



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CURSO DE AGRONOMIA

ANTONIO YAN VIANA LIMA

**CONDICIONADORES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS NAS PROPRIEDADES
QUÍMICAS DE UM SOLO ARENOSO**

FORTALEZA

2019

ANTONIO YAN VIANA LIMA

CONDICIONADORES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS NAS PROPRIEDADES
QUÍMICAS DE UM SOLO ARENOSO

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Eugenia Ortiz Escobar.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L696c Lima, Antonio Yan Viana.
Condicionadores orgânicos e inorgânicos nas propriedades químicas de um solo arenoso / Antonio Yan Viana Lima. – 2019.
42 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profa. Dra. Maria Eugenia Ortiz Escobar.

1. Argila. 2. Matéria orgânica. 3. Solos arenosos. 4. Condicionadores de solo. I. Título.

CDD 630

ANTONIO YAN VIANA LIMA

CONDICIONADORES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS NAS PROPRIEDADES
QUÍMICAS DE UM SOLO ARENOSO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Ceará
(UFC), como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 22/11/2019

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Eugenia Ortiz Escobar (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Helon Hébano de Freitas Souza
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Janine Colares Gadelha
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus, aos meus pais, José Pereira (*in
memoriam*) e Socorro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por todo amor, infinita bondade, cuidado e direção durante todos esses anos de graduação.

Agradeço ao meu pai José Pereira Lima (*in memoriam*) por ser meu exemplo e grande influenciador da minha profissão e à minha mãe Maria Fátima Viana (Socorro), por todos os esforços realizados para realização desse objetivo, por ser uma mãe extremamente cuidadosa e amorosa comigo e com meus irmãos.

Aos meus irmãos Sland, Mary e Irlane, e em especial ao meu irmão Anderson por todos os anos de companheirismo e irmandade, além do apoio incondicional em todos os momentos.

À minha afilhada e sobrinha Isabela e aos demais sobrinhos e sobrinhas.

À Profa. Dra. Maria Eugênia Ortiz Escobar por todos esses anos de orientação, por acreditar e confiar no meu trabalho, por me apresentar a química ambiental e despertar em mim o interesse pela pesquisa, e por ser peça importantíssima na formação do meu caráter pessoal e profissional.

Aos amigos do grupo QSQA, os doutorandos Luis Felipe, Mateus e Thais, aos mestrandos Bianca, Carlos e Luan, e ao graduando em Engenharia Ambiental Ruan, por toda a amizade e ensinamentos durante todos esses anos.

Aos laboratoristas Crisanto e Fátima pelos anos de ensinamentos e paciência, por sempre estarem dispostos a cooperar com todos os experimentos os quais já realizei.

Aos professores do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará por todos os anos de ensinamento e por sempre estarem disponíveis para acrescentar nas pesquisas realizadas durante a graduação.

Aos irmãos em Cristo da Comunidade Evangélica Nova Aliança/Ocara - CE por todos os anos de oração em meu favor.

À Comunidade Cristã Videira por ser meu refúgio e lugar de adoração, por me mostrar que a vida é para se Viver, Amar e Servir.

Ao GC dos Hebreus por toda amizade, suporte e parceria nessa reta final.

Aos meus amigos Tamara, Atila e Denize, pois além de amigos, são irmãos em Cristo.

“Levanta-te, resplandece, porque vem a tua luz, e a glória do SENHOR vai nascendo sobre ti.” (Isaías 60:1)

RESUMO

O solo é considerado como um dos principais recursos naturais indispensáveis para a vida no planeta. Além de servir como meio de suporte, é fonte de nutrientes para plantas e microrganismos, quando apresentam boa qualidade, a qual está associada às suas características físicas, químicas e biológicas. Os solos de regiões áridas e semiáridas apresentam baixa fertilidade natural e são pobres em matéria orgânica, condição que pode ser agravada pela textura arenosa, pela escassez hídrica e pelo manejo inadequado. Dessa forma, há a necessidade de avaliar a adição de condicionadores de solo que promovam a melhoria na qualidade do solo, como é o caso de argila e matéria orgânica. Assim, para avaliar os efeitos da adição de argila e composto orgânico em solo arenoso sobre suas propriedades químicas, foi conduzido este experimento em casa de vegetação, testando quatro teores de argila (10%, 15%, 26% e 31%), na presença e ausência de composto orgânico. Foram coletadas amostras de solo em Pacajus e em Fortaleza/CE. Os solos foram secos e peneirados em peneira de 2 mm. Foram montados 8 tratamentos, T1, T2, T3 e T4 sem adição de composto, e T5, T6, T7 e T8 com adição de composto. Os tratamentos T2 e T6 foram montados após extração de argila+silte de parte do solo com 26% de argila, em seguida adicionada à parte do solo com 10%, onde após granulometria obteve-se o teor de 15% de argila. O composto orgânico usado foi caracterizado quanto aos atributos químicos no início do experimento e os solos foram caracterizados quanto aos atributos químicos no início e ao final do experimento. Foi realizada análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. A associação entre argila e composto orgânico reduziu a decomposição da matéria orgânica, elevando o pH no tratamento a 6,1 no tratamento T8, contra pH 5,2 na ausência de composto no tratamento T4. Nos tratamentos com presença de composto orgânico houve redução na acidez potencial, aumento do carbono orgânico e fósforo disponível. O composto orgânico como condicionador do solo trouxe resultados mais positivos que a adição de argila, o que reforça o uso de condicionadores orgânicos para a melhoria de atributos químicos de solos.

Palavras-chave: Argila. Matéria orgânica. Solos arenosos. Condicionadores de solo.

ABSTRACT

Soil is considered as one of the main natural resources indispensable for life on the planet. In addition to serving as a support medium, it is a source of nutrients for plants and microorganisms, when they are of good quality, which is associated with their physical, chemical and biological characteristics. Soils in arid and semi-arid regions have low natural fertility and are poor in organic matter, a condition that can be aggravated by sandy texture, water scarcity and inadequate management. Thus, there is a need to evaluate the addition of soil conditioners that promote improvement in soil quality, such as clay and organic matter. Thus, to evaluate the effects of the addition of clay and organic compost on sandy soil on their chemical properties, this experiment was conducted in a greenhouse, testing four clay contents (10%, 15%, 26% and 31%) in the soil. presence and absence of organic compound. Soil samples were collected in Pacajus and Fortaleza / CE. The soils were dried and sieved in a 2 mm sieve. Eight treatments, T1, T2, T3 and T4 without compound addition, and T5, T6, T7 and T8 with compound addition were assembled. The treatments T2 and T6 were assembled after extraction of clay + silt of soil part with 26% clay, then added to the soil part with 10%, where after granulometry the 15% clay content was obtained. The organic compound used was characterized by chemical attributes at the beginning of the experiment and the soils were characterized by chemical attributes at the beginning and end of the experiment. Variance analysis was performed with comparison of means by Tukey test at 5% significance level. The association between clay and organic compost reduced the decomposition of organic matter, raising the pH in the treatment to 6.1 in the T8 treatment, against pH 5.2 in the absence of compost in the T4 treatment. In the treatments with presence of organic compost there was reduction in the potential acidity, increase of the organic carbon and available phosphorus. Organic compost as a soil conditioner brought more positive results than the addition of clay, which reinforces the use of organic conditioners to improve soil chemical attributes.

Keywords: Clay. Organic matter. Sandy soils. Soil conditioners.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Caracterização química do composto orgânico	22
Tabela 2 –	Caracterização química dos solos	24
Tabela 3 –	Acidez e condutividade elétrica do solo determinados após 25 dias de incubação com condicionadores orgânicos e inorgânicos	27
Tabela 4 –	Valores de carbono orgânico e nitrogênio total	29
Tabela 5 –	Índices de fertilidade em solo com adição de condicionadores orgânicos e inorgânicos	32
Tabela 6 –	Concentração de micronutrientes em solos arenosos adicionados de condicionadores orgânicos e inorgânicos	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Qualidade do solo	13
2.2	Manejo de solos arenosos	14
2.3	Fertilidade de solos arenosos	16
2.4	Condicionadores de solo	17
2.4.1	<i>Condicionadores orgânicos</i>	18
2.4.2	<i>Condicionadores inorgânicos</i>	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Localização da área de estudo, coleta das amostras de solo e aquisição de material	21
3.2	Delineamento experimental e implantação do experimento	22
3.3	Caracterização química dos solos no início do experimento	23
3.4	Análise estatística	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5	CONCLUSÕES	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O solo é uma importante fonte de recursos para os seres vivos, fornecendo alimento, abrigo e matéria-prima, além de contribuir para a qualidade ambiental por meio de serviços ecossistêmicos, como ciclagem de nutrientes, sequestro de carbono, armazenamento de água, entre outros.

