

Formação, Classificação e Cartografia dos Solos

Leonardo Tullio
(Organizador)

Leonardo Tullio
(Organizador)

Formação, Classificação e Cartografia dos Solos

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
F723	Formação, classificação e cartografia dos solos [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-634-8 DOI 10.22533/at.ed.348192309 1. Cartografia. 2. Ciência do solo. 3. Solos – Pesquisa – Brasil. I. Tullio, Leonardo. CDD 625.7
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Conhecer os processos envolvidos, bem como sua natureza faz-se necessário para entender a formação do solo e suas características. A pedogênese é o processo de formação do solo e revela fatores inerentes ao tempo.

Nesta obra vários artigos abordam esses fatores e contribuem para o conhecimento.

O processo de formação do solo envolve o tempo bem como a atuação de agentes externo e suas características são definidas de acordo com o ambiente existente no local. Isso reflete nas características físicas e químicas do solo, importantes no desenvolvimento das plantas.

A contribuição dos processos de formação do solo é sem dúvida primordial para o desenvolvimento sustentável. Ao passo que as pesquisas avançam e correlacionam os fatores, o entendimento sobre a formação do solo e suas interações são de extrema importância para a máxima eficiência das plantas.

Novas tecnologias são utilizadas para estudar os solos, sendo a cartografia uma delas, e contribui significativamente para o planejamento e análise do solo.

A classificação do solo envolve várias metodologias e parâmetros que são muitas vezes detalhados e requerem tempo e conhecimento específico sobre o tema, assim a utilização de técnicas cartográficas avançam e ganham novos rumos nestes estudos.

Desejo a todos uma boa leitura deste material.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
FORMAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS	
Marcos Gervasio Pereira	
Lúcia Helena Cunha dos Anjos	
Carlos Roberto Pinheiro Junior	
Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto	
Eduardo Carvalho da Silva Neto	
Ademir Fontana	
DOI 10.22533/at.ed.3481923091	
CAPÍTULO 2	21
MODELOS ESPECTRAIS DE PREDIÇÃO DO TEOR DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO NO MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS	
Jean Michel Moura-Bueno	
Ricardo Simão Diniz Dalmolin	
Taciara Zborowski Horst-Heinen	
Nicolas Augusto Rosin	
Daniely Vaz da Silva Sangoi	
Luciano Campos Cancian	
Diego José Gris	
João Pedro Moro Flores	
DOI 10.22533/at.ed.3481923092	
CAPÍTULO 3	34
EFICIÊNCIA DE MÉTODOS MULTIVARIADOS NA PREDIÇÃO ESPACIAL DO TEOR DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO	
Taciara Zborowski Horst-Heinen	
Ricardo Simão Diniz Dalmolin	
Nicolas Augusto Rosin	
Daniely Vaz da Silva-Sangoi	
Jean Michel Moura-Bueno	
Luciano Campos Cancian	
Jordano Pereira Maffini	
João Pedro Moro Flores	
Diego José Gris	
DOI 10.22533/at.ed.3481923093	
CAPÍTULO 4	48
ANÁLISE DE PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DE SOLO OCUPADO POR ATERRO SANITÁRIO NA REGIÃO NOROESTE NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	
Willian Fernando de Borba	
José Luiz Silvério da Silva	
Pedro Daniel da Cunha Kemerich	
Éricklis Edson Boito de Souza	
Gabriel D'Avila Fernandes	
Bruno Acosta Flores	
Jacson Rodrigues França	
Carlos Eduardo Balestrin Flores	
DOI 10.22533/at.ed.3481923094	
CAPÍTULO 5	58
UMIDADE, DENSIDADE E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO SOB EXTRAÇÃO DE ARGILA, USO	

CAPÍTULO 6 66

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE AGREGADOS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO-RJ

Marcos Gervasio Pereira
Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto
Sandra de Santana Lima
Otavio Augusto Queiroz dos Santos
Igor de Sousa Morais
Robert Ferreira
Wanderson Farias da Silva Junior
Eduardo Carvalho da Silva Neto
Hugo de Souza Fagundes
Yan Vidal de Figueiredo Gomes Diniz

