TÓPICOS EM AGROECOLOGIA

ORGANIZADORES:

OTACÍLIO JOSÉ P. RANGEL
JÉFERSON LUIZ FERRARI
MONIQUE MOREIRA MOULIN
PEDRO PIERRO MENDONÇA
DANIELE INÁCIO ALVES
JEANE DE ALMEIDA ALVES

PPGA
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia

INSTITUTO FEDERAL
Espírito Santo

TÓPICOS EM AGROECOLOGIA

Vol. I

Programa de Pós-Graduação em Agroecologia

Alegre-ES

Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA)
Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) - Campus de Alegre
Rodovia ES 482, km 47, Cx. Postal-47, Distrito de Rive, Alegre-ES
Telefone: (28) 3564-1808 www.ppga.alegre.ifes.edu.br

Capa
Assessoria de Comunicação Social - Ifes

Comissão de Editoração:

Otacilio José Passos Rangel, Danielle Inácio Alves, Jeane de Almeida Alves, Jéferson Luiz Ferrari, Monique Moreira Moulin, Pedro Pierro Mendonça

Editoração Eletrônica
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA), Ifes-Campus de Alegre

Revisão Textual
Jéferson Luiz Ferrari
Monique Moreira Moulin
Otacílio José Passos Rangel

Normalização Bibliográfica
Danielle Inácio Alves
Jeane de Almeida Alves

Contato
e-mail: ppga.alegre@ifes.edu.br Tel.: (28) 3564-1808

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Monsenhor José Bellotti – Ifes campus de Alegre

T674

Tópicos em agroecologia, vol. 1 [recurso eletrônico] / Otacílio José Passos Rangel ... [*et.al.*] (organizador). -- Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2019.
216 f. il.

ISBN:978-85-8263-484-4
Inclui bibliografias
Publicação digitalizada
Formato PDF

1. Ecologia agrícola. 2. Agricultura – Sustentabilidade. I. Rangel, Otacílio José Passos, org.. II. Ferrari, Jéferson Luiz, org.. III. Moulin, Monique Moreira, org. IV. Mendonça, Pedro Pierro, org. V. Alves, Daniele Inácio, org. VI. Alves, Jeane de Almeida, org.

CDD: 630.2745

@2019 Instituto Federal do Espírito Santo
Todos os direitos reservados.
É permitida a reprodução parcial desta obra, desde que citada a fonte.
O conteúdo dos textos é de inteira responsabilidade dos autores.

Autores

Ana Paula Cândido Gabriel Berilli
Dsc. Professora do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, Caixa Postal 47, CEP: 29717-000, Colatina-ES. anapaulacg@gmail.com

Ana Terra Bravim dos Santos
Msc. pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal de Educação do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. anaterrabravim@hotmail.com

André Oliveira Souza
Msc. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. andreolisouza@gmail.com

Aparecida de Fatima Madella-Oliveira
Dsc. Professora do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. amadella@ifes.edu.br

Davi Salgado de Senna
Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre. davi_ssenna@yahoo.com

Erivelton Gonçalves da Cunha
Msc. em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. Extensionista do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Escritório Local de Desenvolvimento Rural de Iconha, CEP: 29.280-000, Iconha-ES. eriveltoncunha.ufv@gmail.com

Fernanda Vargas Valadares
Msc. em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. fernanda_valladares@hotmail.com

Geisa Corrêa Louback
Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal de Educação do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre, ES. geisa.louback1980@gmail.com

Ida Rubia Machado Moulin
Graduanda no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. idarubiammoulin@gmail.com

Isabella Vilhena Freire Martins
Dsc. Professora da Universidade Federal do Espírito Santo, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre-ES. ivfmartins@gmail.com

Jéferson Luiz Ferrari
Dsc. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. ferrarijl@ifes.edu.br

José Dias de Souza Neto
Msc. Técnico do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. josé.neto@ifes.edu.br

Júlio Cezar Machado Baptestini
Dsc. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. julio.baptestini@ifes.edu.br

Larícia Olária Emerick Silva
Mestranda do Programa de Pós-Graduação de Genética e Melhoramento da Universidade Federal do Espírito Santo, CEP: 29500-000, Alegre-ES. : lariciaemerick@gmail.com

Leidiane de Souza Azevedo
Tecnóloga em Cafeicultura pelo Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. leidiane@gmail.com

Leonardo Martineli
Msc. em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. leonardo.martineli@ifes.edu.br

Luciana Alves Parreira
Dsc. Professora da Universidade Federal do Espírito Santo, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre-ES. lucianap.ufes@gmail.com

Luciano Menini
Dsc. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. lmenini@ifes.edu.br

Marcelo Meneguelli Campos
Engenheiro Agronômico pela Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre – ES. marcelo@ecomaisambiental.com.br

Maria Angélica Alves da Silva Souza
M. Sc. Pedagoga Área do Ifes campus Guarapari e Especialista em Agroecologia, Alameda Francisco Vieira Simões, 720. Aeroporto, Guarapari, ES. 29.216-795. maria.souza@ifes.edu.br

Maurício Novaes Souza
DSc. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. mauricios.novaes@ifes.edu.br

Monique Moreira Moulin
Dsc. Professora do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. mmmoulin@ifes.edu.br.

Otacilio José Passos Rangel
Dsc. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre - ES. otaciliorangel@gmail.com

Rafael Nunes de Almeida
Msc. em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre. almeida.rna94@gmail.com.

Rebyson Bissaco Guidinelle
Msc. em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre e Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre-ES. rebysonguidinelle@gmail.com

Renan da Silva Fonseca
Msc. em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. renanfonsecamedvet@gmail.com

Renato Ribeiro Passos
Dsc. Professor da Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 16, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. renatoribeiropassos@hotmail.com

Ringo Souza Batista
Msc. pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal de Educação do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. ringo.batista68@gmail.com

Stephan Lopes Carvalho
Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal de Educação do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre, ES. stephan.carvalho@ifes.edu.br.

Apresentação

O livro “Tópicos em Agroecologia” é uma coletânea de capítulos que abordam as diferentes faces da agroecologia, incluída em um processo mais amplo de reflexão sobre a agricultura contemporânea que vem sendo desencadeado nas últimas décadas. Vem para contribuir no processo de sistematização e produção de conhecimentos, com o objetivo de aprofundar e disseminar, junto a sociedade, práticas e conceitos baseados no manejo e na produção agroecológica.

Esta publicação é resultado de estudos, produções acadêmicas e técnico-científicas desenvolvidas em disciplinas e trabalhos de dissertação por estudantes e professores do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA). O conhecimento aqui contido pretende chegar a comunidade acadêmica, científica, aos agricultores e demais setores da sociedade. Com essas publicações, esperamos contribuir através de informações para o desenvolvimento de modelos de produção agrícola sustentáveis, integrando o conhecimento científico ao popular.

Com o lançamento da primeira edição do livro “Tópicos em Agroecologia” temos a pretensão e a responsabilidade de iniciar uma longa e duradoura série de novas edições que serão publicadas e disponibilizadas em formato digital para acesso livre.

Nossos agradecimentos ao Professor Dsc. Otacílio Passos Rangel, presidente da comissão organizadora do livro e demais membros pela dedicação na construção dessa obra, e a editora Edifes, pela parceria.

Professor Luciano Menini
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Agroecologia
Instituto Federal do Espirito Santo - Campus de Alegre

Prefácio

O ser humano é desafiado a todo instante a se adaptar as constantes transformações promovidas pela dinâmica da vida. Diante do emaranhado de fios que costuramos durante o tempo em que tecemos a teia de nossas vidas, veremos que o maior desafio que enfrentamos é compreender o nosso papel na realidade em que vivemos.

Acredito que o desafio do profissional das Ciências Agrárias em compreender o seu papel na realidade em que ele vive passa, inevitavelmente, pelas responsabilidades que ele assumiu no momento em que faz o juramento, quando é diplomado. Naquele momento ele passa a ter responsabilidades éticas que compõem o seu juramento.

Mas o que é essa ética com a qual nos comprometemos? Façamos uma reflexão. A palavra ética originou-se do grego "*ethos*", que significa modo de ser, costume ou hábito, deveria ser traduzida como morada e compreendida como o modo de habitar do ser humano. Se baseia no respeito e harmonia com os habitantes em comum no mesmo espaço. Para essa compreensão é preciso uma visão holística e sistêmica da vida. Entender que estamos todos interligados. Que nossas ações afetam os que habitam na mesma morada. De que é fundamental viver o presente, aprender com o passado e preparar o futuro.

