



A produção do Conhecimento nas Ciências Agrárias e Ambientais 2

Alan Mario Zuffo
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2019

Alan Mario Zuffo
(Organizador)

**A produção do Conhecimento nas Ciências
Agrárias e Ambientais
2**

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

P964 A produção do conhecimento nas ciências agrárias e ambientais 2
[recurso eletrônico] / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta
Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Produção do
Conhecimento nas Ciências Agrárias e Ambientais; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-285-2

DOI 10.22533/at.ed.852192604

1. Agronomia – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente – Pesquisa –
Brasil. I. Zuffo, Alan Mario. II. Série.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “A produção do Conhecimento nas Ciências Agrárias e Ambientais” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 28 capítulos, com conhecimentos científicos nas áreas agrárias e ambientais.

Os conhecimentos nas ciências estão em constante avanços. E, as áreas das ciências agrárias e ambientais são importantes para garantir a produtividade das culturas de forma sustentável. O desenvolvimento econômico sustentável é conseguido por meio de novos conhecimentos tecnológicos. Esses campos de conhecimento são importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

Para alimentar as futuras gerações são necessários que aumente a quantidade da produção de alimentos, bem como a intensificação sustentável da produção de acordo como o uso mais eficiente dos recursos existentes na biodiversidade.

Este volume dedicado às áreas de conhecimento nas ciências agrárias e ambientais. As transformações tecnológicas dessas áreas são possíveis devido o aprimoramento constante, com base na produção de novos conhecimentos científicos.

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

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, pesquisadores e entusiastas na constante busca de novas tecnologias para as ciências agrárias e ambientais, assim, garantir perspectivas de solução para a produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE FEIJÃO-FAVA NAS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO

José Tiago Barroso Chagas
Richardson Sales Rocha
Alexandre Gomes de Souza
Helenilson de Oliveira Francelino
Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira
Rafael Nunes de Almeida
Derivaldo Pureza da Cruz
Camila Queiroz da Silva Sanfim de Sant'anna
Mario Euclides Pechara da Costa Jaeggi
Maxwell Rodrigues Nascimento
Paulo Ricardo dos Santos
Marcelo Vivas
Silvério de Paiva Freitas Júnior

DOI 10.22533/at.ed.8521926041

CAPÍTULO 2 9

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE BIOLÓGICA DA FRAMBOESA (*RUBUS IDAEUS L.*). CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA ALEGAÇÃO DE SAÚDE

Madalena Bettencourt da Câmara João
Pedro Borges Ferreira Ana Varela
Coelho
Rui Feliciano
Andreia Bento da Silva
Elsa Mecha
Maria do Rosário Bronze
Rosa Direito
João Pedro Fidalgo Rocha
Bruno Sepodes
Maria Eduardo Figueira

DOI 10.22533/at.ed.8521926042

CAPÍTULO 3 22

COMPARAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ SUBMETIDOS A INFLUÊNCIA DO ÁCIDO ACÉTICO

Luiz Augusto Salles Das Neves
Raquel Stefanello
Kelen Haygert Lencina

DOI 10.22533/at.ed.8521926043

CAPÍTULO 4 27

COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE COM BASE EM SEIS ÍNDICES ZOOTÉCNICOS NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO

Miliano De Bastiani
Carla Adriana Pizarro Schmidt
Glória Patrica López Sepulveda
José Airton Azevedo dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.8521926044

CAPÍTULO 5	33
COMPARAÇÃO ENTRE OS PRINCIPAIS MÉTODOS DE DIGESTÃO PARA A DETERMINAÇÃO DE METAIS PESADOS EM SOLOS E PLANTAS	
<i>Júlio César Ribeiro</i>	
<i>Everaldo Zonta</i>	
<i>Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho</i>	
<i>Fabiana Soares dos Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926045	
CAPÍTULO 6	48
COMPARATIVO NA APLICAÇÃO DE ADUBO MINERAL E ORGANOMINERAL NA CULTURA DA ALFACE AMERICANA	
<i>Maria Juliana Mossmann</i>	
<i>Emmanuel Zullo Godinho</i>	
<i>Laércio José Mossmann</i>	
<i>Bruna Amanda Mazzuco</i>	
<i>Vanessa Conejo Matter</i>	
<i>Fernando de Lima Caneppele</i>	
<i>Luís Fernando Soares Zuin</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926046	
CAPÍTULO 7	57
COMPORTAMENTO DE ESTACAS DE <i>ALLAMANDA CATHARTICA</i> L. TRATADAS COM ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB)	
<i>Tadeu Augusto van Tol de Castro</i>	
<i>Rafael Gomes da Mota Gonçalves</i>	
<i>Igor Prata Terra de Rezende</i>	
<i>Lethicia de Souza Grechi da Silva</i>	
<i>Rafaela Silva Correa</i>	
<i>Carlos Alberto Bucher</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926047	
CAPÍTULO 8	66
COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIFÚNGICA <i>IN VITRO</i> DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE <i>Hypts suaveolens</i>	
<i>Wendel Cruvinel de Sousa</i>	
<i>Adiel Fernandes Martins Dias</i>	
<i>Josemar Gonçalves Oliveira Filho</i>	
<i>Flávia Fernanda Alves da Silva</i>	
<i>Cassia Cristina Fernandes Alves</i>	
<i>Cristiane de Melo Cazal</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926048	
CAPÍTULO 9	71
COMUNIDADE DE COLEOPTEROS ASSOCIADA A SOLOS HIDROMÓRFICOS	
<i>Jéssica Camile da Silva</i>	
<i>Dinéia Tessaro</i>	
<i>Ketrin Lohrayne Kubiak</i>	
<i>Luis Felipe Wille Zarzycki</i>	
<i>Bruno Mikael Bondezan Pinto</i>	
<i>Elisandra Pcojeski</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926049	

CAPÍTULO 10 83

CONTAMINAÇÃO DO SOLO E PLANTAS POR METAIS PESADOS ASSOCIADOS À ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Júlio César Ribeiro
Everaldo Zonta
Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho
Adriano Portz

DOI 10.22533/at.ed.85219260410

CAPÍTULO 11 98

CORRELAÇÃO ENTRE O VESS E OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E A MATÉRIA ORGÂNICA EM UMA TRANSEÇÃO NA SUB-BACIA MICAELA – RS

Thais Palumbo Silva
Gabriel Luís Schroeder
Mateus Fonseca Rodrigues
Cláudia Liane Rodrigues de Lima
Maria Cândida Moitinho Nunes
Mayara Torres Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.85219260411

CAPÍTULO 12 106

DADOS LIDAR AEROTRANSPORTADO NA PREDIÇÃO DO VOLUME EM UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus* sp

Daniel Dantas
Luiz Otávio Rodrigues Pinto
Ana Carolina da Silva Cardoso Araújo
Rafael Menali Oliveira
Natalino Calegario
Marcio Leles Romarco de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.85219260412