DOI 10.22533/at.ed.3481923096

CAPÍTULO 7 78

FÓSFORO LÁBIL E PH EM LATOSSOLOS REPRESENTATIVOS COM DIFERENTES USOS E MANEJO NO SEMIÁRIDO BAIANO

Fátima de Souza Gomes
Rafael Alves dos Santos
Caio Henrique Castro Martins
Eliton Rodrigues dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.3481923097

CAPÍTULO 8 90

COBRE NO SOLO E O CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES DE EUCALIPTO

Alex Negrini
Rodrigo Ferreira da Silva
Clovis Orlando Da Ros
Alexandre Couto Rodrigues
Andrea da Rocha Giovenardi
Hilda Hildebrand Soriani
Daniel Boeno

DOI 10.22533/at.ed.3481923098

CAPÍTULO 9 99

TEORES DE NITROGÊNIO NO SOLO E NA ÁGUA EM PROPRIEDADE SUINÍCOLA DE BRAÇO DO NORTE/SC

Eliana Aparecida Cadoná
Cledimar Rogério Lourenzi
Eduardo Lorensi de Souza
Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares
Arcângelo Loss
Paula Beatriz Sete

DOI 10.22533/at.ed.3481923099

CAPÍTULO 10 107

ESTADO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DA SOJA APÓS APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO

COM E SEM REVOLVIMENTO DO SOLO

Valmor José Tomelero

Fabiana Schmidt

Fabiano Daniel de Bona

DOI 10.22533/at.ed.34819230910

SOBRE O ORGANIZADOR..... 115

ÍNDICE REMISSIVO 116

COBRE NO SOLO E O CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES DE EUCALIPTO

Alex Negrini

Universidade Federal de Santa Maria – Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul

Rodrigo Ferreira da Silva

Universidade Federal de Santa Maria – Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul

Clovis Orlando Da Ros

Universidade Federal de Santa Maria – Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul

Alexandre Couto Rodrigues

Universidade Federal de Santa Maria – Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul

Andrea da Rocha Giovenardi

Universidade Federal de Santa Maria – Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul

Hilda Hildebrand Soriani

Universidade Federal de Santa Maria – Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul

Daniel Boeno

Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, Rio Grande do Sul

RESUMO: A contaminação do solo com cobre por meio das atividades antrópicas vem se intensificando em diversas áreas, afetando negativamente os processos fisiológicos das plantas cultivadas, comprometendo seu desenvolvimento. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de doses de cobre no crescimento inicial de mudas de eucalipto. O trabalho foi

desenvolvido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado em fatorial (2 x 6), com duas espécies de eucalipto (*Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*) e seis doses de cobre (0; 80; 160; 240; 320 e 400 mg kg⁻¹ de solo), com oito repetições. Avaliou-se a altura, o diâmetro do colo e a massa seca da parte aérea e radicular das plantas. Os resultados evidenciam que pequenas doses de cobre aumentamos parâmetros analisados para *E. grandis* que teve ponto de máxima para altura e massa seca da parte aérea nas doses estimadas de 141 e 66 mg kg⁻¹ de solo, respectivamente. O crescimento em altura, diâmetro do colo e massa seca da parte aérea do *E. grandis* foi estimulado por pequenas doses de cobre, enquanto *E. saligna*, independente da dose de cobre utilizada, houve redução nos parâmetros de crescimento avaliados. Porém, apesar do efeito nutricional das doses iniciais de cobre nas mudas em *E. grandis*, houve maior toxidez na dose máxima utilizada (400 mg kg⁻¹) em comparação com *E. saligna*, indicando menor tolerância em solos com elevada contaminação do metal.

PALAVRAS-CHAVE: Metais pesados; Fitorremediação, Espécies exóticas.

