

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**SUBSTÂNCIAS HÚMICAS VIA FERTIRRIGAÇÃO
LOCALIZADA E SUA RELAÇÃO COM ATRIBUTOS DO
SOLO E PRODUÇÃO DA BANANEIRA**

BRUNO LAÉCIO DA SILVA PEREIRA

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**SUBSTÂNCIAS HÚMICAS VIA FERTIRRIGAÇÃO LOCALIZADA E
SUA RELAÇÃO COM ATRIBUTOS DO SOLO E PRODUÇÃO DA
BANANEIRA**

**BRUNO LAÉCIO DA SILVA PEREIRA
Engenheiro Agrônomo
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2010
Mestre em Solos e Nutrição de Plantas
Universidade Federal do Ceará, 2012**

Tese de Doutorado apresentada ao colegiado do Programa Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador: Dr. Eugênio Ferreira Coelho
Coorientador: Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier

**CRUZ DAS ALMAS – BA
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

P436s	<p>Pereira, Bruno Laecio da Silva. Substâncias húmicas via fertirrigação localizada e sua relação com atributos do solo e produção da bananeira / Bruno Laecio da Silva Pereira._ Cruz das Almas, BA, 2018. 154f.; il.</p> <p>Orientador: Eugênio Ferreira Coelho. Coorientador: Francisco Alisson da Silva Xavier.</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Banana – Cultivo. 2.Banana – Solo – Substâncias húmicas – Fertirrigação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 634.772</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).
Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**SUBSTÂNCIAS HÚMICAS VIA FERTIRRIGAÇÃO LOCALIZADA E
SUA RELAÇÃO COM ATRIBUTOS DO SOLO E PRODUÇÃO DA
BANANEIRA**

Comissão examinadora da Defesa de Tese
Bruno Laecio da Silva Pereira

Aprovado em 31 de julho de 2018

Dr. Eugênio Ferreira Coelho
Embrapa Mandioca e Fruticultura
(Orientador)

Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier
Embrapa Mandioca e Fruticultura
(Coorientador)

Dra. Ana Lúcia Borges
Embrapa Mandioca e Fruticultura
(Examinador Externo)

Dr. Laercio Duarte Souza
Embrapa Mandioca e Fruticultura
(Examinador Externo)

Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega
Universidade Federal do Recôncavo Baiano
(Examinador Interno)

Dr. Luciano da Silva Souza
Universidade Federal do Recôncavo Baiano
(Examinador Interno)

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família, em especial a meus pais Jaciara Maria da Silva Pereira e Edvaldo Pereira pelo incentivo para trabalhar e estudar.

Dedico essa pesquisa aos meus avós (in memoria) Julieta Nascimento da Silva e João da Silva Pereira, pelo incentivo e determinação para alcançar esse objetivo. Ao meu tio Jose Carlos Nascimento (in memoria) e família por confiar na minha capacidade e orientação no desenvolvimento profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me amparar e me guiar para um caminho reto e bom.

Agradeço aos doutores Eugênio Ferreira Coelho, Francisco Alisson da Silva Xavier, por abraçar o desafio de me orientar durante o curso de doutorado, bem como no desenvolvimento e redação desse trabalho. Sou grato pelos numerosos ensinamentos conferidos, por me ajudarem com as dúvidas e na árdua tarefa de refinar meu raciocínio, perguntas e respostas.

Agradeço aos doutores Laercio Duarte Souza e Luciano Silva Souza que me orientaram durante minha graduação, me guiando nos meus primeiros passos na pesquisa. Sua dedicação, incentivo constante, paciência, amizade e sobre tudo exemplos sólidos contribuíram de forma decisiva em minha formação pessoal e profissional.

Agradeço aos colaboradores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, em seu Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura por todo o esforço investido no meu treinamento, suporte nas diversas atividades necessárias a condução dessa pesquisa. De forma especial aos colegas do setor de irrigação, física do solo, química do solo e microbiologia do solo, pelas constantes demonstrações de eficiência, profissionalismo e coleguismo.

Agradeço aos colegas da Pós-graduação e graduação, discentes e docentes, por compartilhar experiências e ajudar durante o decorrer do doutorado.

Agradeço a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, respectivamente, pela longa acolhida. Após quase uma década levarei comigo lembranças muito boas, histórias para contar e ensinamentos valorosos.

Agradeço, finalmente, as instituições de fomento à pesquisa e de pesquisa aplicada personificadas na Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS VIA FERTIRRIGAÇÃO LOCALIZADA E SUA RELAÇÃO COM ATRIBUTOS DO SOLO E PRODUÇÃO DA BANANEIRA

RESUMO

A bananeira é uma planta que necessita de uma concentração de nutrientes adequada e disponível no solo para seu desenvolvimento e produção. O uso de substâncias húmicas (SH) na fertirrigação vem se tornando uma prática crescente em todo o Brasil, principalmente, devido à busca por insumos que possibilitem um aumento no crescimento e produtividade na agricultura com redução no impacto ambiental. Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações e frequências de aplicação de SH (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos) sobre a produtividade da bananeira e em atributos físico, químicos e biológicos de um Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiro Costeiro nas condições climáticas do município de Cruz das Almas-BA. Foram executados três experimentos: o primeiro foi um delineamento experimental inteiramente casualizado em casa de vegetação em coluna de solo com três frequências de aplicação (parcelas) (F1 = 15 dias, F2 = 30 dias e F3 = 45 dias); quatro concentrações das SH (subparcelas) diluídas em água sendo: C1 (0 mL L⁻¹), C2 (3 mL L⁻¹), C3 (6 mL L⁻¹) e C4 (9 mL L⁻¹) e quatro repetições utilizando a dose de referência 50 L ha⁻¹; o segundo experimento em campo foi executado em blocos casualizados sobre o cultivo de bananeira (cv. Princesa) com três frequências de aplicação (parcelas) (F1 = 15 dias, F2 = 30 dias e F3 = 45 dias); quatro concentrações das SH (subparcelas) diluídas em água, sendo: C1 (0 mL L⁻¹), C2 (10 mL L⁻¹), C3 (15 mL L⁻¹) e C4 (23 mL L⁻¹) em três blocos utilizando a dosagem de 100 L ha⁻¹; o terceiro experimento em campo consiste em duas frequências de aplicação (parcelas) (F1 = 15 dias, F2 = 45 dias); e quatro concentrações das SH (subparcelas) diluídas em água sendo: C1 (0 mL L⁻¹), C2 (3 mL L⁻¹), C3 (6 mL L⁻¹) e C4 (9 mL L⁻¹) na dose de 120 L ha⁻¹, em três blocos sob a cultivar de bananeira "Grande Naine". Para avaliar os atributos físico do solo foram determinadas: curvas de retenção de água, granulometria, densidade do solo, estabilidade dos agregados, diâmetro médio ponderado dos agregados, porosidade total macro e microporosidade. Na avaliação dos atributos químicos foram determinados: macronutrientes, pH (em H₂O), CTC, V (%), matéria orgânica do solo e concentração de íons na solução do solo. Já os atributos biológicos foram carbono da massa microbiana (CBM), respiração da massa microbiana (RMMS); e coeficiente metabólico (COEF). Foram também avaliadas variáveis de produtividade altura, comprimento, diâmetro do fruto, número de frutos, número de penca, peso de penca e cacho, número de folhas.

Palavras-chave: irrigação localizada, dinâmica dos solutos, produtividade

HUMIC SUBSTANCES VIA FERTIRRIGATION LOCATED AND ITS RELATIONSHIP WITH SOIL ATTRIBUTES AND PRODUCTION OF BANANA

ABSTRACT

The banana is a plant that needs a concentration of nutrients adequate and available in the soil for its development and production. The use of humic substances (SH) in fertirrigation has become a growing practice throughout Brazil, mainly due to the search for inputs that allow an increase in growth and productivity in agriculture with reduction in environmental impact. The objective of this work was to evaluate the effect of different concentrations and frequency of application of SH (humic acids, fulvic acids) on banana productivity and on physical, chemical and biological attributes of a Yellow Latosol Distrocoses of Coastal Board in the climatic conditions of the municipality of Cruz das Almas-BA. Three experiments were carried out: the first was a completely randomized experimental design in a greenhouse in a soil column with three application frequencies (F1 = 15 days, F2 = 30 days and F3 = 45 days); (3 mL L⁻¹), C3 (6 mL L⁻¹) and C4 (9 mL L⁻¹) and four replicates were diluted in water using the reference dose 50 L ha⁻¹; the second experiment in the field was performed in randomized blocks on banana cultivation (cv. Princesa) with three application frequencies (F1 = 15 days, F2 = 30 days and F3 = 45 days); (2 mL L⁻¹), C3 (15 mL L⁻¹) and C4 (23 mL L⁻¹) in three blocks using and dosing of 100 L ha⁻¹; the third experiment in the field consists of two application frequencies (plots) (F1 = 15 days, F2 = 45 days); and four concentrations of SH (subplots) diluted in water were: C1 (0 mL L⁻¹), C2 (3 mL L⁻¹), C3 (6 mL L⁻¹) and C4 (9 mL L⁻¹) of 120 L ha⁻¹, in three blocks under the "Grande Naine" banana cultivar. In order to evaluate soil physical attributes, water retention curves, grain size, soil density, aggregate stability, aggregate weighted average diameter, total macro porosity and microporosity were determined. In the evaluation of the chemical attributes were determined: macronutrients, pH (in H₂O), CTC, V (%), soil organic matter and ion concentration in the soil solution. The biological attributes were carbon of the microbial mass (MBC), microbial mass expiration (RMMS); and metabolic coefficient (COEF). The variables of height, length, diameter of fruit, number of fruits, number of penca, weight of penca and bunch, number of leaves were also evaluated.

Keywords: localized irrigation, solutes dynamics, productivity

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mecanismo de formação das substâncias húmicas (adaptado de Stevenson, 1994).20
- Figura 2. Aplicação de substâncias húmicas e desenvolvimento de raízes laterais via sinalização por auxina e óxido nítrico. (Adaptado de ZANDONADI et al., 2010)23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químico do solo da área experimental na implantação referente à profundidade de 0 - 0,30 e 0,30 e 0,60 m, na Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, 2014.	30
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. HIPÓTESE	13
3. OBJETIVO GERAL	13
3.1. Objetivo específico	13
4. REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1. Origem, classificação botânica e descrição morfológica da bananeira	14
4.2. Importância agroeconômica da banana	15
4.3. Exigências nutricionais e edafoclimáticas	15
4.4. Movimentação dos íons na solução do solo	17
4.5. Substâncias húmicas do solo	18
4.6. Influência das substâncias húmicas no desenvolvimento das culturas	22
4.7. Influência da substância húmicas em atributos físicos, químicos e biológicos do solo	24
<i>4.7.1.Física do solo</i>	25
<i>4.7.2.Química do Solo</i>	25
<i>4.7.3.Biológicas do Solo</i>	26
4.8. Utilização de substâncias húmicas via fertirrigação	27
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	28
5.1. Adubação da área experimental	29
6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	31

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura no Brasil vem se destacando nos aspectos socioeconômicos, nas últimas décadas, principalmente, na região Nordeste, que oferece boas condições de solo e clima para essa atividade agrícola, contribui para a geração de empregos, distribuição de renda e criação de condições para o desenvolvimento de agroindústrias. A cultura da banana, entre outras frutas, assume importância econômica e social por ser bastante difundida nos países tropicais e subtropicais, sendo a fruta mais consumida no Brasil, constituindo parte importante da renda dos pequenos produtores e da alimentação das camadas mais carentes da população.

Diante das possibilidades de inovação na bananicultura está a viabilidade da fertirrigação para o manejo orgânico do solo. Para isso, muitos produtos de natureza orgânica têm sido utilizados visando o suprimento de nutrientes para a cultura. Entre estes, destaca-se a utilização de compostos orgânicos à base de substâncias húmicas. As substâncias húmicas constituem o principal componente da matéria orgânica do solo, sendo composta por biopolímeros com cadeias de carbono (C) e nitrogênio (N) que formam estruturas aromáticas heterogêneas que se diferenciam em ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas com base na solubilidade em meios ácido e básico. As substâncias húmicas encontradas nos produtos comerciais geralmente são extraídas de solos com altos teores de matéria orgânica, como as turfas, ou da Leonardita.

Apesar dos benefícios das substâncias húmicas para a dinâmica de nutrientes no solo, sua aplicação via produtos comerciais sem qualquer critério pode causar desequilíbrios ao solo, à planta e ao ambiente, especialmente, quando se considera o cultivo irrigado da bananeira. Definir concentrações e frequências de aplicações adequadas são fatores preponderantes para o manejo adequado de produtos à base de substâncias húmicas no cultivo da bananeira. Essa é uma informação relevante do ponto de vista prático e econômico para importantes polos produtivos da bananicultura do país, como o de Bom Jesus da Lapa-BA, onde o uso destes produtos tem sido amplamente difundido e utilizados sem critérios técnicos adequados.

Este trabalho foi dividido em três capítulos destinados ao estudo das substâncias húmicas nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e na produtividade da bananeira. O capítulo 1 objetivou avaliar a influência de diferentes

frequências de aplicação e concentrações de substâncias húmicas em atributos físicos e químicos em coluna de solo. O capítulo 2 abordou os atributos físicos e químicos do solo sob diferentes frequências de aplicação e concentrações de substância húmicas no solo via irrigação por microaspersão durante o ciclo da bananeira (cv. Princesa). Já o capítulo 3 teve por abordagem avaliar o atributos físico, químico e biológico do solo sob cultivo de bananeira “Grande Naine” com aplicação de diferentes frequências e concentrações de substância húmicas no solo via irrigação por gotejamento.

2. HIPÓTESE

A aplicação de determinada concentração de substâncias húmicas (SH) na solução de injeção na fertirrigação, em certa frequência, maximiza o efeito das substâncias na produtividade da cultura e nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

A aplicação de produtos, à base de substâncias húmicas, em determinada frequência da fertirrigação, aumenta a produtividade e reduz o custo de produção da cultura da bananeira.

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de diferentes concentrações e frequências de aplicação de substâncias húmicas sobre o crescimento, produção no cultivo de bananeira e em atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiro Costeiro.

3.1. Objetivo específico

- Avaliar a influência de diferentes frequências de aplicação e concentrações de substâncias húmicas em atributos físicos e químicos em coluna de solo.
- Avaliar atributos físicos e químicos do solo sob diferentes frequências de aplicação e concentrações de substância húmicas no solo via irrigação por microaspersão durante o ciclo da bananeira (cv. Princesa).
- Avaliar o atributos físico, químico e biológico do solo sob cultivo de bananeira “Grande Naine” com aplicação de diferentes frequências e concentrações de substância húmicas no solo via irrigação por gotejamento.

- Avaliar o comportamento de íons na solução do solo, na profundidade efetiva do sistema radicular da bananeira sob aplicações de diferentes frequências e concentrações de substâncias húmicas via fertirrigação localizada.
- Avaliar a produtividade das bananeiras “BRS Princesa” e “Grande Naine” em função das diferentes frequências de aplicações e concentrações de substâncias húmicas.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Origem, classificação botânica e descrição morfológica da bananeira

Segundo De Langhe et al. (2009), as bananeiras tiveram origem em Regiões do Sudeste da Ásia e do Oeste do Pacífico, sendo introduzidas na África, Américas e Sul do Pacífico, tendo grande disseminação, adquirindo popularidade e importância econômica, sendo atualmente cultivada em todo o mundo.

A bananeira pertence à espécie *Musa* spp. dentro da classe das Monocotiledôneas, ordem Scitaminales, família Musaceae, subfamília Musoideae, caracterizada por seus sistemas foliares dispostos em espirais e suas flores funcionalmente unissexuais (SIMMONDS, 1973; FERREIRA et al., 2016). A bananeira (*Musa* spp.) produz um dos frutos mais consumidos, destacando-se como uma das principais fruteiras tropicais. É cultivada em mais de 100 países localizados nas regiões tropicais e subtropicais, na faixa compreendida entre os paralelos 30º de Latitude Norte e Sul (MONTARROYOS, 2005).

A bananeira, em termos morfológicos e estruturais, trata-se de uma planta herbácea, que didaticamente é dividida em parte subterrânea: formada por um tronco curto, denominado de rizoma, que funciona como um órgão de reserva (FERREIRA et al., 2016). As raízes provenientes do rizoma estão nas camadas superficiais do solo: em geral 70 % das raízes são encontradas a 0,20 m de profundidade e a 1,50 m do pseudocaule, dependendo da cultivar e das condições do solo. O sistema radicular tem crescimento fasciculado, podendo atingir horizontalmente até 5 m.

A parte aérea é formada a partir de uma estrutura denominada pseudocaule, resultante da união das bainhas foliares, que se estende do rizoma e

termina em uma copa de folhas longas e largas, com nervura central desenvolvida (FERREIRA et al., 2016).