CAPÍTULO 13 116

DECOMPOSIÇÃO DA TORTA DE FILTRO TRATADA COM ACELERADORES BIOLÓGICOS

Pedro Henrique De Souza Rangel
Mariana Magesto De Negreiros
Guilherme Mendes Pio De Oliveira
Robinson Osipe

DOI 10.22533/at.ed.85219260413

CAPÍTULO 14 121

DESEMPENHO E PRODUÇÃO DE OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMA DE BASE AGROECOLÓGICA

Marize Bastos de Matos
Michele de Oliveira Mendonça
Kíssila França Lima
Iago da Silva de Oliveira e Souza
Wanderson Souza Rabello
Fernanda Gomes Linhares
Henri Cócaro
Karoll Andrea Alfonso Torres-Cordido

DOI 10.22533/at.ed.85219260414

CAPÍTULO 15 126

DESEMPENHO PRODUTIVO DA CULTURA DO MILHO ADUBADO COM DOSES DE CAMA DE AVIÁRIO

Alfredo José Alves Neto
Leonardo Deliberaes
Álvaro Guilherme Alves
Leandro Rampim
Jéssica Caroline Coppo
Eloísa Lorenzetti

DOI 10.22533/at.ed.85219260415

CAPÍTULO 16 143

DESENVOLVIMENTO DE BETERRABA SUBMETIDA A NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO

Guilherme Mendes Pio De Oliveira
Mariana Magesto De Negreiros
Pedro Henrique De Souza Rangel
Stella Mendes Pio De Oliveira
Hatiro Tashima

DOI 10.22533/at.ed.85219260416

CAPÍTULO 17 148

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CACAUEIRO GENÓTIPO COMUM BAHIA PRODUZIDOS NO OUTONO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Robson Prucoli Posse
Stefany Sampaio Silveira
Sophia Machado Ferreira
Francielly Valani
Rafael Jaske
Camilla Aparecida Corrêa Miranda
Inês de Moura Trindade
Sabrina Gobbi Scaldaferrro

DOI 10.22533/at.ed.85219260417

CAPÍTULO 18 157

DESENVOLVIMENTO DE UM MICROPULVERIZADOR AUTOPROPELIDO PARA APLICAÇÃO EM ENTRELINHAS ESTREITAS

Francisco Faggion
Natália Patrícia Santos Nascimento Benevides
Tiago Pereira Da Silva Correia

DOI 10.22533/at.ed.85219260418

CAPÍTULO 19 163

DESENVOLVIMENTO DE UMA BEBIDA DE AMENDOIM

Gerônimo Goulart Reyes Barbosa
Rosane da Silva Rodrigues
Mirian Ribeiro Galvão Machado
Josiane Freitas Chim
Liane Slawski Soares
Thauana Heberle

DOI 10.22533/at.ed.85219260419

CAPÍTULO 20 173

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE IPÊ-ROXO EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Jeniffer Narcisa-Oliveira
Renata do Nascimento Santos
Beatriz Santos Machado
Juliane Gonçalves da Silva
Raíra Andrade Pelvine
Rudiel Machado da Silva
Nathalia Pereira Ribeiro
Lorene Tiburtino-Silva

DOI 10.22533/at.ed.85219260420

CAPÍTULO 21 181

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE FEIJÃO INOCULADAS COM AZOSPIRILLUM BRASILENSE

Juliana Yuriko Habitzreuter Fujimoto
Vanessa de Oliveira Faria
Caroline Maria Maffini
Bruna Caroline Schons
Gabriele Larissa Hoelscher
Bruna Thaina Bartzen
Eloisa Lorenzetti
Olivia Diulen Costa Brito

DOI 10.22533/at.ed.85219260421

CAPÍTULO 22 187

DETERMINAÇÃO DA CURVA DE UMIDADE DO GRÃO DE MILHO POR MEDIDA DE CAPACITÂNCIA

Jorge Gonçalves Lopes Júnior
Letícia Thália da Silva Machado
Daiana Raniele Barbosa Silva
Edinei Canuto Paiva
Wagner da Cunha Siqueira
Selma Alves Abrahão

DOI 10.22533/at.ed.85219260422

CAPÍTULO 23 193

DETERMINAÇÃO DA FOLHA MAIS ADEQUADA PARA A AVALIAÇÃO DO NITROGÊNIO NA PLANTA DE ARROZ

Juliana Brito da Silva Teixeira
Letícia Ramon de Medeiros
Luis Osmar Braga Schuch
Ariano Martins de Magalhaes Júnior
Ledemar Carlos Vahl
Matheus Walcholz Thiel
Larissa Soria Milanesi

DOI 10.22533/at.ed.85219260423

CAPÍTULO 24	199
DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE GIRASSOL BRS G57	
<i>Dhenny Costa da Mota</i>	
<i>Bruna Cecília Gonçalves</i>	
<i>Dhemerson da Silva Gonçalves</i>	
<i>Selma Alves Abrahão</i>	
<i>Wagner da Cunha Siqueira</i>	
<i>Antonio Fabio Silva Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260424	
CAPÍTULO 25	205
DETERMINAÇÃO DE ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE QUINOA E AMARANTO EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA	
<i>Natasha Ohanny da Costa Monteiro</i>	
<i>Fabiana Carmanini Ribeiro</i>	
<i>Gervásio Fernando Alves Rios</i>	
<i>João Batista Soares</i>	
<i>Samuel Martin</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260425	
CAPÍTULO 26	217
DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ARAÇÁ VERMELHO (<i>Psidium cattleianum</i> L.)	
<i>Elisa dos Santos Pereira</i>	
<i>Taiane Mota Camargo</i>	
<i>Marjana Radünz</i>	
<i>Jardel Araujo Ribeiro</i>	
<i>Pâmela Inchauspe Corrêa Alves</i>	
<i>Marcia Vizzotto</i>	
<i>Eliezer Avila Gandra</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260426	
CAPÍTULO 27	227
DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> DE SILAGEM DE BAGAÇO DE SORGO SACARINO	
<i>Lucas Candiotto</i>	
<i>Angélica Caroline Zatta</i>	
<i>Cleiton Rafael Zanella</i>	
<i>Felipe Candiotto</i>	
<i>Jessica Maiara Nemirscki</i>	
<i>Angela Carolina Boaretto</i>	
<i>Rui Alberto Picolotto Junior</i>	
<i>Luryan Tairini Kagimura</i>	
<i>Ricardo Beffart Aiolfi</i>	
<i>Wilson Henrique Tatto</i>	
<i>Bruno Alcides Hammes Schumalz</i>	
<i>Márcia Mensor</i>	
<i>Anderson Camargo de Lima</i>	
<i>André Brugnara Soares</i>	
<i>Edison Antonio Pin</i>	
<i>Jean Carlo Possenti</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260427	

CAPÍTULO 28	233
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESPÉCIES DE MOLUSCOS LÍMNICOS DO RIO PINTADO, BACIA HIDROGRÁFICA DO IGUAÇU	
<i>Alcemar Rodrigues Martello</i>	
<i>Mateus Maurer</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260428	
SOBRE O ORGANIZADOR	241