ABSTRACT: Soil contamination with copper through anthropic activities has been intensifying in several areas, negatively affecting the physiological processes of cultivated plants, compromising their development. The aim of this study was to evaluate the effect of copper doses on the initial growth of eucalyptus seedlings. The work was carried out in a greenhouse, in a completely randomized factorial design (2 x 6), with two eucalyptus species (*Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus saligna*) and six copper doses (0; 80; 160; 240; 320 and 400) mg kg⁻¹ soil), with eight repetitions. Height, neck diameter and shoot and root dry mass were evaluated. The results show that small doses of copper increased parameters analyzed for *E. grandis* that had maximum point for height and dry mass of shoots at the estimated doses of 141 and 66 mg kg⁻¹ of soil, respectively. Growth in height, neck diameter and shoot dry mass of *E. grandis* was stimulated by small doses of copper, while in *E. saligna*, regardless of the copper dose used, there was a reduction in the evaluated growth parameters. However, despite the nutritional effect of initial copper doses on *E. grandis* seedlings, there was higher toxicity at the maximum dose used (400 mg kg⁻¹) compared to *E. saligna*, indicating lower tolerance in soils with high metal contamination.

KEYWORDS: Heavy metals; Phytoremediation, Exotic species.

INTRODUÇÃO

O cobre é um constituinte natural de rochas e sedimentos, sendo que em condições naturais, a principal fonte desse elemento no solo é o material de origem. Contudo, a intensa atividade antrópica através da indústria, da agricultura e da urbanização favorece o aumento de metais no solo, provocando impactos no ambiente (ANDREAZZA et al., 2010). Nesse sentido, as fontes de contaminação com cobre são encontradas, sobretudo em atividades de mineração e fundição, em fertilizantes, fungicidas e biosólidos utilizados na agricultura e em lodos de estações de tratamento de esgoto (BASSO; KIANG, 2017).

O cobre é classificado como um metal pesado, entretanto é considerado como elemento essencial aos vegetais (YRUELA, 2009), sendo encontrado naturalmente no solo, podendo provocar toxidez quando em concentrações elevadas. No solo, o cobre se encontra principalmente adsorvido às frações da matéria orgânica e inorgânica, através de fortes ligações, denominadas de adsorção específica (SPOSITO, 2008), estando pouco disponível a absorção pelas plantas (GIROTTO et al., 2010).

O valor orientador como limite máximo para o cobre em áreas agrícolas é de 200 mg kg⁻¹ sem que ocorra intervenção (CONAMA, 2009), porém quando o cobre está presente no solo em altas concentrações pode prejudicar o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo agente de distúrbios provocados na estrutura das proteínas e inibindo o alongamento celular (YRUELA, 2013). Neste sentido, o excesso de cobre pode interferir na fotossíntese, síntese de pigmentos e outros

mecanismos importantes relacionados ao crescimento das plantas (SANCHEZ-PRADO et al., 2014).

Uma das alternativas para recuperação de solo contaminado com metais é a utilização de espécies florestais que toleram altas concentrações do contaminante. O uso de espécies arbóreas é uma técnica importante para a recuperação de áreas contaminadas com metais pesados, pois estas possuem grande capacidade de produzir biomassa e longo ciclo de crescimento (DOMÍNGUEZ et al., 2009). Resultados de pesquisa tem demonstrado efeito promissor de espécies de eucalipto em acumular metais, como o *Eucalyptus saligna* que teve maior acúmulo de zinco no sistema radicular, enquanto o *Eucalyptus urophylla* na parte aérea (MAGALHÃES et al., 2011). O *Eucalyptus grandis* demonstrou alta capacidade de acumular cobre na raiz, possibilitando seu uso para a fitoestabilização de solo contaminado (DE MARCO et al., 2017).

