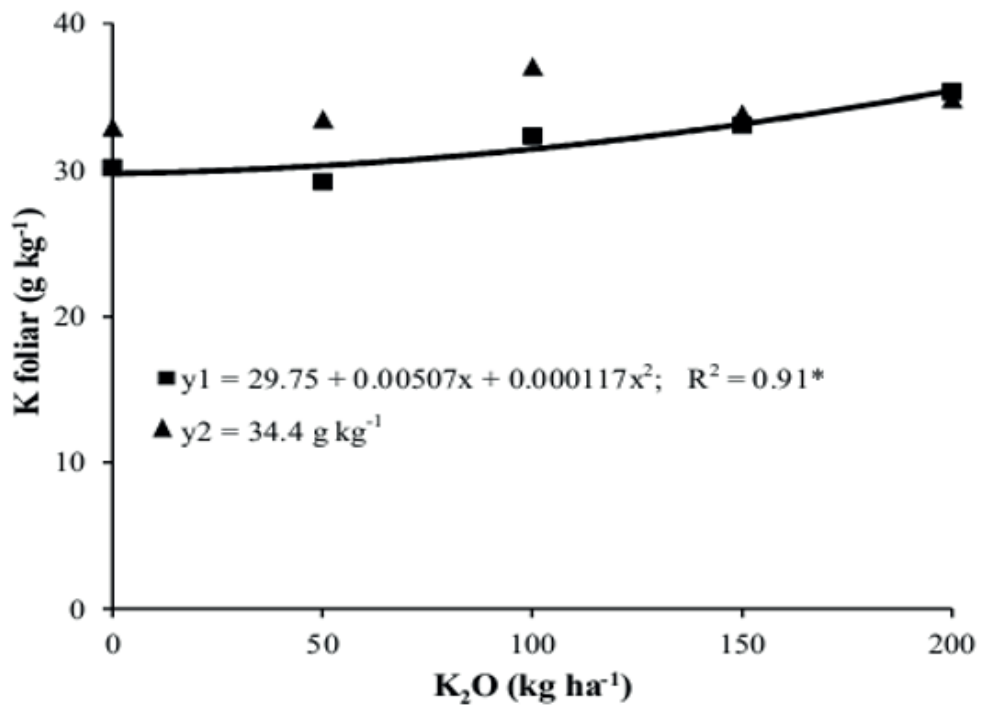
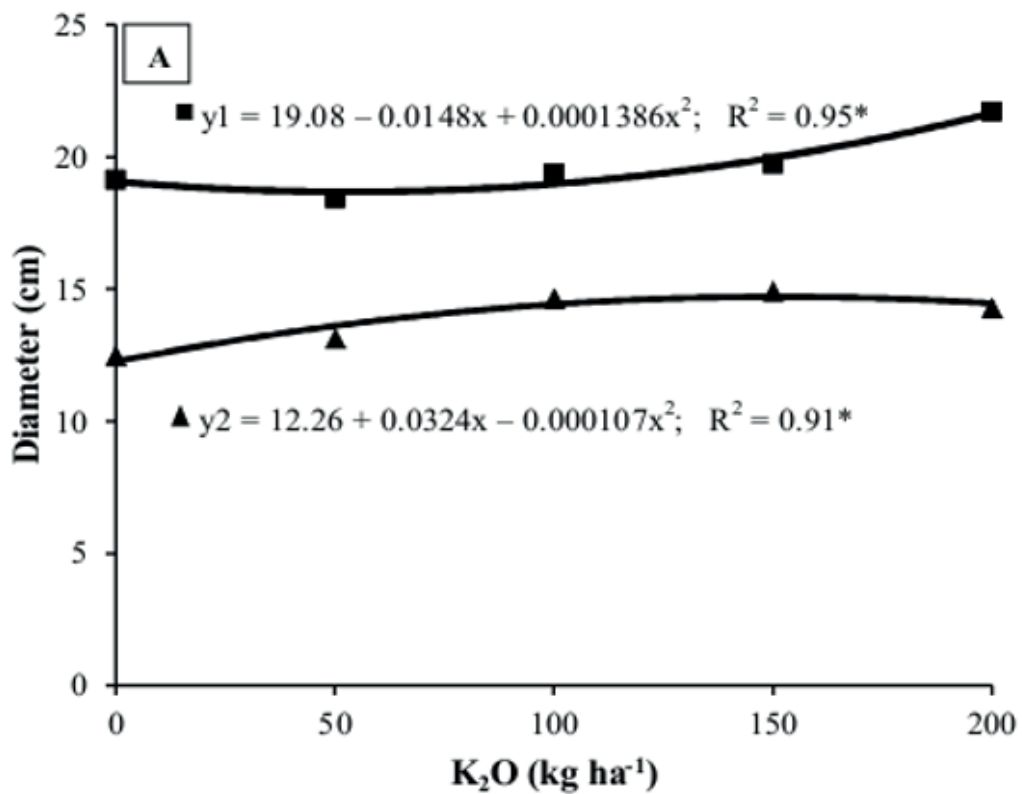


Figure 1. Potassium foliar level in cauliflower 'Verona' (y1) and broccoli 'BRO 68' (y2) as function by K₂O doses.