Essa percepção é a base da Agroecologia, ciência que nasce holística por natureza, inter-relacionando várias áreas do conhecimento a serviço do desenvolvimento da humanidade.

É nesse enfoque que o Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre apresenta a sua primeira obra. Construída a várias mãos, trazendo muitas experiências acumuladas ao longo desses quatro anos de curso. É uma forma importante de sedimentação do conhecimento construído, que estará disponível a toda sociedade de forma mais compilada. É um verdadeiro retorno a sociedade do investimento que foi feito no Programa e também significa uma grande contribuição para a construção do conhecimento agroecológico.

Me senti muito horando com o convite para construir o prefácio desse livro, primeiramente por saber que dos tantos excelentes profissionais que essa casa formou, a imortal EAFA, hoje Ifes - Campus Alegre, eu fui o convidado. Depois, por ter a satisfação de apresentar o conteúdo em torno de uma temática na qual acredito e procuro colaborar com a sua construção. Meus sinceros agradecimentos. Fica aqui o meu incentivo aos leitores interessados na temática, a conhecerem esta obra.

Professor Fábio Luiz de Oliveira
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo

Sumário

Capítulo 1

Modelos de produção agropecuários familiar e agroquímico: características, tendências e agroecologia

Maurício Novaes Souza, Maria Angélica Alves da Silva Souza, Geisa Corrêa Louback, Stephan Lopes Carvalho, 8

Capítulo 2

Diagnóstico da APP da cachoeira Serra Grande: Ponto de captação de água de Rive e do Ifes-Campus de Alegre

Davi Salgado de Senna, Leonard Campos Avellar Machado, Jéferson Luiz Ferrari, 29

Capítulo 3

Práticas agroecológicas recuperadoras e conservacionistas no Sítio Jaqueira, Alegre-ES

Maurício Novaes Souza, Geisa Corrêa Louback, 41

Capítulo 4

Água residuária de suinocultura e sistema plantio direto no desenvolvimento do milho para produção de silagem

Rebyson Bissaco Guidinelle, Otacílio José Passos Rangel, Júlio Cezar Machado Baptestini, André Oliveira Souza, Renato Ribeiro Passos, 60

Capítulo 5

Biocarvão e água residuária de suinocultura: efeitos em atributos do solo, nutrição e desenvolvimento do milho

Erivelton Gonçalves da Cunha, Renato Ribeiro Passos, Otacílio José Passos Rangel, Rebyson Bissaco Guidinelle, Leidiane de Souza Azevedo, 77

Capítulo 6

Simulação das variações nos estoques de carbono em solo cultivado com cafeeiro em sistema agroflorestal

Otacilio José Passos Rangel, Rebyson Bissaco Guidinelle, Leonardo Martineli, Renan da Silva Fonseca, Marcelo Meneguelli Campos, 98

Capítulo 7

Seleção recorrente recíproca para obtenção de progênies de milho tolerantes ao déficit hídrico

Fernanda Vargas Valadares, Rafael Nunes de Almeida, José Dias de Souza Neto, Ana Paula Cândido Gabriel Berilli, Monique Moreira Moulin, 114

Capítulo 8

Melhoramento genético de milho: alternativas para a agricultura familiar frente aos desafios das mudanças climáticas

Rafael Nunes de Almeida, Fernanda Vargas Valadares, Larícia Olária Emerick Silva, Ana Paula Cândido Gabriel Berilli, Monique Moreira Moulin, 134

Capítulo 9

Uso de metabólitos secundários no manejo de doenças em pós-colheita de banana

Ringo Souza Batista, Ana Terra Bravim Dos Santos, Luciano Menini, Luciana Alves Parreira, 154

Capítulo 10

Manejo de insetos pragas do morangueiro em sistemas de produção agroecológicos através de metabólitos secundários de plantas

Ana Terra Bravim dos Santos, Ringo Souza Batista, Luciano Menini, Luciana Alves Parreira, 170

Capítulo 11

Óleos essenciais: alternativa para o manejo de ácaros na agricultura

Kíssila França Lima, Vanessa Sessa Dian, Luciano Menini, Victor Dias Pirovani, Luciana Alves Parreira, 186

Capítulo 12

Eficácia de uma torta comercial de neem para o controle alternativo de nematódeos gastrintestinais em ovelhas mestiças

Renan da Silva Fonseca, Aparecida de Fatima Madella-Oliveira, Ida Rubia Machado Moulin, Isabella Vilhena Freire Martins, Rafael Nunes de Almeida, 199

Biocarvão e água residuária de suinocultura: efeitos em atributos do solo, nutrição e desenvolvimento do milho

Erivelton Gonçalves da Cunha[1], Renato Ribeiro Passos[2], Otacílio José Passos Rangel[3], Rebyson Bissaco Guidinelle[4], Leidiane de Souza Azevedo[5]

Introdução

Uma das consequências do crescimento da demanda por alimentos é a intensificação das atividades agropecuárias e, por conseguinte, o aumento dos resíduos gerados nas propriedades rurais. O descarte desses resíduos no ambiente constitui-se como um dos principais problemas ambientais enfrentados pelos produtores, uma vez que se destinados sem tratamento ou de forma inadequada podem poluir a água e o solo. Entretanto, existe a possibilidade de fazer o tratamento dos resíduos agropecuários e utiliza-los na adubação como importante fonte de nutrientes e matéria orgânica.

O incremento da matéria orgânica do solo promove a complexação de H e Al, aumento do pH, do teor de compostos orgânicos e da saturação da capacidade de troca catiônica (CTC) por Ca, Mg e K, e redução da adsorção de P, ou seja, interfere nos atributos do solo e influencia a disponibilidade de nutrientes para as plantas, sendo que para manutenção de todos benefícios oriundos da matéria orgânica é importante o aporte contínuo de resíduos orgânicos ao solo (PAVINATO e ROSOLEM, 2008) ou a adição de uma matéria orgânica que se mantenha estável no solo por mais tempo, que é possível por meio do biocarvão.

Biocarvão é o termo que se refere ao produto obtido a partir da decomposição térmica de biomassas orgânica, em ambiente com baixa disponibilidade de oxigênio e temperaturas que podem variar de 250 a 700ºC, pelo processo de pirólise (LEHMANN e JOSEPH, 2015).

Durante a conversão termoquímica da biomassa ocorre a mudança estrutural do material, concentrando carbono numa forma aromática estável, podendo influenciar as propriedades do solo e estocar carbono no mesmo. A disposição de biocarvão ao solo apresenta-se como

[1] Msc. Extensionista do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Escritório Local de Desenvolvimento Rural de Iconha, CEP: 29.280-000, Iconha-ES. Email: eriveltoncunha.ufv@gmail.com
[2] Dsc. Professor da Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 16, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: renatoribeiropassos@hotmail.com
[3] Dsc. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. E-mail: ojprangel@ifes.edu.br
[4] Msc. em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: rebysonguidinelle@gmail.com
[5] Tecnóloga em Cafeicultura pelo Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. leidiane@gmail.com.

uma alternativa promissora, principalmente em regiões tropicais, onde o carbono armazenado no solo é rapidamente perdido pelo processo de decomposição (NOVOTNY, 2014). O biocarvão tem a vantagem, quando comparado as biomassas *in natura*, de incrementar C e mantê-lo por maior tempo no solo, sendo considerados sequestradores de C, além de fornecer nutrientes contidos nesses materiais, aumentar a fertilidade do solo e melhorar a performance agronômica das plantas (ENDERS et al., 2012; TRAZZI, 2014).

Ao se considerar o uso agronômico do biocarvão e os benefícios promovidos aos atributos do solo, desenvolvimento e nutrição de plantas, tornam-se necessário identificar a matéria prima utilizada no processo produtivo, uma vez que a biomassa utilizada influenciará a composição do biocarvão e seu potencial de fornecimento de nutrientes para as plantas (NÓBREGA, 2011).