CONTAMINAÇÃO DO SOLO E PLANTAS POR METAIS PESADOS ASSOCIADOS À ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Júlio César Ribeiro

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Departamento de Solos, Seropédica - RJ

Everaldo Zonta

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Departamento de Solos, Seropédica - RJ

Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Departamento de Solos, Seropédica - RJ

Adriano Portz

Universidade Federal Fluminense (UFF), Departamento de Engenharia de Agronegócios, Campus Volta Redonda - RJ

RESUMO: As atividades antrópicas e, dentre elas, a agricultura, têm contribuído para o aumento da concentração de metais pesados em solos e plantas, e ampliado os riscos de contaminação em diversos níveis da cadeia trófica. Objetivou-se no presente trabalho realizar uma revisão de literatura sobre a contaminação do solo e plantas por metais pesados associados à adubação orgânica, visando avaliar a utilização de resíduos agroindustriais no meio agrícola e seu potencial como agente contaminante. A grande diversidade e disponibilidade de resíduos agroindustriais tem impulsionado cada vez mais sua utilização na agricultura como

adubos orgânicos e/ou condicionadores do solo. Entretanto, o conhecimento de sua origem e composição, assim como das condições físico-químicas e biológicas do solo é imprescindível para sua utilização e manejo adequado, sendo o monitoramento periódico do solo agrícola sob aplicação de tais resíduos fundamental para a manutenção de sua capacidade produtiva e nutrição adequada das plantas a médio e longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo orgânico agroindustrial, matéria orgânica, elementos-traço, contaminação do solo, metais em plantas.

ABSTRACT: Anthropogenic activities, including agriculture, have contributed to an increase in the concentration of heavy metals in soils and plants and increased the risk of contamination at various levels of the food chain. The objective of this work was to carry out a literature review on the contamination of soil and plants by heavy metals associated with organic fertilization, aiming to evaluate the use of agroindustrial residues in the agricultural environment and its potential as contaminating agent. The wide diversity and availability of agroindustrial wastes has increasingly boosted its use in agriculture as organic fertilizers and / or soil conditioners. However, the knowledge of its origin and composition, as well as of the physical-chemical and biological conditions of the soil is essential

for its proper use and management, being the periodic monitoring of the agricultural soil under the application of such wastes fundamental for the maintenance of its productive capacity and adequate plant nutrition in the medium and long term.

KEYWORDS: agroindustrial organic residue, organic matter, trace elements, soil contamination, metals in plants.

1 | INTRODUÇÃO

A contaminação pode ser compreendida pela presença de algum elemento ou de substâncias químicas, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações que restrinjam a utilização do recurso ambiental. É definida com base na avaliação de risco à saúde humana e bens a proteger, caracterizando-se como a contaminação pela presença considerável em relação às concentrações naturais de algum elemento ou substância que possa afetar o ecossistema. Dessa forma, compromete a funcionalidade e sustentabilidade do ecossistema, podendo se exemplificar, dentro dessa ótica, os metais pesados (ALLOWAY, 1995; BRAGA et al., 2002).

Os nutrientes geralmente requeridos pelas plantas em maior quantidade tais como Ca, Mg, P e K são denominados de macronutrientes, enquanto outros nutrientes necessários em pequenas quantidades pelas plantas são denominados de micronutrientes. Alguns metais pesados como Cu, Fe, Mo, Mn, Ni e Zn são considerados micronutrientes imprescindíveis para o desenvolvimento das plantas, no entanto, podem ser tóxicos em concentrações elevadas. Outros, como o Cd, As, Cr, Bi, Sb, Hg e Pb não possuem uma função biológica conhecida, causando toxidez (GUILHERME et al., 2005).

Constituintes de uma gama de enzimas celulares, os macro e micronutrientes mantém a estabilidade das membranas celulares, atendendo os critérios de essencialidade, onde em sua ausência as plantas não completam seu ciclo vital (MALAVOLTA, 1980). Metais pesados são geralmente classificados como poluentes ambientais, afetando o ar, a água e o solo, com consequente transferência para as plantas e animais atingindo toda a cadeia alimentar (MALAVOLTA, 1994), isto por não serem biodegradáveis e acabarem se acumulando nos diferentes níveis tróficos.

Provenientes da rocha matriz que sofre intenso processo de intemperismo como também pela mineralização de fragmentos de plantas, animais e microorganismos, os metais pesados são encontrados naturalmente em baixas concentrações nos solos sem atividade antrópica, não representando riscos aos seres humanos, plantas e animais (COSTA et al., 2010). No entanto, as atividades antrópicas e, dentre elas, a agricultura, vem se destacando pelo elevado potencial de contaminação do solo, plantas e corpos d'água. Isso devido a grande utilização de agroquímicos (fungicidas, inseticidas e fertilizantes), principalmente na agricultura convencional com a finalidade de correção do pH do solo, o suprimento de nutrientes, além da prevenção e controle

de pragas e doenças. Os agroquímicos utilizados não são suficientemente purificados durante o processo de manufatura, possuindo em sua composição metais pesados como princípio ativo ou como impurezas, associado à elevada persistência no solo, baixa a moderada solubilidade em água e alta adsorção à matéria orgânica do solo, levando à contaminação do solo, plantas e das águas (AMARAL SOBRINHO et al., 1992; AMARAL SOBRINHO et al., 1997). Outra potencial fonte de contaminação no processo agrícola é proveniente da utilização de resíduos orgânicos como fertilizantes e/ou condicionadores do solo, que dependendo de sua origem e composição podem contribuir vigorosamente para a adição de metais pesados nos solos (MARQUES et al., 2002). Desta forma, objetivou-se no presente trabalho realizar uma revisão de literatura sobre a contaminação do solo e plantas por metais pesados associados à adubação orgânica, visando avaliar a utilização de resíduos agroindustriais no meio agrícola e seu potencial como agente contaminante.

2 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada para este trabalho foi à revisão de literatura com base em publicações nacionais e internacionais sobre contaminação do solo e de plantas por metais pesados associados à adubação orgânica. Para que se pudesse identificar as principais formas de contaminação, assim como os resíduos orgânicos mais utilizados atualmente no meio agrícola com potencial de contaminação, foram avaliados trabalhos sobre o tema em questão, que abordavam palavras-chave como: resíduo orgânico, fertilizante orgânico, resíduo agroindustrial, reciclagem agrícola, compostagem, matéria orgânica, propriedades químicas do solo, ciclagem de nutrientes, elementos-traço, biodisponibilidade de metais, contaminação do solo, metais em plantas, fatores de acumulação, manejo da biomassa e mineralização de resíduos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disponibilidade de nutrientes e metais para as plantas esta estreitamente relacionada com a solubilidade do elemento na solução do solo, o que envolve processos ligados à matéria orgânica do solo, sendo essencial a sua adequada manutenção. Assim, a presença de matéria orgânica associada ao tipo e a composição do solo, óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn, as características e as propriedades das substâncias orgânicas e inorgânicas presentes, o valor e as variações do pH, o potencial redox do solo e a especiação química do metal em questão são fatores que interferem na disponibilidade do elemento.