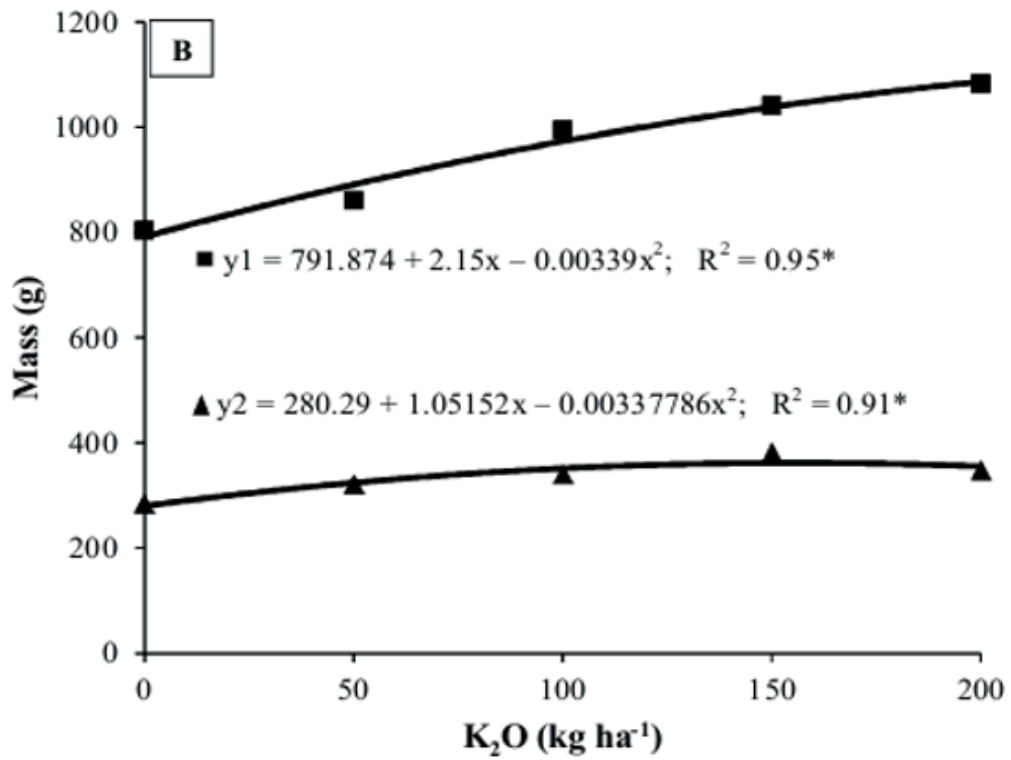


Figure 2. Diameter (A) and mass (B) of 'Verona' cauliflower (y1) and 'BRO 68' broccoli (y2) as function by K₂O doses

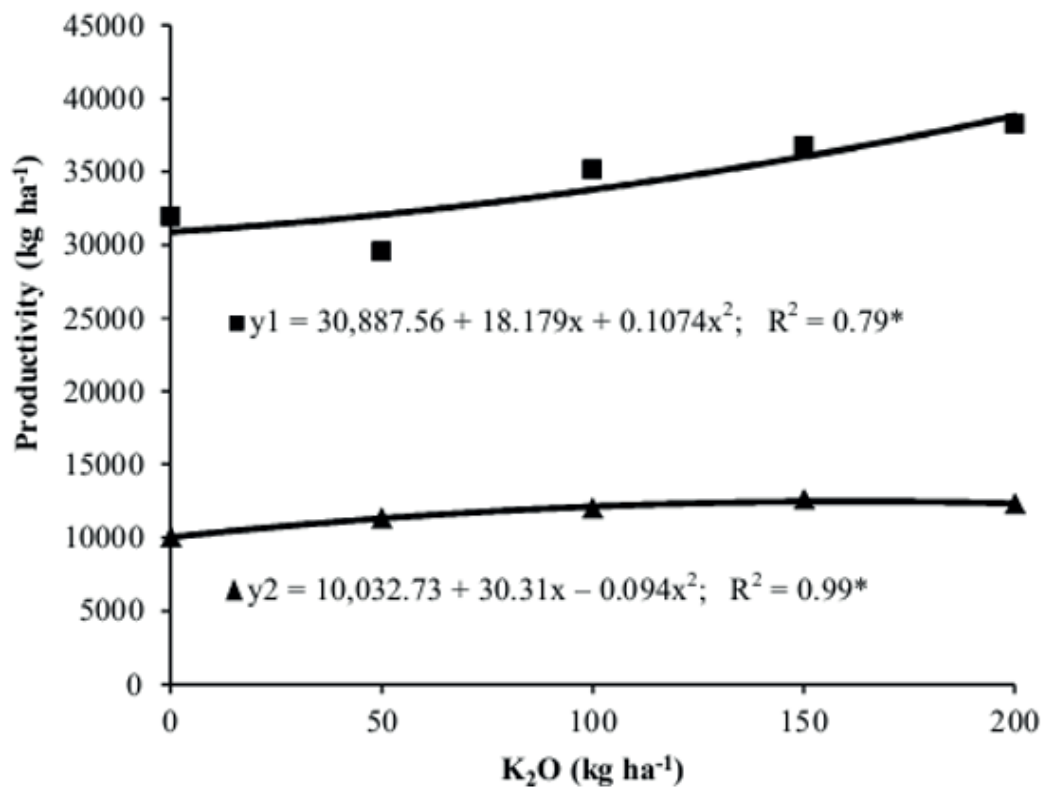


Figure 3. 'Verona' cauliflower (y1) and 'BRO 68' broccoli (y2) productivity as function by K₂O doses.