Plantas jovens de espécies arbóreas apresentam maior sensibilidade às condições desfavoráveis atribuídas por metais do que as plantas adultas (SOUZA et al., 2012). Desta forma, o uso de espécies florestais, na fase de muda, pode ser uma alternativa para estudos em área contaminada com cobre. Neste contexto, o gênero *Eucalyptus* se torna interessante, pois engloba mais de 600 espécies, apresenta boa adaptação às condições climáticas no Brasil, com crescimento e desenvolvimento relativamente rápido e grande produção de biomassa (MAGALHÃES et al., 2011).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de cobre no crescimento inicial de mudas de *E. grandis* e *E. saligna*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *campus* Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, durante 120 dias, entre os meses de outubro de 2015 e janeiro de 2016. O solo utilizado no experimento foi caracterizado como Latossolo Vermelho, com 5,6 de pH; 620 g kg⁻¹ de argila; 11 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 2,2 cmol_c kg⁻¹ de cálcio + magnésio; 6,5 mg kg⁻¹ de fósforo disponível; 126,5 mg kg⁻¹ de potássio trocável e 12,7 de cobre trocável.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2 x 6), sendo duas espécies de eucalipto (*Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*) e seis doses de cobre (zero, 80, 160, 240, 320, 400 mg kg⁻¹). As doses de cobre foram aplicadas 15 dias antes do transplante das mudas na forma de solução de sulfato de cobre (CuSO₄.5H₂O), sendo diluídas em 50 ml de água destilada para possibilitar homogeneização no solo por agitação em saco plástico.

As unidades experimentais foram compostas por sacos plásticos de polietileno com capacidade volumétrica de 600 cm³, contendo uma muda de eucalipto. A semeadura foi realizada em sementeiras, sendo repicadas em tubetes de 125 cm³

e ao apresentarem altura média de 20 cm, as mudas foram transplantadas nas unidades experimentais. Durante este período foram realizadas irrigações diárias, baseadas na pesagem das unidades experimentais, mantendo-se a umidade a aproximadamente 80% da capacidade de campo.

As fertilizações foram realizadas no plantio das mudas, aplicando-se o equivalente a 150 g de N, 700 g de P_2O_5 e 100 g de K_2O por m^3 de solo, e em cobertura, utilizando-se 20 g de N e 15 g de K_2O diluídos em 10 L de água. A aplicação em pós-semeadura foi realizada em três momentos: aos 30 dias após o transplante das mudas sendo aplicado N e K, aos 60 dias somente N e aos 90 dias aplicando-se N e K, seguindo as recomendações de Gonçalves e Benedetti (2005).

Avaliou-se a altura da parte aérea, medida com régua graduada do colo das mudas até o ápice caulinar; diâmetro do colo, medido com paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm; a massa seca do sistema radicular (MSR) e da parte aérea (MSPA), separadas na região do colo da muda e secos em estufa a $60\pm 1^\circ C$, até massa constante, pesadas em balança analítica com precisão de 0,001.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando apresentaram interação significativa foram submetidos à análise de regressão do fator quantitativo dentro de cada nível do fator qualitativo. Para os parâmetros sem interação significativa, foram desdobrados os efeitos simples, sendo as médias do fator qualitativo comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro e as médias do fator quantitativo submetido à análise de regressão pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados evidenciaram interação significativa entre as espécies de eucalipto e doses de cobre para a altura, o diâmetro de colo e a massa seca da parte aérea das mudas. A altura da parte aérea das mudas *E. grandis* atingiu ponto de máxima na dose estimada de 141 mg de cobre kg^{-1} de solo, enquanto *E. saligna*, manifestou redução linear na altura das mudas com as doses de cobre (Figura 1). Isso indica um efeito nutricional inicial do cobre sobre *E. grandis*, com posterior efeito tóxico sobre a planta.