A palha de café é um dos principais resíduos gerados pela agricultura brasileira, com elevado potencial para uso como matéria prima para a produção de biocarvão (BARBOSA, 2016). Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de café, com uma produção de 44,97 milhões de sacas na safra 2017. O estado do Espírito Santo produz cerca de 20% (8,865 milhões de sacas) de todo café brasileiro e é o maior produtor de café conilon do país, produzindo em 2017 cerca de 5,915 milhões de sacas de 60 kg, ou seja, 354,9 mil toneladas de grãos (CONAB, 2018). De acordo com Brum (2007), a proporção entre a produção de café e de palha é de 1:1, logo o Espírito Santo gerou aproximadamente 354,9 mil toneladas de palha de café conilon no ano de 2017, formando grandes volumes deste resíduo próximo as unidades de beneficiamento.

Outro resíduo gerado em elevado volume em muitas propriedades rurais brasileiras é a água residuária de suinocultura (ARS), que devido ao crescimento da suinocultura no país, superior a 42% entre os anos 2000 a 2016 (ABPA, 2016) e, no Espírito Santo superior a 15% somente em 2017 (INCAPER, 2017), tornou-se um grande problema para a atividade. Diariamente, é lançado no ambiente capixaba um volume de 2.000 m³ de dejetos líquido de suíno rico em nutrientes (EFFGEN, 2014), que se devidamente tratados poderiam ser aproveitados na agricultura (SANTOS et al., 2014). Apesar da ARS ser um passivo ambiental, pois aumenta a concentração de íons potencialmente salinos e metais pesados devido principalmente a elevada concentração de sódio, zinco e cobre (PEREIRA, 2006), seu uso agrícola pode fornecer água e nutrientes para o milho, suprindo parte da necessidade hídrica e promovendo a nutrição e o bom desenvolvimento da cultura (FREITAS et al., 2004; DAL MORO et al., 2010; MOREIRA et al., 2015).

A irrigação com ARS pode proporcionar redução da pressão sobre cursos d'água pela substituição parcial da água para irrigação; ciclagem de nutriente, favorecendo a melhoria da fertilidade dos solos e a viabilidade econômica, que tem sido outro importante aspecto favorável ao uso deste efluente na agricultura, uma vez que tem se mostrado uma excelente

alternativa de fertilização de baixo custo e reuso da água, suavizando os custos com os tratamentos do resíduo (MEDEIROS et al., 2011).

Contudo, o uso agrícola da ARS em grande quantidade ou de forma inadequada pode afetar negativamente a nutrição e o desenvolvimento das plantas devido problemas como o desequilíbrio de nutrientes no solo (SEGANFREDO, 2000; DAL BOSCO et al., 2008).Assim, se um elemento estiver em alta concentração no solo, pode influenciar a absorção de outros. De acordo com a teoria de Liebig, mais conhecida como “lei do mínimo”, se um nutriente estiver no solo em quantidade abaixo da ótima, esse elemento estará limitando o desenvolvimento e produção da planta (NOVAIS et al., 2007). Portanto, torna-se importante reduzir os riscos da irrigação com ARS para potencializar seu uso e, desta forma, proporcionar melhor crescimento e produção vegetal pela alteração do seu estado nutricional.

Como forma de mitigar os efeitos negativos do uso de águas residuária ou salinas na irrigação, alguns autores têm estudado a interação com biocarvão, sendo que os resultados encontrados são animadores, pois além de atenuar os efeitos prejudiciais da salinidade e toxidade de alguns íons, o biocarvão melhora os atributos do solo, a absorção de nutrientes pelas plantas e a produção vegetal (AKHTAR et al., 2015; COSTA, 2017), potencializando o uso agrícola das águas residuárias de diversas atividades.

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas agrícolas na integração de atividades agropecuárias, pois possui elevado valor nutritivo para alimentação humana e animal. Devido sua versatilidade de uso, a cultura está presente em grande parte das propriedades rurais capixabas, mas têm nos problemas hídricos e nutricionais suas principais limitações para alcançar maiores produtividades (CRUZ et al., 2006).

Neste capítulo, são avaliados os efeitos de aplicações de doses crescentes de biocarvão (0, 5, 10, 15 e 20 t/ha), proveniente de palha de café conilon, combinadas ou não com ARS diluída a 50% (ARS 50%), nos atributos químicos de solos com texturas diferentes (média e argilosa), no desenvolvimento e na nutrição da cultura do milho. Serão discutidos os seguintes aspectos: i) teor de nutrientes no solo: P, K, Ca, Mg, Na e Zn; ii) teor de nutrientes na planta: N, P, K, Ca, Mg, Na e Zn e; iii) características de desenvolvimento do milho: altura de planta (ALT), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), massa seca de raiz (MSRA), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF).Detalhes da montagem e condução do experimento são obtidos em Cunha (2018).

Teor de nutrientes no solo

O teor de nutrientes no solo, em função de aplicações de ARS, é um dos aspectos que causa mais preocupação em relação ao meio ambiente, mas também é um dos que mais empolga em relação ao potencial agronômico. A obtenção de dados sobre a alteração dos atributos químicos e possíveis incremento de nutrientes no solo é realizada por meio de analises química de rotina conforme metodologia da Embrapa (2017). A quantidade de nutrientes no solo é um indício do seu potencial para a nutrição de plantas, e pode variar conforme o tipo de solo, bem como da ação antrópica com o uso de adubos orgânicos.

As características físico-químicas do biocarvão e os efeitos relativos à sua aplicação ao solo são dependentes, principalmente, do binômio temperatura x tempo de duração da pirólise da matéria prima utilizada para sua produção e da dose aplicada ao solo (NÓBREGA, 2011). No entanto, algumas características são comuns a maioria dos biocarvões, como a elevada porosidade; a tendência em ser alcalino e; o alto teor de C estável, assim como seu efeito de acumular C e nutrientes ao solo (ENDERS et al., 2012).

Ao analisar a composição elementar da palha de café e do biocarvão, notou-se maior concentração de C e menor de H no biocarvão, o que indica maior grau de condensação dos anéis aromáticos, elevada estabilidade estrutural e térmica (NOVOTNY, 2014). A concentração de O e a razão elementar O/C foram menores no biocarvão, evidenciando uma estrutura mais resistente e recalcitrante, que também possui grupamentos oxigenados reativos, como carboxílicos e fenólicos, ligados diretamente a estrutura aromática e, enquanto que na palha de café, os grupos oxigenados estão ligados principalmente a estruturas lábeis ou pouco reativas (NOVOTNY, 2014). Em decorrência de sua elevada estabilidade e da presença de grupos reativos, o biocarvão é de grande importância para a melhoria da fertilidade dos solos, especialmente aqueles de regiões tropicais. Também se observou pH alcalino (8,94) e elevado teor de potássio, sendo este o elemento em maior concentração no biocarvão. O pH do meio pode influenciar as reações de adsorção do P e a solubilização dos fosfatos, interferindo desta maneira na sua disponibilidade no solo (NOVAIS et al., 2007).

A aplicação de biocarvão proveniente de palha de café conilon incrementou a concentração de P e K apresentando um crescimento linear no teor desses nutrientes no solo. Independentemente do tipo de solo estudado (textura média ou argilosa) ou da água utilizada na irrigação (água deionizada ou ARS 50%), sendo que os maiores valores de P e K no solo foram identificados nas maiores doses de biocarvão testadas. Na Figura 1, são apresentados os resultados relativos ao efeito da aplicação de biocarvão sobre os teores de P e K^+ em solos de textura argilosa e média sob cultivo de milho irrigado com água

deionizada (AD) e ARS 50%. Trazzi (2014), ao estudar biocarvões de serragem e cavaco de Pinus e seus efeitos no solo, verificou melhorias nas propriedades químicas do solo, onde o aumento das doses de biocarvão promoveu incremento dos teores de P e K. Este fato ocorre com mais intensidade no trabalho apresentado neste capítulo devido a elevada concentração desses nutrientes, principalmente o potássio, na palha de café conilon e consequentemente no biocarvão produzido a partir dela (BARBOSA, 2016).

O biocarvão ainda potencializou o P e K fornecido pela ARS, incrementando seu teor no solo. Isso se deve a presença de sítios eletroquímicos na superfície dos biocarvões, capazes de reter nutrientes (PETTER e MADARI, 2012), com isso, observa-se efeito sinérgico de biocarvão combinados com outros fertilizantes (MADARI, 2010). Desta forma, o biocarvão produzido a partir de palha de café conilon pode ser utilizado em substituição parcial a fertilizantes minerais fontes de P e K, corroborado pelos resultados encontrados por Silva (2016), que ao incubar solos por 45 dias com biocarvão produzidos a partir de casca e borra de café, nas doses de 8, 12 e 16 t/ha, verificou maiores teores de P e K^+ quando comparado a solos adubados com formulações minerais de NPK.