4.2. Importância agroeconômica da banana

A cultura da bananeira assume importância econômica e social em todo planeta, sendo cultivada em mais de 80 países tropicais (FAO, 2018). A bananeira é cultivada no Brasil em regiões tropicais e subtropicais de Norte à Sul do país, sendo o Nordeste brasileiro a região mais produtora do país (AGRIANUAL, 2009). De todas as frutas tropicais cultivadas no país, a banana apresenta grande importância, pois além de possuir um alto valor nutritivo é considerado um alimento básico para população brasileira (FERREIRA et al., 2016).

Em 2010, foram cultivados no mundo cerca de 4,77 milhões de hectares com bananeira, produzindo cerca de 102,11 milhões de toneladas, sendo Índia, China, Filipinas, Equador e Brasil os maiores produtores mundiais de banana, respectivamente (FAO, 2018). A produção brasileira de banana em 2016 foi em torno de 7 milhões de toneladas, na segunda maior área plantada mundial, aproximadamente 491 mil hectares (IBGE, 2018). Em alguns países, como Colômbia, Equador e outros da América Central, a banana é um produto de exportação, responsável por parte significativa das exportações agrícolas (ALVES et al, 2001; FIORAVANÇO, 2003).

A maior parte da produção total do Brasil provém do Nordeste do país, onde é produzido 34,4 % do volume total nacional, seguido das Regiões Norte (26 %), Sudeste (24 %), Sul (10 %) e Centro-Oeste (6 %). O Nordeste pode colher cerca de 2,45 milhões de toneladas no ano de 2016 representando 34.4% da produção total, a Bahia neste período produzindo 1. 088.647 toneladas, representado 44 % da produção de banana no Nordeste e 14,4 % na produção do país (IBGE, 2018).

4.3. Exigências nutricionais e edafoclimáticas

A bananeira (*Musa spp.*) é cultivada em várias regiões de clima tropical e subtropical. Essa planta não tolera temperaturas baixas como abaixo de 15° C, o crescimento e desenvolvimento das plantas paralisam. (LIMA; OLIVEIRA; FERREIRA, 2012). Têm sido realizados trabalhos em climas de ambiente temperado, utilizando programas de melhoramento genético e/ou estudos de manejo

e controles sobre a fisiologia das plantas, para adaptá-las às condições de inverno e com oscilação de temperaturas, nas regiões produtoras brasileiras.

Os desafios estão relacionados à adaptação das espécies às mudanças climáticas, à necessidade de se reduzir o uso de agrotóxicos e insumos, aos manejos pré e pós-colheita realizados nas frutas, à logística para atender aos diferentes mercados, ao controle de doenças e pragas e aos programas de melhoramento genético para atender às novas demandas de cada uma das espécies de clima temperado.

A bananeira caracteriza-se por ser uma espécie vegetal que absorve grandes quantidades de nutrientes, sendo a adubação um dos fatores que mais influenciam na quantidade e qualidade da produção, exigindo um suprimento adequado de nutrientes durante todo o ciclo da cultura, devido à sua perenidade reprodutiva e do crescimento (OLIVEIRA et al., 2003).

O cultivo da bananeira requer fertilização abundante, não só por ser elevada a quantidade de nutrientes absorvidos e exportados pelos frutos, como também os solos da maioria das regiões produtoras apresentam uma baixa teor de nutrientes. Em ordem decrescente, a planta absorve os seguintes nutrientes: K>N>Ca>Mg>S>P>Cl>Mn>Fe>Zn>B>Cu. (FERREIRA et al., 2016)

O potássio (K^+) é considerado elemento-chave na nutrição da banana, sendo o nutriente mais adsorvido pela planta. Neves et al. (1991) obtiveram resultados de extração de 1260 kg ha^{-1} de K^+ , quatro vezes mais do que de nitrogênio (N). Uma planta bem suprida de K^+ tem maior capacidade de absorver e reter água, fato esse de extrema importância para a banana uma vez que a morfologia e hidratação dos seus tecidos são determinantes para um contínuo consumo de água pela cultura. Como planta típica das regiões tropicais úmidas, a bananeira apresenta melhor desenvolvimento em locais com médias anuais de umidade relativa superiores a 80 %, são as regiões mais favoráveis à bananicultura por acelerar a emissão de folhas, prolongar sua longevidade, favorecer o lançamento de inflorescência e uniformizar a coloração da fruta.

A planta exige pluviosidade de 2.000 a 2.500 mm anuais uniformemente distribuída durante um ano com aproximadamente 25 mm por semana. A temperatura é importante no cultivo da bananeira, pois tem influência nos processos respiratório e fotossintético da planta e está relacionada com altitude, luminosidade e

ventos. A temperatura ótima para o desenvolvimento e a produção de frutos de qualidade e produtividade considerável situa-se em 23° C. Em termos de crescimento da planta, raízes, folhas e desenvolvimento dos frutos, podem ser considerados como limites extremos e tolerados a temperatura mínima de 10° C e a máxima de 26° C (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010).

A luminosidade possui o efeito sobre o ciclo vegetativo da bananeira e altera a duração do período de desenvolvimento do fruto. A bananeira requer alta intensidade de luz, ainda que o comprimento do dia, aparentemente, não influa no seu crescimento e frutificação. Nas regiões com baixa luminosidade, o período para que o cacho atinja o ponto de colheita após a sua emissão chega a ser 30 dias superior quando comparado a regiões de alta luminosidade (SOTO BALLESTERO, 1992).

4.4. Movimentação dos íons na solução do solo

O solo é um sistema trifásico e complexo, que contém partículas minerais de areia, silte e argila em sua fase sólida, que são geralmente associados, formando subunidades estruturais de diferentes tamanhos e propriedades chamados agregados (SOIL SURVEY STAFF, 1993). O tamanho de agregados, estabilidade e quantidade e a distribuição e o tamanho dos poros no interior e entre os agregados caracterizam a estrutura do solo (SIX et al., 2004). Desse modo, a estrutura do solo desempenha papel fundamental para diferentes processos do solo, tais como o movimento da água, transferência de calor e aeração.

A água presente no solo jamais seria quimicamente pura ao se infiltrar e movimentar no perfil a água dissolve vários elementos ali presentes, podendo atingir concentrações elevadas. A movimentação e transporte da água e solutos ocorre por convecção, fluxo de massa e por difusão (RUIZ et al., 2010). Macroscopicamente, a taxa com a qual determinado soluto movimenta-se através do solo pela água, depende do grau de interação com a fase sólida do solo, da intensidade de absorção pelas raízes das plantas, da quantidade que precipita ou dissolve e das características geométricas da matriz do solo.

Sabe-se que, na irrigação por gotejamento, a distribuição da água concentra-se ao redor do gotejador, resultando em acúmulo de sais na extremidade do bulbo molhado do solo (HAMZA e ALYMORE, 1992; GREEN e CLOTHIER, 1995;

BORGES et al., 2009). Mesmo operando próximo à superfície do solo, os microaspersores têm sua uniformidade afetada significativamente pelo vento, resultando em arraste das gotas numa determinada direção. Essa configuração permite o melhor aproveitamento de água pelas plantas, com maior área molhada e desenvolvimento de raízes (SILVA e SILVA, 2005; BORGES et al., 2009).

O fornecimento de nutrientes para as plantas pela fertirrigação está em função da concentração dos nutrientes na água de irrigação, concentração da solução do solo, evapotranspiração e nutrientes absorvidos pelas plantas. Informações detalhadas sobre a absorção de nutrientes pelas plantas são fundamentais para a otimização da fertirrigação (HAGIN e LOWENGART, 1996).

O preparo do solo tem grande impacto sobre o fluxo e transporte de solutos, uma vez que podem afetar a distribuição de poros e porosidade. A dinâmica da água no solo é regida, fundamentalmente, pelo seu estado energético em diferentes camadas do perfil do solo, daí ser bastante comum encontrar na literatura as expressões “potencial total da água”, “gradiente de potencial total”, as quais expressam o potencial hídrico do solo em termos de transporte (BRITO et al., 2014).

A mobilidade dos nutrientes no solo é afetada principalmente por aspectos químicos como: concentração da solução do solo (ISHIGURO et al., 1992), o pH (CHAVES e LIBARDI, 1995; ERNANI et al., 2002a), a capacidade de troca de cátions (AKINREMI e CHO, 1991; CHAVES e LIBARDI, 1995), as reações de dissolução/precipitação (ERNANI e BARBER, 1993; BUSTOS et al., 1996) e as trocas iônicas entre os nutrientes que estão na solução com aqueles da fase sólida durante o processo de descida (AKINREMI e CHO, 1991).

O estudo do movimento dos nutrientes no solo constitui uma ferramenta no manejo adequado da fertirrigação, com o objetivo de disponibilizar nutriente. Mais pesquisas são necessárias para melhor entender e quantificar o efeito de diferentes práticas de gestão de mudanças na estrutura do solo e dos poros funcionando com relação a água e ao soluto transporte (REICHARDT e TIM, 2004; LIBARDI, 2005).

4.5. Substâncias húmicas do solo

A matéria orgânica engloba a biomassa residual em estágios variados de decomposição que influencia diretamente a estrutura do solo, retenção de água, a atividade microbiana e armazenamento e ciclagem de nutrientes do solo, em

particular C e N (PEREIRA, 2012). Considerando que, em média, a matéria orgânica do solo apresenta 58% de C orgânico, seu teor é estimado a partir da multiplicação do teor de C orgânico mensurado em laboratório por 1,724 (100/58), denominado fator de Van Bemmelen.

A matéria orgânica se refere a todo material orgânico depositado no solo na forma de resíduos vegetais, fração leve, biomassa microbiana, meso e macrofauna, substâncias orgânicas solúveis e substâncias húmicas, que podem estar associados ou não à fração mineral. Esses compartimentos funcionais da matéria orgânica, por se tratar de um conjunto heterogêneo de materiais orgânicos, apresentam susceptibilidade diferenciada à decomposição microbiana e constituem a base para o entendimento da dinâmica do C orgânico no solo (CARTER, 2001).

A fração mais estável da matéria orgânica do solo é representada pelas substâncias húmicas (SH), que constituem de 85 a 90 % da reserva total do C orgânico do solo (MILORI et al., 2002). As SH podem ser entendidas como produtos das transformações químicas e biológicas dos resíduos vegetais e animais, assim como da atividade dos micro-organismos do solo. Contudo, os conhecimentos sobre suas origens e processos de humificação ainda são hipotéticos, principalmente sobre a estrutura físico-química e o potencial de retenção de nutrientes (LEHMANN e KLEBER, 2015).

Stevenson (1994) aponta quatro rotas principais pelas quais as SH podem ser formadas durante a decomposição da matéria orgânica do solo (Figura 1).

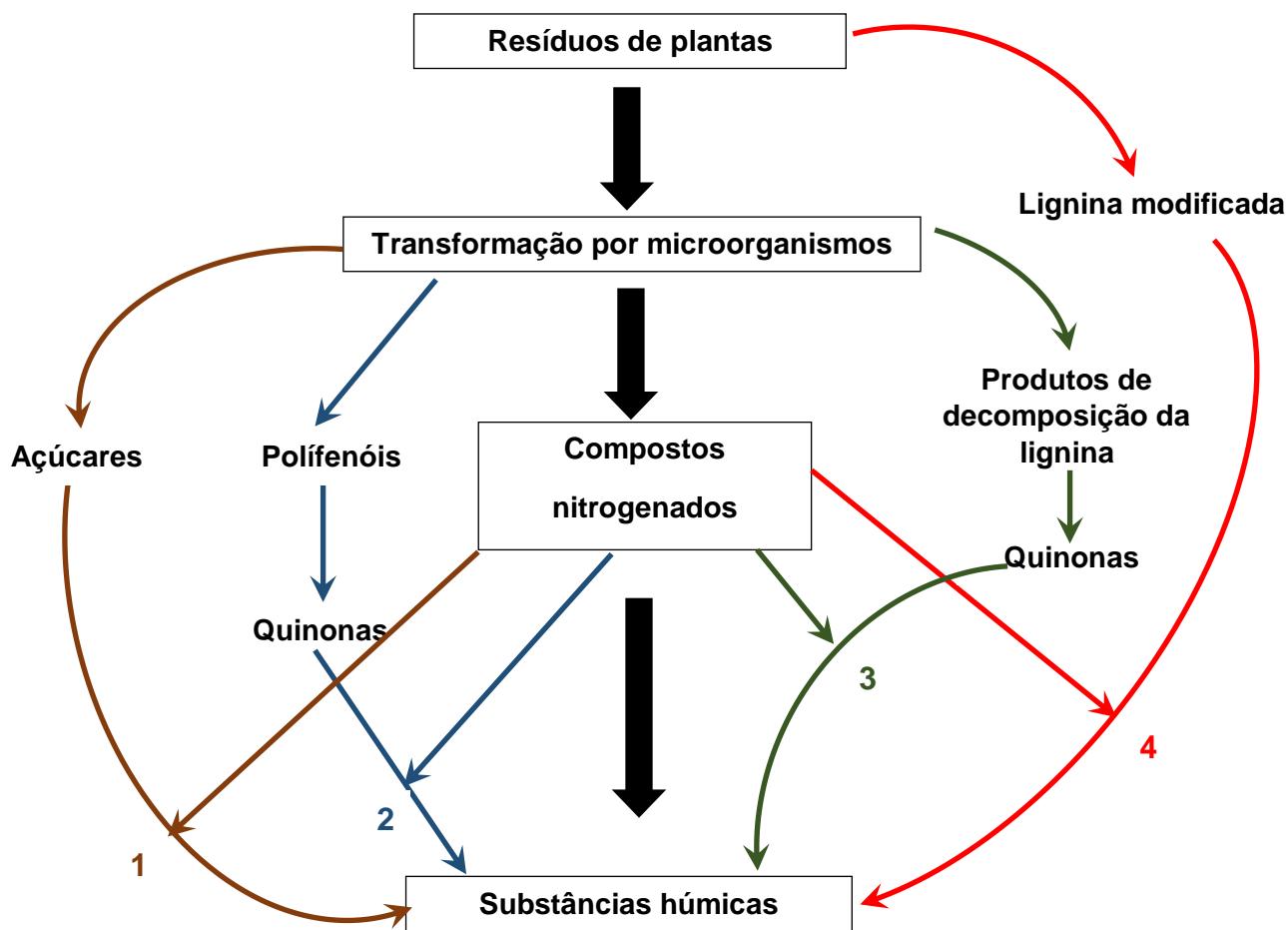


Figura 1. Mecanismo de formação das substâncias húmicas (adaptado de Stevenson, 1994).

A primeira rota, preconizada por Maillard, em 1916, é considerada a mais antiga. Postula-se que as SH são originadas a partir de reações exclusivamente química entre açúcares redutores e aminoácidos, originados da atividade microbiana (teoria da condensação do amido-açúcar).

As rotas 2 e 3 (Figura 1) foram baseadas na teoria dos polifenóis. Na rota 2, os polifenóis originam-se de C não lignificado, ou são sintetizados por microorganismos específicos. Já na rota 3 a formação das SH provém da degradação exclusiva de lignina. Em ambas as rotas, os aldeídos e ácidos fenólicos, originados a partir da degradação parcial dos biopolímeros, sofrem recombinações entre si ou com outras moléculas convertendo em quinonas. As quinonas sofrem reações de condensação com a amônia e outros compostos nitrogenados, como aminoácidos e proteínas, originando as SH. Em 1921, Fischer e Schrader postularam uma teoria na

qual se preconiza que as SH seriam originadas a partir de ligninas parcialmente modificadas sem atuação da atividade de microrganismos (rota 4, Figura 1).

A dinâmica da matéria orgânica influencia os principais processos químicos, físicos e biológicos nos solos e determina muitas vezes seu comportamento químico e fertilidade. Estudos mais recentes têm mostrando que a MOS na fração pesada associada ao material sedimentado (areia, silte e argila) geralmente compreende aproximadamente 80 % do carbono orgânico total (COT) e nela estão presentes as frações estáveis denominadas de SH (LEHMANN e KLEBER, 2015).

As SH do solo possuem tamanho que permite incluí-las na faixa dos colóides, ou seja, maior que 250 μm , exibindo características próprias, destacando-se sua elevada superfície, a qual lhe confere alta reatividade. Além disso, esses compostos promovem a complexação de metais, atenuando a toxicidade do metal pesado e deficiência de metais em solos (McCARTHY, 2001).

As SH fazem parte da matriz do solo na forma de colóides orgânicos, exercendo efeitos nas propriedades físicas, químicas e biológicas, que influencia indiretamente o desenvolvimento das plantas (CANELLAS et al., 2005). As SH são capazes de interagir e alterar reações químicas no solo, devido a suas características químicas e estruturais. Segundo Primo et al. (2011), as SH têm poder redutor suficiente para transformar Fe^{3+} em Fe^{2+} , forma absorvida pelas plantas.