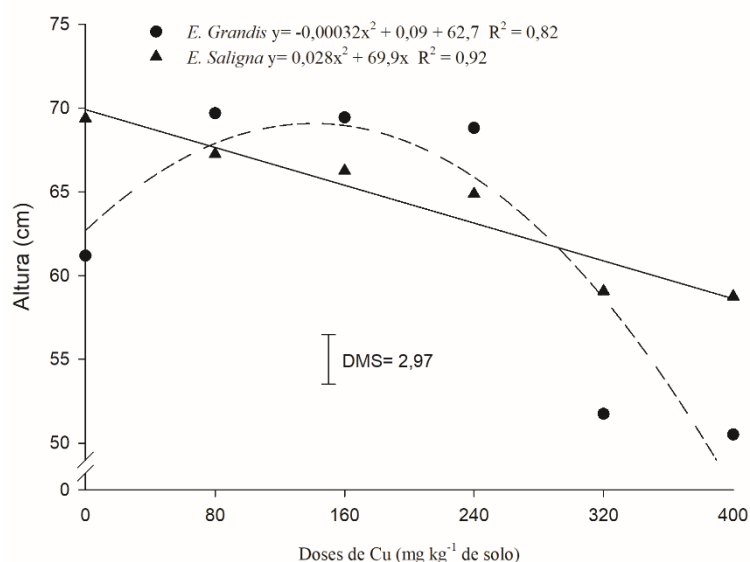


Figura 1. Altura de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em solo com diferentes doses de cobre. DMS: diferença mínima significativa.

O cobre é considerado um micronutriente essencial para o metabolismo dos vegetais, pois atua junto com enzimas no transporte de elétrons na cadeia respiratória e também como cofator de diversas reações (TAIZ e ZEIGER, 2004). O efeito do contaminante afeta a estrutura das proteínas e inibe o alongamento celular (YRUELA, 2013), tendo como consequência a redução do crescimento das plantas (SANCHEZ-PRADO et al., 2014). Concentrações de cobre no solo de 40 mg kg⁻¹ para solo arenoso e 100 mg kg⁻¹ para solo argiloso são consideradas tóxicas para o crescimento das plantas (ACCIOLY e SIQUEIRA, 2000).

O diâmetro de colo foi reduzido linearmente com as doses de cobre no *E. saligna* e possibilitou um pequeno aumento até a dose estimada de 30 mgkg⁻¹ de solo no *E. grandis*. (Figura 2). Guo et al. (2010) ressaltaram que a sensibilidade a toxidez de cobre pode ser diferente entre as espécies de plantas provocando reações diferenciadas. De outra forma, Lequeux et al. (2010) evidenciaram que os efeitos apresentados entre as espécies são atribuídos às plantas desenvolverem mecanismos adaptativos aos efeitos tóxicos dos metais.

A massa seca da parte aérea apresentou efeito quadrático positivo com ponto de máxima na dose estimada de 66mg para *E. grandis* e redução linear para *E. saligna* (Figura 3). A resposta positiva para *E. grandis* pode ser devida ao efeito nutricional do micronutriente, o qual participa em diversos processos fisiológicos dos vegetais e o limite de tolerância é dependente de cada espécie vegetal (TAIZ et al., 2017). Dellai et al. (2014) trabalhando com mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) também encontraram redução na massa seca da parte aérea em com o aumento de doses de cobre adicionadas no solo.

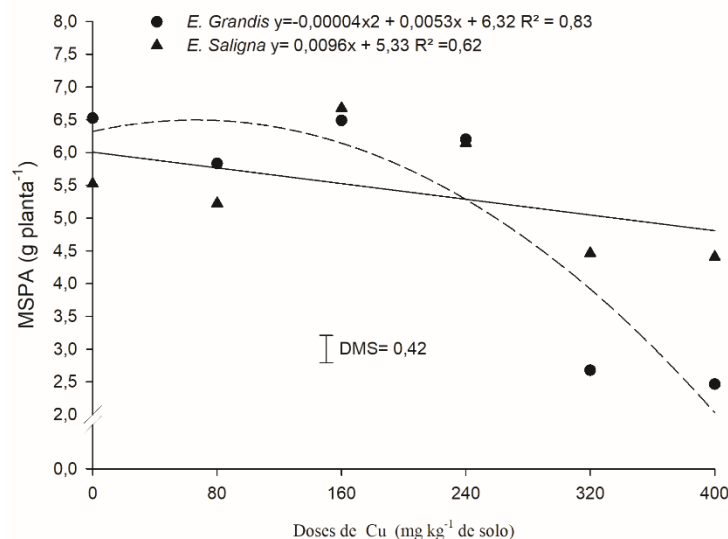


Figura 2. Massa seca da parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em solo com diferentes doses de cobre. DMS: diferença mínima significativa.