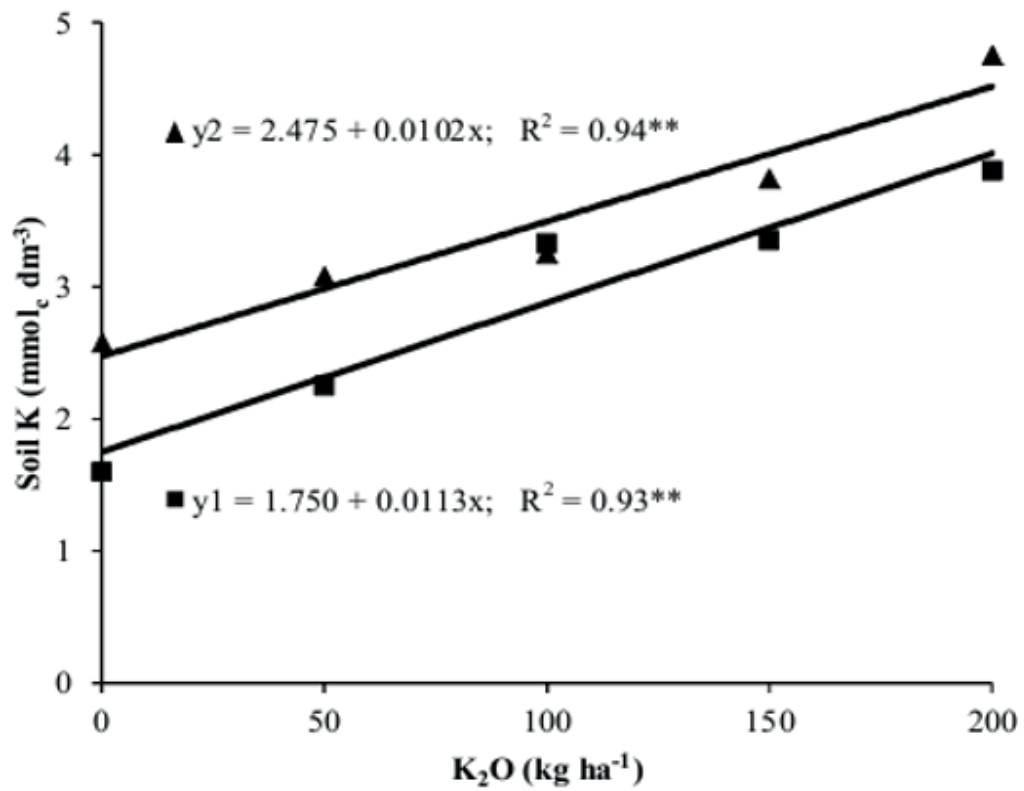


Figure 4. Potassium level in the soil as function by K₂O doses in areas of 'Verona' cauliflower (y1) and 'BRO 68' broccoli (y2).

RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E DIAGNÓSTICO DO ESTADO DO NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA BATATEIRA – REVISÃO

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 06/05/2020

Breno de Jesus Pereira

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/FCAV
Jaboticabal – SP

Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/4305170119606247>

María José Yáñez Medelo

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/FCAV
Jaboticabal – SP

Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/3820241580303106>

Danilo Reis Cardoso Passos

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/FCAV
Jaboticabal – SP

Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/7223374000801652>

Fredson dos Santos Menezes

Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC
Ilhéus – BA

Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/0064698086470084>

RESUMO: A batateira (*Solanum tuberosum* L.) é uma das olerícolas mais cultivadas e consumidas no mundo. A qualidade dos tubérculos de batata está diretamente relacionada com a nutrição adequada da cultura, porém, muitos fatores podem interferir na demanda nutricional da batateira como

o tipo de cultivar, condições climáticas, características do solo, manejo na aplicação dos fertilizantes, dentre outros. Assim, esta revisão visa abordar os principais pontos relacionados a adubação de N e K na cultura da batata, apresentando um panorama dos principais trabalhos desenvolvidos na área. Para isso, foram apresentados aspectos sobre as principais recomendações de fertilização para cultura nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul / Santa Catarina. Também foi mencionado a importância do parcelamento e da quantidade aplicada dos fertilizantes nitrogenados e potássicos, visando melhorar a absorção de N e K pelas plantas. O monitoramento do estado nutricional é uma ferramenta fundamental para auxiliar no manejo da adubação da batateira, por isso, discorreu-se sobre as avaliações nutricionais através da diagnose foliar, extração de nutrientes (N e K) e curvas de diluição. Adotar métodos mais precisos para determinar a quantidade e o momento adequado de aplicação dos fertilizantes nitrogenados e potássicos podem minimizar as perdas ocasionadas pelo uso inadequado, sejam elas econômicas e/ou ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum tuberosum* L.; recomendações de fertilização; diagnose foliar;

curvas de diluição.

FERTILIZATION RECOMMENDATIONS AND DIAGNOSIS OF NITROGEN AND POTASSIUM STATUS IN POTATO – REVIEW

ABSTRACT: Potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the most cultivated and consumed vegetables in the world. Tubers potato quality is directly related to adequate crop nutrition. However, many factors can interfere in the potato nutritional demand such as the cultivar type, climatic conditions, soil characteristics, application fertilizers management, among others. Thus, this review aims to address the main points related to N and K fertilization in the potato crop, presenting an overview of the main works published with this subject. For that, aspects were presented about the main potato fertilization recommendations in São Paulo, Minas Gerais and Rio Grande do Sul / Santa Catarina states. Also, was mentioned the importance of the nitrogen and potassium fertilizers rates and amount application, in order to improve N and K uptake by plants. Monitoring the nutritional status is a fundamental tool to assist in the potato fertilization management, so it was discussed about the nutrition evaluations such as leaf diagnosis, nutrient extraction (N and K) and dilution curves. Adopting more precise methods for determinate the time and amount appropriate for nitrogen and potassium fertilizers application may minimize losses caused by inappropriate use, whether economic or environmental.

KEYWORDS: *Solanum tuberosum* L.; fertilization recommendations; leaf diagnosis; dilution curves.

1 | INTRODUÇÃO

A batateira (*Solanum tuberosum* L.) é uma das olerícolas mais cultivadas e consumidas no mundo, com produção superior a 380 milhões de toneladas (FAO, 2017). A área plantada no Brasil, em 2017, foi de 118.076 ha, produzindo mais de 3,5 milhões de toneladas, sendo as regiões sul (1.486.372 toneladas) e sudeste (1.672.710 toneladas) as principais produtoras (IBGE, 2017).

Os tubérculos de batata são fontes de carboidratos, proteínas, aminoácidos, fibras e nutrientes para a dieta humana, o que a torna base da alimentação de muitos países no mundo (BRAUN et al., 2011). Por ser um alimento muito versátil, a batata pode ser comercializada in natura, para indústria de processamento ou para fabricação de álcool (BHATTARAI; SWARNIMA, 2016). Devido à expansão industrial dos alimentos processados, o consumo de batata na forma de chips e batata frita cresceu consideravelmente, aumentando a demanda de produção e exigência por tubérculos com alto padrões de qualidade para atender a indústria (VOS, 2009).

A qualidade dos tubérculos está diretamente relacionada com a nutrição adequada da cultura e, para isso, o uso de fertilizantes sintéticos e minerais é indispensável,

considerando que a maioria dos solos agrícolas não dispõem naturalmente da quantidade de nutrientes suficientes para atender a demanda das plantas (BRAUN et al., 2013). Dentre os elementos essenciais, o potássio (K) e o nitrogênio (N) são extraídos em maior quantidade pela batateira e influenciam diretamente na produtividade (REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2001; BRAUN et al., 2011).