As SH são funcionalmente divididas nas frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas, com base na solubilidade em meios ácido e básico (SWIFT, 1996). Os ácidos fúlvicos são solúveis em meios ácido e básico, enquanto que ácidos húmicos são solúveis em base e insolúveis em ácido. Já as huminas são insolúveis em ambos os meios base e ácido.

Os ácidos fúlvicos são mais reativos do que as outras duas frações pela maior quantidade de grupos carboxílicos e fenólicos que contém. São constituídos especialmente por polissacarídeos, aminoácidos e compostos fenólicos. A massa molecular relativa dos ácidos húmicos é maior do que a dos ácidos fúlvicos, possivelmente por possuírem maior conteúdo de estruturas tipo polissacarídeos (STEVENSON, 1994). As frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos são bastantes reativas devido, principalmente, à presença de grupos funcionais que contém oxigênio e hidrogênio, tais como carboxilas e hidroxilas fenólicas que são responsáveis pela geração de cargas negativas, denominada de acidez. A acidez

dos ácidos húmicos é menor que a dos ácidos fúlvicos, o que está relacionado com seus menores teores de carboxilas (CANELLAS e FAÇANHA, 2004). A reatividade das SH faz com que a fração húmica do solo, mesmo em baixos conteúdos, seja responsável por elevada porcentagem da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, especialmente no ambiente tropical onde naturalmente ocorrem solos com baixa CTC de origem mineral

Os ácidos fúlvicos e húmicos desempenham importante papel na complexação de metais polivalentes; além de alterarem as reações de sorção e disponibilidade de P, combinam-se com os óxidos de Fe e de Al, argilas e outros compostos orgânicos. Atuando em propriedades redutoras, formam complexos estáveis com Fe, Cu, Ca e Mg, podendo se ligar à fração mineral do solo por de cátions polivalentes (PRIMO et al. ,2011).

4.6. Influência das substâncias húmicas no desenvolvimento das culturas

Atualmente vem crescendo o interesse de utilizar SH na nutrição das plantas. Com isso, vários produtos comerciais à base de SH vêm sendo desenvolvidos e amplamente utilizados na agricultura, sobretudo em áreas irrigadas

A resposta das plantas à aplicação de SH depende de diversos fatores, tais como: fonte de extração das SH, espécie cultivada, SH utilizadas, concentração de aplicação do produto, dentre outros (BRUN, 1993). Efeitos benéficos do uso de SH foram observados por diversos trabalhos (AYUSO, 1996; SILVA e JABLONSKI, 1995; GOENADI e SUDHARAMA, 1995). Maggioni et al. (1987) indicaram que os ácidos húmicos e fúlvicos podem influenciar a absorção de nutrientes via efeito enzimático, através da atividade de ATPase dependente de K^+ e Mg^{2+} .

Autores avaliaram o efeito da aplicação das substâncias húmicas na produção das culturas, correlacionando os incrementos de produtividade com a melhoria de atributos químicos dos solo em cultivos de uva (*Vitis vinifera*) (FERRARA e BRUNETTI, 2010) e maçã (*Malus doméstica*) (ZHANG et al. 2013).

A síntese de compostos auxínicos, auxina e óxido nítrico é importante para o desenvolvimento da raiz e estimula a formação de raízes laterais, importantes para a absorção de água e nutrientes. Em milho, foi demonstrado que o estímulo para a modificação da arquitetura radicular, especialmente o surgimento de raízes laterais,

envolve a produção de óxido nítrico, após a aplicação de ácidos húmicos (ZAMPONADI et al., 2010). O óxido nítrico estimula a atividade de H⁺ATPase e a síntese de auxina. A auxina também estimula a síntese e atividade das H⁺ATPases. (Figura 2).

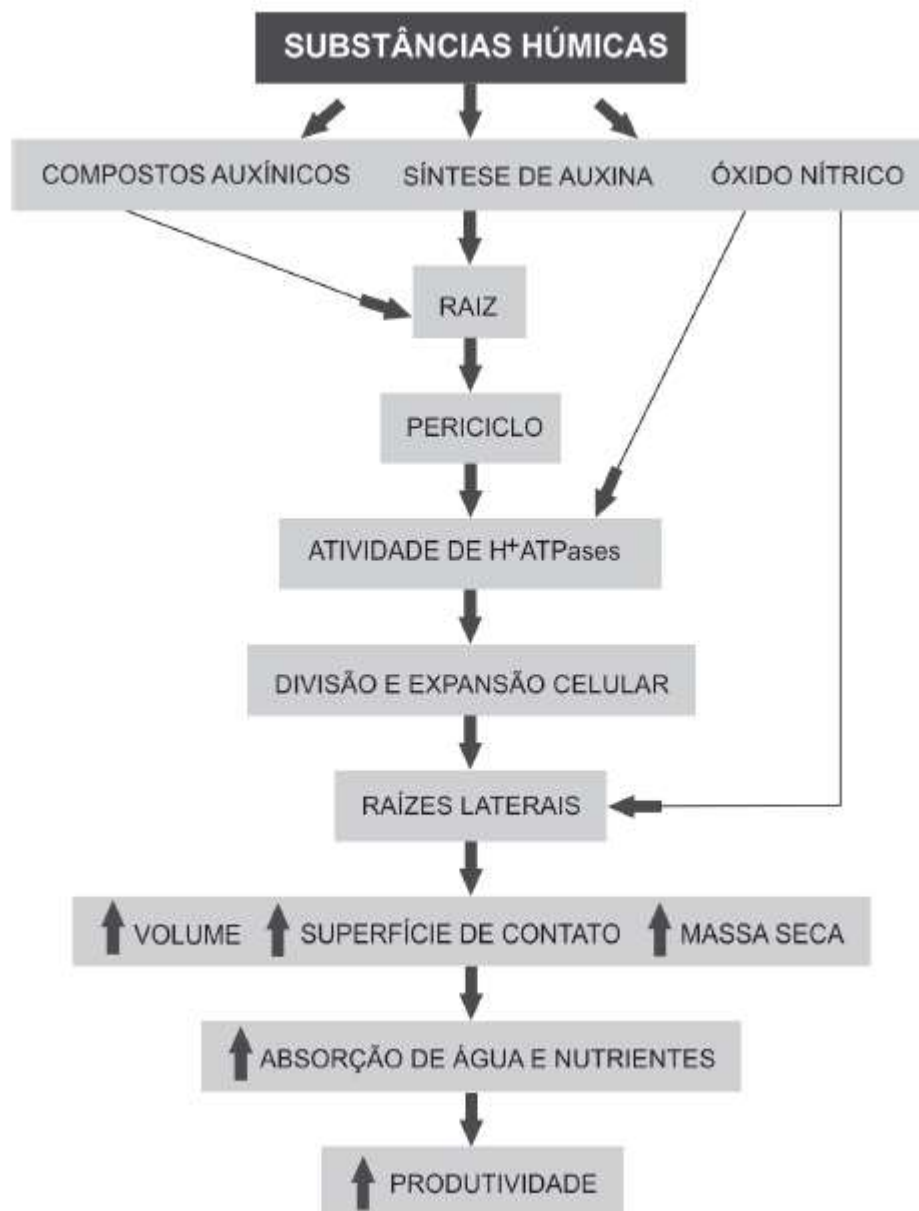


Figura 2. Aplicação de substâncias húmicas e desenvolvimento de raízes laterais via sinalização por auxina e óxido nítrico. (Adaptado de ZANDONADI et al., 2010)

As H⁺-ATPases (bombas de H⁺) são enzimas transmembranares capazes de hidrolisar ATP, gerando energia e gradiente eletroquímico. Estas enzimas estão diretamente envolvidas em dois mecanismos fundamentais para o desenvolvimento e crescimento vegetal: (a) energização de sistemas secundários de translocação

para a absorção de nutrientes e (b) aumento da plasticidade da parede celular para possibilitar o processo de crescimento e divisão da célula vegetal. Estudos têm apontado que a permeabilidade da membrana plasmática pode ser alterada pelas SH (SAMSON e VISSER, 1989; RODDA et al., 2006a). As aplicações de produtos à base de SH podem favorecer o desenvolvimento de plantas, alterando tanto a parte aérea quanto as raízes (RODDA et al., 2006; ROSA et al., 2009). Os ácidos húmicos afetam direta ou indiretamente o mecanismo de regulação da absorção de íons, e conseqüentemente, na produtividade das culturas (NARDI et al., 2002). Fernández-Escobar et al. (1996) também mostraram a influência positiva da aplicação de ácidos húmicos na absorção de K, Mg, Ca, B e Fe.

4.7. Influência da substância húmicas em atributos físicos, químicos e biológicos do solo

Segundo Filho e Silva (2002), a relação C/N dos ácidos húmicos e fúlvicos é superior em 50 % da média observada na matéria orgânica do solo, indicando seu menor grau de decomposição, conferindo-lhe maior estabilidade no ambiente. Com o grau de polimerização relativamente maior dos ácidos húmicos é possível constatar um estágio mais avançado de humificação. As substâncias húmicas destacam-se pela capacidade de ligar-se e reter ânions (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , OH^- , PO_4^{2-} , CO_3^{2-}), por possuir grupos amino, amido, ligações peptídicas, polipeptídicos e outros nitrogenados. Por apresentarem alta complexidade química e forte interação com a fração coloidal inorgânica do solo, essas substâncias decompõem-se lentamente e acumulam-se nos solos.

O solo pode adsorver ácidos orgânicos com grande energia, ocupando os sítios de adsorção, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Esses ácidos podem também formar complexos organometálicos estáveis com Fe e, ou, Al, em várias faixas de pH (HAYNES, 1984; SPOSITO, 1989). A eficiência desses ácidos em melhorar a disponibilidade nutricional para as plantas depende do valor de pH do solo, do tipo de ânion orgânico e da persistência deste ânions no solo (STEVENSON, 1986; KIRK, 1999).

4.7.1. Física do solo

Em trabalhos realizados por Miyazawa et al. (2011) observaram que a fração das partículas de argila está intimamente ligada às substâncias húmicas (ácido húmico e fúlvico) do solo, mesmo em alta concentração de OH^- , utilizada na dispersão dos agregados de argila. Os fatores que controlam a agregação do solo determinam suas condições físicas. Dessa forma, os processos naturais de agregação do solo, os níveis de matéria orgânica do solo, e o teor de argila dos solos, entre outros fatores, determinam a formação de agregados com maior ou menor estabilidade (WATANABE et al., 2002).

O acúmulo de MOS condiciona menores teores de argila dispersa em água, maior agregação e, conseqüentemente, maior porosidade total, afetando a movimentação de água no solo e, conseqüentemente, a curva de retenção de água (PEREIRA, 2012).

As frações de ácidos fúlvicos e húmicos dos compostos orgânicos melhoraram os atributos físicos do solo e, conseqüentemente, aumentam o crescimento e a produtividade. A aplicação reduz a densidade do solo e a resistência à penetração (AGGELIDES e LONDRA, 2000; CELIK et al, 2010) e aumenta a agregação do solo (OYEDELE et al, 1999; GARCIA-ORENES et al., 2005), porosidade (OYEDELE et al., 1999; KHAN et al., 2000), e a retenção de água (NYAMANGARA et al, 2001; JOHNSON et al, 2006;), bem como a condutividade hidráulica (GONZALEZ e COOPERBAND, 2002; SCHJØNNING et al, 2005), melhorando o arranjo do solo (KHAN, 1996; KHAN et al., 2000;).

4.7.2. Química do Solo

Sibanda & Young (1986) observaram redução na adsorção de fosfato, quando a concentração de ácidos húmicos foi elevada de 4 a 30 g kg^{-1} de carbono orgânico, o que equivale a um aumento de 7,2 a 52 g kg^{-1} de matéria orgânica no solo. Entretanto, segundo esses autores, essa eficiência não se deve, exclusivamente, à adsorção dos grupos carboxílicos. Deve-se, também, considerar o poder de complexação dos ácidos húmicos sobre o Fe e o Al na solução do solo, podendo reduzir a adsorção/precipitação de nutrientes.

Os ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina são as três frações principais do carbono orgânico total do solo, sendo a humina representada por cerca de 30 a

80 %. Essas frações interagem com o material mineral, interferindo, assim, na dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta, e exercendo um papel primordial na manutenção da fertilidade do solo; termo cujo conceito global se estende também aos atributos físicos e biológicos do solo (GUERRA e SANTOS, 2008).

A capacidade de troca de cátions (CTC) é um atributo químico que influencia na disponibilidades de nutrientes e no potencial produtivo. A CTC determina a capacidade do solo em armazenar cátions ou ânions numa forma disponível para a planta e ao mesmo tempo impedir a lixiviação. Os compostos orgânicos têm relação direta com a CTC devido à elevada superfície específica; como exemplo as já as substâncias húmicas varia de 300 a 1000 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, quando comparados os argilo minerais como a caulinita apresenta uma CTC que varia de 3 a 5 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

As substâncias húmicas apresentam efeito tamponante sobre a acidez do solo, devido à presença de grupos funcionais que compõem a carga líquida negativa dos compostos. Muitos desses compostos orgânicos presentes tem a habilidade de formar complexos estáveis com vários cátions metálicos, onde sua estabilidade depende do ligante orgânico e do metal (complexo organometálico). A formação de composto organometálico varia com a distribuição relativa dos grupos funcionais e com a afinidade entre os ligantes (ERNANI, 2008).

Esse modelo explica as principais interações das substâncias húmicas como a capacidade de adsorção e complexação de íons e interação com minerais do solo. A ação direta das substâncias húmicas sobre o metabolismo e o crescimento das plantas tem sido atribuída principalmente à ação das substâncias húmicas de menor peso molecular, principalmente os ácidos fúlvicos e húmicos (NARDI et al., 2002).

4.7.3. Biológicas do Solo

As substâncias húmicas são usualmente aplicadas ao solo e afetam favoravelmente a sua estrutura e a população microbiana, além de aumentar a solubilidade dos nutrientes no solo. Também promovem maior crescimento da planta, causado pela presença de substâncias com funções semelhantes aos reguladores de crescimento vegetal, bem como reduzem o efeito do estresse hídrico nas plantas (SEDIYAMA et al., 2000).

A complexidade do sistema solo-planta-microbiologia apresenta uma maior expressividade quando interage com a ampla gama de componentes orgânicos e

inorgânicos do solo, alguns dos quais podem exercer efeitos bioativos para com as plantas e microrganismos. Em particular, as substâncias húmicas (SH) estão entre os compostos ativos e complexos no solo (NEBBIOSO e PICCOLO, 2011) e são conhecidos por estimular de maneira variadas as atividades microbianas de plantas (PICCOLO et al., 1992; PINTON et al., 1992; NARDI et al., 2002; KULIKOVA et al., 2010). Os efeitos indiretos incluem alterações induzidas em atributos físico-químicos do solo, na estrutura e atividade da microbiota do solo, na disponibilidade de nutrientes (NARDI et al., 1996; VARANINI e PINTON, 2001).

4.8. Utilização de substâncias húmicas via fertirrigação

Dentre as fontes mais usadas para extração de ácidos húmicos encontram-se a leonardita (ADANI et al., 1998; ELENA et al., 2009; MORA et al., 2010), o carvão (ADANI et al., 1998), a turfa (SILVA et al., 2011), os resíduos de animais (BALDOTTO et al., 2007) e os compostos orgânicos feitos de húmus de minhoca (vermicompostos) (GARCIA et al., 2012; BALDOTTO e BALDOTTO 2013; GARCIA et al., 2014), de torta de filtro (BALDOTTO et al. 2010 a), de esterco bovino (ARANCON et al., 2003; BALDOTTO e BALDOTTO, 2014a, b), de cama-de-frango (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a, b), de resíduos de alimentos (ARANCON et al., 2003), de lixo urbano (CANELLAS et al., 2000; JINDO et al., 2012) e de lodo de esgoto (CANELLAS et al., 2000; JINDO et al., 2012). A compostagem dos resíduos orgânicos favorece a extração de ácidos húmicos mais bioativos, quando comparados com os dos não compostados (BALDOTTO et al., 2007) e com maior hidrofobicidade (JINDO et al., 2012; AGUIAR et al., 2013).

Segundo Selim et al. (2010) a aplicação de compostos a base de substâncias húmicas 120 kg ha^{-1} promoveu um aumento no rendimento da batata comportamento associado ao decréscimo da lixiviação de nutrientes, que refletiu no aumento da concentração de macro e micronutrientes em tubérculos de batata, bem como o aumento da concentração desses nutrientes no solo.

Em trabalhos realizados por Feibert et al. (2003) e Abbas et al. (2014), se pode notar que a fertirrigação com aditivo orgânico de preferência de substâncias húmicas, especialmente com alta dose de fertilizante orgânico obtiveram os valores médios máximos de produção de tubérculos foram 9,87 e 10,74 t/ha. A aplicação mista de fertilizantes inorgânicos e compostos orgânicos aumentou

substancialmente carbono orgânico do solo (COS) em 11% e o rendimento do milho em 75 % (YANG et al., 2015).