A qualidade dos solos e dos seus serviços resulta da interação entre diversos fatores, como condições climáticas, estrutura do solo, biodiversidade e manejo agrícola. Para fins de monitoramento, a matéria orgânica e os agregados se destacam como atributos indicadores da qualidade do solo, devido às interações com os componentes minerais, particularmente as argilas, e biológicos. Estas interações resultam em propriedades que favorecem a retenção de água e nutrientes, estimulando a microbiota e a cobertura vegetal, que por sua vez, contribuem com a estabilização física e química do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

No entanto, solos de regiões áridas e semiáridas, que naturalmente são submetidos a períodos de seca, sofrem grande vulnerabilidade ambiental pela limitação hídrica e por baixos teores de matéria orgânica no solo. De acordo com Vieira et al (2015), semiárido nordestino do Brasil está entre as regiões mais vulneráveis e, diante das mudanças climáticas e projeções de intensificação da aridez, associadas ao crescimento populacional, demandam a gestão racional do solo para a mitigação dos fatores que aumentam sua vulnerabilidade e comprometem sua qualidade.

Estratégias de adição de argila e matéria orgânica em solos arenosos do semiárido nordestino podem ser desenvolvidas para modificar as propriedades físicas e químicas destes solos e, estimular o desenvolvimento da microbiota e o estoque de carbono orgânico. Para isso, pode-se realizar a inversão da argila contida em horizontes mais profundos de um perfil de solo sobre sua superfície mais arenosa. Sob a perspectiva ambiental, esse processo diminui a introdução de substâncias químicas corretivas, visto que a argila, que atua como condicionadora da qualidade edáfica junto à matéria orgânica, já se encontra naturalmente disponível no solo (TAHIR; MARSCHNER, 2017).

Esta pesquisa parte da hipótese de que matéria orgânica e argila modificam os atributos físico-químicos do solo, levando ao aumento da fertilidade do solo e da adsorção de nutrientes. Estas condições favorecem a disponibilidade de nutrientes e água para plantas, além de fornecerem C e N para a biomassa microbiana.

Assim, a pesquisa teve por objetivo avaliar a interação entre matéria orgânica e

argila e sua influência sobre atributos químicos do solo, e desenvolver alternativas para incrementar sua qualidade diante das pressões naturais e antrópicas no semiárido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Qualidade do solo

Mais que um meio físico, o solo pode ser considerado um sistema vivo, capaz de manter ecossistemas e os seres vivos que deles dependem (TURMEL et al, 2014; DELGADO; GÓMEZ, 2016). O componente biótico tem extrema importância para a manutenção do solo, pois segundo Ferris e Tuomisto (2015), ele pode ser considerado um meta-organismo, cujos processos fisiológicos refletem a saúde do solo. Altieri (1999) também credita à diversidade biológica, a qualidade dos serviços ecossistêmicos como ciclagem de nutrientes, controle microclimático e hidrológico, bem como a regulação da abundância de organismos indesejáveis em agroecossistemas, estimulando sua resiliência diante de distúrbios.

Para Mcbratney, Field e Koch (2014), a manutenção destes serviços ecossistêmicos envolve a preocupação com a qualidade e segurança do solo, que por sua vez englobam a segurança alimentar, hídrica e energética, além da proteção à biodiversidade e da mitigação das mudanças climáticas. No entanto, para garantir que o solo desempenhe estes serviços, são necessárias condições que promovam sua qualidade.

Assim como existem divergências quanto à definição de qualidade do solo, também não há consenso quanto aos atributos que melhor representam a qualidade do solo. Porém, devem ser consideradas as naturezas física, química e biológica das propriedades do solo, bem como a sensibilidade ao manejo para obter uma visão holística da qualidade do solo (ZORNOZA et al, 2015; DELGADO; GOMÉZ, 2016). Segundo Conceição et al (2005), os indicadores da qualidade do solo podem ser considerados efêmeros, que se modificam rapidamente diante do manejo, como umidade e disponibilidade de nutrientes; permanentes, que são inerentes ao solo, como textura e mineralogia; e intermediários, que influenciam diretamente nas funções do solo, como agregação, biomassa microbiana e carbono orgânico total. Esta última categoria seria a mais difundida na avaliação da qualidade do solo.

Contudo, o teor de matéria orgânica do solo, a estabilidade de agregados e o carbono da biomassa microbiana têm sido os atributos mais utilizados, devido à sensibilidade às modificações pelo manejo, ao fornecimento de nutrientes, à influência na infiltração e retenção hídrica, menor propensão à erosão e melhor estruturação do solo (CONCEIÇÃO et al, 2005; TURMEL et al, 2014; WINCK et al, 2014; BREVIK et al, 2015; KABIRI; RAIESI;

GHAZAVI, 2016). Porém, devido à natureza heterogênea da matéria orgânica do solo como indicador, composta por uma fração lábil e uma fração recalcitrante, estima-se que a fração lábil, ou matéria orgânica particulada seja mais sensível às alterações das condições do solo, sendo, portanto, um melhor indicador da sua qualidade (WINCK et al, 2014; BLANCO-MOURE et al, 2015).

2.2 Manejo de solos arenosos

Os solos são considerados arenosos quando apresentam baixa porcentagem de argila em um solo específico, geralmente composto por 70% de areia e 15% de silte e argila. Klein (2014) diz que as porcentagens dessas partículas estão relacionadas à granulometria do solo, seguindo parâmetros específicos. Em solos arenosos, a maioria dos componentes do solo é maior que 2 mm de diâmetro. Em geral, o solo arenoso é seco e de rápida drenagem. Tem textura áspera, baixa plasticidade e pegajosidade. A areia apresenta partículas grandes, com grande presença de poros, o que facilita a passagem da água pelo perfil do solo, fazendo com que o solo careça de água e conseqüentemente de nutrientes, trazendo prejuízos para a agricultura. Donagemma et al (2016) reforçam a pobreza de solos arenosos em relação a solos argilosos, muito por causa dessa maior susceptibilidade dos solos arenosos a sofrerem processos erosivos, que apresentam menor estabilidade dos agregados.

Wang et al (2005) citam entre os mais importantes indicadores da qualidade do solo, a textura, influenciando no manejo de solos arenosos e na relação entre as partículas do solo. He et al (2014) também falam da influência em processos como a ciclagem de nutrientes no solo e a troca de íons com os sítios de carga. Centeno et al (2017) dizem que solos arenosos apresentam baixos teores de matéria orgânica e baixa adsorção de íons, dificultando a nutrição mineral das culturas.

Reichardt (1990) diz que a textura do solo não pode ser modificada, porém sua estrutura pode ser mantida ou até melhorada com o uso de práticas agrícolas conservacionistas, como adição da matéria orgânica, cobertura do solo, adubação verde, rotação de culturas, manejo da salinidade, entre outros. Solos arenosos apresentam, em geral, baixa estruturação do solo, conseqüentemente uma menor compactação, menor retenção de água – pois modifica o arranjo das partículas do solo – e de matéria orgânica, trazendo problemas à fertilidade do solo. Para a melhoria da qualidade do solo, torna-se necessário investimento em práticas conservacionistas, gestão e manejo adequado do solo (BRADY; WEIL, 2013). Propriedades físicas do solo podem ser alteradas proporcionando aumento da

umidade, aeração e temperatura, favoráveis à silvicultura, por exemplo (PRITCHETT; FISHER, 1987).

Reichert, Reinert e Brada (2013) relacionam propriedades físicas como, infiltração, retenção de água, porosidade e aeração com a qualidade do solo, propriedades essas comuns em solos argilosos, porém escassas em solos arenosos. Os principais indicadores da qualidade física do solo são: a porosidade total, a distribuição e o tamanho dos poros, a densidade, a distribuição das partículas, a profundidade efetiva de enraizamento, o intervalo hídrico ótimo, o índice de compressão, a resistência do solo à penetração, o diâmetro médio de agregados e o nível de matéria orgânica (TOPP et al, 1997; SCHOENHOLTZ; VAN MIEGROET; BURGER, 2000; SINGER; EWING, 2000).

A densidade total, a porosidade e o tamanho dos poros são os principais indicadores físicos necessários para avaliação da qualidade do solo, porém não suficientes. A matéria orgânica tem importante função na estruturação e na estabilidade dos agregados, podendo garantir a sustentabilidade, em longo prazo, em sistemas agrícolas em solos arenosos (LLANILLO et al, 2006).