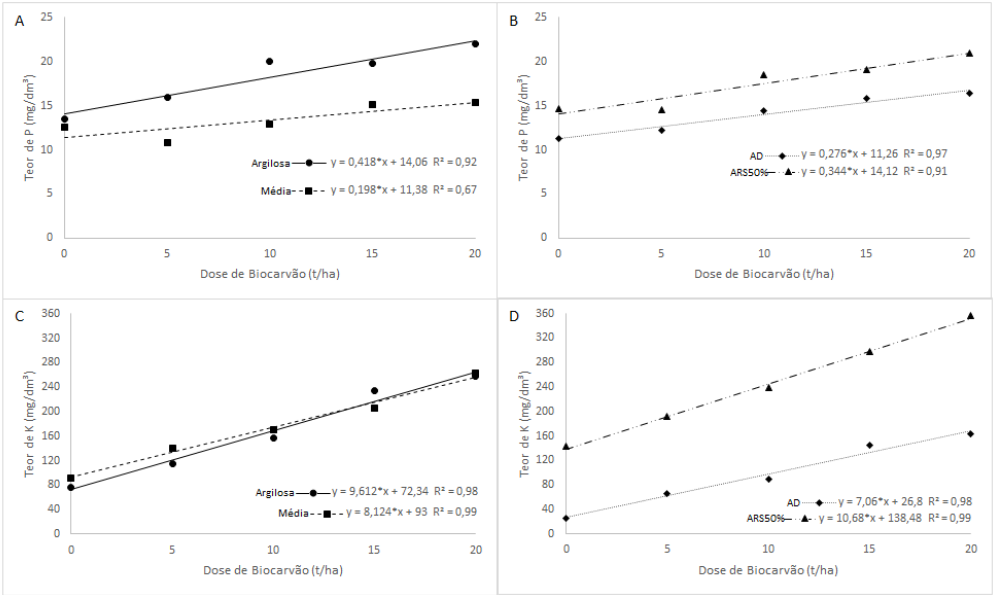

Figura 1 - Valores de P e K^+ em solos de textura argilosa e média sob cultivo de milho irrigado com AD e ARS 50% em resposta à aplicação de diferentes doses de biocarvão

* significativo a nível de 5% pelo teste F. A) Teor de P em solo de textura argilosa e média após aplicação de doses crescentes de biocarvão de palha de café conilon; B) Teor de P em solos irrigados com água deionizada e com água residuária da suinocultura após aplicação de doses crescentes de biocarvão de palha de café conilon; C) Teor de K em solo de textura argilosa e média após aplicação de doses crescentes de biocarvão de palha de café conilon; D) Teor de K em solos irrigados com água deionizada e com água residuária da suinocultura após aplicação de doses crescentes de biocarvão de palha de café conilon.
Fonte: Os autores.

O biocarvão de palha de café conilon apresenta ainda ponto de carga zero (PCZ) acima de 7,5 que é superior ao pH dos solos estudados neste experimento, isto quer dizer que a superfície do biocarvão será protonada e apresentará acúmulo de cargas positivas, contribuindo para a capacidade de troca de ânions, como o $H_2PO_4^-$ e, portanto, aumentando a disponibilidade de P para as plantas (OLIVEIRA, 2018).

As aplicações de ARS 50% também promoveram aumento nos teores de P e K^+ nos solos, e também do Na^+, resultados já esperados, uma vez que, os suínos possuem uma baixa assimilação e alta excreção desses nutrientes contidos nas rações, em torno de 50 a 80% do fósforo; 70 a 95% de potássio e sódio, consequentemente, esses elementos apresentam-se em elevadas concentrações na ARS (NRC, 1989). Corrobora com esses resultados os trabalhos realizados por Medeiros et al. (2011), que destacaram o aporte e a elevação nos teores de macronutrientes, entre eles P e K^+, e do elemento benéfico Na^+ ao solo irrigado com ARS 100% ou diluída, e Queiroz et al. (2004), que observaram o acúmulo de P, K^+ e Na^+ em solos tratados com ARS mesmo que por um período curto (4 meses) e, Dortzbach et al. (2014), que verificaram aumento significativo nos teores de P e K^+ no solo após um período longo (mais de 10 anos) de uso de ARS.

É importante destacar que o solo argiloso apresentou maior teor de P em relação ao solo de textura média, isso se deve a sua composição ter grande quantidade de argila, e com isso o solo passa a ser dreno de P, ou seja, este constituinte do solo apresenta alta afinidade pelo P aumentando a retenção deste nutriente (NOVAIS et al., 2007), o que associado ao aporte de P advindo da irrigação com ARS 50% e do biocarvão de palha de café conilon, culminou no maior incremento desse nutriente no solo argiloso (MEDEIROS et al., 2011). Falcão e Silva (2004) corroboram com o resultado encontrado ao observarem que a adsorção de P no solo variou em função da sua composição, onde aqueles com maior teor de argila apresentaram maior adsorção de P comparado aos com menor teor de argila, ocorrendo uma correlação positiva entre a capacidade máxima de adsorção de P e o teor de argila no solo.

Já ao comparar os valores do teor de Na^+ no solo verificamos uma elevação considerável naqueles irrigados com ARS 50%, portanto, torna-se importante complementar a análise de solo com determinações da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (CE), percentagem de sódio trocável (PST) e a relação de adsorção de sódio (RAS) e compara-los com os valores críticos estabelecidos por Sobral et al. (2015) conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Condutividade elétrica (CE), Percentagem de sódio trocável (PST), relação de adsorção de sódio (RAS) e pH para classificação de solos afetados por sais

Classificação	CE dS m^{-1}	PST	RAS	pH
Salino	≥ 4,0	< 15	< 13	< 8,5
Sódico	< 4,0	≥ 15	≥ 13	> 8,5
Salino - Sódico	≥ 4,0	≥ 15	≥ 13	< 8,5

Fonte: Sobral et al. (2015).

Dentre as principais medidas usadas para avaliar o perigo de salinidade e sodificação do solo pelo uso de água residuária na irrigação, estão o pH, a CE, a PST e a RAS (SOBRAL et al., 2015). A CE é medida utilizando um condutívimetro, a PST é o percentual de sódio trocável no solo em relação à capacidade total de troca de cátions e a RAS é a relação de adsorção de sódio trocável em relação ao cálcio e magnésio divalente no extrato de saturação do solo, e são calculadas pelas respectivas fórmulas: $\mathrm{PST} = (\mathrm{Na}^{+} / \mathrm{CTC\ potencial}) \times 100$ e $\mathrm{RAS} = (\mathrm{Na}^{+}) / [(\mathrm{Ca}^{+2} + \mathrm{Mg}^{+2})/2]^{1/2}$.

Os valores encontrados no solo de textura argilosa são pH = 5,5, PST =2,81 e RAS = 0,14, já na textura média os valores são pH = 5,7, PST = 3,29 e RAS=0,17. A CE em ambos solos foi inferior a 4,0 dS m^{-1}, apesar dos valores de CE para a ARS e para o biocarvão serem altos 5,37dS m^{-1} e 7,47dS m^{-1}, respectivamente. Desta forma, conforme classificação de Sobral et al. (2015) os solos avaliados após irrigação com ARS 50% não foram classificados como salinos ou sódicos, e ainda, de acordo com Cordeiro (2001), a qualidade da ARS (teor de Na^{+} = 40,48 ml/L e RAS = 0,83) avaliada para fins de irrigação, em relação ao teor de sódio foi classificada como de água de baixo teor de sódio, podendo ser usada para irrigação em quase todos solos, com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação, mas com alto potencial para salinização. Cabe destacar que o experimento avaliado neste capítulo utilizou água residuária de suinocultura diluída à 50% e por um curto período de tempo (62 dias), podendo ter reduzido seus efeitos na salinidade e sodificação do solo.