A baixa eficiência do efeito da aplicação dessas substâncias em nível de campo pode estar relacionada, segundo López et al. (2005) e Hartz e Bottoms (2010), às baixas dosagens recomendadas. Estudo realizado por Gullo (2010) avaliou a adubação mineral associado a extrato comercial em alta concentração de ácidos orgânicos em solo arenoso de baixa fertilidade, e utilizando 350 L ha⁻¹ em cana-de-açúcar do primeiro ciclo e 600 L ha⁻¹ na cana de açúcar de segundo ciclo, obtendo-se aumento na produtividade.

Em trabalhos realizados por Melo et al. (2016) foi verificado que não houve efeito significativo da aplicação das doses de SH sobre os atributos físico-hídricos, químicos e de atividade microbológica, no Latossolo Amarelo Distrocoeso. Já pesquisa realizada por Santos et al. (2008), utilizando doses de substâncias húmicas associadas a extrato vegetal, mostrou que as dose de 92,3 e 100 L ha⁻¹ maximizaram o comprimento total (CT) de raiz (439,8 cm) e a densidade de comprimento de raiz DCR (estimada de 0,4467 cm cm⁻³) da bananeira. Trabalhos utilizando SH têm mostrado que a dose de referência (DR) exerce pouca influência em atributos físicos, químicos e biológicos do solo, não condizendo com o maior desenvolvimento da cultura.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram instalados na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, situada em Cruz das Almas, Bahia, a 12° 40'19" de latitude Sul e 39° 06' 22" de longitude oeste. O terreno apresenta declividade de 3 a 5 %, e o solo foi classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso, com textura franco argilo-arenoso (641 g kg⁻¹ areia, 85 g kg⁻¹ silte, 274 g kg⁻¹ argila), com caráter coeso (SOUZA & SOUZA, 2001). O clima da região é uma transição entre os tipos Am e Aw de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado como clima tropical com transição entre o monçônico e o tropical (chuvas no verão), tendo pluviosidade média anual da ordem de 1.244 mm com dois a três meses de seca ao ano.

O primeiro experimento foi realizado em coluna de solo conduzido em casa de vegetação com a utilização de Latossolo Amarelo Distrocoeso; o segundo experimento foi realizado no campo com fertirrigação localizada por microaspersor e

a bananeira “cv. BRS Princesa” durante um ciclo por fim, o terceiro experimento foi conduzido no campo, com fertirrigação localizada por gotejador utilizando a cultivar de bananeira ‘Grande Naine’ em dois ciclos. Todos os experimentos foram submetidos a frequências e concentrações de substância húmica.

5.1. Adubação da área experimental

Com base nos resultados da análise química da amostra de solo da área experimental, realizada pelo Laboratório de Análise de Fertilizantes, Solo e Monitoramento Ambiental Ltda. (LFSMA), as recomendações de adubação para a bananeira seguiram Borges e Souza (2009).

Como o solo apresentava saturação por bases (V%) de 53% e a bananeira necessita valores na faixa de 60-80%. Assim foi necessária a aplicação de calcário. O teor de cálcio (Ca) estava baixo (1,2 a 2,4 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$) do necessário para cultura, bem como a relação Ca/Mg (2,4 (0-0,30); 1,5 (0,30-0,60), pois a faixa adequada entre 3,0 e 4,0 (Tabela 1.). Assim, recomendou a aplicação na área total de 450 kg de calcário e 150 kg de gesso agrícola.

De acordo com a tabela 1 o teor de fósforo (P (Mehlich-1)) no solo de 8 mg/dm^3) considerado baixo (faixa ideal 6 a 30 mg/dm^3). Considerando a produtividade esperada de 20-40 t ha^{-1} , recomenda-se a aplicação de 80 kg/ha de P_2O_5 . Devendo ser aplicado de uma única vez. O nitrogênio (N) foi sendo suprido pela aplicação esterco de aves na cova. A adubação de fundação foi feita com esterco bovino curtido, colocando-se 30 kg cova^{-1} , recomendada com base na análise de solo.

O teor de potássio K no solo (47 mg dm^{-3}) é considerado baixo (faixa ideal 121 a 234 mg dm^{-3}), uma vez que a bananeira é uma planta muito exigente nesse nutriente. Assim, recomendou-se aplicar 450 kg ha^{-1} de K_2O . O sulfato de potássio (48% de K_2O) que é uma fonte permitida no sistema orgânico, o que corresponde a 940 kg ha^{-1} (Tabela 1.).

Tabela 1. Atributos químico do solo da área experimental na implantação referente à profundidade de 0 - 0,30 e 0,30 e 0,60 m, na Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, 2014.

Prof.(m)	pH (H ₂ O)	P	K	Ca	Mg	Al	H +Al	Na	SB	CTC	V	M.O
		mg dm ⁻³					Cmol _c dm ⁻³				%	g dm ⁻³
0-0,30	5.41	8	47	1,9	0,8	0,1	2,50	0,040	2,86	5,36	53	11,3
0,30-0,60	5.26	5	36	1,2	0,8	0,1	2,70	0,040	2,13	4,83	44	9,6

*Prof.: (profundidade)

6. ANALISE ESTATÍSTICA

Os experimentos seguiram um delineamento inteiramente casualizado (casa de vegetação) e bloco casualizado com parcelas subdivididas (experimento no campo). Os dados serão submetidos à análise estatística descritiva clássica. Na análise estatística sendo aplicado o Teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para verificar a normalidade dos dados a partir do software Assistat 7.6 beta, o teste F para a análise de variância e teste o de Tukey para a comparação de médias a 5% de probabilidade e análise de regressão.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABBAS, M.S., A.M. EL-GHAMRY, E.M. SELIM, E.I. GABER AND A.H. BAZEED. Influence of composting of rice straw with effective microorganisms and humic acid on quality and quantity of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) through fertigation system under sandy soil conditions. Middle East **J. Applied Sci.**, 4: 484-493, 2014.
- ADANI F, GENEVINI P, ZACCHEO P & ZOCCHI G. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, 21:561-575, 1998.
- AGUIAR, N.O.; OLIVARES, F.L.; NOVOTNY, E.H.; DOBBSS, L.B.; BALMORI, D.M.; SANTOS-JÚNIOR, L. G.; CHAGAS, J.G.; FAÇANHA, A.R. & CANELLAS, L. P. Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages. **Plant and Soil**, 362:161-174, 2013.
- ALVES, S.B.; MEDEIROS, M. B. de; TAMAI, M. A; LOPES, R. B. Trofobiose e microrganismos na proteção de plantas: biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biociência**, Brasília, ano IV, n.21, p. 16-21, 2001.
- AGGELIDES, S.M., LONDRA, P.A. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. **Bioresource Technology**. 71 (3) 253–259, 2000.
- AYUSO, M.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 57, n. 3, p. 251-257, 1996.
- AGRIBUS. **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo. FNP Consultoria e Comercio. 2009
- AKINREMI, O.O. & CHO, C.M. Phosphate transport in calcium-saturated systems: II. Experimental results in a model system. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 55:1282-1287, 1991.
- ARANCON, N. Q.; LEE, S.; EDWARDS, C. A.; & ATIYEH, R. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. **Pedobiologia**, 47:741-744, 2003.
- BALDOTTO MA, CANELLAS LP, CANELA MC, SIMÕES ML, MARTIN-NETO L, FONTES MPF & VELLOSO ACX. Propriedades redox e grupos funcionais de ácidos húmicos isolados de adubos orgânicos. **R. Bras. Ci. Solo**, 3:465-475. 2007.
- BALDOTTO, M. A.; GOBO, A. A. R.; SALOMÃO, M. S. M. B.; REZENDE, C. E. e CAMARGO, P. B. Frações da matéria orgânica e propriedades redox de substâncias húmicas em sedimentos de oceanos profundos. **Química Nova**, 36:1288-1295, 2013.
- BALDOTTO L. E. B.; BALDOTTO, M. A. Growth and production of ornamental sunflower grown in the field in response to application of humic acids. **Ciência Rural**, 2014 a
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A. Adventitious rooting on the Brazilian red-cloak and sanchezia after application of indole-butyric and humic acids. **Horticultura Brasileira**, 32:426-43, 2014 b.

BALDOTTO, M. A.; CANELA, M. C.; CANELLAS, L. P.; DOBBSS, L. B.; VELLOSO; A.C.X. Redox index of soil carbon stability. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:1543-1551, 2010 a.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa, 2009, 279p.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2. ed. Madison, American Society of Agronomy, **Soil Science Society of America**, pt. 1, p.363-375, 1986 a.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, **Soil Science Society of America**, pt. 1, p.377-382, 1986 b.

BRITO, A.S.; LIBARDI, P.L.; MOTA, J. C.A.; KLEIN, V. A. Variação diurno -noturna do potencial mátrico e gradiente de potencial total da água no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:128-134, 2014

BRUN, G. Pouvoir complexant des matieres humiques effets sur l'alimentation minerale des vegetaux. Thèse de doctorat, **Institut National Polytechnique de Toulouse, Spécialité: Traitement des matieres premieres vegetales**, Toulouse, France, 139 p., 1993.

BUSTOS, A.; ROMAN, R.; CABALLERO, R.; DÍEZ, J.A.; CARTAGENA, M.C.; VALLEJO, A. & CABALLERO, A. Water and solute movement under conventional corn in central Spain. II. Salt leaching. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 60:1536-1540, 1996.

CANELLAS LP, SANTOS, G. A.; MORAES, A. A.; RUMJANEK, V. M. e OLIVARES, F. L. Avaliação de características de ácidos húmicos de resíduos de origem urbana: I. Métodos espectroscópicos (UV-Vis, IV, RMN 13C-CP/MAS) e microscopia eletrônica de varredura. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:741-750, 2000.

CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39: 233-240, 2004.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A. **Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas** / Luciano Pasqualoto Canellas e Gabriel Araújo Santos. – Campos dos Goytacazes: L. P. Canellas, G. A. Santos, 2005. 309 p.: il.

CARTER, M.R. Organic matter and sustainability. In: REES, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D.; WATSON, C.A. (Ed.). **Sustainable management of soil organic matter**. New York: CABI. p. 9-22, 2001.

CELIK, I., GUNAL, H., BUDAK, M., AKPINAR, C. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. **Geoderma** . 160, 236–243, 2010.

CHAVES, L.H.G. & LIBARDI, P.L. Lixiviação de potássio e cálcio mais magnésio influenciada pelo pH. **R. Bras. Ci. Solo**, 19:145-148, 1995.

DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, **Soil Science Society of America**, pt. 1, p.443-461, 1986.

DE LANGHE, E.; VRYDAGHS, L.; MARET, P.; PERRIER, X.; DENHAM, T. Why Bananas Matter: An introduction to the history of banana domestication. **Ethnobotany Research and Applications**, Montpellier, v. 7, n. 1, p 165-177, 2009.

ELENA, A.; DIANE, L.; EVA, B.; MARTA, F.; ROBERTO, B.; ZAMARREÑO, A. M. e GARCÍA-MINA J. G. The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, 47:215-223, 2009.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de micronutrientes**. Lages, O autor, 2008. 230p.

ERNANI, P.R. & BARBER S.A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **R. Bras. Ci. Solo**, 10:41- 46, 1993.

ERNANI, P.R.; SANGOI, L. & RAMPAZZO, C. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num Nitossolo em função da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:993-1000, 2002a.

FAO 2016. **Food and Agricultural Organization**. Disponível em. Acesso em: 05 janeiro de 2018.

FERREIRA, C. F.; SILVA; S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. **O agronegócio da banana** - Brasília, DF. Embrapa, 832 p.; 2016. ISBN 978-85-7035-523-2.

FERRARA, G.; BRUNETTI, G. Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv Italia. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 3, p. 817-822, 2010.

FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; BENLLOCH, M. & BARRANCO, D. Response of olive trees to foliar application of humic substances extracted from leonardite. **Sci. Hortic.**, 66:191- 200, 1996.

FEIBERT, E.B.G., SHOCK, C.C., SAUNDERS, L.D. Nonconventional additives leave onion yield and quality unchanged. **HortScience**, 38, 381–386, 2003.

FILHO, A. V. da S.; SILVA, M. I. V. Importância das substâncias húmicas para a agricultura. **II Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Taro**. João Pessoa-PB, 23 a 26 de setembro de 2002. Anais... EMEPA-PB, v. 2, 2002.

FIORAVANÇO, J. C. **Mercado mundial de banana: produção, comércio e participação brasileira**. INFORMAÇÕES ECONÔMICAS, São Paulo, v.33 n.10, out. 2003.

GARCIA-ORENES, F.; GUERRERO, C.; MATAIX-SOLERA, J.; NAVARRO-PEDRENO, J.; GOMEZ, I.; MATAIX-BENEYTO, J. Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. **Soil and Tillage Research**. 82 (1) 65–76, 2005.

GARCIA, A. C.; SANTOS, L. A.; IZQUIERDO, F. G.; RUMJANEK, V. M.; CASTRO, R. N.; SANTOS, F. S.; SOUZA, L. G. A. & BERBARA, R. L. L. Potentialities of vermicompost humic acids to alleviate water stress in rice plants (*Oryza sativa* L.) **Journal of Geochemical Exploration**, 136:48-54, 2014.

GARCIA, A. C.; SANTOS, L. A.; IZQUIERDO, F. G.; SPERANDIO, M. V. L.; CASTRO, R. N. & BERBARA, R. L. L. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. **Ecological Engineering**, 47:203-208, 2012.

GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2. ed. Madison, American Society of Agronomy, **Soil Science Society of America**, 1986. pt. 1, p.383-411, 1986.

GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G.A.; SILVA, L.S. & CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Metrópole, p.19-26, 2008.

GOENADI, D. H.; SUDHARAMA, I. M. Shoot initiation by humic acids of selected tropical crops grown in tissue culture. **Plant and Cell Report**, New York, v. 15, n. 1/2, p. 59-62, Dec. 1995.

GONZALEZ, R.F., COOPERBAND, L.R. Compost effects on soil physical properties and field nursery production. **J. Compost. Sci. Util.** 10 (3) 226–237, 2002.

GULLO, M. J. M. **Use do solo de fundação condicionadores ácidos orgânicos na cultura de cana de açúcar (Saccharum spp.)**. Piracicaba, 2010. 174 p. Pós-graduação Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Crop Science). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

GREEN, S.R.; CLOTHIER, B.E. Root water uptake by kiwifruit vines following partial wetting of the root zone. **Plant and soil**, New York, v.73, p.317-328, 1995.

HARTZ, T. K.; BOTTOMS, T. G. Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. **HortScience**, v. 45, n. 6, p. 906-910, 2010.

HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil plant system. **Adv. Agron.**, 37:249-315, 1984.

HAGIN, J.; LOWERGART, A. Fertigation for minimizing environmental pollution by fertilizers. **Fertilizer Research**, New York, v.43, p.5-7, 1996.

HAMZA, M.; ALYMORE, L.A.G. Soil solute concentration and water uptake by single lupin and radish plant roots. 1. Water extraction and solute accumulation. **Plant and soil**, New York, v.145, p.187-196, 1992.

IBGE. **Instituto de Geografia e Estatística**. Disponível em: Acesso em: 20 fev. 2018.

ISHIGURO, M.; SONG, K.C. & YUITA, K. Ion transport in an Allophanic Andisol under the influence of variable charge. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 56:1789-1793, 1992.

JINDO, K.; MARTIM, A. S.; NAVARRO, E. C.; PÉREZ-ALFOCEA, F.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; AGUIAR, N. O. & CANELLAS, L. P. Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. **Plant Soil**, 353:209-220, 2012.

JOHNSON, G.A., DAVIS, J.G., QIAN, Y.L., DOESKEN, K.C. Topdressing turf with composted manure improves soil quality and protects water quality. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 70 (6) 2114–2121, 2006.

KHAN, A.R., CHANDRA, D., QURAIISHI, S., SINHA, R.K. Soil aeration under different soil surface conditions. **J. Agron. Crop Sci.** 185, 105–112, 2000.

KHAN, A.R. Influence of tillage on soil aeration. **J. Agron. Crop Sci.** 177, 253–259, 1996.

KREMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (ed.) *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, **Soil Science Society of America**. pt. 1, p.425-442. 1986.

KULIKOVA, N.A., PERMINOVA, I.V., BADUN, G.A., CHERNYSHEVA, M.G., KOROLEVA, O.V., TSVETKOVA, E.A. Estimation of uptake of humic substances from different sources by *Escherichia coli* cells under optimum and salt stress conditions by use of Tritium labeled humic materials. **Applied and Environmental Microbiology**. 76, 6223 – 6230, 2010.

KIRK, G.J.D. A model of phosphate solubilization by organic anion excretion from plant roots. *Europ. J. Soil Sci.*, 50:369- 378, 1999.