Práticas conservacionistas tem efeito benéfico sobre a matéria orgânica do solo e conseqüentemente sobre a fertilidade do solo. O sistema de plantio direto, por exemplo, é um importante método conservacionista que aumenta os teores de matéria orgânica no solo, assim como faz a ciclagem de importantes nutrientes como o potássio. Bayer e Mielniczuk (1997) citam que, em solos arenosos, as práticas conservacionistas aumentam a capacidade produtiva em virtude do aumento da CTC e conseqüente maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. O plantio convencional favorece a perda da qualidade do solo, assim como acelera a decomposição da matéria orgânica (RESK et al, 1999).

O pH do solo é um indicador da qualidade do solo em suas propriedades químicas, pois interfere na disposição de importantes elementos químicos essenciais ao desenvolvimento das culturas (BRANDÃO; LIMA, 2002). O pH também está relacionado com a salinidade do solo, outro grande problema que assola a agricultura brasileira, sobretudo na região nordeste do país. No geral, solos arenosos possuem pH ácido, presença de alumínio em sua forma tóxica, baixo teor de matéria orgânica e baixa capacidade de retenção de água. Pela pobreza nutricional característica desse tipo de solo, aliada ao baixo poder de armazenamento de água, o solo arenoso se torna de difícil trabalhabilidade na agricultura, fazendo com que as plantas tenham grande dificuldade de sobreviver em um solo com estas condições. O cultivo em solos arenosos, em geral, demanda grande tecnificação do produtor para suprir todas as necessidades do sistema solo-planta, principalmente as necessidades

hídricas – consequentemente das nutricionais – o que reforça a necessidade de um manejo adequado do solo, da busca por novas técnicas que venham a trazer benefícios ao solo, de forma sustentável e com custo acessível ao produtor brasileiro.

2.3 Fertilidade de solos arenosos

A fertilidade do solo estuda a capacidade do solo em cumprir as carências nutricionais das plantas, estudando os elementos essenciais, como, quando e quanto eles interagem com as plantas; avaliando sua disponibilidade e formas para corrigir suas deficiências e excessos (NICOLODI et al, 2008). Os nutrientes são estudados de forma individual e como interagem uns com os outros, para entender as transformações que passam desde sua presença nos sítios de troca até a ida à solução do solo. Por muito tempo, fertilidade foi associada à produtividade, porém, com o desenvolvimento da química analítica foi possível desvincular – parcialmente – a produção da fertilidade. Um solo pode ser fértil, mas não ser produtivo (LOPES, 1998). Existem fatores como a escassez de água, o clima, a drenagem da água no solo, por exemplo, que concorrem para uma redução da produtividade no solo.

Oliveira et al (2007) citam que a agricultura é dependente do fornecimento de nutrientes pelo solo e que a manutenção da fertilidade do solo é de essencial importância para sustentabilidade da agricultura. Em solos arenosos, a reposição/fornecimento desses elementos torna-se difícil devido à baixa capacidade desse tipo de solo em fixar esses nutrientes e torna-los disponíveis para as plantas.

Dados do *World Resources Institute* revelam que ambientes agrícolas ocupam mais de um quarto da área do globo terrestre, onde três quartos desses sistemas agrícolas apresentam problemas com fertilidade do solo, que aliado a outros fatores como clima e relevo, podem comprometer seriamente a produção agrícola mundial, aumentando as demandas por nutrientes minerais (WRI, 2000).

A baixa fertilidade dos solos pode ter causas naturais ou antrópicas. Como causas naturais, temos a gênese e o intemperismo do solo (GUERRA, 2015), principalmente em regiões tropicais e subtropicais, onde, devido às altas temperaturas e pluviosidade acentuada, a remoção de nutrientes do solo é mais acelerada. Nessas áreas ainda se destaca o avanço do desmatamento como causa, elevando a temperatura do ambiente, o que aumenta a evapotranspiração e desprotege o solo do impacto causado pelas gotas da chuva, nesses casos temos a ação antrópica como causadora da baixa fertilidade do solo (LOPES; GUILHERME, 2007). Não se pode deixar de falar sobre o manejo do solo, muitas vezes incorreto, exaurindo

os nutrientes do solo sem que se haja reposição desses elementos.

Em levantamento realizado pelo *World Soil Information* apontou-se que 240 milhões de hectares de solo no mundo apresentam restrições quanto a sua fertilidade. De acordo com Oldeman et al (1991), desses 240 milhões de hectares afetados por problemas com fertilidade, 68 milhões encontram-se na América do Sul. Ainda sobre dados do *World Soil Information*, a erosão é a maior causadora da infertilidade dos solos no mundo, tendo consequências permanentes sobre a fertilidade do solo, atingindo cerca de 13% da superfície terrestre. Oldeman (2000) citou que 1,65 bilhões de hectares de terra se encontravam degradados no mundo. Um dos grandes problemas acerca da erosão é que seus efeitos são de difícil recuperação para os solos, sendo em muitos casos impossível recuperar extensas áreas de solo degradadas.

2.4 Condicionadores de solo

Condicionadores de solo são substâncias ou produtos adicionados no solo (ou substrato) e que podem trazer melhorias aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (GERVÁSIO, 2003). Segundo a legislação brasileira acerca do uso de fertilizantes, de acordo com a lei nº 6.094/80, decreto nº 4959/4, condicionador de solo é um produto que promove melhora nos atributos químicos, físico-químicos e/ou biológicos do solo. Destacam-se como condicionadores de solo, produtos como calcário, gesso agrícola, materiais ricos em ferro, argilas, biossólidos (BOISSON et al, 1999; HAMON et al, 2002; BROWN et al, 2005) e produtos orgânicos, como material oriundo de compostagem. Segundo Hamon et al (2002) condicionadores de solo – em especial os orgânicos - podem trazer mudanças no pH dos solos, assim como complexar metais, tornando-os indisponíveis para as plantas.

2.4.1 Condicionadores orgânicos

Condicionadores orgânicos são importantes fornecedores de nutrientes para as plantas (RODRIGUES; MARTINS; TOMAZ, 2010). Nutrientes, como o potássio, por exemplo, podem ser reciclados através da decomposição da matéria orgânica, ou podem ser acrescentados ao solo, fornecidos junto de compostos orgânicos, como o húmus, por exemplo (FERREIRA et al, 2011). Quando o composto é adicionado ao solo, este começa a sofrer decomposição, tornando-se uma importante fonte de alimento para os microrganismos do solo. Estes microrganismos alimentam-se desses compostos e, quando morrem, acabam

acrescentando-se à composição orgânica do solo (MAGALHÃES, 2018). O produto final desse ciclo é o húmus, material de coloração escura, oriunda da síntese e ressíntese do composto e que não se decompõe mais. O húmus é de vital importância para a qualidade do solo, pois rapidamente aumenta os nutrientes presentes no solo e aumenta a capacidade de armazenamento de água no solo (SOUZA; SOUZA, 2011).

O húmus é constituído por substâncias húmicas, ácidos húmicos e humina. Segundo Silva Filho e Silva (2002), substâncias húmicas agem como estimulantes à absorção de nutrientes minerais pelas plantas e auxiliam no desenvolvimento do sistema radicular.

A matéria orgânica do solo desempenha importantes funções na melhoria de atributos físicos do solo, como aeração, armazenamento e retenção de água, estabilidade de agregados, assim como melhoria nos atributos químicos como aumento da CTC, fornecimento de nutrientes (OLIVEIRA; LIMA; CAJAZEIRA, 2004). Do ponto de vista da vida microbiana do solo, a adição de condicionadores traz um aumento da atividade desses microrganismos na rizosfera do solo, aumentando a penetração das raízes e servindo como alimento para a microfauna do solo (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013).

Outra possível alternativa de condicionador orgânico de solo é o uso de carvão vegetal (*Black carbon*), resultado de queimadas – seja de origens naturais ou antropogênicas – e que é uma forma estável da matéria orgânica do solo, tem o poder de adsorver compostos orgânicos solúveis, além de reter água e fornecer alimento para os microrganismos do solo (BENITES et al, 2005). Porém, devem-se destacar os malefícios que a prática de queimadas traz ao meio ambiente, caracterizando-se por uma alternativa não sustentável, tendo em vista que pode trazer sérios problemas ao solo em um curto espaço de tempo, além do aumento da poluição e redução da microbiota do solo.

Madari (2004), diz que a adição de carvão ao solo resulta na redução da acidez potencial devido ao poder tampão da matéria orgânica, aumento dos teores de fósforo disponível e potássio trocável.

2.4.2 Condicionadores inorgânicos

Dentre os condicionadores inorgânicos se destacam os hidrogéis, a poliacrilamida e, ainda em fase de estudos, a argila.

Segundo Vilela (2017), hidrogel pode ser definido como “material com estrutura polimérica tridimensional, geralmente insolúvel e com capacidade para dispersão de um soluto em uma matriz de solvente”. De acordo com Atkins (2006), os hidrogéis são materiais

onde o soluto, geralmente um material sólido, está disperso em uma fase aquosa, formando uma rede polimérica estável, principalmente, devido às ligações de hidrogênio das moléculas de água com o sólido.