O N é o principal responsável pelo crescimento vegetativo, pois participa ativamente no processo fotossintético das plantas e na formação de proteínas e aminoácidos (WESTERMANN, 2009). Quando em excesso, pode estimular o maior acúmulo de matéria seca na parte aérea, reduzindo o armazenamento de fotoassimilados nos tubérculos e, conseqüentemente, influenciando na qualidade da produção (BRAUN et al., 2010). Ainda, as perdas ambientais de N, ocasionadas pelo uso excessivo dos fertilizantes nitrogenados, representam riscos de contaminação aos recursos hídricos e contribuem diretamente para o aquecimento global (ZEBARTH et al., 2009).

O K é o nutriente mais extraído do solo pela batateira, a qual é altamente responsiva a elevadas aplicações desse fertilizante (REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2001). Esse nutriente desempenha importantes funções na ativação enzimática, no transporte de fotoassimilados das folhas para os tubérculos (WESTERMANN, 2009; HADDAD et al., 2016) e na manutenção do potencial osmótico e vigor das plantas (LI et al., 2015). A quantidade de K absorvida pela planta afeta significativamente os componentes nutricionais dos tubérculos, como proteínas, carboidratos, vitaminas e amido (REIS JÚNIOR; FONTES, 1996; QUADROS et al., 2009; HADDAD et al., 2016).

Muitos fatores podem interferir na demanda nutricional da batateira como o tipo da cultivar, condições climáticas, características do solo, manejo na aplicação dos fertilizantes, dentre outros (CARDOSO et al., 2016). Assim, esta revisão visa abordar os principais pontos relacionados a adubação de N e K na cultura da batata, apresentando um panorama dos principais trabalhos desenvolvidos no tema abordado.

2 | RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO – N E K

Os principais estados produtores de batata no Brasil são Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul (IBGE, 2017). Para atingir a expectativa de produtividade, o uso de fertilizantes é fundamental, uma vez que, dentre os cultivos comerciais no Brasil, a batateira é a cultura que consome maior quantidade de fertilizantes por hectare, sendo empregado altas doses a cada safra (SORATTO; FERNANDES, 2017). As principais recomendações de fertilização para a cultura ajudam a nortear o produtor no manejo da adubação, porém, são muito antigas, generalizadas e baseiam-se apenas na análise de solo, expectativa de produtividade da cultura e/ou época de plantio (ANDRIOLO, 2010).

Para o estado de São Paulo, Lorenzi et al. (1997) recomendam o uso de 80 – 160 kg

ha⁻¹ de N (Tabela 1) e para a dose aplicada deve considerar a época de plantio, uma vez que períodos de altas temperaturas demandam maior quantidade de N. Em relação ao potássio, os autores recomendam o uso de 100 – 250 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 1), definido de acordo com a análise de solo. Visando uma produtividade acima de 20 t ha⁻¹, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) recomendam 120 – 160 kg ha⁻¹ de N, considerando o teor de matéria orgânica no solo e 140 – 220 kg ha⁻¹ de K¹O, definido de acordo com o teor do nutriente no solo. Quando a expectativa de produtividade é menor que 20 t ha⁻¹, os valores recomendados variam de 80 – 120 kg ha⁻¹ de N e 120 – 180 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 1).

	Recomendações de adubação da batateira (kg ha ⁻¹)	
	N	K ₂ O
SP (Lorenzi et al., 1997)	80 – 160	100 – 250
MG (Fontes, 1999)	190	0 ² – 350
RS / SC¹	80 – 120	120 – 180

Tabela 1 – Recomendações de adubação de NK para a cultura da batata nos estados de São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC).

¹Comissão de Química e Fertilidade do Solo; ²Pode-se aplicar 150 kg para repor a quantidade extraída pela batata colhida.

A batateira é altamente exigente no uso de fertilizantes, por isso, diversos fatores precisam ser considerados buscando aumentar a eficiência na adubação, dentre eles a escolha da cultivar utilizada. O uso de cultivares altamente produtivas cresceu consideravelmente no Brasil e, com isso, a necessidade de adubação pode diferir daquelas previamente estabelecidas pelos manuais de recomendação (SORATTO; FERNANDES, 2017). Por exemplo, em Minas Gerais, Reis Júnior; Monnerat (2001) verificaram que a máxima produtividade de tubérculos de batata, cultivar Baraka, ocorreu quando utilizado 368 kg ha⁻¹ de K₂O. Para obter o máximo potencial produtivo da cultivar Vivaldi, Cardoso et al. (2007) observaram que são necessários 175 ha⁻¹ de N e 350 kg ha⁻¹ de K₂O.

O aproveitamento de N pela cultura varia de 48 a 77%, podendo ser influenciado por fatores climáticos, provocando a lixiviação e volatilização do nutriente, pela tecnologia de aplicação e manejo da adubação e, também, por fatores genéticos (ZEBARTH et al., 2009). A dose de N utilizada para obter a máxima produtividade da cultura pode variar consideravelmente entre diferentes cultivares, como mostram os trabalhos de Cardoso et al. (2007), Coelho et al. (2010) e Cardoso et al. (2016) (Tabela 2). A alta mobilidade e instabilidade desse nutriente nas camadas superficiais do solo também é um dos fatores que contribuem para o aumento das perdas e menor absorção do N pelas plantas (BRAUN et al., 2013).

Produtividade e doses de N e K (kg ha ⁻¹)				
	Cultivar	N	K ₂ O	Produtividade máxima
Reis Júnior; Monnerat (2001)	Baraka	--	368	30.000
Cardoso et al. (2007)	Vivaldi	175	350	55.581
Coelho et al. (2010)	Asterix	250	--	46.500
	Ágata	297	--	45.065
Cardoso et al. (2016)	Atlantic	210	--	37.000
	Ágata	275,5	--	44.700

Tabela 2 – Resultados de literatura da produtividade de cultivares de batata em função de doses de N e/ou K₂O.

3 | PARCELAMENTO NA APLICAÇÃO DE N

O N é o segundo nutriente mais absorvido pela batateira, influenciando diretamente no desenvolvimento da parte aérea, acúmulo de matéria seca, produtividade e qualidade dos tubérculos (ZEBARTH et al., 2008; FERNANDES et al., 2011). A eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado deve atender aos aspectos agroeconômicos e de sustentabilidade, visto que, as perdas por lixiviação e volatilização devido ao uso excessivo desse insumo podem causar danos ao meio ambiente e prejuízos ao produtor (ANDRIOLO et al., 2006).