LAL, R. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. **Soil and Tillage Research**, 27, p. 1–8, 1994.

LEHMANN, J. & KLEBER, M. **The contentious nature of soil organic matter**. *Nature* 528, 60–68, 2015.

LIBARDI, P.L.: **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: editora da Universidade de São Paulo, 335p., 2005.

LIMA, M. B.; OLIVEIRA, S. de; FERREIRA, S. C. F. **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 214 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas)

LÓPEZ, C. C.; ALONSO, E. E.; MAROTTA, J. J. L. Materiales fertilizantes utilizados em fertirrigación, In: López. C. C. (Ed.). **Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales**. Mundi-Prensa Libros, 2005.

MAGGIONI, A.; VARANINI, Z.; NARDI, S.; PINTON, R. Action of soil humic matter on plant roots: stimulation of ion uptake and effects on (Mg²⁺ K⁺) ATPase activity. **Science of the Total Environment**, Boston, v. 62, p. 355-363, 1987.

MELO D.M, COELHO E.F, BORGES A. L, PEREIRA L.S.B & CAMPOS M. S. Agronomic performance and soil chemical attributes in a banana tree orchard fertigated with humic substances. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 46:421-428, 2016.

MENDONÇA, E.S. & MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.2007

MILORI, D.M.B.P, MARTIN-NETO L., BAYER C., MIELNICZUK J., BAGNATO V.S., Humification degree of soil humic acids determined by fluorescence spectroscopy **Soil Science**, v.167, p. 739–749, 2002.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G.M.C. Efeitos da agitação mecânica e matéria orgânica na análise granulométrica do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 680-685, 2011.

MORA, V.; BACAICOA, V.; ZAMARREÑO, A. M.; AGUIRRE, E.; GARNICA, M.; FUENTES, M. e GARCÍA-MINA, J. M. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. **Journal of Plant Physiology**, 167:633-642, 2010.

MONTARROYOS, A. V. V. **Análise da diversidade genética e patogênica de *Mycosphaerella fijiensis* e *Mycosphaerella musicola* no Brasil**. 2005. 163 f. tese (Doutorado em ciências biológicas) – universidade Federal de Pernambuco, Recife.

McCARTHY, P. **The principles of humic substances Soil Science**, 166, p. 738–751, 2001.

NYAMANGARA, J., GOTOSA, J., MPOFU, S.E. Cattle manure effects on structural stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. **Soil and Tillage Research**. 62 (3–4) 157–162, 2001.

NEVES, R. L. L.; FERREYRA, F. F. H.; MACIEL, R. F. P. & FROTA, J.N.E. Extração de nutrientes em banana (*Musa sp.*) cv. Pacovan. **Ciê. Agron.** v.22, p.115-120, 1991.

NEBBIOSO, A., PICCOLO, A. Basis of a Humeomics Science: chemical fractionation and molecular characterization of humic biosuprastructures. **Biomacromolecules** v.12, p.1187 – 1199, 2011.

NARDI, S., CONCHERI, G., DELL'AGNOLA, G. Biological activity of humus. In: Piccolo, A. (Ed.), **Humic Substances in Terrestrial Ecosystems**. Elsevier, Amsterdam, pp. 361 – 406, 1996.

NARDI, S., SESSI, E., PIZZEGHELLO, D., STURARO, A., RELLA, R., PARVOLI, G. Biological activity of soil organic matter mobilized by root exudates. **Chemosphere**. v.46, p.1075 – 1081, 2002.

OLIVEIRA, I. E. de A.; BORGES, A. L.; SILVA, S. de O. Teores de nutrientes e produtividade em genótipos de bananeira. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 16, 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBF, 2003.

OYEDELE, D.J., SCHJØNNING, P., SIBBESEN, E., DEBOSZ, K. Aggregation and organic matter fractions of three Nigerian soils as affected by soil disturbance and incorporation of plant material. **Soil and Tillage Research**. V.50 (2), p.105–114, 1999.

PEREIRA, B. L. S. **Índice S como indicador de Qualidade física em Classe de Solo**. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. 94p. (Dissertação de Mestrado), 2012.

PINTON, R., VARANINI, Z., VIZZOTTO, G., MAGGIONI, A., 1992. Soil Humic Substances Affect Transport-Properties of Tonoplast Vesicles Isolated from Oat Roots. **Plant and Soil**, v. 142, p. 203 – 210, 1992.

PICCOLO, A., NARDI, S., CONCHERI, G. Structural characteristics of humic substances as related to nitrate uptake and growth regulation in plant systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v.24, p.373 – 380, 1992.

PRIMO, D.C.; MENEZES, R.S.C.; SILVA, T.O. da. Substâncias húmicas da material orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v.7 n.5. 2011.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. Solo, **Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Editora Manole, 478p, 2004.

ROBINSON, J C.; GALÁN SAÚCO, V. **Bananas and plantains**. 2 nd Cambridge; CAB, 311p. 2010.

RODDA, M.R.C.; CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R.; ZANDONADI, D.B.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. & SANTOS, G.A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. I - Efeito da concentração. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:649-656, 2006.

RODDA, M.R.C.; CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R.; ZANDONADI, D.B.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. & SANTOS, G.A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. I - Efeito da concentração. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:649-656, 2006a.

ROSA, C.M.; CASTILHOS, R.M.V.; VAHL, L.C.; CASTILHOS, D.D.; PINTO, L.F.S.; OLIVEIRA, E.S. & LEAL, O.A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:959-967, 2009.

RUIZ, A.H.; FERREIRA, A.F.; ROCHA, G.C.; IMHOFF, S. & BORGES, F.C.J. **Transporte de Sólido no Solo**. In: JONG van LIER, Q., ed. Física do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 214-227p., 2010.

SANTOS, B. S; OLIVEIRA, B.D.; COELHO, E. F.; ROSA, R.C.C.; LÉDO, C. A. S. Substâncias húmicas (shs) via fertirrigação com biofertilizante nas variáveis de produção da bananeira cv. princesa. **XXIII Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Cuiabá-MT, anais, 2014.

SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. 636p.

SEDIYAMA, M.A.N.; GARCIA, N.C.P.; VIDIGAL, S.M.; MATOS, A.T. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agrícola**, 57: 185-18, 2000.

SELIM, E. M.; MOSA, A. A.; EL-GHAMRY, A. M. Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions. **Agricultural water management**, v. 96, n. 8, p. 1218-1222, 2010.

SILVA, R. M. da; JABLONSKI, A. Uso de ácidos húmicos e fúlvicos em solução nutritiva na produção de alface. **Revista Escola de Engenharia**, Belo Horizonte, v. 23, n. 2, p. 71-78, 1995.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n.8, dez. 2005.

SILVA, A. C., CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; AGUIAR N. O.; FRADE; D. O. R.; REZENDE, C. E.; e PERES L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1609-1617, 2011.

SIMMONDS, N.W. **Los platanos**. Barcelona: Blume, 539p. 1973.

SOTO BALLESTERO, M. S.; SOTO, E.; SOLÍS, P.; LÓPEZ, A. **Siembra y operaciones de cultivo**. In: SOTO BALLESTERO, M. S. Bananos: cultivo y comercialización. San José: Litografía e Imprenta Lil. p. 211-265, 1992.

SCHJØNNING, P., IVERSEN, B.V., MUNKHOLM, L.J., LABOURIAU, R., JACOBSEN, O.H. Pore characteristics and hydraulic properties of a sandy loam supplied for a century with either animal manure or mineral fertilizers. **Soil Use Manage.** 21, 265–275, 2005.

STEVENSON, F.J. & FITCH, A. Chemistry of complexation of metal ions with soil solution organics. In: HUANG, P.M. & SCHNITZER, M., eds. Interaction of soil minerals with natural organics and microbes. Madison, **Soil Science Society of America**. p. 29-58. (SSSA Special Publication, 17), 1986.

STEVENSON, F.J. **Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. New York: J. Wiley, 1986. 380p. STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York: J. Wiley, 496p, 1994.

SAMSON, G.; VISSER, S. A. Surface-active effect of humic acids on potato cell membrane properties. **Soil Biology Biochemistry**. Exeter, v. 21, p. 343-347, 1989.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York, Oxford University, 1989. 277p.

SIBANDA, H.M. & YOUNG, S.D. Competitive adsorption of humic acids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils. **J. Soil Sci.**, 37:197-204, 1986.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics, **Soil and Tillage Research**, 79, p. 7–31., 2004

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Survey Manual**, USDA, 1993

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D. Caracterização físico hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura Tropical, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Nº 20)**, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 56p, 2001. ISSN 1516-5604.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMMER, M.E. (Ed.) Methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1996. Part 3. **Chemical methods**. p.1011-1020, 1995.

TEIXEIRA, C. P.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; WENCESLAU GERALDES TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo** – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p. : il. color. ISBN 978-85-7035-771-7

VARANINI, Z., PINTON, R. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In: Pinton, R., Varanini, Z., Nannipieri, P. (Eds.), *The Rhizosphere*. Marcel Dekker, **Basel**, pp. 141 – 158, 2001.

YANG, Z.C.; ZHAO, N.; HUANG, F.; LV, Y. Z. Long-term effects of different organic and inorganic fertilizer treatments on soil organic carbon sequestration and crop yields on the North China Plain. **Soil and Tillage Research**. 146, 47–52, 2015.

WATANABE, S. H.; TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; PINTRO, J.C; COSTA, A.C.S.C.; MUNIZ, A.S. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico influenciadas por sistemas de preparo do solo utilizados para implantação da cultura da mandioca. **Acta Scientiarum** Maringá , v. 24, n. 5, p. 1255-1264, 2002.

ZAMPONADI, D.B.; SANTOS, M.P.; DOBBSS, L.B.; OLIVARES, F.L.; CANELLAS, L.P.; BINZEL, M.L.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L.; FAÇANHA, A.R. Nitric oxide mediates humic acidsinduced root development and plasma membrane H+ATPase activation. **Planta**, Heidelberg, v. 231, n. 5, p. 1025-1036, 2010.

ZHANG, L.; ZHOU, J. U. N.; ZHAO, Y. G. U. I.; ZHAI, Y.; WANG, K. A. I.; ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S. Optimal combination of chemical compound fertilizer and humic acid to improve soil and leaf properties, yield and quality of apple (*Malus domestica*) in the loess plateau of China. **Pakistan Journal of Botany**, v. 45, n. 4, p. 1315-1320, 2013.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CAPÍTULO II: FERTIRRIGAÇÃO COM SUBSTÂNCIAS
HÚMICAS E SUA INFLUÊNCIA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS
E FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO.**

BRUNO LAECIO DA SILVA PEREIRA

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2018**

FERTIRRIGAÇÃO COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E SUA INFLUÊNCIA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO

RESUMO

A complexidade das substâncias húmicas (SH) e suas propriedades em aplicações agrícolas atraíram e continuam a chamar a atenção de muitos pesquisadores, trazendo ao longo dos anos novos conhecimentos na sua estrutura, propriedades físico-químicas e biológicas. No entanto, têm se obtidos resultados controversos, por causa da dificuldade em identificar uma relação precisa entre a estrutura e a atividade dessas substâncias. Este estudo objetivou avaliar a influência de diferentes frequências e concentrações de substâncias húmicas (SH) no comportamento dos atributos físicos e químicos do solo. O experimento foi realizado em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, sendo o solo classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso, com textura franco argilo-arenoso (641 g kg⁻¹ areia, 85 g kg⁻¹ silte, 274 g kg⁻¹ argila). Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema de parcela subdividida, sendo três frequências de aplicação (F1 = 15 dias, F2 = 30 dias e F3 = 45 dias) e quatro concentrações de substâncias húmicas (C1 = 0 ml L⁻¹, C2 = 3 ml L⁻¹, C3 = 6 ml L⁻¹ e C4 = 9 ml L⁻¹). As substâncias húmicas se comportam de forma recalcitrante nos solos agrícolas, propiciando um ambiente mais estável e favorável às reações de troca iônica, interação com coloides inorgânicos e moléculas orgânicas do solo, e complexação com cátions metálicos

Palavras-chave: manejo nutricional, qualidade do solo, matéria orgânica do solo.

FERTIRRIGATION WITH HUMAN SUBSTANCES AND THEIR INFLUENCE ON THE CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF A DISTROCOOSE YELLOW LATOSOL.

ABSTRACT

The complexity of humic substances (HS) and their properties in agricultural applications have attracted and continue to attract the attention of many researchers, bringing over the years new knowledge in their structure, physicochemical and biological properties. However, controversial results have been obtained because of the difficulty in identifying a precise relation between the structure and the activity of these substances. The objective of this study was to evaluate the influence of different frequencies and concentrations of humic substances on the behavior of soil physical and chemical attributes. The experiment was carried out in the greenhouse of Embrapa Mandioca and Fruticultura. The soil was classified as Distrocoeso Yellow Latosol, with a clay-sandy loam texture (641 g kg⁻¹ sand, 85 g kg⁻¹ silt, 274 g kg⁻¹ clay). The experimental design was completely randomized with four replications in a subdivided plot, with three application frequencies (F1 = 15 days, F2 = 30 days and F3 = 45 days) and four concentrations of humic substances (C1 = 0 ml L⁻¹, C2 = 3 ml L⁻¹, C3 = 6 ml L⁻¹ and C4 = 9 ml L⁻¹). The humic substances behave in a recalcitrant way in the agricultural soils, providing a more stable environment and favorable to ion exchange reactions, interaction with inorganic colloids and organic soil molecules, and complexation with metallic cations

Key words: nutritional management, soil quality, soil organic matter.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Monitoramento da umidade do solo nas colunas, pelo método gravimétrico, Cruz das Almas, BA, 2016.47
- Figura 2. Visão geral da área experimental (A), implantação dos extratores de solução (B), coleta da solução do solo (C) e armazenamento da solução do solo (D), Cruz das Almas, BA, 2016.49
- Figura 3. Estabilidade de agregado via úmida (%) nas concentrações de produto à base de SH 0 ml L⁻¹, 3 ml L⁻¹, 6 ml L⁻¹ e 9 ml L⁻¹ dentro das frequências de aplicação de F1 (15 dias) (A), F2 (30 Dias) (B), Cruz das Almas, BA, 2016.54
- Figura 4. Umidade (cm³cm⁻³) nos potenciais de -100 (A), -300 (B) e -1500 kPa (C) nas concentrações de produto à base de SH 0, 3, 6 e 9 ml L⁻¹ dentro das frequências de aplicação F1 (15 dias), F2 (30 Dias) e F3 (45 dias).57
- Figura 5. Água disponível (cm³cm⁻³) nas frequências de aplicação de F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias) dentro das concentrações de produto à base de SH de 0, 3, 6, e 9 mL L⁻¹. Mesma letra dentro de cada concentração não diferem entre si a 5% de probabilidade, Cruz das Almas, BA, 2016.59
- Figura 6. Água disponível (cm³ cm⁻³) nas concentrações de 0, 3, 6 e 9 mL L⁻¹ nas frequências de F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias), Cruz das Almas, 2016.59
- Figura 7. Teores de potássio (A), sódio (B) e nitrato (C) na solução do solo nas frequências de 15, 30 e 45 dias nas concentrações de substâncias húmicas de 0 mL L⁻¹, 3 mL L⁻¹, 6 mL L⁻¹ e 9 mL L⁻¹, Cruz das Almas, BA, 2016.62
- Figura 8. Teores de potássio (A) e nitrato (B) na solução do solo em concentrações de SH de 0 mL L⁻¹, 3 mL L⁻¹, 6 mL L⁻¹ e 9 mL L⁻¹ em dois períodos de aplicação. Cruz das Almas, BA, 2016.64
- Figura 9. Variáveis químicas do solo: pH (A), fósforo (P) (B), potássio (K) (C); H+Al (D); soma de bases (SB) (E); capacidade de troca de cátions (CTC) (F); saturação por base (V%) (G); matéria orgânica (H) nas frequências de aplicação de F1 (15 dias); F2 (30 dias) e F3 (45 dias) e nas concentrações de 0, 3, 6 e 9 mL L⁻¹ de produto à base de SH. Letras iguais dentro da mesma concentração não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Cruz das Almas, BA, 2016.69
- Figura 10. Concentrações das variáveis químicas do solo: pH (A), fosforo (P) (B) potássio (K (cmol_c dm⁻³)) (C); H+Al (cmol_c dm⁻³) (D); soma de base (SB (cmol_c dm⁻³)) (E); capacidade de troca de cátions (CTC (cmol_c dm⁻³)) (F); saturação por base (V%) (G); matéria orgânica do solo (g kg⁻¹) (H) nas frequências de aplicação de F1 (15 dias); F2 (30 dias) e F3 (45 dias) nas concentrações de 0 mL L⁻¹, 3 mL L⁻¹, 6 mL L⁻¹ e 9 mL L⁻¹ de produto a base de SH. Cruz das Almas, BA, 2016.70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela de caracterização do produto comercial utilizado.....	48
Tabela 2. Composição da Leornadita, de acordo com International Humic Substances Society, 2018.....	48
Tabela 3. Quadrados médios, coeficientes de variação e media geral para os atributos físicos do solo, avaliados no final do experimento, Cruz das Almas, BA, 2016.....	53
Tabela 4. Estabilidade de agregado via úmida (%) nas frequências de aplicação de F1 (15 dias), F2 (30 Dias) e F3 (45 dias) dentro das concentrações de produto a base de SH 0 ml L ⁻¹ , 3 ml L ⁻¹ , 6 ml L ⁻¹ e 9 ml L ⁻¹ Cruz das Almas, BA, 2016.....	55
Tabela 5. Quadro da análise de variância com os quadrados médios, significâncias, médias e coeficientes de variação para os potenciais matriciais da curva de retenção de água avaliado no final do experimento, Cruz das Almas, BA, 2016.....	56
Tabela 6. Quadro das médias de umidade do solo (cm ³ cm ⁻³) nos potenciais matriciais de -100, -300, -1500 kPa da curva de retenção de água avaliada no final do experimento.	57
Tabela 7. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação para os atributos químicos da solução do solo, avaliados no final do experimento.Cruz das Almas, BA, 2016.....	60
Tabela 8. Desdobramento das interações entre o período inicial e período final da solução do solo nas frequências de aplicações 15 ,30 e45 dias) com os valores dos médios de solução do solo para as variáveis: nitrato (NO ₃ ⁻ (g L ⁻¹)) e sódio (Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)).Cruz das Almas, BA, 2016.	65
Tabela 9. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação para os atributos químicos do solo avaliados no final do experimento.Cruz das Almas, BA, 2016.	67
Tabela 10. Valores dos parâmetros de van Genuchten dos tratamentos estudados.	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	46
2. OBJETIVO GERAL	46
3. MATERIAL E MÉTODOS	47
3.1. Caracterização do experimento	47
3.2. Delineamento experimental	49
3.3. Análises Laboratoriais	50
3.3.1. <i>Atributos físicos e do solo</i>	50
3.3.2. <i>Atributos químicos do solo</i>	50
3.4. Avaliações	50
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	51
4.1. Efeito da frequência de aplicação e concentração de SH nos atributos físicos do solo	51
4.2. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH nos íons potássio, nitrato, sódio e na CE	60
4.3. Efeito da frequência de aplicação e concentração de produto à base de SH em atributos químicos do solo	65
5. CONCLUSÃO	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
7. ANEXO A	76