Ma (2015) diz que o uso de hidrogéis na agricultura traz melhorias significativas nos atributos químicos e físicos do solo, aumentando a capacidade de retenção de água. Atrelado a isso, podemos citar que, à medida que se reduz a perda de água e nutrientes, reduz-se também a aplicação de água, tendo em vista que o solo passa a ter melhorias na sua estruturação favorecendo a retenção hídrica e, conseqüentemente redução no uso de insumos agrícolas. O uso de hidrogéis – e outros condicionadores orgânicos e/ou inorgânicos – pode mitigar as perdas causadas pela lixiviação de fertilizantes e herbicidas em solos arenosos, o que resultaria num menor custo com o uso de insumos, além das inúmeras vantagens que o uso de condicionadores traz ao solo (TAHIR; MARSCHNER, 2016), o que resultaria também na redução da contaminação do lençol freático e dos afluentes de rios próximos de regiões produtoras.

A poliacrilamida é um condicionador de origem química que vem sendo muito usado na melhoria de atributos físico-químicos do solo. Miranda et al (2011) diz que a poliacrilamida é um condicionador de solos formado a partir da polimerização de monômeros de acrilamida e tem sido o mais indicado para a melhoria da qualidade física dos solos.

A argila é outro tipo de material que pode ser usado como condicionador de solos, principalmente arenosos. Solos arenosos, como pontuado anteriormente, são caracterizados pela baixa retenção de água (devido à alta proporção de macroporos), baixa retenção de nutrientes, escassez de matéria orgânica e baixa CTC. Solos argilosos, pelo contrário, tem maior capacidade de retenção de água (devido à alta proporção de microporos) e de nutrientes. Davenport et al (2006) e Hall et al (2010) citam que a adição de argila em solos arenosos pode elevar a produção agrícola. Outro importante fato acerca da adição da argila é que a mesma afeta a estabilidade e a própria formação de agregados (SILVA et al, 2014), ajudando na redução do tempo de decomposição da matéria orgânica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização das duas áreas de estudo e amostragem

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo (DCS) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, localizada nas coordenadas geográficas (3°45'47"S; 38°31'23"W). O clima da região é classificado como tropical quente com temperatura média anual de 27°C e precipitação média anual de 1600 mm, sendo caracterizado como tipo Aw', segundo Köppen (AGUIAR et al, 2001)

Para isso, foram coletadas amostras de solos em duas localidades. Inicialmente foram retiradas amostras de um argissolo no município de Pacajus, Ceará, na profundidade de 0-30cm. Depois, foi realizada outra coleta na mesma área porém na profundidade de 0-60 cm. O segundo ponto de coleta foi também em um argissolo na Estação agrometeorológica, no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará, na profundidade de 30-60 cm. Em cada coleta retirou-se cerca de 200 kg de solo, totalizando 600 kg. Os solos coletados no segundo dia foram misturados, simulando a inversão de horizonte mais argiloso sobre um mais arenoso.

Após coletadas, as amostras foram encaminhadas para o Departamento de Ciências do Solo, da Universidade Federal do Ceará, onde foram secas, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Foi realizada a caracterização granulométrica, sendo a separação da fração areia por peneiramento e argila pelo método da pipeta (TEIXEIRA *et al.*, 2017), dispersando 20 g de TFSA em hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹. As areias foram separadas em peneira de malha 0,053 mm de diâmetro e o silte e argila por sedimentação, conforme a lei de Stokes. Os teores de argila obtidos das três coletas correspondem a 10% (primeira coleta), 26% (segunda coleta) e 31% (terceira coleta), respectivamente.

Com base nessa granulometria, foram extraídos 4 kg de argila+silte de cerca de 30 kg da segunda coleta (26%), por meio da sua lavagem em peneira de malha 0,053 mm. A água da lavagem, contendo argila+silte, foi recolhida em bandejas de plástico para secagem ao ar livre. Após evaporação, o conteúdo foi pesado, destorroado e armazenado. Um quarto solo então, foi montado, misturando 0,3kg da argila recolhida na lavagem com 3 kg do solo 1 (10%). Foi realizada a granulometria desse solo 4 o qual apresentou 15% de argila. Assim, foram utilizados solos com quatro teores de argila: 10%, 15%, 26% e 31%.

Para avaliar o efeito de uso de condicionadores em solos arenosos, foi avaliado o uso de argila, com e sem adição de composto orgânico, o qual foi adquirido da Horta Didática da Universidade Federal do Ceará, do Departamento de Fitotecnia. Dados referentes à caracterização química se encontram na tabela 2.

3.2 Delineamento experimental e implantação do experimento

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 4x2x3 (4 teores de argila x ausência e presença de composto orgânico x 3 repetições), totalizando 8 tratamentos, distribuídos em 24 vasos de 3kg. Os tratamentos T1, T2, T3 e T4 foram montados em vasos contendo 10, 15, 26 e 31% de argila, respectivamente sem adição de composto orgânico. Já os tratamentos T5, T6, T7 e T8 foram montados com os mesmos teores de argila, mas acrescidos de 22,5g de composto orgânico, segundo orientação do manual de “Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará” para suprir a demanda de 15 t/ha de esterco (matéria orgânica) para a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) em solo arenoso. O experimento teve uma duração de 25 dias, passando por ciclos de umedecimento com 300 mL.dia⁻¹ de água destilada, mantendo-se a umidade do solo próxima à capacidade de campo, por meio de pesagem.

Tabela 1 – Caracterização química do composto orgânico.

	g.kg⁻¹
CO	97,812
MO	168,627
N	12,367
P	4,678
	cmolc.kg⁻¹
K	0,707
Ca	4,886
Mg	3,122
Na	0,357
	mg.kg⁻¹
Cu	13,693
Zn	130,390
Fe	615,327
Mn	111,780

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

3.3 Caracterização química dos solos no início do experimento

Foi realizada caracterização química dos solos (pH, condutividade elétrica, fósforo disponível, cátions trocáveis, acidez potencial, soma de bases trocáveis, CTC efetiva, CTC total, porcentagem de saturação por bases, carbono orgânico e nitrogênio total) antes da montagem dos tratamentos e, 25 dias depois de incubação, seguindo metodologias descritas por Teixeira et al (2017).

Para a reação do solo (pH), foram pesados 10 g de solo em seguida adicionados à 25 mL de água destilada, utilizando uma relação solo: líquido na proporção de 1:2,5. As amostras foram homogeneizadas e passaram por descanso de 1 hora. O pH foi determinado potenciometricamente após pré-calibragem com padrões de pH 4,0 e 7,0.

A condutividade elétrica foi determinada utilizando o extrato de saturação, por meio de condutivímetro com escala de leitura direta em dS m^{-1} a 25 °C. Antes de serem realizadas as leituras das amostras, foi realizada a calibração da célula com solução padrão.

Os teores de Ca, Mg, Na e K foram extraídos agitando 12,5 g de TFSA em 125 mL de solução de acetato de amônio 1N, com pH ajustado a 7,0, durante 5 minutos em agitador mecânico. Em seguida o extrato foi filtrado. Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e Na e K por fotometria de chama.

Os teores de P foram extraídos agitando 5 g de TFSA em 50 mL de solução de Mehlich 1 (HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N) durante 5 minutos em agitador mecânico. Em seguida o extrato foi filtrado e retirada dele uma alíquota de 5 mL, a qual foi adicionado 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída e aproximadamente 30 mg de ácido ascórbico em pó, como redutor. Após agitação por 2 minutos e descanso por 1 hora, foram feitas leituras em fotocolorímetro, usando comprimento de onda de 660 μm .

Os teores de Fe, Cu, Zn e Mn foram extraídos agitando 10 g de TFSA em 50 mL da solução de Mehlich 1 durante 5 minutos em agitador mecânico. Em seguida o extrato foi filtrado e realizada a leitura em espectrofotometria de absorção atômica.

A acidez potencial (H + Al), foi extraída agitando-se 10 g de TFSA em 150 mL de solução de acetato de cálcio com pH ajustado a 7,0. O tempo foi ajustado para 15 minutos de agitação. Após a agitação, 100 mL do sobrenadante foram retirados e adicionadas 5 gotas da solução de fenolftaleína a 3%, em seguida foi realizada titulação com solução de 0,0606 N de NaOH.

A soma de bases trocáveis (Valor S) foi obtida pelo somatório dos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio, em $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$.

O alumínio trocável foi extraído agitando 2,5 g de TFSA em 50 mL de solução

de cloreto de potássio. Após agitação de 15 minutos, 25 mL do extrato foram pipetados, adicionados 3 gotas da solução de azul de bromotimol, em seguida foi realizada titulação com solução de 0,025 N de NaOH.