Um solo com quantidade adequada de matéria orgânica apresenta características favoráveis ao desenvolvimento das plantas, contribuindo fortemente com a disponibilidade de nutrientes, retenção de água, complexação de elementos tóxicos,

além do equilíbrio químico, físico e biológico do mesmo. A matéria orgânica é um componente bastante sensível às condições ambientais e às mudanças nas práticas de manejo agrícola. Quando manejado inadequadamente, o solo é levado a perdas de matéria orgânica, acarretando em uma degradação progressiva de difícil recuperação, a qual influenciará na redução da produtividade das culturas e conseqüentemente na renda do produtor; por este motivo deve ser levada em consideração na avaliação do potencial produtivo do solo e na escolha das práticas de manejo a serem empregadas (SILVA et al., 2010).

O termo “matéria orgânica do solo” (MOS) é muito abrangente, pois a matéria orgânica possui uma constituição heterogênea, a qual compreende diversos compostos constituídos de carbono orgânico, incluindo os microrganismos vivos e mortos, resíduos vegetais e animais parcialmente decompostos, produtos de sua decomposição e substâncias orgânicas microbiologicamente ou e/ou quimicamente alteradas (CUNHA et al., 2009; SILVA et al., 2010), que podem ser facilmente mineralizáveis ou altamente recalcitrantes permanecendo no solo por tempo indeterminado (BUYANOVSKY et al., 1994).

De acordo com Wander (2004), a MOS pode ser classificada em:

- i) MOS lábil ou ativa - trata-se de material não protegido fisicamente com elevado teor de nutrientes e energia, com tempo de vida de dias até poucos anos, que contribui para a formação de macroagregados do solo.
- ii) MOS intermediária ou pouco transformada - trata-se de material que pode estar fisicamente protegido, com tempo de vida de poucos anos até décadas.
- iii) MOS recalcitrante, passiva, estável ou inerte - trata-se de material associado aos minerais do solo, bioquimicamente estável, com tempo de vida de décadas a séculos.

Segundo Theng (1987) a MOS pode ser dividida em componente vivo e componente morto. O componente vivo é subdividido em três compartimentos, sendo eles: raízes, correspondendo de 5 a 10%; macrorganismos ou fauna, correspondendo de 15 a 30% e microorganismos, correspondendo de 60 a 80%. O componente morto da matéria orgânica do solo compreende 98% do carbono orgânico do solo podendo ser dividido em fração leve (matéria macrorgânica) e fração húmus do solo.

A fração denominada húmus que constitui a MOS é considerada uma boa indicadora da qualidade e estrutura do solo, estando diretamente relacionado com a quantidade e distribuição de carbono orgânico (BRONICK; LAL, 2005).

O húmus do solo pode ser dividido em dois grupos, sendo eles as substâncias húmicas e as substâncias não húmicas. As substâncias não húmicas, são constituídas por ácidos graxos, aminoácidos, proteínas e outros compostos orgânicos com características químicas e físicas definidas. As substâncias húmicas, apresentam grande reatividade em comparação com os demais componentes do solo. São originadas pelo processo de oxidação e subsequente polimerização da matéria

orgânica, e compostas por uma mistura heterogênea de moléculas polidispersas com elevadas massas moleculares e grupos funcionais distintos, o que confere a capacidade de complexar diferentes espécies químicas, como espécies metálicas e compostos orgânicos (STEVENSON, 1994).

As substâncias não húmicas, são mais susceptíveis à decomposição microbiana, sendo geralmente encontradas em forma dissolvida na solução do solo, que muitas vezes leva a impactos ambientais pela grande mobilidade, lixiviando metais pesados para águas subterrâneas (MARINARI et al., 2010; SILVA et al., 2010), ao passo que as substâncias húmicas são altamente resistentes à biodegradação, estando fortemente associadas à fase mineral do solo como complexos com grande estabilidade (IVANOV et al., 2009; SILVA et al., 2010), podendo ser separadas com base na solubilidade em meio aquoso como:

- i) Ácidos fúlvicos - fração solúvel em meios alcalinos e ácidos.
- ii) Ácidos húmicos - fração solúvel em meio alcalino e insolúvel em meio ácido ($\text{pH} < 2,0$).
- iii) Humina - fração insolúvel tanto em meio alcalino como em meio ácido (qualquer condição de pH).

As substâncias húmicas presentes na MOS estão relacionadas com importantes atributos e processos químicos, físicos e biológicos atuando nos efeitos sobre os nutrientes e metais do solo. A adição de matéria orgânica ao solo proporciona diversos efeitos condicionadores ao mesmo, por atuar na interação com argilominerais do solo; no tamponamento da acidez, mantendo o equilíbrio da solução do solo; promove aumento da CTC, devido a matéria orgânica apresentar estado amorfo, expondo uma superfície muito maior do que a argila, conseqüentemente, uma capacidade de troca muito superior a das argilas; melhora o condicionamento físico do solo, favorecendo a cimentação de partículas e conseqüente formação de agregados mais estáveis, melhorando a porosidade, retenção de água e redução de escoamentos superficiais; reduz a plasticidade e coesão, diminuindo a consistência plástica e pegajosidade principalmente em solos argilosos, favorecendo o desenvolvimento das raízes das plantas; atua no controle térmico, proporcionando a manutenção da temperatura do solo pela capacidade de reter água, reduzindo as oscilações de temperatura durante o dia; e complexação de metais pesados, como Fe, Zn, Mn, Cu e Co (CONCEIÇÃO et al., 2005; BASSO et al., 2008).

O conteúdo de matéria orgânica na maioria dos solos minerais é inferior a 5%. Apesar de compor uma pequena quantidade, ela apresenta uma alta capacidade de interagir com outros componentes, alterando assim propriedades fundamentais para um bom funcionamento do solo e desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2010).

Uma alternativa promissora para o fornecimento e manutenção da matéria orgânica do solo é a utilização de adubos orgânicos, os quais podem ser constituídos de resíduos de origem animal, vegetal, urbano ou agroindustrial com elevados teores de compostos orgânicos como lignina, celulose e carboidratos (MELLO; FERNANDES,

2000).

Trani et al. (2013) classificam os adubos orgânicos como simples, quando adicionada apenas uma fonte orgânica; mistos, quando adicionadas duas ou mais fontes; compostos, quando a fonte orgânica passa por processo bioquímico natural ou controlado de compostagem; ou organominerais, resultantes da mistura ou combinações de adubos orgânicos e minerais.