Não houve interação significativa entre os fatores de variação espécie e dose para a massa seca radicular. Analisando o efeito simples evidenciou-se que as doses de cobre reduziram linearmente a massa seca radicular (Figura 4). Esses resultados corroboram com os encontrados por Soares et al. (2000), que trabalhando com duas espécies de eucalipto, constataram que as doses de cobre ocasionaram efeitos negativos na massa seca das raízes para ambas as espécies. Conforme Yruela (2009), o excesso de cobre afeta o sistema radicular devido aos distúrbios na estrutura das proteínas e inibição do alongamento celular causado pelo aumento na permeabilidade da membrana plasmática e lignificação da parede celular.

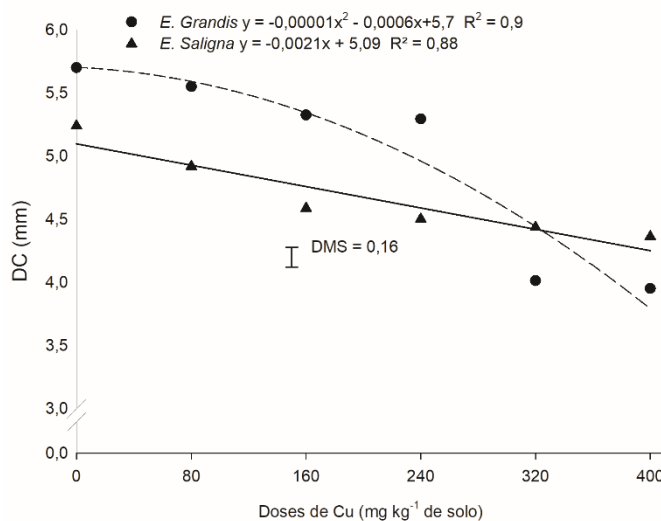


Figura 3. Diâmetro de colo de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em solo com diferentes doses de cobre. DMS: diferença mínima significativa.

Com relação ao fator de variação espécie, destacou-se *E. grandis* com maior

massa seca radicular em comparação com *E. saligna*, indicando maior capacidade de absorção de cobre em ambientes contaminados (Figura 5). As espécies florestais apresentam diferentes efeitos oriundos da ação do contaminante em relação ao desenvolvimento radicular, pois pode estar relacionado à tolerância da própria espécie ao metal, relacionada aos mecanismos que proporcionam adaptações bioquímicas permitindo à planta tolerar certas concentrações desse contaminante (TAIZ et al., 2017).

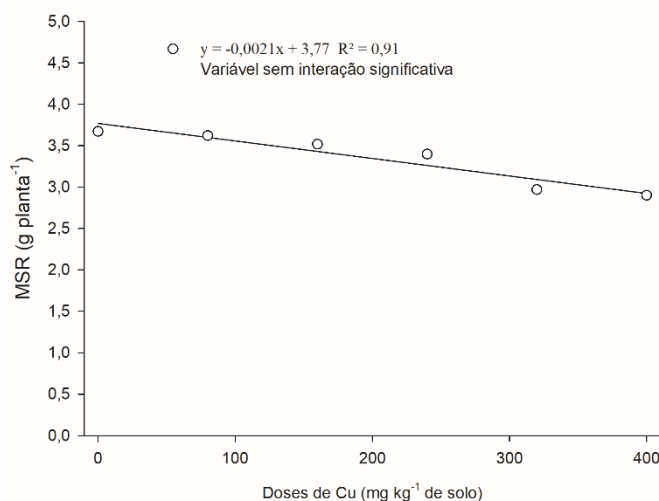


Figura 4. Efeitos simples das doses de cobre para massa seca radicular de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.