A CTC efetiva corresponde à soma das quantidades trocáveis dos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e Al^{3+} determinadas anteriormente (Valor S + Al^{3+}). A CTC total (Valor T) foi determinada pela soma do valor S e a acidez potencial (Valor T = Valor S + (H^+ + Al^{3+})).

A porcentagem de saturação por bases (Valor V) foi obtida por meio da equação:

$$\text{Valor V \%} = \frac{100 \times \text{Valor S}}{\text{Valor T}}$$

O teor de carbono orgânico foi determinado por oxidação da matéria orgânica do solo com dicromato de potássio 0,4 N ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) em presença de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Para os solos com composto orgânico foram pesados 0,25 g de TFSA, e para os solos sem composto orgânico foram pesados 0,5 g de TFSA, em seguida adicionados 10 mL de solução de dicromato de potássio 0,4 N, passando por aquecimento em chapa por 5 minutos. Após aquecimento, foram adicionados 80 mL de água destilada, 2 mL de ácido fosfórico P.A (H_3PO_4) e 3 gotas de difenilamina ($(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$), em seguida titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,1 N ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

O cálculo do carbono foi realizado através da equação:

$$\text{C (g/kg)} = (40 - \text{volume gasto}) \times f \times 0,6$$

$f = 40/\text{volume sulfato ferroso gasto na prova em branco}$.

A matéria orgânica do solo foi calculada através da equação:

$$\text{Matéria orgânica (g/kg)} = \text{C (g/kg)} \times 1,724$$

Tabela 2 – Caracterização química inicial dos solos.

Solos	pH (em água)	CE* $\mu\text{S m}^{-1}$	Ca $\text{cmol}_c\text{.kg}^{-1}$	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn	S	CTC $\text{cmol}_c\text{.kg}^{-1}$	P	CO g kg^{-1}	MO	H+Al $\text{cmol}_c\text{.kg}^{-1}$	Al	T	V %
Solo 1	3,9	128,4	0,21	0,20	0,06	0,08	0,10	0,23	10,55	0,43	0,54	0,74	1,66	0,94	1,62	3,80	0,20	4,34	73,0
Solo 2	3,7	110,3	0,40	0,19	0,06	0,06	0,28	0,28	4,48	0,60	0,71	1,91	1,23	0,47	0,81	5,40	1,20	6,11	37,3
Solo 3	5,0	122,0	1,95	1,40	0,06	0,14	0,16	0,32	4,53	0,51	3,56	3,68	3,94	4,74	8,17	4,20	0,12	7,76	96,7
Solo 4	4,9	370,6	0,11	0,73	0,18	0,13	0,12	0,25	8,65	0,47	1,15	2,15	.	0,53	0,92	1,50	1,00	2,65	53,6

*CE: condutividade elétrica no extrato de saturação.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Para obtenção dos teores de nitrogênio total foram pesados 1,0 g de TFSA, adicionados 1,1 g da mistura catalisadora e 4 mL de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄). Os tubos foram levados à capela e digeridos em bloco digestor à temperatura de 150°C por 1 hora, posteriormente ocorreu destilação e titulação com H₂SO₄.

O nitrogênio foi calculado, em g kg⁻¹, usando a seguinte fórmula:

$$N = \frac{(M_{ac} \cdot 28 \cdot V_{ac})}{m} \cdot 1000$$

3.4 Análise estatística

Foi realizada análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Todas as preposições para a ANOVA, como teste de homogeneidade de variância de tratamento, pontos discrepantes, normalidade dos resíduos e necessidade de transformação da variável resposta foram verificados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3, podemos observar os valores dos atributos químicos do solo, de acordo com os teores de argila, com adição e sem adição de composto orgânico. O pH dos tratamentos T1 e T5, T2 e T6, T3 e T7 não apresentaram diferenças estatísticas significativas, muito em vista dos baixos teores naturais de argila desses tratamentos, sendo que a adição do composto orgânico não trouxe melhorias para este atributo. Já nos tratamentos T4 e T8, pôde-se verificar que a adição de matéria orgânica aumento no pH desses solos, elevando o pH de 5,2 para 6,1.

Tabela 3 – Acidez e condutividade elétrica do solo determinados após 25 dias de incubação com condicionadores orgânicos e inorgânicos

Tratamentos	pH (em água)	CE* $\mu\text{S m}^{-1}$	Al $\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$	H+Al
T1	4,6 c	559,40 c	0,77 a	2,40 ab
T2	4,2 c	926,27 b	0,80 a	2,77 a
T3	4,5 c	268,43 d	1,23 a	2,61 a
T4	5,2 b	223,57 d	0,90 a	2,51 ab
T5	5,1 b	574,06 c	0,67 a	1,34 c
T6	4,8 bc	1.224,27 a	0,70 a	1,50 c
T7	4,3 c	437,97 cd	1,27 a	2,07 b
T8	6,1 a	575,50 c	0,73 a	1,47 c

*CE: condutividade elétrica no extrato de saturação. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

De acordo com experimento realizado por Molin e Rabello (2011), os valores da condutividade elétrica crescem à medida que aumentam os teores de argila. Esse fato, porém, não pôde ser observado neste experimento, tendo em vista que os teores de argila foram consideravelmente baixos e os ciclos de umedecimento podem ter favorecido o processo de lixiviação dos sais presentes nos tratamentos. Os tratamentos T6 e T2 foram os que apresentaram maiores valores de condutividade elétrica. Argila e água influenciam na condutividade elétrica do solo, assim, solos argilosos tendem a armazenar mais água, conseqüentemente a umidade será maior e os valores obtidos serão maiores. Pode-se inferir que, mesmo em pouco tempo, os teores de argila adicionados aos tratamentos T2 e T6 trouxeram acréscimo nos valores da condutividade elétrica. Alia-se a isso o fato de os tratamentos permanecerem sempre com nível de umidade dentro da capacidade de campo.

Barreto et al (2006) relataram que solos com baixo teor de argila apresentam decomposição mais rápida da matéria orgânica, assim, podemos afirmar que em todos os tratamentos menos no T8 houve uma rápida decomposição da matéria orgânica, o que trouxe influencia no pH, já no T8 além de possuir maior teor de argila, recebeu composto orgânico. Observou-se também que os tratamentos T5, T6 e T8 apresentaram redução da atividade de íons H^+ , o que consequentemente explica o aumento do pH no T8. A elevação do pH também pode ser explicada pela liberação de amônia na fase inicial da mineralização da matéria orgânica (VELOSO *et al.*, 1992). Teores mais elevados de matéria orgânica e argila apresentam correlação positiva em solos (GENU *et al.*, 2013).

A acidez potencial foi maior nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, pois apresentaram maior presença de $H^+ + Al^{3+}$, menor pH e não houve adição de composto orgânico, confirmando resultados de Freitas et al. (2014). Os tratamentos T2 e T6 não apresentaram diferenças estatísticas quanto a presença de Al^{3+} , porém apresentaram quanto a atividade de íons H^+ , muito pela adição da matéria orgânica, tendo em vista que apresentaram valores de $2,76 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ e $1,50 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ de $H^+ + Al^{3+}$, respectivamente T2 e T6.

Com relação ao carbono orgânico, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos T1 e T5 com os tratamentos T2 e T6, corroborando a ideia de que o baixo teor de argila influi negativamente na presença da matéria orgânica no solo, favorecendo sua degradação; porém, nos tratamentos T4 e T8, com maior porcentagem de argila, a associação entre argila e o composto orgânico adicionado funcionou positivamente no aumento do carbono orgânico presente no tratamento T8. O mesmo se observa quando se analisa a matéria orgânica do solo nos tratamentos T1 e T2, não houve aumento com a adição da argila, porém quando se avalia os mesmos solos (com adição de composto orgânico nos tratamentos T5 e T6) se observa um aumento significativo nos teores de matéria orgânica do tratamento T6, muito pela ação conjunta da matéria orgânica com a argila adicionada. O tratamento T6, inclusive, não difere estatisticamente do tratamento T8, sugerindo que a associação entre argila e composto orgânico pode trazer bons resultados nos teores de matéria orgânica do solo. A relação entre carbono orgânico e argila colabora na estabilização dos agregados, assim como atua na redução da decomposição da matéria orgânica do solo.