Uma gama variada de resíduos orgânicos utilizados como adubos são relatados na literatura. Mello; Fernandes (2000) citam diversos resíduos agropecuários comercializados com grande utilização como adubos orgânicos, dentre eles, a torta de mamona, farinha de ossos, chifres e cascos, esterco de curral, esterco de galinha, vinhaça e torta de filtro.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal (ABISOLO) a geração de resíduos das principais culturas no Brasil (cana-de-açúcar, soja, milho e laranja) no ano de 2014 gerou aproximadamente 349 milhões de toneladas e mais de 603 milhões de metros cúbicos de efluentes advindos da geração da vinhaça de cana-de-açúcar. Ainda segundo a instituição no ano de 2015 a indústria de tecnologia em nutrição vegetal apresentou um faturamento de R\$ 5,2 bilhões, sendo 4,1% desse valor proveniente da comercialização de adubos orgânicos, tendo em comparação ao ano de 2014 um aumento de 6% na comercialização de tais adubos (ABISOLO, 2016).

Com relação à geração de resíduos no setor pecuário, a expectativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é que até o ano de 2020 a produção nacional de carne de frango, bovina e suína venha suprir 48,1; 44,5 e 14,2% do mercado mundial, respectivamente. Aliado a isto está o aumento na produção de resíduos, os quais demandarão sistemas adequados para disposição e utilização, reduzindo riscos de contaminação ambiental (ABISOLO, 2016).

O alto custo dos fertilizantes minerais associado a grande geração de resíduos orgânicos tem impulsionado a utilização dos resíduos como adubos orgânicos, os quais, se administrados corretamente, podem suprir parcial ou totalmente o uso de fertilizantes minerais (RODRIGUES et al., 2008).

Segundo Mello; Fernandes (2000) a adubação orgânica diminui o gasto com adubos minerais, visto que a mesma tem como base o uso de dejetos que são insumos de baixo custo no meio rural e de alto retorno econômico para a agricultura. A título de exemplo, 10 toneladas de esterco fresco de bovinos correspondem a aproximadamente 50 kg de uréia, 50 kg de superfosfato triplo e 50 kg de cloreto de potássio.

Os adubos orgânicos estão sendo utilizados cada vez mais na produção agrícola, por serem fontes de nutrientes e por beneficiarem propriedades físico-químicas e biológicas do solo, possibilitando variada disponibilidade de nutrientes. Comumente apresentam nutrientes na forma orgânica, necessitando, ainda, ser mineralizados para a disposição na solução do solo para que a maioria das plantas possa absorvê-los (MIYASAKA et al., 1997).

O processo de mineralização do material orgânico adicionado ao solo pode ocorrer a curto ou longo prazo, estando intimamente relacionado com a sua relação C/N, onde um material orgânico com baixa relação C/N apresenta uma degradação rápida, implicando em maior quantidade de N mineralizado; enquanto um material orgânico com elevada relação C/N apresenta uma lenta degradação, podendo ocorrer à deficiência de N disponível em decorrência a grande absorção pelos microrganismos, o qual só retorna ao sistema após a decomposição do resíduo adicionado (MELLO; FERNANDES, 2000).

Os adubos orgânicos de origem animal apresentam, geralmente, mineralização mais acelerada do que adubos orgânicos de origem vegetal, quando submetidos às mesmas condições de umidade e temperatura, isso devido sua menor relação C/N (TRANI et al., 2013). Uma das vantagens da mineralização mais lenta da maioria dos adubos orgânicos, principalmente de origem vegetal, é a disponibilização gradativa de nutrientes, evitando perdas em períodos em que a planta não os necessita.

Não obstante dos adubos minerais que em grande maioria possuem metais pesados em sua constituição provenientes do processo de manufatura, os adubos orgânicos também podem apresentar metais pesados dependendo de sua origem, como por exemplo, esterco de origem animal podem fornecer metais pesados ao solo, procedentes, sobretudo, de suplementos usados geralmente em demasia em sua alimentação (MIYASAKA et al., 1997).

Segundo Lake (1987), um determinado resíduo orgânico não apresenta potencial de contaminação quando a presença de metais é menor ou igual ao teor do mesmo metal no solo. Contudo, cuidados redobrados devem ser tomados com resíduos orgânicos, nos quais a matéria orgânica não foi totalmente mineralizada, podendo aumentar os riscos de contaminação de acordo com as características do solo.

O uso de resíduos orgânicos previamente degradados por meio de processo de compostagem proporciona uma dinâmica diferenciada ao solo comparado à utilização dos resíduos em estado natural, isso devido o composto apresentar uma matéria orgânica decomposta e estabilizada (KIEHL, 1985). O processo de compostagem e sua maturidade final estão relacionados com a disponibilidade dos metais, visto que em tal processo o teor de metais pode aumentar em decorrência da perda de peso causada pela mineralização do resíduo. Entretanto, a disponibilidade da maioria dos metais pesados é reduzida em virtude da complexação pelas substâncias húmicas (GARCÍA et al., 1991).

As plantas estão vulneráveis a absorção de metais introduzidos por meio da utilização de adubos orgânicos, dado que os mesmos se acumulam majoritariamente na camada superficial do solo, onde está localizada a maior parte do sistema radicular das plantas, viabilizando a absorção pelas mesmas (STIGLIANI, 1988).

Na Tabela 1, pode ser visualizada a composição de alguns resíduos orgânicos mais comercializados e utilizados na agricultura segundo Raji et al. (1996) e Trani; Trani (2011).

Resíduos orgânicos	C/N	P	K	Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Ni	Pb
		----- % -----		----- mg kg ⁻¹ -----								
Esterco bovino fresco	16	1,6	18,0	0,5	15	16	2100	276	87	-	2	2
Esterco bovino curtido	21	4,1	3,8	3,0	24	38	3512	335	329	-	2	1
Esterco (cama) de frango de corte	22	2,4	2,7	2,3	36	93	1300	302	228	-	-	-
Esterco de galinha	11	4,8	2,4	5,1	27	230	3200	547	494	2	2	17
Esterco suíno	10	4,1	2,9	3,5	16	937	3700	484	673	-	2	3
Esterco equino	25	1,3	1,7	1,1	10	22	2732	226	85	-	-	-
Casca de café	28	0,3	3,6	0,4	33	18	150	30	70	-	-	-
Farinha de ossos	4	27,3	4,3	23,2	0,4	2	11	2	18	-	-	-
Farinha de casco e chifres bovino	3	0,9	4,2	0,3	0,9	12	731	23	115	-	-	-
Ensilado de peixes	5	6,4	0,8	10,0	-	45	552	400	51	-	-	-
Composto de lixo*	27	0,8	0,7	1,9	3	181	8300	-	432	11	25	111
Lodo de esgoto*	11	3,6	0,4	3,2	37	870	3600	408	1800	-	362	360
Vinhaça <i>in natura</i>	17	0,4	8,0	2,0		100	144	13	60	-	-	-
Torta de filtro	21	1,7	0,3	4,6	11	119	22189	576	143	-	-	-
Torta de mamona	9	1,8	1,6	2,0	30	80	1423	55	141	-	-	-
Palhada de milho	46	0,4	3,3	0,4	16	10	120	110	25	-	-	-

Tabela 1 - Composição de resíduos orgânicos de origem animal, vegetal e agroindustrial com base na matéria seca.