1. INTRODUÇÃO

Os compostos húmicos ou substâncias húmicas compõem a matéria orgânica, exercendo grande influência na estrutura, na retenção de água, na atividade microbiana, no armazenamento e na ciclagem de nutrientes do solo. A utilização de substâncias húmicas (SH) associadas ao sistema organomineral se tornou uma prática constante nos sistemas agrícolas atuais (LAL, 2009). Entretanto, é difícil encontrar uma recomendação de aplicação que atenda todos os atributos físicos, químicos e biológicos dos solos ao ponto de proporcionar um desenvolvimento adequado para as culturas.

Os efeitos das substâncias húmicas (SH) sobre as plantas dependem dos materiais que são formados; das concentrações dos ácidos fulvicos e húmicos; das doses utilizadas para cada cultivar e do tipo de solo. As SH são compostas por vários grupos funcionais que afetam direta ou indiretamente os atributos físicos e químicos do solo (PICCOLO, 1996; COSTA, 2001).

As substâncias húmicas participam das reações que ocorrem no solo, atuando na esfera química e promovendo a formação de complexos organominerais, contribuindo para melhoria do armazenamento e disponibilidade de nutrientes para as culturas, no ambiente físico do solo e favorece a agregação juntamente com a estabilidade dos agregados no solo (ZHANG et al, 2014; ZHONG et al, 2015, WANG et al. 2015).

Muitos pesquisadores (NEILSEN et al., 2004) apontam o efeito benéfico da aplicação dos produtos à base de substâncias húmicas para aumentar a eficiência da utilização dos nutrientes no sistema solo-planta. Porém ainda se têm poucos estudos avaliando os efeitos da frequência e concentração de aplicação desses produtos (OLK et al., 2018), que possam potencializar as melhorias necessárias para superar os fatores limitantes da produção de culturas.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de substâncias húmicas (SH) aplicadas em diferentes frequências e concentrações em atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo Distrocoeso em colunas de solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, sendo coletado o solo na camada de 0 – 0,30 m de profundidade na área experimental, classificado como Latossolo Amarelo Distroeso (SOUZA e SOUZA, 2001), com textura franco argilo-arenoso (641 g kg⁻¹ areia, 85 g kg⁻¹ silte, 274 g kg⁻¹ argila), no período de 01/2016 a 09/2016. O solo foi retirado após o preparo da área com a correção do solo, de acordo com análises químicas previamente realizadas.

As unidades experimentais foram compostas por colunas de PVC com 0,10 m de diâmetro e 0,30 m de altura. As colunas foram vedadas em uma das extremidades para evitar a drenagem da solução do solo e perda de solo. O solo foi seco ao ar e passado em peneira com malha de 2 mm, formando amostras de terra fina seca ao ar (TFSA), para preenchimento das colunas em seguida, juntamente com os extratores de solução, instalados a 0,15 m de profundidade. A umidade do solo foi obtida pelo método gravimétrico realizando semanalmente uma reposição da água para manter o solo na umidade correspondente a capacidade de campo do solo média de 167 ml por coluna (Figura 1).



Figura 1. Monitoramento da umidade do solo nas colunas, pelo método gravimétrico, Cruz das Almas, BA, 2016.

A substância húmica estudada é um produto a base de substância húmica (derivado da Leonardita), apresentando as seguintes composições Tabela 1 e 2. A aplicação da substância húmica, utilizou a recomendação de aplicação proposta

pele fabricante cuja dose de referência (DR) foi de 50 L ha⁻¹ (5 ml m⁻²) por ciclo da bananeira. As soluções do solo foram coletadas antes de cada aplicação, em função da reposição de água para atingir a capacidade de campo, utilizando extratores de solução do solo.

Tabela 1. Tabela de caracterização do produto comercial utilizado.

Características do produto comercial	
Aparência	Solução escura
Estado físico	Líquido
Cor	Preta
Suspensão	Homogênea
CE (ds m ⁻¹)	1,0
Índice Salino	14
Densidade (g L ⁻¹)	1,115
pH	12,5
Solubilidade	Totalmente solúvel em água
C/N	3,9
Extrato húmico Total (g L ⁻¹)	225,23
Ácidos Fúlvicos (g L ⁻¹)	113,73
Ácidos Húmicos (g L ⁻¹)	111,5
Carbono Orgânico Total	130,45
Nitrogênio Solúvel em água	33,45

Fonte: <http://humic-substances.org/>

Tabela 2. Composição da Leornadita, de acordo com International Humic Substances Society, 2018.

Composição Elementar da Leornadita	
Ácido Húmico	
H ₂ O (%)	7,2
C (%)	63,81
H (%)	3,70
O (%)	31,27
N (%)	1,23
S (%)	0,76
P (%)	<0,01
Grupo Carboxílico (meq/g C)	7,43
Grupo Fenólico (meq/g C)	2,41
Composição de aminoácidos (µmol/g)	11
Composição de carboidratos (µmol/g)	2,6

Fonte: <http://humic-substances.org/>

3.2. Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema de parcela subdividida, isto é, três frequências de aplicação (parcela) e quatro concentrações de substâncias húmicas (subparcela). As frequências de aplicação foram: F1 = 15 dias, F2 = 30 dias e F3 = 45 dias, e as concentrações de SH diluídas em água: C1 = 0 ml L⁻¹, C2 = 3 ml L⁻¹, C3 = 6 ml L⁻¹ e C4 = 9 ml L⁻¹. Em cada aplicação de SH foram coletadas amostras de solução do solo em cada tratamento (Figura 2).

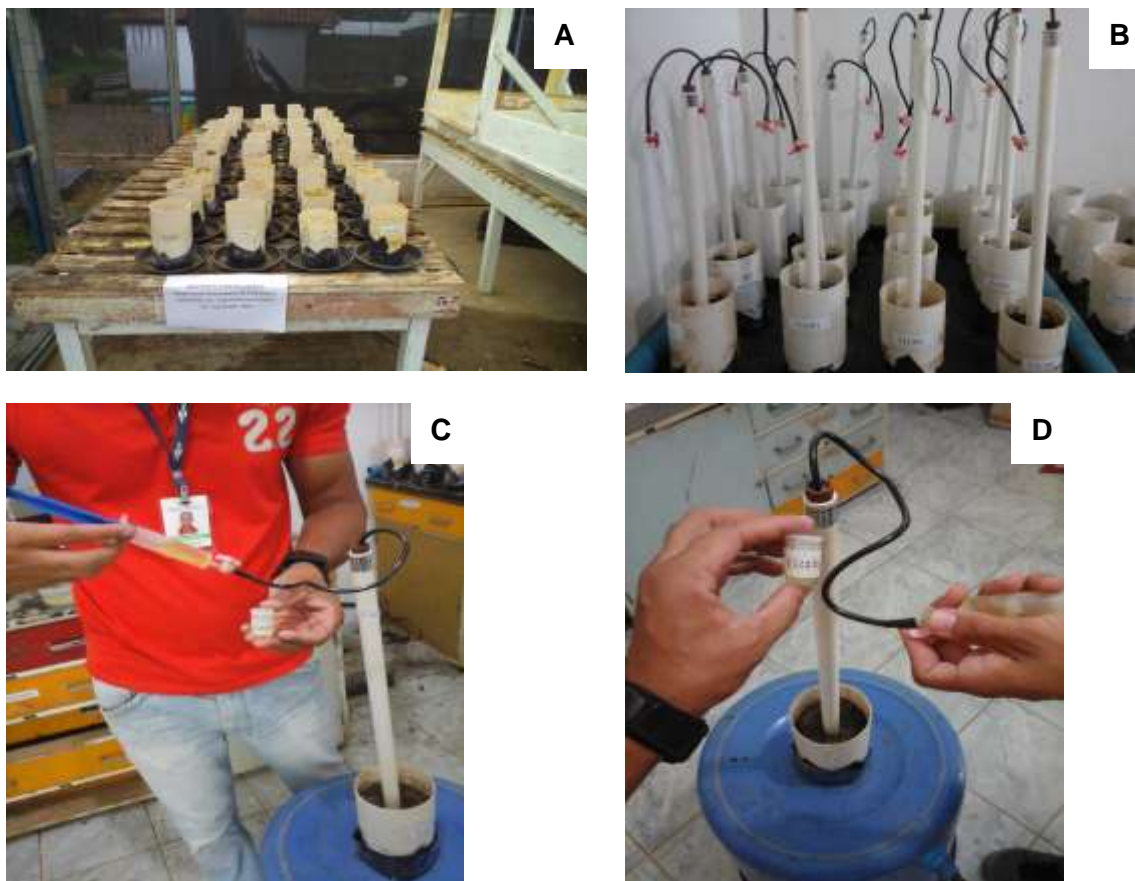


Figura 2. Visão geral da área experimental (A), implantação dos extratores de solução (B), coleta da solução do solo (C) e armazenamento da solução do solo (D), Cruz das Almas, BA, 2016.

3.3. Análises Laboratoriais

3.3.1. Atributos físicos e do solo

Para verificar o efeito das SH nos atributos físicos do solo foram determinadas: porosidade total, macroporosidade e microporosidade (Danielson e Sutherland, 1986); densidade do solo (Blake e Hartge, 1986); estabilidade de agregados (via úmida e seca) e diâmetro médio ponderado (via úmida) (Kemper e Rosenau (1986); e a curva de retenção de água (TEIXEIRA et al., 2017).

3.3.2. Atributos químicos do solo

As análise dos atributos químicos do solo determinaram as concentrações dos nutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), sódio (Na), acidez potencial (H + Al), o cálculo da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e determinar o teor de matéria orgânica (TEIXEIRA et al. 2017). Para as variáveis de solução do solo a concentração de nitrato (NO_3^-) foi obtida com uso de um kit específico de determinação rápida (Card Horiba), conforme Coelho et al. (2014); as variáveis sódio, potássio e condutividade elétrica segundo Teixeira et al. (2017).

3.4. Avaliações

A avaliação dos efeitos do produto à base no experimento durou 273 dias no qual se manteve as aplicações da SH nas frequências e concentrações estabelecidas. Os atributos físicos estabilidade de agregados (via úmida e seca), agregação, DMP, porosidade do solo, grau de flocculação, densidade do solo e curva de retenção de água, coletados ao final do experimento. Os atributos químicas no solo foram avaliados no final do experimento, já as concentrações de ions na solução foram coletadas ao longo de cada aplicação e avaliadas nos três meses iniciais e finais do experimento. Tendo por finalidade observar a atuação da concentração das frações das SH no pH, CTC, V%, macronutrientes (fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na)) do solo e concentração de íons na solução do solo.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da frequência de aplicação e concentração de SH nos atributos físicos do solo

Os resultados obtidos pela análise de variância (Tabela 3) mostraram efeito significativo das concentrações aplicadas sobre as variáveis físicas do solo: diâmetro médio ponderado via úmida, estabilidade de agregado via úmida; densidade do solo, macroporosidade e microporosidade. A frequência de aplicação do afetou o grau de floculação. Ocorreu efeito da interação entre frequência de aplicação e concentração das SH para a variável estabilidade de agregado via úmida. Foi observado efeito significativo da frequência de aplicação sobre o grau de floculação.

A média geral de porosidade total estão, segundo Borges et al. (2016), em uma faixa considerada ótima para o pleno desenvolvimento radicular da bananeira. Os valores de densidade do solo variaram de 1,53 a 1,59 g cm⁻³, valores estes abaixo do considerado limitante 1,70 kg dm⁻³ nos Tabuleiros Costeiros do Brasil, conforme os resultados apresentados por Lima Neto et al. (2009) e Tomasella et al. (1998).

A estabilidade de agregados via seco foi de 85,45% e via úmida foi de 48,5%. O valor de DMP dos agregados em água (1,31 mm) não se encontra na faixa estabelecida por Bertol et al. (2004), Torres et al. (2014), mas dentro da faixa estabelecida por Demarchi et al. (2011), que obtiveram valores de estabilidade de agregados via úmida entre 79,7 a 92,9 % com diâmetro de 2,96 a 4,12 e mm; 63,7 à 88,4 % com diâmetro de 2,04 à 3,43 mm; e 77,6 e 87,5 % com diâmetro 1,05 à 2,50 mm, atribuem essas variações ao teor de C orgânico existente no solo, sendo esse um dos principais fatores na formação e estabilização dos agregados dentro dos ciclos de umedecimento e secagem do solo.

A influência da concentração e frequência de aplicação afetou a estrutura do solo alterando a distribuição do diâmetro de poros, ocasionando a formação de poros de diâmetro menor, alterando a geometria porosa e tortuosidade dos poros do solo favorecendo a movimentação e armazenamento de ar, água, nutrientes, inter e intra agregados do solo. Como observado por Zhong et al. (2015), foram encontrado coeficientes de correlação entre carbono orgânico do solo e cada fração de diâmetro de agregados presentes no solo.

A relação positiva observada nas variáveis físicas do solo avaliadas, se deve ao fato de as interações entre compostos húmicos no solo, organismos e minerais estarem relacionadas com a estrutura do solo por meio da agregação do solo (SOANE, 1990; RASSE et al., 2005), estabilidade estrutural e resistência do solo (HERRICK e WANDER, 1998; KELLER e DEXTER, 2012), reduzindo a densidade do solo e aumentando o espaço poroso.

Tabela 3. Quadrados médios, coeficientes de variação e média geral para os atributos físicos do solo, avaliados no final do experimento, Cruz das Almas, BA, 2016.

Fonte de variação	G.L.	DMP Úmida (mm)	E.A.1 (%)	E.A.2 (%)	G.F (%)	Ds (kg dm ⁻³)	MA (cm ³ cm ⁻³)	MI (cm ³ cm ⁻³)	PT (cm ³ cm ⁻³)
Frequência	2	0,130 ^{ns}	110,19 ^{ns}	24,13 ^{ns}	62,10*	0,006 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Concentração	3	0,760*	591,76*	94,72 ^{ns}	18,85 ^{ns}	0,011*	0,007**	0,002*	0,002 ^{ns}
Frequência * Concentração	6	0,453 ^{ns}	485,94*	39,78 ^{ns}	35,52 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Resíduo	36								
Total	47	-	-	-	-	-	-	-	-
CV1 (%)	-	40,07	34,34	8,78	51,78	5,37	35,49	16,77	17,96
CV2 (%)		33,84	27,29	7,22	74,75	3,35	36,47	8,08	8,77
Média geral		1,31	48,60	85,44	6,15	1,55	0,09	0,294	0,382

** significativo (1%); * significativo (5%). CV: coeficiente de variação; DMP (mm): diâmetro médio ponderado via úmida; E.A. 1: Estabilidade de agregado via úmida; E.A. 2: Estabilidade de agregado via seca; G.F: Grau de floculação; Ds: Densidade do solo; MA: Macroporosidade; MI: Microporosidade; PT: Porosidade total.