Tabela 4 – Valores de Carbono orgânico, Nitrogênio total e Fósforo

Tratamentos	CO	MO	N	P
g kg ⁻¹			
T1	1,69 bc	2,92 bc	2,08 b	1,78 d
T2	1,49 bc	2,56 cd	2,71 ab	1,95 d
T3	0,78 c	0,98 b	2,09 b	1,54 d
T4	2,35 ab	3,00 bc	2,57 ab	3,77 d
T5	1,45 bc	2,49 cd	2,47 ab	17,28 a
T6	2,52 ab	4,33 ab	2,86 ab	12,73 c
T7	1,54 bc	2,66 bcd	2,30 b	13,98 b
T8	3,03 a	5,22 a	3,61 a	15,39 ab

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Outro resultado importante são as reduções que ocorreram nas concentrações de carbono orgânico e matéria orgânica do solo, comparados com os valores iniciais de caracterização realizados antes da incubação. O solo com 31% de argila apresentou teor de carbono orgânico total de 4,74 g kg⁻¹ e, após montagem dos tratamentos, apresentou redução atingindo valores de 3,02 g kg⁻¹ e 2,35 g kg⁻¹, respectivos aos tratamentos T4 e T8. A redução também se observa nos teores de matéria orgânica do solo. O solo com 31% de argila obteve teores de 8,17 g kg⁻¹, com a montagem do experimento, os valores caíram para 2,99 g kg⁻¹ e 5,22 g kg⁻¹, referentes aos tratamentos T4 e T8, respectivamente. Tais dados podem ser explicados, pelo fato dos solos com 10%, 14% e 26% de argila ter a mesma origem, consequentemente a diversidade microbológica desses solos seria a mesma, diferente do solo com 31% de argila. A redução nos valores de carbono orgânico e matéria orgânica do solo podem ser devido à imobilização do carbono no solo, porém é necessário que se realizem testes de respirometria do solo para obtenção de resultados mais concretos.

Os teores de nitrogênio total não apresentaram grande variação espacial, não havendo diferenças entre os tratamentos. Os tratamentos T1 e T5 não apresentaram diferença estatística dos tratamentos T2 e T6, mesmo com a adição do composto orgânico. Camargo *et al.* (1997) citam que solos com altos teores de matéria orgânica do solo tendem a reduzir os teores de nitrogênio, o que não foi observado neste trabalho, já que o nitrogênio total se manteve sem grande variação. O nitrogênio total varia com diversos fatores, como a textura do solo, teores de matéria orgânica do solo, pH (MORAES; FREIRE, 1974). Os solos estudados apresentam baixos valores de nitrogênio total muito em virtude de não ter adição de

fertilizantes químicos. Do mesmo modo, não foram observadas plantas leguminosas nas áreas de coleta dos solos, consideradas como fontes importantes da fixação biológica de nitrogênio no solo. Além dessas condições, os resultados se explicam pelo fato do solo ser arenoso e apresentar baixo teor de matéria orgânica. Sampaio *et al.* (1990) afirmam que na fase da mineralização, ocorrem perdas mais aceleradas de carbono orgânico em relação à nitrogênio total, explicando assim os resultados obtidos nesse experimento, em que nos tratamentos T4 e T8 houve decréscimo dos valores de carbono orgânico e, conseqüentemente, de matéria orgânica.

A adição de composto orgânico aumentou significativamente os valores de fósforo nos solos. Os tratamentos T8 e T5 apresentaram $15,38 \text{ g kg}^{-1}$ e $17,29 \text{ g kg}^{-1}$ respectivamente, aumento significativo advindo do composto orgânico adicionado, comparado com $3,77 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,78 \text{ g kg}^{-1}$, dos tratamentos T4 e T1. Os tratamentos sem adição de matéria orgânica apresentaram baixos teores de fósforo e não divergiram estatisticamente entre si. Esses resultados podem ser explicados devido à redução da adsorção de fósforo, explicada pelo bloqueio dos sítios, pela a adição da matéria orgânica (SOUZA, 2006). Segundo Andrade *et al.*, (2003), ocorre um aumento das formas lábeis do P com a adição de composto orgânico, conseqüentemente uma redução da capacidade máxima de adsorção de fósforo. O resultado elevado do tratamento T5 também pode ser inferido pela adição de argila ao tratamento. Em estudo realizado por Tahir e Marschner (2017) foi relatado que a adição de argila em solo arenoso aumentou a retenção de P em relação a solos arenosos. Dessa forma podemos dizer que a relação entre argila e composto orgânico adicionados ao solo trouxe melhorias significativas nos teores de fósforo no solo. Elementos como nitrogênio e fósforo têm uma liberação mais lenta no solo, muito em decorrência da qualidade do composto orgânico utilizado e principalmente da mineralização da matéria orgânica do solo, o que vai controlar a disponibilidade desses nutrientes no solo durante o ciclo das culturas. Inicialmente foi adicionado composto com $4,68 \text{ g kg}^{-1}$ de P-disponível, acredita-se então, que fatores como mineralização da matéria orgânica, estrutura do solo – que foi melhorada com a adição de condicionadores – e os ciclos de umedecimento do solo tenham contribuído para o aumento do fósforo disponível nos tratamentos nos quais se adicionou composto orgânico.

Na tabela 5 se observa que os valores de Ca e Na não apresentaram diferenças significativas, porém, em comparação com a caracterização química inicial pôde-se perceber que os valores de Ca se mantiveram estáveis e os teores de Na tiveram considerável diminuição. A esse fato, pode-se inferir que o Ca reage com o Na nos sítios de troca, deslocando-o para a solução e proporcionando assim sua lixiviação através dos ciclos de

umedecimento do solo (LEITE, 2010). Mesmo nos tratamentos nos quais foram adicionados o composto orgânico e a argila, não houve acréscimo desses nutrientes. Outro ponto que merece destaque é que a alta quantidade de Al presente nos solos concorre com a presença de saís, como Ca e Mg.

Tabela 5 – Índices de fertilidade em solo com adição de condicionadores orgânicos e inorgânicos

Tratamento	K	Ca	Mg	Na	SB ¹	t ²	Al	H + Al	T ³	V
					cmol _c .kg ⁻¹					%
T1	0,213 a	0,221 a	0,036 b	0,001 a	0,775 c	1,165 e	0,77 a	2,40 ab	2,273 bc	33,9 cd
T2	0,188 b	0,278 a	0,046 b	0,002 a	0,937 bc	1,346 de	0,80 a	2,77 a	2,538 b	37,2 bc
T3	0,076 d	0,221 a	0,056 b	0,005 a	0,721 c	0,926 f	1,23 a	2,61 a	1,960 c	21,6 d
T4	0,142 abc	0,870 a	0,226 a	0,021 a	1,985 a	1,990 b	0,90 a	2,51 ab	3,040 a	44,2 bc
T5	0,170 ab	0,428 a	0,108 ab	0,010 a	1,028 bc	1,338 de	0,67 a	1,34 c	2,266 bc	45,5 bc
T6	0,199 a	0,505 a	0,084 ab	0,003 a	1,293 b	1,655 c	0,70 a	1,50 c	2,555 b	50,0 ab
T7	0,101 cd	0,423 a	0,070 b	0,003 a	0,927 bc	1,446 cd	1,27 a	2,07 b	2,346 bc	39,6 bc
T8	0,177 ab	1,054 a	0,175 ab	0,007 a	2,156 a	2,546 a	0,73 a	1,47 c	3,430 a	63,0 a

¹SB: Soma de bases; ²t: Capacidade de troca de cátions efetiva; ³T: capacidade de troca de cátions total; V: Porcentagem de saturação de bases. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Com relação ao Mg, assim como o Na, houve uma queda da presença desse elemento, comparado com os valores da caracterização química inicial. Os tratamentos T5, T6 e T8, que tiveram adição de matéria orgânica, obtiveram diferença significativa dos demais tratamentos, indicando que, mesmo com a lixiviação do Mg devido à lavagem do solo, a matéria orgânica trouxe incremento, mesmo que pouco, desse elemento. O tratamento T4 também obteve diferença significativa dos demais tratamentos, possivelmente pelo alto teor de argila dele e do tratamento T8 que influenciaram nas menores perdas de Mg nesses tratamentos.

Os teores de K não trouxeram valores concretos, dificultando a interpretação dos processos que influenciaram na sua dinâmica em resposta da adição de matéria orgânica e argila. Em estudo realizado por Damatto Junior (2005) foi verificado que 81% do composto orgânico aplicado aos tratamentos foi lixiviado no solo. Mais uma vez vale salientar as características dos solos arenosos e suas limitações quanto à fertilidade dos solos e, nos tratamentos em estudo, os ciclos de umedecimento podem ter contribuído com a lixiviação de bases.