* Composto de lixo e lodo de esgoto são de uso proibido em hortaliças, raízes e tubérculos - Resolução CONAMA 375. Fonte: Adaptado de Raji et al. (1996) e Trani; Trani (2011).

Observa-se que uma gama variada de resíduos orgânicos podem ser adicionados ao solo com a finalidade de melhorar suas características físico-químicas e biológicas. Entretanto, simultaneamente ao fornecimento do material orgânico ao solo, podem ser disponibilizados metais pesados presentes em tais resíduos (COSTA et al., 2010).

Nota-se ainda, que a maior parte dos resíduos utilizados apresentam teores consideráveis de metais pesados considerados essenciais ao desenvolvimento das plantas como Cu, Fe, Mn, Ni e Zn, que, no entanto, podem ser tóxicos em concentrações elevadas; além de apresentarem em sua composição Cd e Pb, metais que não possuem uma função biológica conhecida, causando toxidez as plantas e seres humanos. Isso chama a atenção para a necessidade de redobrar os cuidados relacionados à quantidade e frequência de aplicação de resíduos orgânicos em uma determinada área, levando sempre em consideração a capacidade do solo em promover sua decomposição, para que não haja riscos de lixiviação e contaminação do solo, plantas e corpos d'água.

No solo são encontradas cargas elétricas negativas e positivas, sendo geralmente as negativas detectadas em maior quantidade. Tais cargas estão diretamente relacionadas com o processo de adsorção, a qual pode ocorrer através de troca iônica (adsorção não específica) ou adsorção específica. A troca iônica compreende o princípio de eletroneutralidade, na qual ocorre a necessidade de que as cargas eletronegativas dos colóides do solo sejam contrabalanceadas por cargas eletropositivas catiônicas da

superfície dos colóides, sendo esse evento reversível e controlado pela difusão iônica (CAMARGO et al., 2001). A adsorção específica envolve o processo de desidratação dos íons, formando sempre certo nível de ligação covalente através de complexos de esfera interna com óxidos de Fe, Al e Mn, sendo pouco afetada pela concentração iônica e altamente dependente de pH.

As cargas elétricas negativas do solo podem ser permanentes ou variáveis. As cargas permanentes ou estruturais ocorrem comumente em minerais de argila do tipo 2:1, podendo apresentar-se em menor frequência nos minerais de do tipo 1:1. As cargas variáveis do solo, são provenientes da adsorção de íons na superfície dos colóides, sendo as mesmas dependentes do pH do solo; onde a medida que se eleva o pH o seu aparecimento é favorecido, aumentando a CTC (FONTES et al., 2001).

O incremento da CTC está relacionado com a MOS, a qual apresenta cargas dependentes de pH e predominantemente negativas, por apresentar menor energia de ligação do íon H^+ com o seu grupo funcional carboxil (-COOH), dissociando seus íons mais facilmente, criando cargas elétricas negativas em pH relativamente baixo (~3,5), fazendo com que ela seja a principal fonte de cargas eletronegativas em solos muito intemperizados com predominância de minerais do tipo 1:1 como a caulinita (BENITES; MENDONÇA, 1998; MEURER et al., 2010). Comumente, solos arenosos, com baixa CTC, e baixo teor de argila e matéria orgânica apresentam maior mobilidade de metais (ROSS, 1994). Assim, a adição de adubos orgânicos se torna fundamentalmente importante no solo, principalmente em solos intensamente intemperizados que apresentam minerais de baixa atividade, para que se possa reestabelecer a retenção de cátions, contribuindo a matéria orgânica com aproximadamente 90% da CTC do solo (KIEHL, 1985; MELO et al., 1997); além de melhorar características como, aeração, infiltração e retenção de água, estabilidade da estrutura, a atividade microbiana e uma maior solubilização de minerais do solo em decorrência da liberação dos ácidos orgânicos pelo processo de mineralização, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas (CONCEIÇÃO et al., 2005). Nestes solos a matéria orgânica contribui ainda com redução de fixação de P oriundo da adubação fosfatada, favorecendo maior aproveitamento do nutriente pelas plantas (RAMOS et al., 2010). Essa redução da fixação de P ocorre devido os colóides orgânicos serem predominantemente eletronegativos na camada superficial o que promove a repulsão do fosfato, reduzindo sua adsorção específica e precipitação com Fe e Al na superfície da fase sólida, facilitando assim, a absorção do elemento pelas plantas.

Entretanto, metais pesados presentes na solução do solo podem se ligar fortemente a MOS através de ligações específicas, em decorrência da interação de caráter covalente formando complexos metálicos (quelatos) estáveis, quando ocorre ligação entre dois ou mais pontos da molécula orgânica, reduzindo sua absorção pelas plantas (MORTVEDT et al., 1991). Deve ainda ser considerado os fenômenos de troca que ocorrem na região rissosférica, onde a absorção e a translocação do metal pesado

por meio dos tecidos das plantas podem ocorrer de forma reduzida ou mesmo não ocorrer em algumas situações; isso porque as plantas apresentam mecanismos de proteção que bloqueiam o metal quando esse ainda se encontra no solo na forma de complexos formados com os exsudados das próprias raízes ou mesmo quando o metal encontra-se no interior das raízes onde são obstruídos por camadas de células que compõem a endoderme (MARQUES et al., 2002). Assim, íons metálicos quelados com ligantes orgânicos não podem ser absorvidos diretamente pelas plantas, devendo ser separados dos ligantes por um processo de troca para que possam atravessar o plasmalema e entrar no citoplasma da célula para serem translocados para os diversos compartimentos das plantas (BELL et al., 1991). Dentre as partes das plantas, as raízes são as quais tendem a acumular metais pesados, levando a engrossamento e inibição do crescimento, isso em função a concentração e o tempo de contato com o metal (PUNZ; SIEGHARDT, 1993).

Apesar de condições impróprias de disponibilidade de metais no solo associado aos mecanismos de proteção das plantas, a absorção de metais pode ocorrer em quantidades suficientes para o aparecimento de sintomas de fitotoxicidade (CAMILOTTI et al., 2007).