Os resultados encontrados estão abaixo do nível crítico para problemas com salinidade e sodificação, indicando que em ambos solos não houve influência da concentração de sais no crescimento do milho. Apesar disto, recomenda-se o monitoramento da salinidade, pois o uso continuo de biocarvão e principalmente da irrigação com ARS pode afetar a composição de sais presente no solo, havendo assim uma diminuição na capacidade produtiva do solo.

O acúmulo excessivo de sais na camada de solo onde se desenvolve o sistema radicular dos cultivos pode limitar o crescimento e a produção das plantas (CORDEIRO, 2001), pois em ambiente salino, as plantas podem aumentar sua concentração osmótica interna para

não perder água, o que é chamado de ajustamento osmótico. Assim, a energia necessária para o crescimento e produção do vegetal é redirecionada para o ajustamento osmótico. A teoria da seca fisiológica explica os efeitos da salinidade no sistema água-solo-planta, onde a elevação da concentração de sais na solução do solo resulta em menor disponibilidade de água para as plantas, devido a queda do potencial osmótico no solo, afetando a absorção de água e consequentemente a nutrição da planta (LARCHER, 2000).

Com relação aos teores dos cátions divalentes (Ca^{+2}, Mg^{+2} e Zn^{+2}) no solo, sofreram pouca alteração em função da aplicação de biocarvão e ARS 50%. Pode se explicar esse resultado pela maior absorção desses nutrientes pelo milho, assim permanecendo imobilizado na biomassa da planta, sendo que uma parte será exportado via colheita e outra parte retornará ao solo na forma de resíduo cultural. A dinâmica dos nutrientes no solo é influenciada pela interação solo-planta-adubação, desta forma o teor de nutrientes contido no solo pode variar com as plantas cultivadas e sua capacidade de absorver nutrientes, assim como o tipo de solo e a adubação realizada (NOVAIS et al., 2007). Ainda, pode ter havido perda destes nutrientes por lixiviação e ligação à fase mineral do solo.

De acordo com as classes da interpretação para a disponibilidade denutrientes para a cultura do milho no estado do Espirito Santo, as concentrações de P são consideradas baixas independente da textura do solo avaliada(<40,0 mg dm^3), Ca^{+2} média (1,5 – 4,0 $cmol_c$ dm^3), K^+, Mg^{+2} e Zn^{+2} altas, (> 150,0 mg dm^3), (> 1,0 $cmol_c$ dm^3) e (> 2,2 mg dm^3) respectivamente, quando o solo foi incubado com biocarvão e irrigado com ARS 50%, combinados ou não (PREZOTTI et a., 2007). Apesar da adição de biocarvão e ARS 50% incrementar o teor de P no solo, a sua disponibilidade ainda é baixa, enquanto que o contrário ocorre com o Ca^{+2}, Mg^{+2} e Zn^{+2} que não apresentaram elevação de seus teores no solo, mas possuem média e altas disponibilidade no solo.

Os resultados apresentados neste tópico apontam o potencial do biocarvão de palha de café conilon e da ARS 50% em elevar o teor de P e K^+ no solo, e revela uma sinergia quando combinados. No entanto, quando tratamos de irrigação com ARS mesmo que diluída a 50%, ainda existe um risco de salinização do solo, exigindo alguns cuidados ao fazer seu uso na agricultura.

No Brasil, o uso agrícola de biocarvão, assim como da água residuária ainda é incipiente, bem como a sua regulamentação. O emprego de pirólise para transformação de resíduos orgânicos em biocarvão e seu uso ao solo, ainda não possui legislação relacionada. Já a atividade de uso de água residuária, de acordo como Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), deverá ser informada pelo usuário, sempre que solicitado pelos órgãos gestores dos recursos hídricos, devendo conter no mínimo a identificação do usuário, a localização de origem e destino da água, a finalidade de uso, vazão e volumes utilizados. De acordo com Cunha et al. (2012), não existe um modelo a ser seguido para o uso de água

residuária, sendo que para estabelecer padrões e propor uma regulamentação em âmbito nacional são necessários mais estudos sobre os riscos de seu uso agrícola e a formação de um banco de dados.

Contudo, a utilização agrícola do biocarvão e da ARS (diluída ou não) são promissoras no país, tendo em vista que existe uma necessidade de promover o reaproveitamento de resíduos da agricultura. A Lei 10.438, de 26 de abril de 2002 fomenta a geração de energia a partir de fontes alternativas, entre elas as biomassas (BRASIL, 2002), e também começam a surgir iniciativas de incentivo ao uso de águas residuárias como forma de racionalizar e conservar os recursos hídricos (CUNHA et al., 2012).

Teor de nutrientes no milho

Dentre os principais fatores responsáveis pela disponibilidade de nutrientes para as plantas devido a aplicação de biocarvão e ARS 50%, podem ser citados a adição de matéria orgânica ao solo, alteração do pH e da CTC. A elevação do teor de matéria orgânica do solo promove a melhoria dos atributos do solo e da dinâmica dos nutrientes, tornando-os mais disponíveis e aumentando substancialmente a absorção destes pelas plantas (SILVA, 2016; PAVINATO e ROSOLEM, 2008).

Contudo, nem sempre o maior teor de nutrientes no solo implica em maior absorção desses elementos pelas plantas. Isso ocorre em razão de alguns fatores: 1) o elemento pode estar no solo na forma química que a planta não absorve; 2) o aumento do teor de determinado nutriente no solo pode influenciar na absorção de outros; 3) a exigência nutricional e a fase de desenvolvimento da cultura pode não ser compatível com o teor de determinado nutriente no solo; 4) pode haver adsorção de alguns elementos ao solo, tornando-os indisponíveis para as plantas.

Daí surge a necessidade de se fazer a análise nutricional da parte aérea da planta para identificar se está havendo absorção, translocação e distribuição dos nutrientes no vegetal. Portanto, para aferir o teor de nutrientes no milho, torna-se importante conhecer os níveis adequados de cada nutriente na parte aérea da cultura.

A faixa de suficiência de nutrientes na folha do milho foi determinada por Gott et al. (2014) para as lavouras do Alto Paranaíba/MG, onde a produtividade ultrapassa 12 t/ha de grãos. Para realizar a análise foliar o autor e colaboradores coletaram a 1ª folha fisiologicamente madura, oposta e abaixo da espiga, no estádio R1 (aparecimento dos estilos-estigma nas espigas).

Os resultados de suficiência dos teores foliares de macro e micronutrientes encontrados por Gott et al. (2014) estão na Tabela 2. Destaca-se que essa tabela foi elaborada a partir

de análise de folha, enquanto que os nutrientes avaliados neste tópico são analisados em MSPA, ou seja, caule + folha, uma vez que a planta não chegou no estádio reprodutivo e não havia pendão e espiga.

Tabela 2. Faixa de suficiência de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutriente (Zn) interpretadas como faixa: deficiente, adequada e excessiva

Nutriente	Deficiente	Faixa Adequada	Excesso
		g kg^{-1}	
N	< 34,7	34,7 - 40,3	> 40,3
P	<3,3	3,3 - 3,8	> 3,8
K	< 22,7	22,7 - 28,9	> 28,9
Ca	< 4,4	4,4 - 6,2	> 6,2
Mg	< 1,6	1,6 - 2,2	> 2,2
		mg kg-1	
Zn	< 17,6	17,6 - 34,1	> 34,1

Fonte: Adaptada de Gott et al. (2014).

Para a determinação dos teores de nutrientes na planta, a MSPA foi triturada (moinho tipo Willey), digerida via úmida com HNO_3 + $HClO_4$, seguindo-se a metodologia descrita por Silva (2009) para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, Zn e Na. Conforme o mesmo autor, para a determinação dos teores de N total na folha, foi utilizado o método de Kjeldahl, por meio da digestão com H_2SO_4 + H_2O_2 e posterior determinação por destilação de arraste de vapor.