Na soma de bases, como era esperado, os tratamentos T4 e T8 apresentaram os maiores valores, não divergindo estatisticamente entre si, o que reforça o papel da argila quando se avalia este atributo. O tratamento T6 não divergiu do tratamento T2, indicando possivelmente que a quantidade de argila adicionada não trouxe influência com relação à soma das bases. Com relação à CTC, o tratamento T8 apresentou o maior valor comparado aos outros tratamentos. O Al não influenciou nos valores da CTC efetiva, já que como visto anteriormente, os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si para esse elemento. No geral, os valores da CTC efetiva podem ser considerados baixos, de acordo com dados da CFSEMG (1999) que classifica como CTC efetiva baixa, valores entre 0,81-2,30 $\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, com exceção do tratamento T8 que apresenta CTC efetiva de 2,54 $\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$.

A CTC total também apresentou valores baixos de acordo com a CFSEMG (1999), tendo nos tratamentos T4 e T8 os maiores dados, 4,04 e 4,43 $\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$ respectivamente. O tratamento T6 não apresentou diferença estatística do tratamento T4, pode-se inferir a esse a baixa quantidade de argila adicionada aos tratamentos. Os tratamentos com composto orgânico não diferiram, no geral, dos tratamentos sem a presença do composto, acredita-se que o fato dos solos serem arenosos faz com que a matéria orgânica seja rapidamente decomposta e não ocorra uma fixação maior de nutrientes. Analisando-se a caracterização química inicial dos solos, houve uma redução da CTC total, principalmente pela redução da acidez potencial. A saturação por bases apresentou aumento dos valores em

comparação com a caracterização química inicial, porém apenas os tratamentos T6 e T8 obtiveram valores acima de 50%, caracterizando os solos como eutróficos. No tratamento 6, especificamente, a interação entre a adição do composto orgânico e o acréscimo da argila trouxe uma elevação da fertilidade do solo. O tratamento T8 e T6 não divergiram estatisticamente, já os demais tratamentos obtiveram valores inferiores a 50%, sendo considerados como distróficos.

Na tabela 6 se observam os teores dos micronutrientes do solo, Cu, Zn, Fe e Mn. Os teores de Cu não apresentaram diferenças estatísticas, muito devido à natureza arenosa dos solos usados, os íons acabam não sendo retidos no solo e. Nos tratamentos com adição de composto orgânico também não houve acréscimos significativos de Cu, infere-se a isso ao fato da matéria orgânica possuir ação quelante sobre os micronutrientes (MONTEZANO; CORAZZA; MURAOKA, 2006). O Mn apresentou variação espacial elevada, sendo difícil atribuir esse resultado a um condicionador específico. Os tratamentos T3 e T7 apresentaram os menores valores, 1,04 e 0,79 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ de Mn. Pode-se atribuir a esse fato a profundidade do solo coletado, 30-60 cm. Nessa zona, a presença da matéria orgânica é menor e, sabe-se que o Mn se associa com ligantes orgânicos influenciando diretamente na sua disponibilidade na solução do solo. Reações de adsorção entre Mn e argila não têm grande influência na presença desse elemento na solução do solo (CAMARGO, 2006), dessa forma, a argila não tem grande relevância na disponibilidade desse atributo nas condições estudadas.

Tabela 6 – Concentração de micronutrientes em solos arenosos adicionados de condicionadores orgânicos e inorgânicos

Tratamentos	Cu	Zn	Fe	Mn
 mg.kg^{-1}			
T1	0,24 a	1,00 ab	16,61 b	1,48 abc
T2	0,48 a	1,11 a	17,86 b	1,67 ab
T3	2,71 a	0,76 abcd	5,23 d	1,04 cd
T4	1,60 a	0,94 abc	8,17 cd	1,28 bcd
T5	0,73 a	0,37 de	14,95 bc	2,06 a
T6	0,54 a	0,60 bcde	17,45 b	1,85 ab
T7	0,30 a	0,23 e	21,27 ab	0,79 d
T8	0,24 a	0,56 cde	27,48 a	1,70 ab

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O Zn apresentou os maiores valores nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, justamente

os tratamentos sem adição de matéria orgânica. O pH ácido influi diretamente na disponibilidade desse elemento. Camargo (2006) diz que a atividade do Zn na solução do solo reduz em cem vezes para cada unidade de aumento do pH. O composto orgânico aplicado teve efeito semelhante ao observado com o Cu, fazendo com que o Zn ficasse complexado pela matéria orgânica. A associação entre argila e composto orgânico não trouxe melhorias ao tratamento T6. O Zn não se movimenta muito no solo, mesmo com um ciclo de umedecimento constante, indicando que mesmo com a adição de composto orgânico e presença de $130,39 \text{ mg.kg}^{-1}$, esse nutriente não fica disponível na solução do solo tão facilmente.

O Fe foi o micronutriente que apresentou maiores teores nos tratamentos estudados. Nos tratamentos T7 e T8, com adição de matéria orgânica e maiores teores de argila, 26% e 31% respectivamente, a presença de Fe alcançou os maiores valores, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O composto orgânico rico em Fe, cerca de $615,32 \text{ mg.kg}^{-1}$, foi muito importante da disponibilidade desse metal no solo, tendo em vista que na caracterização química feita inicialmente os teores de Fe para os tratamentos T7 e T8 foram de $4,48 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $4,53 \text{ mg.kg}^{-1}$, valores bem inferiores aos $21,27 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $21,48 \text{ mg.kg}^{-1}$ encontrados no fim desse experimento. Camargo (2006) cita que a interação entre Fe e matéria orgânica é importante pois possibilita a movimentação do elemento no perfil do solo, evitando sua precipitação. Em solos arenosos e com pH entre 6,0 e 7,0, os teores de Fe solúvel pode diminuir em relação à solos mais ácidos, porém em alguns casos de redução momentânea pode ocorrer aumento da concentração de Fe na solução do solo, o que pode causar toxidez para as plantas.

5 CONCLUSÕES

O composto orgânico como condicionador de solo trouxe resultados melhores que a adição de argila durante os 25 dias de experimento, o que reforça o uso de condicionadores orgânicos para a melhoria de atributos químicos do solo.

O tempo do experimento foi muito curto para trazer resultados concretos sobre a adição de argila como condicionador de solo; havendo necessidade de mais estudos para avaliação do desempenho da argila à longo prazo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. J. N. et al. Dados climatológicos: Estação de Pacajus, 2000. **Boletim Agrometeorológico**, n. 24. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 15 p.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1-3, p.19-31, jun. 1999.
- ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ V.V.H.; NOVAIS, R.F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, p.1003- 1011, 2003.
- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006, 965 p.
- BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G.; ARAÚJO, Q. R. FREIRE, F. J. Característica química e física de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n.4, p.415-425, 2006.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.105-112, 1997.
- BENITES, V. de M.; MADARI, B.; BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. de A. Matéria orgânica do solo. *In*: WADT, P. G. S. (Orgs.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005, p. 93-119.
- BLANCO-MOURE, N. et al. Soil organic matter fractions as affected by tillage and soil texture under semiarid Mediterranean conditions. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p.381-389, jan. 2015.
- BOISSON, J.; RUTTENS, A.; MENCH, M. & VANGRONVELD, J. Evaluation of hydroxiapatite as a metal immobilizing soil additive for the remediation of polluted soils. Part 1. Influence of hydroxyapatite on metal exchangeability in soil, plant growth and plant metal accumulation. **Environ Poll.**, n.104, p.225-233, 1999.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013, 790 p.
- BRANDÃO, S.L.; LIMA, S.C. Diagnóstico Ambiental das áreas de preservação permanente (APP), margem esquerda do rio Uberabinha, em Uberlândia (MG). **Revista Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 7, out. 2002, p. 41-62.
- BREVIK, E.C. et al. The interdisciplinary nature of SOIL. **Soil**, v. 1, n. 1, p.117-129, 16 jan. 2015.
- BROWN, S.; CHRISTENSEN, B.; LOMBI, E.; MCLAUGHLIN, M.; MCGRATH, S.; COLPAERT, J.; VANGRONVELD, J. An inter-laboratory study to test the ability of amendments to reduce the availability of Cd, Pb, and Zn in situ. **Envir. Poll.**, n. 138, p.34-45,

2005.

CAMARGO, O. A. **Reações e interações de micronutrientes no solo.** 2006.

CAMARGO, F.A. et al. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p.575-579, 1997.

CENTENO, L.N, GUEVARA, M.D.F. CECCONELLO, S.T., SOUSA, R.O.D.; TIMM, L.C. Textura do solo: Conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 31-37, jul. 2017.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. V Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** Viçosa, 1999. 359p

CONCEIÇÃO, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p.777-788, out. 2005.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1842, 2013.

DAMATTO JUNIOR, E.R. **Efeitos da adubação com composto orgânico na fertilidade do solo, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de bananeira ‘Prata-anã’ (Musa AAB).** 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

DAVENPORT, D.; WILHELM, N.; DOUDLE, S. **Clay spreading and delving on Eyre Peninsula.** Government of South Australia. South Australia, 2006.