A complexação de metais pesados pela matéria orgânica (substâncias húmicas) influenciará no destino dos metais no solo e nas águas, podendo levar a efeitos benéficos ou maléficos. Como efeito benéfico da complexação pode-se citar a redução da atividade dos metais na solução do solo, ficando os mesmos indisponíveis para absorção das plantas, ou de contaminar águas superficiais ou subterrâneas. Como efeitos menos apreciáveis, pode-se citar a formação de complexos estáveis, porém solúveis entre as substâncias húmicas e os metais pesados, podendo os metais ser transportados pelas substâncias húmicas na água. Porém, essa reação de complexação pode ser entendida como aumento da solubilidade de cátions essenciais na manutenção das plantas, como Cu, Mo, Mn, Ni e Zn que se encontram em formas pouco solúveis no solo. Por outro lado, estas reações de complexação podem formar complexos com micronutrientes que podem se tornar pouco disponíveis as plantas. Solos orgânicos são geralmente abundantes em Cu, Mn e Zn, porém normalmente apresentam deficiência desses elementos devido a formação de complexos estáveis com a matéria orgânica, sendo disponibilizados apenas pequenas quantidades na solução do solo (SILVA et al., 2010). Contudo, a taxa de transferência de metais pesados do solo para as plantas varia de acordo com o metal e o tipo de planta analisados. Metais como Cd e Zn, apresentam maiores taxas de transferência do solo para hortaliças enquanto o Cr e Pb menores taxas (KORENTAJER, 1991).

A matéria orgânica atua na estimulação da microbiota do solo de forma direta, fornecendo uma gama variada de microrganismos ao solo pela sua adição, assim como também na manutenção dos já existentes como fonte de energia, além de controlar a persistência, a velocidade de degradação e a mobilidade de elementos, mantendo o solo em estado dinâmico constante (CONCEIÇÃO et al., 2005; SILVA et al., 2010).

Os microrganismos que atuam na decomposição da matéria orgânica pelo processo de mineralização e formação de substâncias húmicas, também podem contribuir para a acidez do solo em decorrência da liberação de íons de H^+ durante o processo de mineralização. Os íons de H^+ liberados por esse processo influenciará no pH do solo, interferindo o mesmo na adsorção de metais. Em ambientes com valor elevado de pH (~6,5), ocorrerá maior adsorção de íons metálicos a carbonatos e óxidos de Fe e Mn amorfos, caracterizando uma barreira química pela oclusão e precipitação, com uma menor fase de contaminação pelo metal trocável, não estando os mesmos prontamente disponíveis a absorção das plantas (ALLOWAY, 1995; MEURER et al., 2010).

O calcário, utilizado como insumo agrícola pode reduzir a disponibilidade dos metais pesados de forma direta ou indireta, atuando diretamente na imobilização de metais por meio da elevação do pH do solo e consequente adsorção e precipitação; e de forma indireta através da ação sobre a matéria orgânica do solo ocasionando a complexação e quelação de cátions metálicos, reduzindo sua disponibilidade e consequentemente a toxicidade às plantas (MENCH et al., 1999). Contudo, a adição de material orgânico principalmente em solos ácidos e com baixos valores de argila pode levar a formação de complexos orgânicos solúveis, os quais apresentam-se disponíveis as plantas (ALLOWAY, 1995). Assim, a menor solubilização de resíduos alcalinos serve como barreira química e a maior solubilização de resíduos ácidos proporciona a disponibilidade de metais pesados. Vale ressaltar que a elevação em uma unidade de pH, reduz em aproximadamente 100 vezes a solubilidade de metais divalentes.

A qualidade e a quantidade de adubos orgânicos adicionados ao solo, assim como as características do solo, clima e manejo adequado da matéria orgânica são primordiais para a manutenção de sua capacidade produtiva em longo prazo, mantendo uma boa condição, não apenas do solo, como das plantas e recursos hídricos (CONCEIÇÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2008).

De modo geral, a grande quantidade de resíduos orgânicos gerados nos diversos setores industriais e agropecuários tem impulsionado seu uso em sistemas agrícolas, mostrando-se muito eficientes na melhoria de características físicas, químicas e biológicas dos solos. Contudo, sua utilização deve ser cautelosa, visto que entre a diversidade de resíduos que podem ser aplicados, uma grande quantidade pode apresentar metais pesados em sua composição, podendo levar a contaminação do solo, plantas e recursos hídricos. Por outro lado, a matéria orgânica incrementada ao solo por meio dos adubos orgânicos com quantidade balanceada de nutrientes, possui características químicas as quais podem auxiliar na melhoria do fornecimento de macro e micronutrientes, e até mesmo na complexação e retenção de metais pesados por diferentes processos.

4 | CONCLUSÕES

A grande diversidade e disponibilidade de resíduos agroindustriais tem impulsionado cada vez mais sua utilização na agricultura como adubos orgânicos e/ou condicionadores do solo. Entretanto, o conhecimento de sua origem e composição, assim como, das condições físico-químicas e biológicas do solo é imprescindível para sua utilização e manejo adequado, sendo o monitoramento periódico do solo agrícola sob aplicação de tais resíduos, fundamental para a manutenção de sua capacidade produtiva e nutrição adequada das plantas a médio e longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ABISOLO - Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal. **2º Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal**. São Paulo. 140p. 2016.
- ALLOWAY, B., J. **Heavy metals in soils**. 2ª ed. Glasgow: Blackie Academic, 364 p. 1995.
- AMARAL SOBRINHO, N., M., B.; COSTA, L., M.; OLIVEIRA, C.; VELLOSO, A., C., X. **Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos**. R. Bras. Ci. Solo, v.16, p.271-276. 1992.
- AMARAL SOBRINHO, N., M., B.; VELLOSO, A., C., X.; OLIVEIRA, C. **Solubilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p. 9-16. 1997.
- BASSO, S., M., S.; SCHERER, C., V.; ELLWANGER, M., F. **Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.2, p.221-227. 2008.
- BELL, P., F.; JAMES, B., R.; CHANEY, R., L. **Heavy-metal extractability in long-term sewage sludge and metal salt-amended soils**. Journal of Environmental Quality, Madison, v.20, p. 481- 486. 1991.
- BENITES, V., M.; MENDONÇA, E., S. **Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de matéria orgânica**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, p.215-221. 1998.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, L., J., G.; BARROS, M., T., L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo, 305 p. 2002.
- BRONICK, C., J.; LAL, R. **Soil structure and management: a review**. Geoderma, v.124, p.3- 22. 2005.
- BUYANOVSKY, G., A.; ASLAM, M.; WAGNER, G., H. **Carbon turnover in soil physical fractions**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 58, p. 1167-1173. 1994.
- CAMARGO, O., A.; ALLEONI, L., R., F.; CASAGRANDE, J., C. **Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo**. In: FERREIRA, M., E.; CRUZ, M., C., P.; RAIJ, B., V.; ABREU, C., A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPQ; FAPESP; POTAFOS. cap.5, p. 89-117. 2001.
- CAMILOTTI, F.; MARQUES, M., O.; ANDRIOLI, I.; SILVA, A., R.; TASSO JUNIOR, L., C.; NOBILE, F., O. **Acúmulo de metais pesados em cana-de-açúcar mediante a aplicação de lodo de esgoto e vinhaça**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.1, p.284-293, jan./abr. 2007.

CONCEIÇÃO, P., C.; AMADO, T., J., C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados.**

Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, p. 777-788. 2005.