A aplicação parcelada do fertilizante nitrogenado é uma das práticas que possibilita maior eficiência no aproveitamento do N pela planta e reduz as perdas por lixiviação (MILAGRES et al., 2018). Geralmente, os produtores realizam a adubação de cobertura em uma única vez, no intervalo de vinte a trinta dias após a emergência, junto com a amontoa (LORENZI et al., 1997; BARCELOS et al., 2007). Fontes (1999) recomenda o parcelamento em até duas vezes, caso seja realizado duas amontoas durante o cultivo.

Alguns resultados encontrados na literatura são divergentes quanto as vantagens do parcelamento da adubação nitrogenada na produtividade e qualidade dos tubérculos de batata. Por exemplo, Cardoso et al. (2007) verificaram que a aplicação de N parcelado em duas vezes favorece maior produtividade de tubérculos de batata, cultivar Vivaldi, em relação a aplicação total do adubo no plantio. Porém, Barcelos et al. (2007) concluíram não haver diferença na produtividade do cultivar Monalisa, quando aplicado parcelada a dose de N em cobertura. Concernente a qualidade dos tubérculos, Cardoso et al. (2017) verificaram que o parcelamento das doses de N não promove variações significativas nas características de firmeza, sólidos solúveis, acidez total titulável, açúcares totais e pH.

4 | POTÁSSIO

O K é o principal elemento associado a qualidade dos tubérculos, equilibra a absorção de N e, ainda, é o nutriente absorvido em maior quantidade, participando

de quase todas as funções fisiológicas (REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2001). Assim, a quantidade de fertilizante a ser aplicado deve atender a demanda nutricional da cultura e garantir a produtividade esperada (MALLMANN et al., 2011), uma vez que, doses de K abaixo da adequada compromete a formação de amido, translocação de solutos e, conseqüentemente, o incremento de matéria seca nos tubérculos (PAULETTI; MENARIM, 2004).

Doses muito altas de fertilizantes no fornecimento de K_2O também podem ser prejudiciais para a cultura, pois quando absorvido em excesso, podem diminuir a eficiência de utilização do nutriente pela planta, além de aumentar os custos de produção e os riscos de contaminação ambiental (FERNANDES; SORATTO, 2013). Ainda, o tipo de fertilizante utilizado como fonte de K_2O pode influenciar no peso dos tubérculos e, conseqüentemente na produtividade (PAULETTI; MENARIM, 2004; QUADROS et al., 2009).

Por exemplo, Pauletti; Menarim (2004) observaram que ocorre decréscimo na produtividade de tubérculos da cultivar Bintje quando aplicado mais de 200 kg ha^{-1} de cloreto de potássio como fonte de K_2O , enquanto a aplicação nas mesmas quantidades de fertilizante na forma de sulfato de potássio promoveu o aumento na produtividade. Porém, segundo Reis Júnior; Monnerat (2001) altas doses de sulfato de potássio influenciam na composição mineral e favorece o acúmulo de água nos tubérculos, o que pode ser justificado pelo aumento do teor de K nos tecidos dos tubérculos e conseqüente redução do potencial hídrico das células.

Utilizando o fertilizante sulfato de potássio, em doses que variaram de 120 a 1080 kg ha^{-1} de K_2O , Quadros et al. (2009) observaram maior acúmulo de vitamina C, carboidratos, energia e amido nos tubérculos, em relação ao cloreto de potássio. Porém, os mesmos autores verificaram que ocorre redução no teor desses parâmetros com o aumento das doses de K_2O , independente da fonte utilizada. Silva et al. (2018), utilizando 140 kg ha^{-1} de K_2O , constataram que não houve diferença significativa entre o sulfato e cloreto de potássio sobre o número e a massa de tubérculos comerciais e não comerciais. A divergência nos resultados desses autores pode ser explicada pela quantidade de fertilizante utilizada, pois o efeito dessas duas fontes de K_2O sobre a qualidade dos tubérculos é mais visível quando são utilizados em doses muito altas.

Portanto, pode-se inferir que o sulfato de potássio como fonte de K_2O promove melhor efeito sobre os parâmetros de qualidade dos tubérculos quando aplicado na quantidade adequada. Doses muito elevadas de ambos os fertilizantes é prejudicial à cultura, pois provoca a absorção em excesso desse nutriente.

5 | DIAGNOSE FOLIAR

O monitoramento do estado nutricional é uma ferramenta fundamental para auxiliar no manejo da adubação da batateira (BRAUN et al., 2013). Para isso, a análise do

teor de nutrientes nos tecidos das plantas é o método mais comum e tradicionalmente utilizado, porém, com algumas desvantagens, como as divergências quanto a parte mais representativa da planta para ser amostrada e dificuldades para quantificar o excesso ou deficiência do nutriente (ANDRIOLO, 2010). Outros métodos, específicos para determinar o teor de N, são o teor de NO_3^- na seiva do pecíolo e os índices SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) e Dualex® (*dual excitation*, FORCE-A, Orsay, France) na folha (BRAUN et al., 2013).

A avaliação do estado nutricional, normalmente, é realizada através da análise do teor dos nutrientes nas folhas, pois este órgão é considerado o tecido mais representativo de toda a planta para representar o teor nutricional da planta. Na batateira, Lorenzi et al. (1997) recomendam a amostragem da terceira folha a partir do tufo apical, aos 30 dias após o plantio da batata-semente, de 30 plantas. Martinez et al. (1999) indicam a coleta da folha mais desenvolvida, no momento da amontoa, geralmente realizada aos 25-35 dias após o plantio da batata-semente brotada, de 30 plantas (FILGUEIRA, 2007).