DELGADO, A.; GÓMEZ, J. A. The Soil. Physical, Chemical and Biological Properties. **Principles Of Agronomy For Sustainable Agriculture**, p.15-26, 2016.

DONAGEMMA, G.K. et al. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p.1003-1020, set. 2016.

FERREIRA, E.V.O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGUETTI, M.H.; MARTINS, A.P.; CARVALHO, P.C.C. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, 161-169, 2011.

FERRIS, H.; TUOMISTO, H. Unearthing the role of biological diversity in soil health. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 85, p.101-109, jun. 2015.

GENU, A. M.; DEMATTÊ, J. A. M.; NANNI, M. R. Caracterização e comparação do comportamento espectral de atributos do solo obtidos por sensores orbitais (ASTER e TM) e terrestres (IRIS). **Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 279-288, 2013.

GERVÁSIO, E.S. **Efeito da lâmina de irrigação e doses de condicionador, associadas a**

diferentes tamanhos de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro. 2003. 105f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

GUERRA, W.E.X. **Fertilidade do Solo - Comunicado Técnico nº 1 - Agosto 2015.** GPAGRO UNOESTE, 2015.

HALL, D.J.M., JONES, H., CRABTREE, W., DANIELS, T. Claying and deep ripping can increase crop yields and profits on water repellent sands with marginal fertility in Southern Western Australia. **Australian Journal of Soil Research.** 178-180, 2010.

HAMON, R.E.; McLAUGHLIN, M.J.; COZENS, G. Mechanisms of attenuation of metal availability in situ remediation treatments. **Environ. Sci. Technol.**, v. 36, p. 3991- 3996, 2002.

HE, Y. et al. A modelling approach to evaluate the long-term effect of soil texture on spring wheat productivity under a rainfed condition. **Scientific reports**, v. 4, p. 1-12, 2014

KABIRI, V.; RAIESI, F.; GHAZAVI, M. A. Tillage effects on soil microbial biomass, SOM mineralization and enzyme activity in a semi-arid Calcixerepts. Agriculture, **Ecosystems e Environment**, v. 232, p. 73-84, set. 2016.

KLEIN, V. A. **Física do solo.** 3º edição, Universidade de Passo Fundo, 2014.

LEITE, E. M.; DINIZ, A. A.; CAVALCANTE, L. F.; GHEYI, H. R.; CAMPOS, V. B. Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 110-116, 2010.

LLANILLO, F.R.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R.R.M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, abr./jun., 2006, p. 205-220.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo.** Tradução e Adaptação. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1998. 177p.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do Solo e Produtividade Agrícola. *In:* NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. (Orgs.). **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p 2-64.

MA, J.; LIB, X.; BAO, Y. Advances in cellulose-based superabsorbent hydrogels, **RSC Adv.**, v. 5, p. 59745-59757, 2015.

MADARI, B.E.; COSTA, A.R.; CASTRO, L.M.; SANTOS, J.L.S.; BENITES, V.M.; ROCHA, A.O.; MACHADO, P.L.O.A. **Carvão vegetal como condicionador de solo para arroz de terras altas (cultivar Primavera):** um estudo prospectivo. Comunicado técnico, 125. Santo Antônio de Goiás: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006.

MAGALHÃES, A.C.M. **Adubação orgânica com base na taxa de mineralização de nutrientes do composto orgânico.** 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) -

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MCBRATNEY, A.; FIELD, D. J.; KOCH, A. The dimensions of soil security. **Geoderma**, v.213, p.203-213, jan. 2014.

MIRANDA, M.A.; OLIVEIRA, E.E.M.; SANTOS, K.C.F.; FREIRE, M.B.G.S.; ALMEIDA, B.G. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p.484-490, 2011.

MOLIN, J.P.; RABELLO, L.M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 90-101, 2011.

MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homoganeamente. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 839-847, Out. 2006.

MORAES, J.F.V.; FREIRE, C.J.S. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 9, p. 35-43, 1974.

NICOLODI, M.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; MARRÉ, J.; MIELNICZUK, J. Insuficiência do conceito mineralista para demonstrar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, 2735-2744, 2008.

OLDEMAN, L.R. **Impact of soil degradation: a global scenario**. Wageningen, ISRIC, 2000. 12p.

_____; HAKKELING, R.T.A.; SOMBROEK, W.G. **World map of the status of humaninduced soil degradation: An explanatory note**. 2.ed. Nairobi, International Soil Reference and Information Centre, United Nations Environment Programme, Global Assessment of Soil Degradation GLASOD, 1991. 35 p.

OLIVEIRA, F. A. de; SFREDO, G. J.; CASTRO, C. de; KLEPKER, D. **Fertilidade do solo e nutrição da soja**. Embrapa, 2007.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Embrapa Agroindústria Tropical: Folhetos. 2004.

PRITCHETT, W. L.; FISHER, R. F. **Properties and management of forest soils**. 2 ed. New York: John Wiley e Sons. 1987. 494 p.

REICHARDT, K. **A Água em Sistemas Agrícolas**. São Paulo: Editora Manolo Ltda., 1990, 188 p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 27, p. 29- 48, 2003.

RESCK, D.V.S.; VASCONCELLOS, C.A.; VILELA, L.; MACEDO, M.C.M. Impact of

conversion of Brazilian cerrados to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. *In*: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. (Orgs.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC Press, 1999. p.169-196.

RODRIGUES, W.N.; MARTINS, L.D.; TOMAZ, M.A. Reaproveitamento de folhas de café após a colheita na reciclagem de nutrientes. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v. 6, n. 11, 2010. 10 p.

SAMPAIO, E.V.S.; SALCEDO, I.H.; LIMA JUNIOR, M.A. & BETTANY, J. Decomposição de palha de milho (14C-15N) incorporada a três profundidades em um Latossolo Vermelho-Amarelo de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 14 p. 269-276, 1990.

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 138, p. 335-356, 2000.

SILVA FILHO, A.V.; SILVA, M.I.V. Uso de ácidos orgânicos na agricultura. *In*: SEMINARIO CODA DE NUTRIÇÃO VEGETAL, 1., Petrolina, 2002. **Anais...** Petrolina: Companhia de agroquímicas S.A. 2002. p. 125-149.

SILVA, A.S.; SILVA, I.F.; BANDEIRA, L.B.; DIAS, B.O.; SILVA NETO, L.F. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. **Ciência Rural**, v.44, n.10, out., p. 1783-1789, 2014.

SINGER, M.; EWING, S. **Qualidade do Solo**. Cap. 11. No Handbook of Soil Science. Imprensa CRC: Boca Raton. 2000, p. 271-298.

SOUZA, L.D.; SOUZA, L.S. Benefícios das coberturas vegetais para melhorar a sustentabilidade do mamoeiro. *In*: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. Inovação e sustentabilidade. **Anais...** Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011.

SOUZA, R.F. et al. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 975-983, dez. 2006.

TAHIR, S.; MARSCHNER, P. Clay Addition to Sandy Soil Reduces Nutrient Leaching—Effect of Clay Concentration and Ped Size, **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, n. 15, p.1813-1821, 2017.

TAHIR, S.; MARSCHNER, P. Clay addition to sand soil: effect of clay concentration and ped size in microbial biomass and nutrient dynamics after addition of low C/N ratio residue. **J. Sci. Plant Nutr.**, Temuco, v. 16, n. 4. p. 864-875. dez. 2016.

TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Distrito Federal: Embrapa, 2017. 573 p.

TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D.; COOK, F. J.; KIRBY, J. M.; CARTER, M. R. Physical attributes of soil quality. *In*: GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R. (Orgs.). **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Amsterdam: Elsevier Science, 1997. p. 21-58.

TURMEL, M. et al. Crop residue management and soil health: A systems analysis. **Agricultural Systems**, v. 134, p. 6-16, mar. 2014.

VELOSO, C.A.C.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S.; VEIGAS, I.A.J.M. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, v. 49, n. spe, p. 123-128, 1992.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O Solo como Sistema**. Curitiba: Edição dos Autores, 2011. 104 p.

VIEIRA, R. M. S. P. et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 6, n. 1, p.347-360, 18 mar. 2015.

VILELA, F.J. **Desenvolvimento de um Condicionador de Solos com valor agregado a partir da biomassa de Magonia pubescens**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

WINCK, B. R. et al. Carbono e nitrogênio nas frações granulométricas da matéria orgânica do solo, em sistemas de culturas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n. 3, p.980-989, jun. 2014.

WORLD RESOURCES INSTITUTE - WRI. **World resources 2000–2001: people and ecosystems: The fraying web of life**. Washington, DC.

ZORNOZA, R. et al. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health. **Soil**, v. 1, n. 1, p.173-185, 6 fev. 2015.