COSTA, C., N.; MEURER, E., J.; LIMA, C., V., S.; SANTOS, R., C. **Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente.** In: MEURER, E., J. Fundamentos de química do solo. 4º Ed. Ed. Evangraf, Porto Alegre. Cap. 8. p. 197-231. 2010.

CUNHA, T., J., F.; BASSOI, L., H.; SIMÕES, M., L.; MARTINETO, L.; PETRERE, V., G.; RIBEIRO, P.; R., A. **Ácidos húmicos em solo fertirrigado no vale do São Francisco.** R. Bras. Ci. Solo, 33:1583-1592. 2009.

FONTES, M., P., F.; CAMARGO, O., A.; SPOSITO, G. **Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados.** Scientia Agricola, v.58, n.3, p.627-646. 2001.

GARCÍA, C., HERNÁNDEZ, T., COSTA, F., AYUSO, M. **Compostaje de La fracción orgánica de un residuo sólido urbano.** Evolución de su contenido de diversas fracciones de metales pesados. Suelo Planta, v.1, p.1-13. 1991.

GUILHERME, L., R., G.; MARGUES, J., J.; PIERANGELE, M., A., P.; ZULIANI, D., Q., M., L.; MARCHI, G. **Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos.** IN: TORRADO, P., V. Tópicos em Ciência do Solo. 4ªed. Minas Gerais - Viçosa. 345-390p. 2005.

IVANOV, I., V.; PESOCHINA, L., S.; SEMENOV, V., M. **Biological mineralization of organic matter in the modern virgin and plowed chernozems, buried chernozems, and fossil chernozems.** Eurasian Soil Science 42, 1109-1190. 2009.

KIEHL, E., J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 492p. 1985.

KORENTAJER, L. **A review of the agricultural use of sewage sludge: benefits and potential hazards.** Water S.A., v.17, n.3, p.189-196. 1991.

LAKE, D., L. **Sludge disposal to land.** In: LESTER, J., N. Heavy metals in wastewater and sludge treatment process. Boca Raton: CRC Press, v.2, p.91-130. 1987.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição de Plantas.** Agronômica Ceres; São Paulo. 1980.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu Impacto Ambiental: Micronutrientes e Metais Pesados, Mitos, Mistificação e Fatos.** Produ. Química; São Paulo. 1994.

MARINARI, S, DELL'ABATE, M., T.; BRUNETTI, G., DAZZI, C., **Differences of stabilized organic carbon fractions and microbiological activity along Mediterranean Vertisols and Alfisols profiles.** Geoderma 156, 379-388. 2010.

MARQUES, M., O.; MELO, W., J.; MARQUES, T., A. **Metais pesados e o uso de bio-sólido na agricultura.** In: TSUTIYA, M., T.; COMPARINI, J., B.; ALÉM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P., C., T.; MELFI, A., J.; MELO, W., J.; MARQUES, M., O. Bio-sólidos na agricultura. 2.ed. São Paulo: ABES/SP, p.365-403. 2002.

MELLO, M., S.; FERNANDES, M., R. **Adubação orgânica e adubação verde. Informação Tecnológica.** Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais - EMATER-MG. 5 p. 2000.

MELO, W., J.; MARQUES, M., O.; SILVA, F., C.; BOARETTO, A., E. **Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro: Embrapa; SBSCS. 1997.

- MENCH, M.; VANGRONSVELD, J.; LEPP, N., W.; EDWARDS, R. **Physico-chemical aspects and efficiency of trace element immobilization by soil amendments**. In: VANGRONSVELD, J.; CUNNINGHAM, S., D. (Ed.). Metal contaminated soils. Berlin: Spring, p.151-182. 1999.
- MEURER, E., J.; RHEINHEIMER, D.; BISSANI, C., A. **Fenômenos de sorção em solos**. In: MEURER, E., J. Fundamentos de química do solo. 4° Ed. Ed. Evangraf, Porto Alegre. Cap. 5. p. 107-148. 2010.
- MIYASAKA S.; NAKAMURA Y.; OKAMOTO, H. **Agricultura natural**. (Coleção agroindústria). 2.ed. Cuiabá: SEBRAE/MT, 73p. 1997.
- MORTVEDT, J., J.; COX, F., R.; SHUMAN, L., M.; WELCH, R., M. **Micronutrients in agriculture**. 2.ed. Madison: Soil Sci. Soc. America, 760p. 1991.
- PUNZ, W., F.; SIEGHARDT, H. **The response of roots of herbaceous plant species to heavy metals**. Environmental and Experimental Botany, Elmsford, v. 44, n.1, p. 85-98. 1993.
- RAIJ, B. V. et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, (IAC. Boletim Técnico, 100). 1996.
- RAMOS, S., J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C., R.; SILVA, C., A. **Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos**. Bragantia, v. 69, p. 149-155. 2010.
- RODRIGUES, G., S., O.; TORRES, S., B.; LINHARES, P., C., F.; FREITAS, R., S.; MARACAJÁ, P., B. **Quantidade de esterco bovino no desempenho agrônomo da rúcula (*Eruca sativa* L.), cultivar Cultivada**. Revista Caatinga, v.21, n.1, p. 162-168. 2008.
- ROSS, S., M. **Toxic metals in soil-plant systems**. Chichester, England, John Willey & Sons, 469 p. 1994.
- SANTOS, G., A.; SILVA, L., S.; CANELLAS, L., P.; AMARGO, F., A., O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. Porto Alegre, Genesis, 645 p. 2008.
- SILVA, L., S.; CAMARGO, F., A., O.; CERETTA, C., A. **Composição da fase sólida orgânica do solo**. In: MEURER, E., J. Fundamentos de química do solo. 4° Ed. Ed. Evangraf, Porto Alegre. Cap 3, p 59-84. 2010.
- STEVENSON, F., J. **Húmus chemistry: gênese, composição, reaction**. 2ed. New York: John Wiley, 496p. 1994.
- STIGLIANI, W., M. **Changes in valued “capacities” of soils and sediments as indicators of nonlinear and time-delayed environmental effects**. Environmental Monitoring and Assessment, v.10, p.245-307. 1988.
- THENG, B., K., G. **Clay-humic interactions and soil aggregate stability**. In: P. Rengasamy, ed. Soil structure and aggregate stability, pp. 32-73. Proc. Irrigation and Salinity Institute of Research. Tatura, Australia. 1987.
- TRANI, P., E.; TRANI, A., L. **Fertilizantes: Cálculo de fórmulas comerciais**. Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. 29p (Boletim técnico IAC, 208). 2011.
- TRANI, P., E.; TERRA, M., M.; TECCHIO, M., A.; TEIXEIRA, L., A., J.; HANASIRO, J. **Adubação Orgânica de hortaliças e frutíferas**. Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. 2013.

WANDER, M. **Soil organic matter fractions and their relevance to soil function**. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R., R. (Eds.). *Soil organic matter in sustainable agriculture*. London: [s.n.], p. 67-102. 2004.

SOBRE O ORGANIZADOR

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

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-285-2