Com base figura 3A, a estabilidade dos agregados via úmida mostrou que as concentrações dentro de cada frequência de aplicação, obtendo os valores máximos estimados 4,23 mL L⁻¹ (F1), 5,65 mL L⁻¹ (F2) e com valores de E.A de 69,2, 59,5 e 54,47 % respectivamente. Dentro de cada frequência de aplicação, as concentrações de 3 ml L⁻¹ e 6 ml L⁻¹ mostraram os maiores valores de estabilidade dos agregados do solo, notadamente na frequência de 15 dias, onde carbono orgânico do solo (COS) foi preferencialmente maior em agregados > 2 mm e em agregados <0,25 mm, podendo estar ligado a grupos funcionais de carbono orgânico.

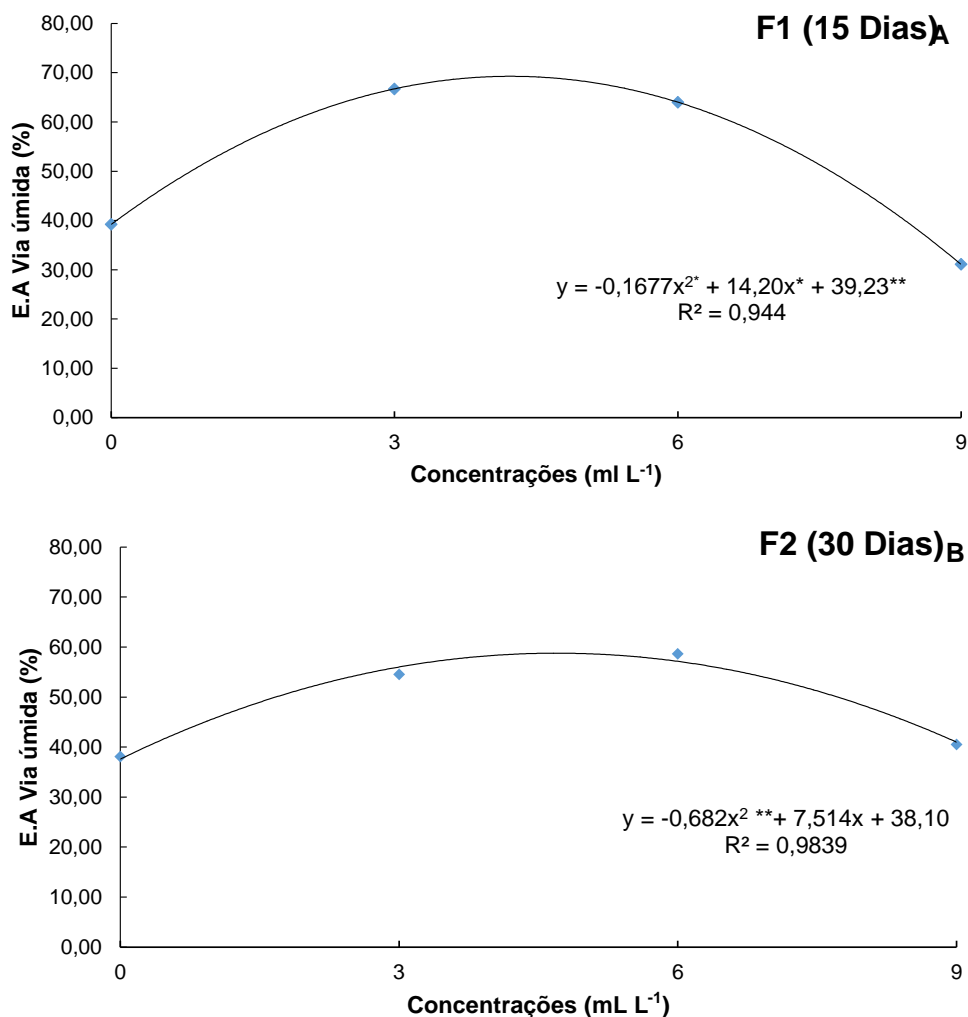


Figura 3. Estabilidade de agregado via úmida (%) nas concentrações de produto à base de SH 0 ml L⁻¹, 3 ml L⁻¹, 6 ml L⁻¹ e 9 ml L⁻¹ dentro das frequências de aplicação de F1 (15 dias) (A), F2 (30 Dias) (B), Cruz das Almas, BA, 2016.

A adição de compostos orgânicos ao solo promoveu a agregação de partículas minerais até a dose de 6 ml L⁻¹, em F1 e F2 até 9 ml L⁻¹, aumentando a estabilidade dos tratamentos em relação ao controle (Tabela 4). Assim, um maior teor desses compostos resulta em maior qualidade estrutural, podendo ser considerado um dos mecanismos relacionados ao aumento da estabilidade de agregados pela ação dos compostos orgânicos no solo (BASTOS et al., 2005; SCHIMIGUEL et al, 2014;).

Tabela 4. Estabilidade de agregado via úmida (%) nas frequências de aplicação de F1 (15 dias), F2 (30 Dias) e F3 (45 dias) dentro das concentrações de produto a base de SH 0 ml L⁻¹, 3 ml L⁻¹, 6 ml L⁻¹ e 9 ml L⁻¹ Cruz das Almas, BA, 2016.

Concentração (mL L ⁻¹)	E.A (%)		
	F1 (15 dias)	F2 (30 dias)	F3 (45 dias)
0	37.56 a	32.33 a	35.6 a
3	71.75 a	56.15 ab	41.15 b
6	58.99 a	57.00 a	41.42 a
9	32.78 b	51.04 ab	60.29 a

Médias seguidas pela mesma à letra minúscula na linha não diferem entre si em linha pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foi observado efeito significativo das concentrações avaliadas sobre os a água retida no solo nos potenciais matriciais de -10 kPa; -33 kPa; -100 kPa; -300 kPa e -1500 kPa. A concentração da SH influenciou a retenção de umidade nas faixas de capacidade de campo de - 10 kPa (0,1 atm) e - 33 kPa (0,33 atm) (Tabela 5). As baixas concentrações não afetam a curva de retenção nem a porosidade. Altas concentrações com baixa frequência (até 6 ml L⁻¹) não afeta na faixa 100 -300 kPa. Afeta nas tensões maiores até 3 ml L⁻¹ não afeta em nenhuma tensão (Tabela 6).

Os ácidos húmicos também contêm compostos hidrofóbicos como lipídios que podem se ligar à partículas minerais do solo e microagregados para formar macroagregados (PARÉ et al., 1999), bem como agentes dispersantes e ácidos orgânicos carregados positivamente, que podem romper macroagregados (WHALEN e CHANG, 2002).

Com base na Tabela 5 é possível observar o efeito significativo para a interação entre a frequência de aplicação e concentração a base de SH sobre a

água disponível resultados obtido por Campos et al. (2011a), observaram correlação positiva do volume de água retido com os teores de matéria orgânica MO ($r = 0,46$).

Tabela 5. Quadro da análise de variância com os quadrados médios, significâncias, médias e coeficientes de variação para os potenciais matriciais da curva de retenção de água avaliado no final do experimento, Cruz das Almas, BA, 2016.

FV	GL	Potencial Matricial						
		0 KPa	10 KPa	33 KPa	100 KPa	300 KPa	1500 KPa	AD
Frequência	2	0,000 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,004*	0,005*	0,000 ^{ns}
Erro 1	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Concentração	3	0,001 ^{ns}	0,008**	0,001**	0,010**	0,010**	0,010**	0,000 ^{ns}
Freq.*Conc.	4	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000*	0,000**	0,001**	0,000**
Erro 2	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	19							
CV 1(%)		6,18	5,73	9,53	10,73	10,55	9,75	37,44
CV 2(%)		6,71	4,21	4,92	4,58	4,03	3,73	16,33
Media Geral		0,4021	0,2667	0,2352	0,2187	0,2094	0,2024	0,0323

** significativo ($p > 0,001$); * significativo ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação nos potenciais matriciais de 0, 10, 33, 100, 300, 1500 KPa e AD (Água Disponível).

Tabela 6. Quadro das médias de umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) nos potenciais matriciais de -100, -300, -1500 kPa da curva de retenção de água avaliada no final do experimento.

Concentrações (mL L ⁻¹)	-100 kPa			-300 kPa			-1500 kPa		
	F1 (15 dias)	F2(30 dias)	F3 (45 dias)	F1 (15 dias)	F2(30 dias)	F3 (45 dias)	F1 (15 dias)	F2(30 dias)	F3 (45 dias)
0	0,174 a	0,175 a	0,168 a	0,164 a	0,166 a	0,159 a	0,158 a	0,160 a	0,154 a
3	0,217 a	0,207 a	0,182 a	0,211 a	0,196 a	0,174a	0,207 a	0,186 a	0,168 a
6	0,253 a	0,225 a	0,203 a	0,242a	0,219 a	0,195 a	0,234 a	0,215 ab	0,190 a
9	0,313 a	0,270ab	0,232 b	0,308 a	0,265 a	0,210 b	0,302 a	0,261 a	0,190 b

Médias seguidas pela mesma a letra minúscula na coluna, dentro de cada potencial não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

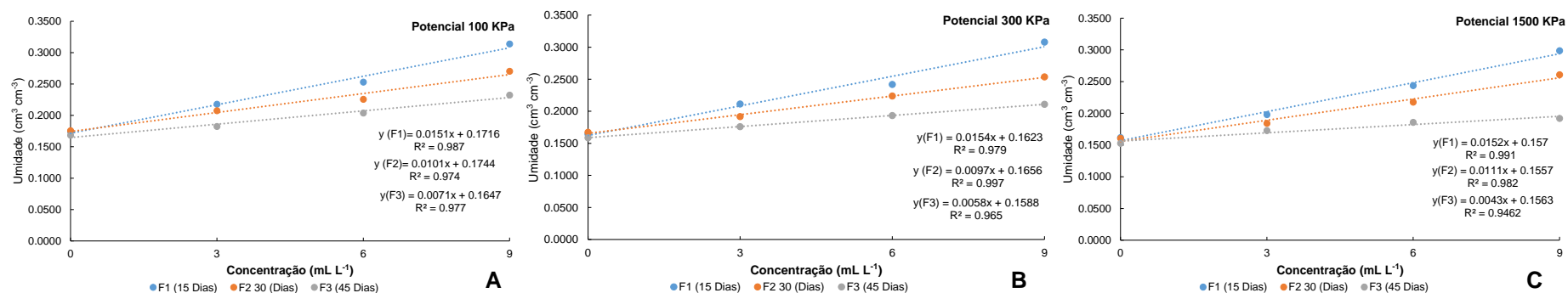


Figura 4. Umidade ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) nos potenciais de -100 (A), -300 (B) e -1500 kPa (C) nas concentrações de produto à base de SH 0, 3, 6 e 9 ml L⁻¹ dentro das frequências de aplicação F1 (15 dias), F2 (30 Dias) e F3 (45 dias).

Com base nos dados das tabela 6 e figura 4 (a, b e c) observa-se que houve efeito significativo das frequências de aplicação e das concentrações de produto a base de SH nos valores de umidade nos pontos da curva de retenção de água. Porém, as concentrações mostraram um ajuste linear, podendo inferir que a medida que aumentou a concentração de SH ocorreu um aumento da umidade aumento da umidade para a mesma tensão foi igual ao aumento no raio do poro e aumento de microporosidade. Esse comportamento pode estar relacionado com natureza química complexa da SH que auxilia na retenção, uma vez que, em potenciais de -100, -300 e -1500 kPa, o fenômeno de retenção é mais afetado pela superfície específica dos argilominerais (granulometria do solo) do que pelo efeito da microporosidade (estrutura). Brandyk et al. (2003) e Silva & Mendonça (2007) sugeriram que o aumento da concentração de SH e a sua interação com a fração mineral dos solos pode afetar a capacidade de retenção de água do solo; este efeito parece ser mais pronunciado quando a água é retida em níveis mais altos de energia, ou seja em maior tensão.

As concentrações de 6 e 9 mL L⁻¹, atreladas aos maiores teores de carbono na forma de ácidos húmicos, favorecem as propriedades da fração coloidal do solo, tais como: retenção de água, melhor estruturação do solo e maior retenção de cátions (SOUZA e MELO, 2003). Esse resultado é o oposto ao observado por Campos et al (2011), constatou que os ácidos húmicos tendem a afetar negativamente os parâmetros hídricos do solo.

Na figura 5 é possível observa-se na F3 (45 dias) uma tendência de aumento da água disponível em função do aumento da concentração de SH; a mesma tendência pode ser observada com o efeito da concentração sobre a água disponível em F3 (45 dias) (Figura 6). Segundo Schmitz et al. (2002), o volume de água disponível aumentou com a adição de compostos orgânicos em substratos. O aumento de AD reflete o aumento da porosidade, da EA e pelos resultados é coerente com os resultados obtidos. O maior efeito da concentração na AD como um todo ocorre para as concentrações de 3 e 6 ml L⁻¹.

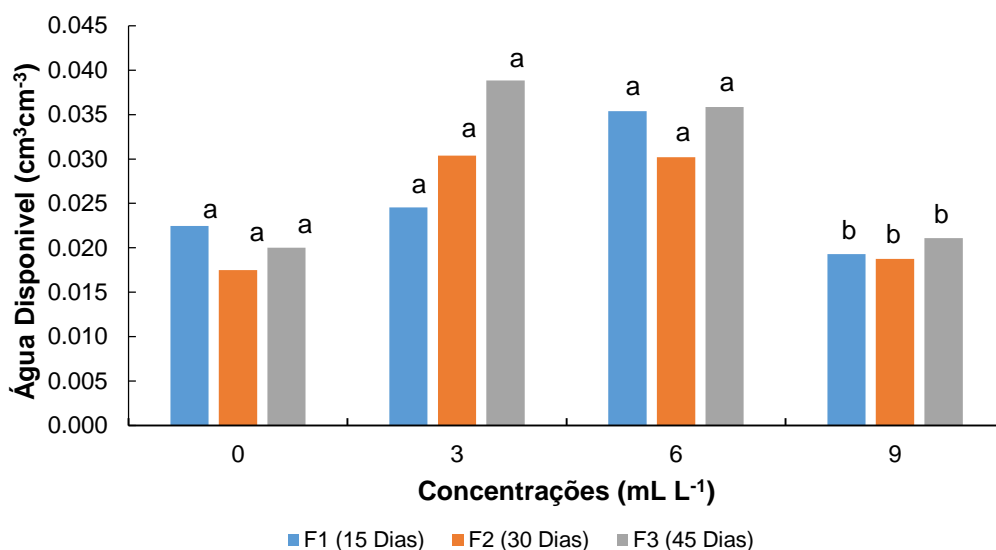


Figura 5. Água disponível ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) nas frequências de aplicação de F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias) dentro das concentrações de produto à base de SH de 0, 3, 6, e 9 mL L^{-1} .¹ Mesma letra dentro de cada concentração não diferem entre si a 5% de probabilidade, Cruz das Almas, BA, 2016.

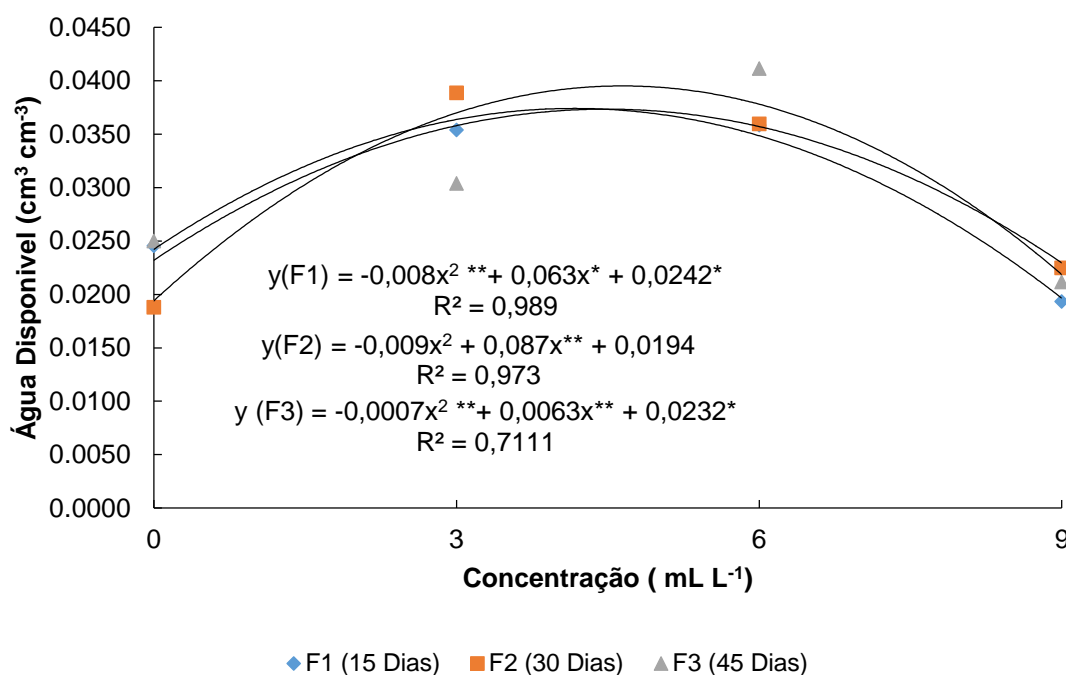


Figura 6. Água disponível ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) nas concentrações de 0, 3, 6 e 9 mL L^{-1} nas frequências de F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias), Cruz das Almas, 2016.