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram o incremento no teor de N e K na parte aérea do milho cultivado em solos de diferente textura, incubados com doses crescentes de biocarvão e irrigado com ARS 50%. Da mesma forma, alguns autores ao avaliar o efeito das aplicações de ARS no solo, verificaram que o teor de N na planta teve um aumento significativo. Medeiros et al. (2015) trabalhando com algodão irrigado exclusivamente com ARS ou com ARS 75%, verificaram aumento significativo ($p \leq 0,05$) no teor de N na MSPA da planta no 1º e 2º ciclo, sendo que esse efeito foi cumulativo, tendo no segundo ciclo a quantidade de N absorvido 114% superior ao primeiro ciclo. Ceretta et al. (2005) e Rezende (2013) observaram o incremento linear de N na MSPA de gramíneas irrigadas com doses crescentes de ARS. De acordo com Moreira et al. (2015) o uso de ARS em grandes quantidades (até 44.000/ha) supriu a necessidade de N necessário pela cultura do milho, estando dentro da faixa adequada para a cultura, não havendo diferença entre a adubação

mineral. Os autores destacam o efeito benéfico da aplicação da ARS na reciclagem de N, havendo sincronismo entre a disponibilidade de N proveniente da ARS e a demanda da cultura do milho. Neste trabalho o teor de N na MSPA de plantas irrigadas com ARS 50% aumentou estando em excesso no milho, de acordo com a faixa de suficiência nutricional para a cultura de Gott et al. (2014).

O N na planta desempenha importante função de componente estrutural, integrante da molécula de clorofila e constituinte de enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos (CASTRO, 2007), porém seu excesso na forma de N-amoniacal pode ocasionar toxidade nas plantas. Também há relatos de alterações no pH intracelular, no equilíbrio osmótico, estresse oxidativo, redução do desenvolvimento vegetal dentre outros (CAMPOS, 2013). Severino et al. (2007) trabalhando com mamona sob excesso de adubação nitrogenada, observaram toxidez na planta e comprometimento do seu desenvolvimento inicial, fato este relatado também para a cultura do milho. Quando em excesso na forma nítrica, o N pode ser armazenado nos vacúolos, pela maioria das plantas, não ocasionando sintomas de toxidade. No entanto, o acumulo de N-nítrico nos vegetais e sua ingestão, podem reagir e formar compostos cancerígenos, apresentando riscos à saúde de homens e animais (SANTAMARIA, 2006). Para evitar esse problema, Seganfredo (2000) recomenda aplicações de ARS tendo como critério doses de ARS para fornecer somente o N necessário para que o milho alcance a produção almejada, evitando que haja excesso desse nutriente no solo e na planta. Já Campos (2013), propõem o uso de Si para mitigar a toxidade de N-amoniacal.

O teor de P na MSPA foi mais influenciado pela textura do solo, ainda que, de acordo com Gott et al. (2014) esteve na faixa de deficiência (<3,3 g kg^{-1}) para a cultura do milho, independentemente do tipo de solo, da aplicação ou não dos adubos orgânicos. Esse resultado pode estar diretamente relacionado a baixa disponibilidade de P encontrada nos solos estudados, apesar do incremento deste elemento devido aplicação de biocarvão e ARS 50%.

Foi observado maior teor de P na MSPA do milho cultivado em solo de textura média em relação ao solo de textura argilosa. Tal fato pode estar associado aos solos argilosos possuírem alta capacidade de adsorção de P, competindo com as plantas pelo fósforo aplicado na irrigação e via biocarvão, tornando o nutriente menos disponível para serem absorvidos e transportados até a parte aérea (NOVAIS et al., 2007). Esse resultado é apoiado por Bedin et al. (2003), que ao aplicarem diferentes doses de P, observaram que mesmo após maior fornecimento de P, as plantas de milho cultivadas sobre solo argiloso absorveram menor quantidade do nutriente, quando comparadas as que foram cultivadas em solo de textura média, sob menor fornecimento de fósforo. Andreotti et al. (2000)

encontraram teor de P superior nas folhas e no caule do milho cultivado em solo de textura média quando comparado ao solo argiloso.

A adição de biocarvão também foi importante para aumentar a absorção de P pelas plantas de milho, assim como observado por Costa (2017) que verificou aumento do teor de P na parte aérea da planta de milho cultivada em solo com biocarvão. De acordo com Santos (2015), o biocarvão possui importante função na disponibilidade e uso do P pelas plantas, principalmente quando o nutriente está em baixo teor no solo.

Já o teor de K na MSPA do milho cresceu linearmente com o aumento das doses de biocarvão e também com a aplicação de ARS 50% (Tabela 3), resultado coerente com o efeito da aplicação destes resíduos orgânicos no solo, onde também houve crescimento linear no teor do nutriente. Esse resultado pode ser explicado por Effgen (2014), que destaca o potencial da ARS em adicionar K^+ ao solo e aumentar sua disponibilidade para as plantas e, por Barbosa (2016) que confirma a elevada concentração de potássio no biocarvão obtido de palha de café conilon. Os valores de K na MSPA estão na faixa de excesso (>28,9 g/kg) para as doses de biocarvão acima de 10 t/ha e irrigações com ARS 50%, independentemente se utilizados conjuntamente ou isolados e do tipo de solo estudado.

Corrobora com esse resultado o trabalho de Oliveira et al. (2004), que encontraram maior concentração de K na MSPA do milho irrigado com ARS, quando comparado a água bruta. De acordo com os autores, o valor de K na MSPA foi 2,3 vezes maior onde se utilizou ARS, superior aos resultados do presente trabalho, onde o teor de K na MSPA foi aproximadamente 1,3 vezes superior nos tratamentos com ARS 50%, em relação as plantas irrigadas com água deionizada (AD). Isso pode ter ocorrido devido a diluição da ARS em AD, reduzindo a concentração do elemento no fertilizante.

Tabela 3. Teores de nitrogênio e potássio na massa seca da parte aérea de plantas de milho cultivadas em solos de diferentes texturas, com aplicação de doses crescentes de biocarvão de palha de café conilon e irrigados com diferentes águas

Variável	Tipo de Água	Dose de Biocarvão (t/ha)				
		0	5	10	15	20
N (g/kg)	AD	6,4B	10,1B	14,3A	9,4B	9,2B
	ARS50%	60,3ª	58,2A	41,5A	63,5A	46,6A
K (g/kg)	AD	5,5B	17,1B	30,0A	32,2B	32,4A
	ARS50%	21,6ª	26,4A	33,8A	37,4A	36,8A

*Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.
Fonte: Os autores.

A adição de biocarvão ao solo, quando combinada com ARS 50%, incrementou os teores de Ca e Mg na MSPA do milho, que se apresentaram acima dos limites considerados adequados no tecido vegetal. De acordo com Akhtar et al. (2015), o aumento na absorção de Ca^{+2} e Mg^{+2} pela cultura do milho ocorre devido à capacidade de adsorção de nutrientes ao biocarvão, que se liga transitoriamente com Na^{+}, reduzindo sua absorção pelas plantas, amenizando o estresse osmótico pelo aumento no teor de água do solo e liberando nutrientes como Ca e Mg para a solução do solo. Este fato explica também, porque o incremento de sódio no solo incubado com biocarvão não resultou em aumento de seu teor na MSPA.

Os nutrientes Ca e Mg competem pelos mesmos sítios de absorção na planta, sendo que a relação Ca/Mg ideal no tecido vegetal, para um bom desenvolvimento do milho é de 3:1. Neste trabalho a relação Ca/Mg na parte aérea teve um aumento linear com adição das doses de biocarvão, saindo de valores próximo de 1,0 e atingindo próximo a 2,5. Isso aconteceu devido ao fato do biocarvão apresentar maior teor de Ca em relação ao Mg, e ainda, em razão da maior competição entre o Mg e K, pela similaridade de raio iônico e potencial eletroquímico de absorção de ambos (ANDREOTTI et al., 2000).

A influência da ARS 50% foi verificada para o micronutriente Zn, que aumentou significativamente na MSPA do milho, em relação aos cultivos onde não utilizou a água residuária na irrigação. Esse resultado foi mais evidente em solos de textura média, independentemente da dose de biocarvão aplicada. Apesar de não ter sido notado aumento do teor de Zn no solo, seu incremento no tecido vegetal pode estar relacionado a adição deste nutriente pela ARS, conforme relatado por alguns autores. Moreira et al. (2015) observaram incremento do teor foliar de Zn no milho adubado com doses crescente de ARS, assim como Oliveira et al. (2004), que verificaram maiores valores médios de Zn na massa seca da planta de milho irrigada com ARS.

No trabalho realizado por Galrão (1984), a disponibilidade de micronutrientes comprometeu o desenvolvimento e rendimento da cultura do milho, com destaque para o Zn, sendo que na sua ausência a planta apresentou decréscimo significativo na produção. Portanto, a fertirrigação com ARS pode ser uma alternativa para suprir este micronutriente para a cultura, além de outros benefícios já mencionados.