A interpretação da análise foliar do teor nutricional deve ser feita comparando os valores obtidos na análise com os estabelecidos na literatura como adequados para a cultura. A faixa adequada de N e K, estabelecida para o estado de São Paulo por Lorenzi et al. (1997), varia de 40 – 50 g kg^{-1} de N e 40 – 65 g kg^{-1} de K. Para Minas Gerais, Martinez et al. (1999) estabeleceram faixas adequadas de 45 – 60 g kg^{-1} de N e 93 – 115 g kg^{-1} de K. Estudando a extração de exportação de macronutrientes em cultivares de batata em Itaí, São Paulo, Fernandes et al. (2011) obtiveram resultados de teor foliar de N e K superior à faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997), nas cultivares Ágata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial. Porém, os valores do teor de N encontram-se dentro da faixa estabelecida como adequada por Martinez et al. (1999), e os de K, abaixo (Tabela 3).

Coelho et al. (2010) observaram que o nível crítico do teor de N na matéria seca da quarta folha associado à dose de N que propiciou a produção de máxima eficiência econômica foi de 66,7 g kg^{-1} para Ágata e 75,2 g kg^{-1} para Asterix. Estudando o efeito de doses (0; 80; 120; 160 kg ha^{-1} de N) e de três fontes de fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio e sulfato de amônio nitrato) sobre o teor foliar de N em São Miguel e Avaré, São Paulo, Souza et al. (2019) verificaram que, independente da fonte utilizada, o aumento da concentração de N no solo promove o aumento do teor de N nas folhas. Os autores encontraram valores que variaram de 30,8 a 55,7 g kg^{-1} de massa seca, sendo que para a maioria dos tratamentos o teor de N encontrado estava dentro da faixa adequada de acordo com Lorenzi et al. (1997).

Teor de N e K (g kg ⁻¹)					
	Ágata	Asterix	Atlantic	Markies	Mondial
N	53	51	52	59	57
K	82	71	68	65	73

Tabela 3 – Teor de N e K em cultivares de batata determinados por Fernandes et al. (2011).

Fonte: Fernandes et al. (2011).

O teor de N e K adequado para a batateira pode diferir devido a diversos fatores como a idade da planta, condições climáticas, cultivares e disponibilidade do nutriente no solo (FERNANDES et al., 2011; MILAGRES et al., 2018). Por isso, para evitar possíveis inconsistências no diagnóstico nutricional, o processo de amostragem e interpretação dos resultados devem ser padronizados de acordo com o boletim utilizado.

6 | EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES – N E K

Devido à alta capacidade de resposta à adubação da batateira, muitos produtores aplicam quantidades exageradas de fertilizantes, principalmente através dos formulados (NPK), sem a adoção de critérios específicos para a cultura (NAVA et al., 2008). Assim, o conhecimento sobre a quantidade de nutrientes exportados pela cultura ao final do ciclo produtivo é uma das principais ferramentas para estimar a quantidade de fertilizantes aplicados, permitindo o manejo mais eficiente da adubação (REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2001).

Trabalhos de pesquisa têm sido realizados buscando determinar a quantidade de nutrientes exportados pelos tubérculos de batata. Reis Júnior; Monnerat (2001) verificaram que para a produção de 30,5 t ha⁻¹, as plantas de batata, cultivar Baraka, exportaram cerca de 99,1 kg ha⁻¹ de N total e 118,5 kg ha⁻¹ de K, sendo estes os nutrientes que apresentaram maiores exportações e, ainda, maior eficiência de absorção pelas plantas, 49,5 % e 40,4 % do total de N e K aplicado, respectivamente. No final do ciclo, os tubérculos representam aproximadamente 80% da massa seca total da cultura (COGO et al., 2006) e, portanto, saber a quantidade de nutriente exportado permite ajustar o programa de adubação, minimizando perdas de fertilizantes.

Fernandes; Soratto (2013) observaram diferenças significativas na quantidade de N extraído do solo pelas cultivares Asterix (117 kg ha⁻¹) e Mondial (115 kg ha⁻¹) em relação as cultivares Ágata (90 kg ha⁻¹), Markies (98 kg ha⁻¹) e Atlantic (88 kg ha⁻¹), com produtividade de tubérculos de 40.002, 40.908, 37.268, 28.624 e 22.544 kg ha⁻¹, respectivamente. Ainda, os autores observaram que as cultivares Mondial e Asterix têm maior capacidade de absorção de N, porém, não há diferença significativa entre as cultivares quanto a eficiência de uso do nutriente para a produção de matéria seca dos tubérculos ao final do ciclo.

Em relação a extração de K, Fernandes; Soratto (2013) verificaram que, também, as cultivares Mondial (256 kg ha⁻¹) e Asterix (230 kg ha⁻¹) absorveram maiores quantidades deste nutriente em relação as demais cultivares, Ágata (166 kg ha⁻¹), Markies (185 kg ha⁻¹) e Atlantic (184 kg ha⁻¹), porém, as cultivares Asterix e Ágata foram as mais eficientes no uso do K para a produção de matéria seca dos tubérculos do que a cultivar Mondial.

Braun et al. (2011), avaliando a exportação de nutrientes pelos tubérculos em cultivares de batata, observaram que a cultivar Atlantic exporta cerca de 25% de N a mais que a cultivar Asterix e, 52% a mais que a cultivar Monalisa. Essa diferença é ainda maior para o K, o qual é exportado cerca de 50% e 80% a mais pela cultivar Atlantic em relação as cultivares Asterix e Monalisa, respectivamente. Portanto, o manejo da adubação não deve ser generalizado, sendo necessário a adequação acordo com a cultivar utilizada pelo produtor, visto que a eficiência de absorção e incorporação dos nutrientes varia em diferentes cultivares.

7 | CURVAS DE DILUIÇÃO

A curva crítica de diluição da concentração de nitrogênio representa o estado nutricional da planta através da relação linear existente entre a absorção e distribuição do N na massa seca dos tecidos (folhas, caules e compartimentos de reserva), à medida que a planta cresce e se desenvolve (ANDRIOLO et al., 2006; COGO et al., 2006). Através da equação potencial ajustada $N \text{ (g kg}^{-1}\text{)} = aMS - b$ é possível estimar a concentração de N na planta, onde, N (g kg⁻¹) representa a concentração crítica de N (N_c), MS representa a massa seca da parte aérea, acima de 1 t ha⁻¹, a é o coeficiente da concentração de N e b é o coeficiente de diluição do N ao longo do ciclo. Determinada a concentração de N, os valores podem ser convertidos para quantidade de N extraído através da seguinte fórmula: $N \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = aMS^{(1-b)}$ (BÉLANGER et al., 2001; ANDRIOLO et al., 2006).