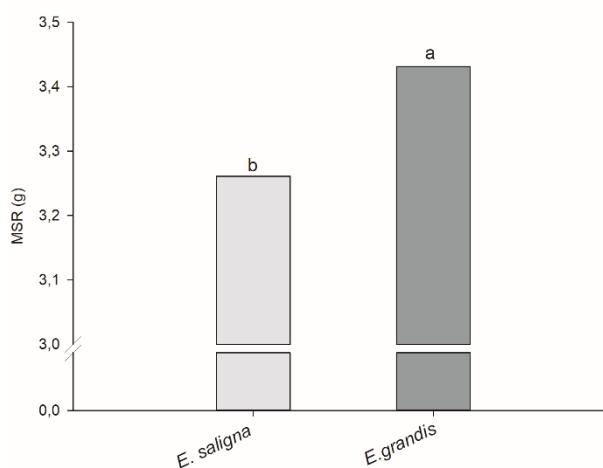


Figura 5. Efeito simples na massa seca radicular de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. As letras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O cobre é um elemento químico essencial ao desenvolvimento vegetal, pois atua diretamente nos processos fotossintéticos, constituição de enzimas e proteínas (TAIZ et al., 2017). Porém, quando em elevadas concentrações interfere na fotossíntese,

síntese de pigmentos, bem como induz a deficiência de outros nutrientes básicos através de relações antagônicas (ANDREAZZA et al., 2010) podendo provocar redução do crescimento das plantas.

As plantas respondem de forma diferenciada ao excesso de cobre no solo, bem como em nível de espécie, conforme evidenciado nesse trabalho para o eucalipto, no qual *E. grandis* teve seu crescimento inicial estimulado nas menores doses de cobre. Desse modo, é interessante o desenvolvimento de estudos que visem a seleção de espécies aptas a se desenvolver em solos com excesso deste metal, possibilitando o aproveitamento de áreas contaminadas e o de resíduos, que embora tenham excesso deste metal, contenha elevado valor nutricional para as plantas.

CONSIDERAÇÕES

O crescimento em altura, diâmetro do colo e massa seca da parte aérea em *E. grandis* foi estimulado por pequenas doses de cobre, enquanto que *E. saligna*, independente da dose de cobre utilizada, houve redução nos parâmetros de crescimento avaliados. Porém, apesar do efeito nutricional das doses iniciais de cobre nas mudas de *E. grandis*, houve maior toxidez na dose máxima utilizada (400 mg kg⁻¹) em comparação com *E. saligna*, indicando menor tolerância em solos com elevada contaminação do metal.

REFÊRENCIAS

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: Novaes, R.F.; Alvarez, V.H.V.; Schaefer, C.E.G.R. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, p. 299-352, 2000.

ANDREAZZA, R.; OKEKE, B. C.; LAMBAIS, M. R.; BORTOLON, L.; MELO, G. W. B.; CAMARGO, F. A. O. Bacterial stimulation of copper phytoaccumulation by bioaugmentation with rhizosphere bacteria. **Chemosphere**, p. 1149-1154, 2010.

BASSO, J. B.; KIANG, C. H. Coeficiente de distribuição (kd) de cobre, potássio e cloreto em solos residuais do subgrupo itararé no estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 1, p. 117-133, 2017.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

DE MARCO, R.; SILVA, R. F.; SCHEID, D. L.; DA ROS, C. O.; SILVA, V. R. Amenizante Orgânico e *Eucalyptus grandis* para fitoestabilização de solo contaminado com cobre. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

DELLAI, A.; SILVA, R. F.; PERRANDO, E. R.; JACQUES, R. J. S.; GROLLI, A. L.; DE MARCO, R. Óleo de eucalipto e *Pisolithus microcarpus* no crescimento de bracinga em solo contaminado por cobre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 927-933, 2014.

DOMÍNGUEZ, M. T.; MADRID, F.; MARAÑÓN, T.; MURILLO, J. M. Cadmium availability in soil and retention in oak roots: potential for phytostabilization. **Chemosphere**, p. 480-486, 2009.

Ferreira, D. F. Sisvar - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: **UFLA**; 2011.

GIROTTO, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R.; SILVA, L. S.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; RENAN VIEIRA, C. B.; CHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p.955-965, 2010.