A adição de biocarvão aos solos associada a irrigações com ARS 50%, promoveu a elevação dos teores de N, K, Ca, Mg e Zn na MSPA do milho, estando a maior parte destes elementos na faixa adequada ou em excesso, evidenciando que não houve efeito negativo de salinidade e que esses fertilizantes orgânicos possuem elevado potencial para nutrição da cultura.

Características de desenvolvimento do milho

Nos tópicos anteriores vimos que a adição de biocarvão e ARS 50%, assim como o tipo de solo, influenciaram o teor de nutrientes no solo e na planta. De modo geral, todos os parâmetros relacionados ao desenvolvimento da cultura do milho manifestaram melhores resultados quando foram cultivadas em solo de textura média, independentemente da água de irrigação ou da dose de biocarvão. Resultado semelhante foi encontrado por Costa (2017), que verificou melhor desenvolvimento da parte aérea de plantas que foram cultivadas em solos com menor teor de argila. Esse padrão de resposta pode ser explicado por Novais et al. (2007) que descreveram o solo de textura média com uma aeração e dinâmica de nutrientes, assim como condições de crescimento e desenvolvimento de plantas, superiores as observadas no solo argiloso, desde que adotado o manejo nutricional adequado. Segundo os autores os solos ou substratos pouco aerados apresentam deficiência nutricional e limitam o crescimento das plantas, uma vez que a aeração do solo afeta a troca gasosa, a disponibilidade de água e nutrientes.

O aumento das doses de biocarvão promoveu um crescimento linear dos parâmetros ALT, MSPA e MST, que foi verificado em solo de textura média. Assim, constata-se a capacidade do biocarvão em potencializar o desenvolvimento vegetal e a produtividade agrícola. Efeitos significativos sobre esses parâmetros, após a adição de biocarvão também é relatado por outros autores. Segundo Lima (2016), a aplicação de biocarvão até a dose de 30 t/ha provocou aumento linear na altura de plantas de girassol, já Maia e Sohi (2010) observaram aumento de 17% na massa seca total de milho que foi adubado com biocarvão em comparação onde o mesmo não foi adicionado. Plantas de milho adubadas com biocarvão proveniente de resíduos do café proporciona uma produção de biomassa seca de parte aérea igual aquelas plantas adubadas com fertilizante químico (SILVA, 2016).

Quando combinou o biocarvão com a ARS 50% também verificou uma resposta mais positiva na cultura do milho cultivada no solo de textura média. De forma geral, a interação biocarvão e ARS 50% favoreceu os parâmetros de desenvolvimento do milho, isso é apoiado por Sismur et al. (2016) ao identificar que a adição de biocarvão simultaneamente com outros fertilizantes, maximiza o crescimento das plantas. Este fato pode estar associado a capacidade que os biocarvões tem de aumentar a retenção e diminuir as perdas de nutrientes no solo (PETTER e MADARI, 2012), além de melhorar a retenção de água e reduzir a evapotranspiração (SILVA, 2016), características que aumentam a disponibilidade dos nutrientes aplicados via fertilizantes para as plantas, otimizando o desenvolvimento vegetal.

Foi observado aumento na MSRA, chegando a valores superiores a 70% a medida que adicionou biocarvão ou ARS 50% aos solos, associados ou não. Esse fato pode ocorrer em razão do biocarvão ser fonte de P e K, e também reter esses nutrientes fornecido pela ARS, aumentando a sua disponibilidade para as plantas (CHAN e ZHIHONG, 2009).O fósforo, que sabidamente, é essencial para o desenvolvimento inicial da planta (TRAZZI, 2014), exerce grande importância para o crescimento de raízes, enquanto que o potássio, apesar de não constituir nenhuma molécula orgânica no vegetal, é importante para aumentar a espessura do caule, ativar enzimas e controlar o fluxo de fluídos na planta (FREITAS et al., 2004).Fato que também pode explicar o aumento do DC das plantas cultivadas em solos de textura média incubados com biocarvão.

Dessa forma, quando comparado a fração MSPA/MSRA, verificou-se que para os mesmos tipos de solo, o valor foi menor nas plantas que foram irrigadas com ARS 50% em relação a AD. Este resultado pode ser explicado pelo incremento mais acentuado da MSRA comparado ao crescimento da MSPA nos solos irrigados com ARS 50%. Fato este que ocorre, em parte, pela adição de P presente na ARS 50% e, em parte, pela insuficiência de P no tecido vegetal do milho, conforme visto no tópico teor de nutrientes na planta. Nessas condições, as plantas tendem a apresentar um aumento proporcional de MSRA, em relação à MSPA, com vias a favorecer maior absorção do nutriente. Clark (1982) menciona que plantas de milho sob deficiência de P apresentam menor crescimento da parte aérea, do que das raízes e estas parecem ter prioridade para utilizar o nutriente quando ele é inicialmente absorvido. Logo, o P fornecido pela ARS 50% ao ser absorvido seria rapidamente utilizado para formação e crescimento do sistema radicular. Liu et al. (1998) assinalam que, quando a planta se encontra sob estresse de P, a distribuição, a direção e a energia de assimilação dos produtos da fotossíntese são direcionados para a formação e o desenvolvimento do sistema radicular, visando aumentar a área de absorção do nutriente. Segundo Clarkson (1985), as raízes tornam-se os drenos preferenciais de fotoassimilados, quando alguns nutrientes encontram-se limitando o crescimento das plantas, especialmente P e N. Embora o parâmetro NF tenha sido um pouco superior nas plantas cultivadas em solo de textura média, não houve um efeito significativo para a variável tipo de solo, assim como para a adição de biocarvão e ARS 50%.

Considerações finais

O uso de biocarvão de palha de café conilon e da água residuária da suinocultura diluída a 50% se mostraram como boas opções para adubação orgânica na cultura do milho, permitindo harmonizar o descarte desses resíduos agropecuários com a produção de

alimentos. Destaca-se ainda a sinergia da interação entre biocarvão e ARS 50% em relação ao incremento de nutrientes no solo, nutrição e desenvolvimento da planta de milho.

Apesar de existir grande potencial de adubação com biocarvão e fertirrigação com ARS, possibilitando incrementar o teor de nutrientes no solo e no tecido vegetal, melhorar o desenvolvimento e suprir água para o milho, torna-se importante monitoramento do uso desses resíduos devido a possibilidade de ocorrência de salinização e sodificação, principalmente devido a elevada condutividade elétrica que possuem e ao acúmulo de íons, principalmente K^+ e Na^+ no solo.

Esses resultados são de grande valia para entender melhor o uso destes resíduos na agricultura, ainda assim, sugere-se que novos experimentos sejam implantados com intuito de avaliar o efeito do biocarvão combinado com diferentes lâminas e diluições de ARS para a irrigação, na alteração da qualidade do solo e dos lixiviados, na nutrição e desenvolvimento das plantas.

Referenciais

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório Anual 2016.** Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf>. Acesso em: 22 set. 2016.

AKHTAR, S. S.; ANDERSEN, M. N.; LIU, F. Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. **Agricultural Water Management**, v. 158, n. 1, p. 61-68, 2015.

ANDREOTTI, M.; DE SOUZA, E. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; BULL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão de saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2437-2446, 2000.

BARBOSA, C. F. **Caracterização de biocarvões de palha de café e casca de eucalipto Produzidos a 350 e 600ºC**. Alegre, 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2016.

BEDIN, I.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MENDONÇA, L. A.; VILELA, L. C. S. Fontes de fósforo e crescimento do milho em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Edição Especial, p. 1522-1531, 2003.

BRASIL. **Lei n. 10.438**, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2002/L10438.htm>. Acesso em: 17 fev. 2018.

BRUM, S. S. **Caracterização e modificação química de resíduos sólidos do beneficiamento do café para produção de novos materiais**. Lavras, 2007. 138 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CAMPOS, C. N. S. **Silício e excesso de amônio e de nitrato em plantas de cana-de-açúcar e de pepino**. Jaboticabal, 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo) -Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

CASTRO, A. C. R. **Deficiência de macronutrientes em heliconeia "Golden Torch"**. Recife, 2007. 102 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; PAVINATO, P. S.; TRENTIN, E. E.; GIROTTO, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquido de suínos. **Revista Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1287-1295, 2005.