Com base na produtividade da cultura, Andriolo et al. (2006) ajustou a equação da curva crítica de diluição de N para a cultivar Asterix, com valor do coeficiente a igual a 36,0 e b igual a -0,37, permitindo, com isso, determinar a quantidade de N extraído durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas através do seguinte modelo $N \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = 36MS^{0,63}$. A partir das informações obtidas com o ajuste das curvas de diluição e extração é possível melhorar a eficiência da adubação nitrogenada, sabendo a quantidade e o momento adequado para aplicar o fertilizante.

O modelo de diluição do N também pode ser aplicado para determinar a concentração de potássio, pois existe uma relação proporcional N – K de diluição ao longo do ciclo da cultura (GREENWOOD; STONE, 1998; COGO et al., 2006). Cogo et al. (2006) ajustaram o modelo de diluição do K para a cultivar Asterix, determinando a concentração de K igual a 55,4 g kg⁻¹ (coeficiente a) e a intensidade de diluição igual a -0,317 (coeficiente b). Através de ajustes no modelo de diluição de K e N na planta inteira, os autores concluíram

que é extraído 1,9 kg de K para cada kg de N extraído pela cultura, com isso, é possível estimar a quantidade de N e K a serem aplicados na adubação da cultivar através da relação de proporcionalidade.

8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo eficiente da adubação nitrogenada e potássica passa pela adoção de estratégias de monitoramento do estado nutricional da cultura, como a diagnose foliar, as curvas de diluição de N e K e extração de nutrientes pela cultivar utilizada pelo produtor. Dessa forma, é possível fazer ajustes nos programas de adubação, adotando métodos mais precisos quanto a quantidade e o momento adequado para aplicar o fertilizante e, com isso, minimizar as perdas ocasionadas pelo uso inadequado, minimizando assim as perdas econômicas e ambientais.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOLO, J. L. et al. Curva crítica de diluição de nitrogênio da cultivar Asterix de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1179–1184, 2006.
- ANDRIOLO, J. L. Diagnose foliar na cultura da batata. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIRA, M. A. R.; PUGA, A. P. (Eds.) **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/ CAPES/FAPESP/FUNDUNESP, 2010. p.343-360.
- BARCELOS, D. M.; GARCIA, A.; MACIEL JUNIOR, V. A. Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em latossolo vermelho-amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 21–27, 2007.
- BÉLANGER, G. et al. Critical Nitrogen Curve and Nitrogen Nutrition Index for Potato in Eastern Canada. **American Journal of Potato Research**, v. 78, n. 5, p. 355–364, set. 2001.
- BHATTARAI, B.; SWARNIMA, K.C. Effect of potassium on quality and yield of potato tubers-A Review. **International Journal of Agriculture & Environmental Science**, v. 3, n. 6, p. 7–12, 2016.
- BRAUN, H. et al. Carboidratos e matéria seca de tubérculos de cultivares de batata influenciados por doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 285–293, 2010.
- BRAUN, H. et al. Teor e exportação de macro e micronutrientes nos tubérculos de cultivares de batata em função do nitrogênio. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 50–57, 2011.
- BRAUN, H. et al. Absorção, metabolismo e diagnóstico do estado de nitrogênio em plantas de batata. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 3, p. 185–195, 2013.
- CARDOSO, A. D. et al. Características físico-químicas de batata em função de doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 567–575, set. 2017.
- CARDOSO, A. D. et al. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de N e K. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1729–1736, 2007.

- CARDOSO, F. et al. Adubação nitrogenada em cultivares de batata em diferentes condições edafoclimáticas no estado de Minas Gerais-Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata**, v. 115, n. 2, p. 221–228, 2016.
- COELHO, F. S. et al. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1175–1183, 2010.
- COGO, C. M. et al. Relação potássio-nitrogênio para diagnóstico e manejo nutricional de cultura da batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1781–1786, 2006.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. **Food and Agricultural commodities production**. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em 8 maio 2019.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de batata. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 91–100, 2013.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2039–2056, dez. 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. 421p.
- FONTES, P. C. R. Batata. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 179.
- GREENWOOD, D. J.; STONE, D. A. Prediction and measurement of the decline in the critical-K, the maximum-K and total cation plant concentrations during the growth of field vegetable crops. **Annals of Botany**, v. 82, n. 6, p. 871–881, 1998.
- HADDAD, M. et al. Effect of different potassium nitrate levels on yield and quality of potato tubers. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 14, n. 1, p. 101–107, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal. 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 8 maio 2019.
- LI, S. et al. Potassium management in potato production in Northwest region of China. **Field Crops Research**, v. 174, p. 48–54, mar. 2015.
- LORENZI, J. O. et al. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 221-229. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- MALLMANN, N.; LUCCHESI, L. A. C.; DESCHAMPS, C. Influência da adubação com NPK na produção comercial e rentabilidade da batata na região Resúmen Introdução. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 67–82, 2011.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Diagnose foliar. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. p. 143–168

- MILAGRES, C. do C. et al. Índices De Nitrogênio E Modelo Para Prognosticar a Produção De Tubérculos De Batata. **Revista Ceres**, v. 65, n. 3, p. 261–270, 2018.
- NAVA, G.; DECHEN, A. R.; IUCHI, V. L. Produção de tubérculos de batata-semente em função das adubações nitrogenada, fosfatada e potássica. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 365–370, 2008.
- PAULETTI, V.; MENARIM, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1, p. 15, 31 dez. 2004.
- QUADROS, D. A. DE et al. Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 316–323, 2009.
- REIS JÚNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 360–364, 2001.
- REIS JÚNIOR, R. DOS A.; FONTES, P. C. R. Qualidade de tubérculos de batata em função de doses da adubação potássica. **Horticultura Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 170–174, 1996.
- SILVA, G. O. et al. Effect of potassium sources on potato tuber yield and chip quality. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 395–398, set. 2018.
- SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Resposta da cultura da batata à adubação fosfatada no Brasil. **Informações Agronômicas**, p. 15–22, 2017.
- SOUZA, E. F. C. et al. Nitrogen Source and Rate Effects on Irrigated Potato in Tropical Sandy Soils. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 1, p. 378, 2019.
- VOS, J. Nitrogen responses and nitrogen management in potato. **Potato Research**, v. 52, n. 4, p. 305–317, 2009.
- WESTERMANN, D. T. Nutritional Requirements of Potatoes. **Nutrition Reviews**, v. 6, n. 2, p. 38–40, 27 abr. 2009.
- ZEBARTH, B. J. et al. Nitrogen use efficiency characteristics of Andigena and diploid potato selections. **American Journal of Potato Research**, v. 85, n. 3, p. 210–218, 2008.
- ZEBARTH, B. J. et al. Opportunities for improved fertilizer nitrogen management in production of arable crops in eastern Canada: A review. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 89, n. 2, p. 113–132, maio 2009.