Guo, X. Y.; Zuo, Y. B.; Wang, B. R.; Ma, J. M.; Li, Y. B. Toxicity and accumulation of copper and nickel in maize plants cropped on calcareous and acidic field soils. **Plant Soil**, p. 365–373, 2010.

LEQUEUX, H. HERMANS C, LUTTS S, VERBRUGGEN N. Response to copper excess in *Arabidopsis thaliana*: Impact on the root system architecture, hormone distribution, lignin accumulation and mineral profile. **Plant Physiology and Biochemistry**, p. 673-682, 2010.

MAGALHÃES, M. O. L.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; SANTOS, F S.; MAZUR, N. Potencial de duas espécies de eucalipto na fitoestabilização de solo contaminado com zinco. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 805-812, 2011.

SÁNCHEZ-PARDO. B.; FERNÁNDEZ-PASCUAL. M.; ZORNOZA. P. Copper microlocalisation and changes in leaf morphology, chloroplast ultrastructure and antioxidative response in white lupin and soybean grown in copper excess. **Journal of Plant Research**, v. 127, n. 1, p. 119–129, 2014.

SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA J. O., CARVALHO J. G.; MOREIRA F.M. S.; GRAZZIOTTI P. H. Crescimento e nutrição mineral de *Eucalyptus maculatae* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva com concentração crescente de cobre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, p. 213-225, 2000.

SOUZA, S. C. R.; ANDRADE, S. A. L.; SOUZA, L. A.; SCHIAVINATO, M. A. Lead tolerance and phytoremediation potential of Brazilian leguminous tree species at the seedling stage. **Journal of Environmental Management**, p. 299-307, 2012.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed; 2017.
YRUELA, I. Copper in plants: Acquisition, transport and interactions. **Functional Plant Biology**, v. 36, n. 5, p. 409–430, 2009.

YRUELA, I. Transition metals in plant photosynthesis. **Metallomics**. v. 5. n. 9. p. 1090–1109. 2013.

SOBRE O ORGANIZADOR

LEONARDO TULLIO Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná – UFPR, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia e Geotecnologia. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amônio 99, 101

Argila 6, 9, 10, 12, 13, 16, 18, 38, 39, 40, 42, 46, 48, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 72, 92

C

Calagem 56, 85, 86, 88, 107, 108, 109, 112, 114

Contaminação 48, 49, 54, 56, 90, 91, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105

Coprólitos de minhocas 66, 67, 69, 74, 75, 76

D

Diagnóstico 17, 114

Disponibilidade 19, 63, 78, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 89, 109, 112

E

Espécies exóticas 90

Espectroscopia 22, 23, 32

F

Fertilidade 3, 17, 18, 35, 78, 86, 114

Fitorremediação 90

G

Gessagem 107

Glycine max 60, 107, 108

Granulometria 32, 34, 38, 39, 49, 51, 52, 87

L

Limites de Aterberg 49

M

Manejo do solo 10, 59, 60, 67, 75, 79, 80, 83, 111

Mapeamento 21, 22, 23, 24, 32, 36, 39, 45, 46, 109

Metais pesados 90, 92, 100, 105

Modelagem espacial 34, 36

Morfologia de solos 1

N

Nitrato 99, 101

Nodulação 107, 112, 113

Nutrientes 4, 19, 59, 73, 75, 84, 85, 89, 97, 99, 100, 101, 103, 105, 107, 108, 111,

112, 114

O

Organossolos 3, 66, 67, 69, 76

P

Pedogênese 1, 4, 5, 19

Pedologia 1, 2, 19, 34

Pedometria 22, 34

Perfil de solo 1, 7, 9, 10, 70, 108

Propriedades do solo 22, 23, 24, 59

Q

Qualidade 22, 28, 31, 34, 35, 58, 59, 60, 63, 64, 66, 67, 72, 75, 79, 80, 86, 88, 89, 99, 101, 104, 105, 109

R

Respiração basal do solo 58, 61, 62, 63

S

Serra Geral 37, 49, 50, 51, 56, 81

Sistemas de preparo 107, 109, 111, 112, 113

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-634-8



9 788572 476348