CHAN, K. Y.; ZHIHONG, X. Biochar: nutrient properties and their enhancement. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management:** science and technology. 1. ed. New York: Earthsca, 2009. p. 67-84.

CLARK, R. B. **Plant response to mineral element toxicity and deficiency.** In: CHRISTIANSEN, M. N.; LEWIS, C. F. (Eds.). Breeding plants for less favorable environments. New York: J. Wiley & Sons, 1982. p. 71-73.

CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 1985 16., Ilhéus. Anais... 5, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Cabala Rosand, 1985. p. 45-75.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO-CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café** – Monitoramento agrícola – Café Safra 2018. v. 5, n. 1, p. 1-73, Brasília, jan. 2018. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_18_15_09_22_cafe_janeiro2018.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2018

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação: conceitos básicos e práticos.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 32 p. (Documentos, 167)

COSTA, M. E. **Efeito do biochar e de águas salinas sobre o crescimento e nutrição do milho e na salinidade do solo.** Mossoró, 2017. 51 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró. 2017.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular Técnica, 87).

CUNHA, I. N.; CORTEZ, T. B.; COSTA, S. M.; SILVA, A. H. N. **Aspectos regulatórios para reuso de água no Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. 3, 2012, Goiânia. Anais do Congresso. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/congresso3.htm>. Acesso em: 25 mar. 2018.

DAL BOSCO, T. C.; SAMPAIO, S. C.; OPAZO, M. A.; GOMES, S. D.; NÓBREGA, L. H. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 699-709, 2008.

DAL MORO, H. G.; MOREIRA, G. C.; SONCELA, A. S. Efeito da aplicação com dejetos líquidos de suíno na cultura do milho. **Revista Cultivando o Saber**. v. 3, n. 4, p. 154-166, 2010.

DORTZBACH, D.; ARAUJO, I. S.; PANDOLFO, C. M.; VEIGA, M. Alteração nos atributos químicos em solos adubados com dejeto liquido de suínos na cultura do milho e na pastagem, em diferentes períodos de aplicação. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 26, n. 3, p. 62-67, 2014.

EFFGEN, E. M. **Potássio no solo, na planta e produção de Capim Mombaça decorrente do uso de água residuária da suinocultura.** Alegre, 2014. 81 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Manual de métodos de análise de solo.** 3.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2017. 573 p.

ENDERS, A.; HANLEY, K.; WHIMAN, T.; JOSEPH, S.; LEHMANN, J. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. **Bioresource Technology**, v. 144, p. 644-653, 2012.

FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. R. A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 34, n. 3, p. 337-342. 2004.

FREITAS, W. D. S.; OLIVEIRA, R. A.; PINTO, F. A.; CECON, P. R.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 120-125, 2004.

GALRÃO, E. Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e na composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, n. 1, p. 111-116, 1984.

GOTT, R. M.; AQUINO, L. A.; CARVALHO, A. M.; SANTOS, L. P.; NUNES, P. H.; COELHO, B. S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1110-1115, 2014.

INCAPER. **Boletim da Conjuntura Agropecuária Capixaba**. Vitória/ES: Incaper, 2015-2017. Trimestral. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/2975/1/Boletim-Conjuntura-Agropecuaria-12-dez-2017-10jan.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Prado CHBA, Ed. Rima, São Carlos, Brasil, 2000. 531 p.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management: an introduction. In: _____. **Biochar for environmental management:** science, technology and implementation. 2. ed. New York: Routledge, 2015. p. 1-14.

LIMA, I. S. **Parâmetros físico-hídricos, lixiviação de nutrientes e desenvolvimento do girassol** (*Helianthus annuus* L) **em argissolo amarelo tratado com biocarvão.** São Crristovão, 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos), Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão. 2016.

LIU, G.; LI, J.; LI, Z. Effect from horizontally diving the root system of weat plants having different phosphorus efficiencies. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 12, p. 2535-2544, 1998.

MAIA, C. M. B. F.; SOHI, S. P. The effect of biochar soil-carbon stabilization in a highly SOM-depleted soil. **Proceedings** of the 3rd IBI Conference, Rio de Janeiro, Brasil, 148 p., 2010.

MADARI, B. E.; PETTER, F. A.; CARVALHO, M. T. de M.; MACHADO, D. M.; SILVA, O. M. da; FREITAS, F. C.; OTONI, R. de F. **Biomassa carbonizada como condicionante de solo para a cultura do arroz de terras altas, em solo arenoso, no Cerrado: efeito imediato para a fertilidade do solo e produtividade das plantas.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 8 p. (Comunicado Técnico, 197).

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; PÉREZ, A. M. M.; LOUREIRO, F. A. S.; DANTAS, P. F. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1047-1055, 2011.

MEDEIROS, S. S.; PÉREZ, A. M. M.; JÚNIOR, J. A.; REIS, C. F.; GHEYI, H. R. Potencial hídrico-nutricional da água residuária de suinocultura na irrigação do algodoeiro cultivado em condições semiáridas. **Revista Irriga**, v. 20, n. 2, p. 248-260, 2015.

MOREIRA, E. D. S.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; CRUZ, L. R. Características agronômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. **Boletim de Indústria Animal**. v.72, n.3, p. 185-192, 2015.

NÓBREGA, I. P. C. **Efeitos do biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: sequestro de carbono no solo.** Lisboa, 2011. 11f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) -Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2011.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: _____. **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

NOVOTNY, E. H. Condicionador de solo à base de resíduos orgânicos carbonizados (biochar) e funcionalizados. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. **Agricultura conservacionista no Brasil.** 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014. p. 341-363.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Committee on the role of alternative farming methods.** In: Alternative Agriculture. Washington: National Academy Press, 1989, 3. ed. 448 p.

OLIVEIRA, R. A. de; FREITAS, W. S.; GALVÃO, J. C. C.; PINTO, F. A.; CECON, P. R. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características nutricionais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 3, p. 357-369, 2004.

OLIVEIRA, Y. R. **Estudo da adsorção de Cu(II) utilizando biocarvões de palha de café conilon.** Alegre, 2018. 37 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre. 2018.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo-decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PEREIRA, E. R. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. Piracicaba, 2006. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2006.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: Agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 761-768, 2012.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. D.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. D.; LEMOS, A. L. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 2, p. 77-90, 2004.

REZENDE, V. O. **Efeito da Fertirrigação com Água Residuária da Suinocultura nos Atributos Químicos do Solo na Produção dos Capins Tifton 85 e Xaraés.** Viçosa, 2013. 47 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2013.

SANTAMARIA, P. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, West Sussex, v. 86, n. 1, p. 10–17, 2006.

SANTOS, L. D.; MAYERLE, S. F; CAMPOS, L. M. S. Tecnologias e sistemas de tratamento para os dejetos da suinocultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 12-18, dez. 2014.

SEVERINO, L. S. **Toxidez causada pelo excesso de torta de mamona como fertilizante orgânico**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 341).

SILVA, F. C. S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2. ed. 2009. 627 p.

SILVA, W. M. **Aplicação de biochar de resíduos de café em Neossolo Regolítico**: efeitos nas características químicas e biológicas e na produção de milho e feijão. Recife, 2016. 57 f. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 2016.

SISMUR, T.; QUILLIAM, R.; PUGA, A. P.; JIMÉNEZ, E. M.; BEESLEY, L.; EYLES, J. L. G. Aplication of Biochar for soil remediation. In: GUO, M.; HE, Z.; UCHIMIYA, S. M. **Agriculture and environmental aplplications of biochar**: Advances and Barriers. Publication 63. Soil Science Society of America, 2016. p. 295-324.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. D. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análise de solo**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documento, 206).

PREZOTTI, L.C.; OLIVEIRA, J.; GOMES, J.; DADALTO, G. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o estado do Espírito Santo – 5ª Aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.

SANTOS, S. R. **Biocarvão associado a fertilizante e sua influência no aproveitamento de fósforo pela planta.** Viçosa, 2015. 27 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

SEGANFREDO, M. A. **Análises do risco de poluição do ambiente quando se usa dejetos de suínos como adubo do solo.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. 3 p. (Comunicado Técnico, 268).

TRAZZI, P. A. **Uso do biocarvão na produção de mudas e no crescimento inicial de** *Pinus taeda* L**.** Curitiba, 2014. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.