SOBRE AS ORGANIZADORAS

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba -UFPB (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. E-mail: raissasalustriano@yahoo.com.br; raissa.matos@ufma.br; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>; Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-8908-2297>

FRANCISCA GISLENE ALBANO-MACHADO: Graduada em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), Mestre em Agronomia – Fitotecnia/Produção Vegetal pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2015), Doutora em Agronomia Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2019). Tem experiência na área de Agronomia com ênfase em fitotecnia, atuando nas áreas de produção, fisiologia e qualidade de frutos e substratos alternativos para espécies frutíferas, como maracujá, mamão, ateira e pitaia. E-mail: gislene.fga@gmail.com; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3728012118132276>; Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3614-7488>

MILENA MARIA TOMAZ DE OLIVEIRA: Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2013); Mestre em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2015); Doutora em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2019). Postdoctoral researcher, Ben-Gurion University of the Negev, Israel (2019-atualmente). Possui experiência na área de Agronomia/Fitotecnia com ênfase em fisiologia de plantas cultivadas, bioquímica, fisiologia e tecnologia pós-colheita e melhoramento genético de espécies cultivadas. E-mail: phdmilenaoliveira@gmail.com; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3709791112709404>; Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7345-1003>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adubação 12, 1, 3, 12, 16, 31, 40, 41, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 68, 108, 113, 114, 139, 141, 145, 154, 155, 159, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171

Agricultura familiar 61, 65, 71

Água disponível 97, 98

Aminoácidos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 19, 120, 160, 161

Análise multivariada 142, 146

Atributos químicos do solo 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 46, 51

B

Batateira 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

Bioestimulante 12, 105

Biomassa microbiana 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24

Brassica oleracea var. *botrytis* 148

C

Calagem 4, 35, 37, 38, 39, 42, 45, 46, 154, 155, 169

Cal hidratada 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 40, 44

Capim mombaça 137, 147

Classificação de solo 126, 127

Comunidade rural 60, 61, 63, 64, 68, 70

Curvas de diluição 159, 160, 167, 168

D

Decomposição 15, 19, 20, 24, 33, 49, 105, 106, 107, 109, 114

Diagnose foliar 159, 164, 168, 169

E

Equação Universal de Perdas de Solo 72, 74, 75

Erosão do solo 72, 73, 81, 86, 89, 91, 92, 93, 94, 95

Etnopedologia 61, 68, 71

F

Fertilizante 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 48, 50, 51, 53, 54, 55, 139, 140, 161, 163, 164, 167, 168

Fertilizante mineral 48

Fertilizantes de eficiência aumentada 137, 138

Fertilizantes nitrogenados 137, 140, 159, 161, 165
Fertilizantes organomineral 1
Forragem 29, 40, 109, 112, 113, 114, 119, 138, 146
Frações orgânicas 106
Fungos micorrizicos 117, 123

G

Gessagem 37, 38, 39, 43, 45
Glycine max 13, 14, 48, 49

I

Intemperismo 97, 98, 103

L

Levantamento de Solo 127

M

Mapeamento de Solos 127
Mapeamento pedológico 126, 128
Maracujá 1, 2, 3, 5, 8, 10, 12, 171
Maracujazeiro 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12
Morfofisiologia 106, 107, 109, 114, 137
Mudas 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 26, 37, 118

O

Opuntia stricta 117, 118, 120

P

Palma 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125
Passiflora edulis 1, 2, 5, 9, 10, 11
Pastagens 20, 106, 114, 139, 147
Percepção ambiental 60, 61, 62, 63, 68, 71
Porosidade 15, 29, 68, 86, 97, 99, 100
Potássio 4, 10, 12, 50, 54, 57, 148, 155, 159, 161, 162, 163, 164, 167, 168, 169, 170
Processo erosivo laminar 72
Produção agropecuária 26, 27, 28, 38
Produção de mudas 1, 2, 4, 8, 10, 11, 12, 118
Produção integrada 13, 14, 15
Produtividade 1, 3, 7, 12, 14, 15, 20, 22, 23, 31, 32, 33, 35, 39, 41, 42, 43, 45, 47, 49, 50, 51, 55,

58, 59, 62, 68, 70, 106, 114, 119, 139, 140, 146, 148, 154, 155, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169

Q

Qualidade do Solo 14, 19, 20, 23, 28, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71

R

Recomendações de Fertilização 51, 159, 161

Resíduo orgânico 48

Resíduo ruminal 105, 106, 107, 109, 114

S

Saberes tradicionais 61, 63

Salinidade 9, 10, 12, 50, 55, 56, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125

Sistema agropastoril 18, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 42, 44, 45

Sistema de informações geográficas 72, 74

Sistema de plantio direto 48, 52, 58

Sistemas sustentáveis 26, 27, 28, 38

Sistematização 72, 74, 76, 82, 94, 95, 96

Soja 11, 12, 13, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 29, 30, 35, 40, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 81, 82, 95, 146

Solanum tuberosum L. 159, 160

Solo arenoso 48

Solo residual 97, 98, 103

Solo residual gnáissico 97, 98

Substâncias húmicas 2, 3, 10, 12, 105, 106, 107, 113, 114

T

Tecnologia de Produção 106

Torta de filtro 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

U

Urochloa brizantha 16, 30, 105, 106, 107, 109, 114

V

Vinhaça 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

Z

Zea mays L. 27, 38, 65, 124

Desenvolvimento Tecnológico em Ciência do Solo

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2020

Desenvolvimento Tecnológico em Ciência do Solo

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2020