A incorporação de carbono ao solo por meio da fertirrigação, utilizando produtos à base de SH pode ser considerada uma prática de manejo alternativo em relação ao manejo tradicional, apresentando potencialidade para conservar o solo (LAL 2009; VILLAMIL et al. 2015; LI et al., 2016b), promover a agregação, e a formação de macroagregados no solo (POWLSON et al. 2011; HUANG et al. 2013; LENKA e LAL 2013; ZHANG et al., 2014; WANG et al., 2015b). Deve ser verificado entretanto que as frequências mais adequadas e a concentração do produto deve ficar em F1 (3, 75 ml L⁻¹), F2(4,4 ml L⁻¹) e F3 (4,5 ml L⁻¹) para uma vazão do sistema de irrigação de 53 L h⁻¹.

4.2. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH nos íons potássio, nitrato, sódio e na CE.

Na tabela 7 pode-se observar a frequência de aplicação e a concentração de produto a base de SH e suas interações influenciaram significativamente sob as concentrações dos íons na solução do solo avaliados: nitrato (NO₃⁻), potássio (K⁺), sódio (Na⁺) Nenhuma das fontes de variação teve efeito na condutividade elétrica da solução do solo (Tabela 7).

Tabela 7. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação para os atributos químicos da solução do solo, avaliados no final do experimento. Cruz das Almas, BA, 2016.

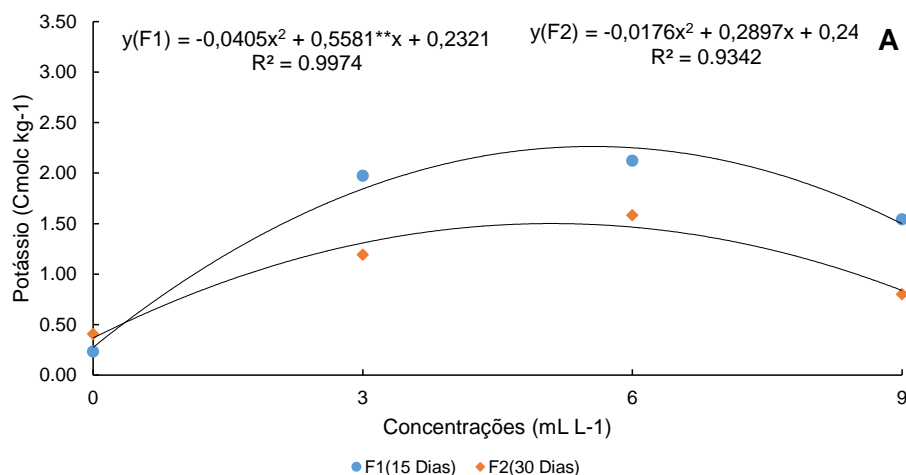
Fonte de variação	G.L.	K (mg L ⁻¹)	Na (mg L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (g L ⁻¹)	CE (dS m ⁻¹)
Frequência	2	3,248**	4,346**	0,035**	57,669 ^{ns}
Concentração	3	6,184**	12,520**	0,237**	54,308 ^{ns}
Frequência* Concentração	6	0,489*	2,516**	0,017**	65,113 ^{ns}
Período	1	2,129**	0,003 ^{ns}	0,074**	65,799 ^{ns}
Frequência* Período	2	0,099 ^{ns}	3,267*	0,023**	61,867 ^{ns}
Concentração*Período	3	1,447**	0,242 ^{ns}	0,018**	62,286 ^{ns}
Frequência*Concentração*Pe ríodo	6	0,962**	3,247**	0,031**	63,450 ^{ns}
Erro 3	18	0,109	0,588	0,002	63,455
Total	71				
CV (%)	-	39,25	30,51	20,81	6,12
CV (%)		37,75	44,35	21,66	6,14
CV (%)		30,95	59,88	17,65	6,16
Média geral		1,060	1,281	0,265	1,292

** significativo (1%); * significativo (5%). CV: coeficiente de variação; potássio (K mg L⁻¹); sódio (Na mg L⁻¹); nitrato (NO₃⁻ (g L⁻¹); condutividade elétrica CE (ds m⁻¹).

As frequências de aplicação (Figura 7a, 7b e 7c) apresentaram comportamentos distintos em função das concentrações de produto à base de SH para os íons na solução do solo. O íon sódio que aumentou sua concentração na solução do solo com o aumento da concentração da SH, possivelmente, contribuíram para a redução da estabilidade dos agregados na concentração de a 9 mL L⁻¹ (Figura 3).

Esses resultados, junto aos da avaliação desse íon provenientes de diferentes concentrações de SH mostraram uma elevação de sódio na solução do solo quando da aplicação de SH em concentrações iguais ou superiores a 6 mL L⁻¹ e frequência de aplicação de 45 dias. Essas maiores concentrações de sódio na solução do solo pode ser um indicativo de redução de agregação e da estabilidade de agregados verificada na Tabela 4, onde para a frequência de 45 dias ocorreu uma redução da EA.

Para Andrade et al. (2003, 2007) e Cessa et al. (2010), o teor de íons disponíveis aumenta na solução do solo respondendo ao aumento da quantidade de substâncias húmicas. Para Bezerra et al. (2009), a matéria orgânica dissolvida na solução do solo favorece o aumento de ligantes livres do ácido húmico, que formam complexos estáveis com íons metálicos em meio aquoso, o que diminui as cargas positivas e favoreceu a disponibilidade nutricional.



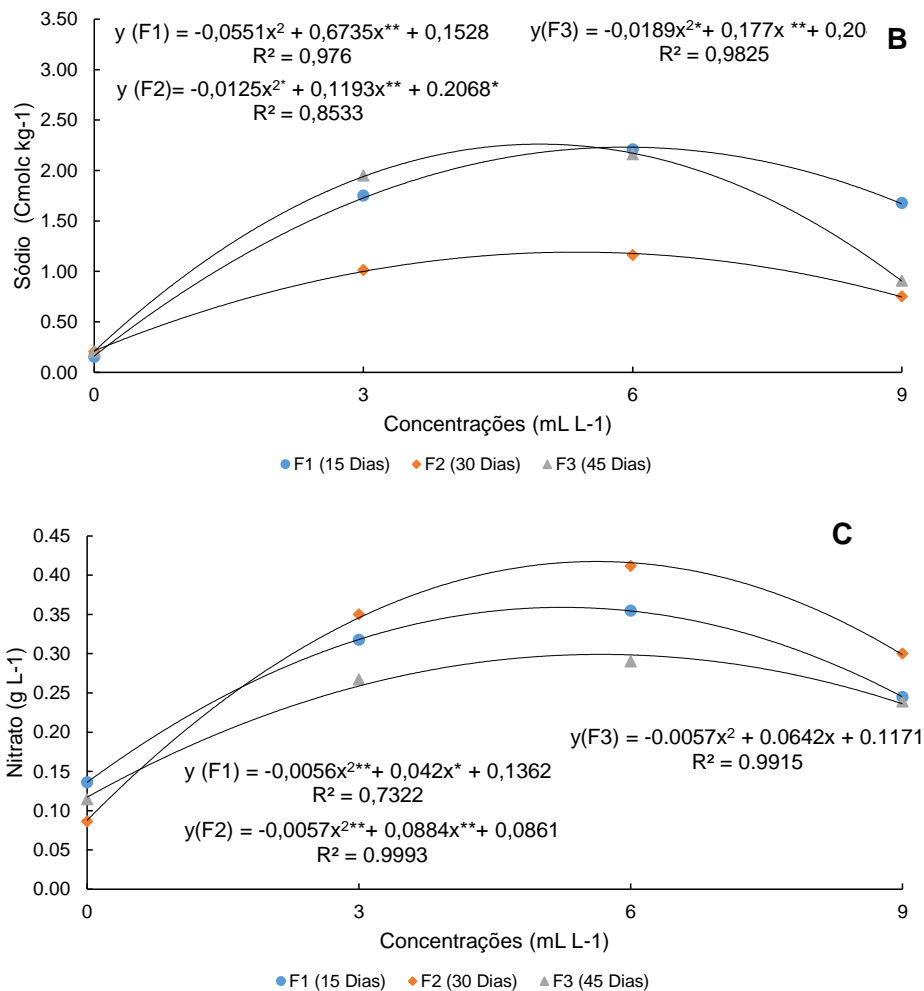


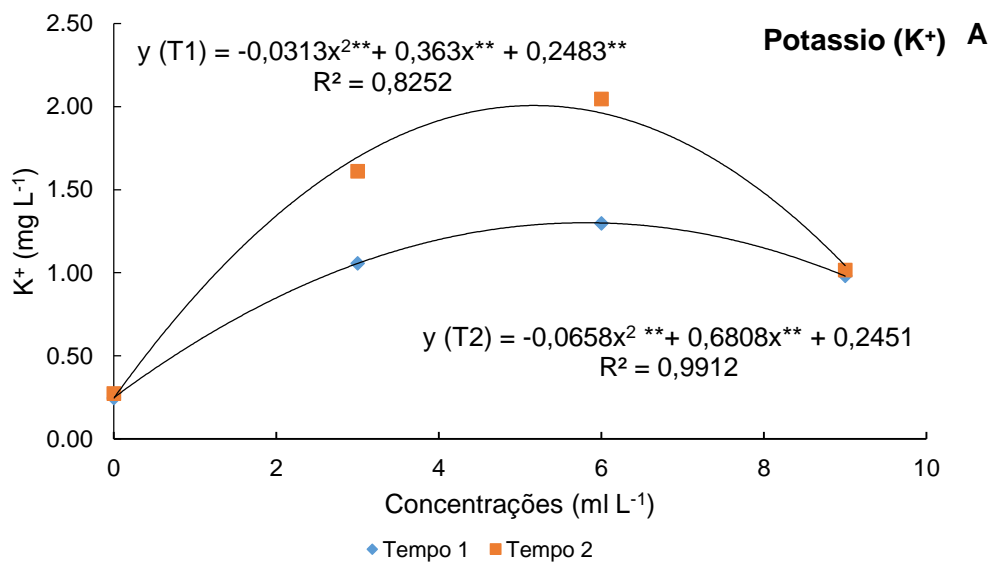
Figura 7. Teores de potássio (A), sódio (B) e nitrato (C) na solução do solo nas frequências de 15, 30 e 45 dias nas concentrações de substâncias húmicas de 0 mL L⁻¹, 3 mL L⁻¹, 6 mL L⁻¹ e 9 mL L⁻¹, Cruz das Almas, BA, 2016.

A aplicação de leonardita aumentou os teores foliares de N, P e K na cultura do nabo e do trigo e atribuíram esse efeito ao SH contido na leonardita (Akinremi et al. (2000)), enquanto. Atiyeh et al. (2002) e Sharif et al. (2002) mostraram que a adição de SH aumentou o acúmulo de N no milho, porém havendo diferenças significativas entre os tratamentos de diferentes níveis de substâncias húmicas. As SH atuaram no aumento da a CTC e a matéria orgânica do solo elementos que permitem aumento de íons de carga positiva na solução do solo.

A concentração de potássio na solução do solo em função das concentrações das SH mostrou que, ao longo do tempo de aplicação, a concentração de 6 e 9 mL L⁻¹ possibilitou no final do experimento maior concentração desse íon na solução do solo (Figura 8 A). Esses resultados estão de

acordo com Silva et al. (2000), que observaram o aumento do teor de nutrientes em solução nutritiva, em função da aplicação de substâncias húmicas em azevém nas doses entre 10 e 20 mg L⁻¹ de C.

A avaliação do efeito das SH nas concentrações de potássio e nitrato da solução do solo no início do experimento (um dia após primeira aplicação da SH) e no final do experimento (273 dias após primeira aplicação de SH (09/2016)) (Figura 8 A e B) mostrou que, embora o nitrato solúvel tenha rápida movimentação devido à disponibilidade hídrica, houve um acúmulo do íons nitrato e potássio em função do aumento da concentração de produto à base de SH ao longo do tempo.



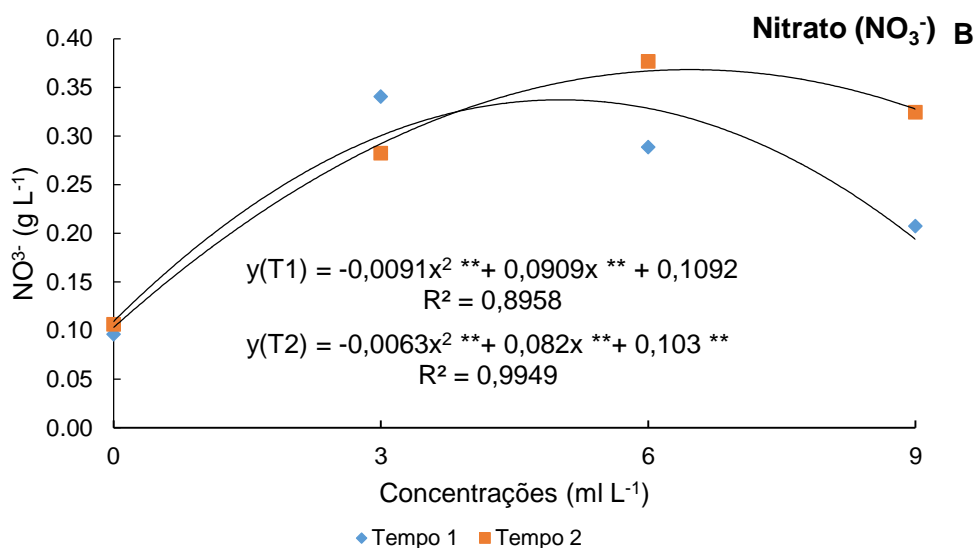


Figura 8. Teores de potássio (A) e nitrato (B) na solução do solo em concentrações de SH de 0 mL L⁻¹, 3 mL L⁻¹, 6 mL L⁻¹ e 9 mL L⁻¹ em dois períodos de aplicação. Cruz das Almas, BA, 2016.

Ocorreu interação entre o período de avaliação e a frequência de aplicação das SH sobre as variáveis de solução do solo: sódio e nitrato (Tabela 8). As médias das concentrações de sódio na solução do solo, fixando-se a frequência de aplicação, não mostraram diferença significativa entre os períodos avaliados, mas no período inicial a F3 (45 dias) apresentou maior valor de concentração de sódio em comparação com F1 (15 dias) e F2 (30 dias). Já no período final as maiores concentrações foram observadas para F1 (15 dias) e F3 (45 dias). Dessa forma, nos dois períodos as maiores concentrações ocorreram para a frequência de 45 dias.

O comportamento do nitrato no período inicial não mostrou ser influenciado pelas frequências de aplicação, contudo no período final ocorreu um aumento nos teores de nitrato quando comparados ao período inicial, onde a concentração média do íon em F2 (30 dias) foi a maior no período (Tabela 8). A influência significativa do produto à base de SH sobre as variáveis sódio e nitrato da solução do solo está ligada com a composição do produto uma vez que as cadeias aromáticas presentes auxiliaram na complexação dos íons, evitando que fossem facilmente lixiviados (ROSA et al., 2000; FERNANDES et al., 2008).

Tabela 8. Desdobramento das interações entre o período inicial e período final da solução do solo nas frequências de aplicações 15 ,30 e45 dias) com os valores dos médios de solução do solo para as variáveis: nitrato (NO_3^- (g L^{-1})) e sódio (Na^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)). Cruz das Almas, BA, 2016.

Sódio (Na^+) ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)			
Frequência de Aplicação (Dias)			
Período	15	30	45
Inicial	1,140 aB	0,681 aB	2,000 aA
Final	1,755 aA	0,914 aB	1,194 aA
NO_3^- (g L^{-1})			
Frequência de Aplicação (Dias)			
Período	15	30	45
Inicial	0,239 bA	0,237 bA	0,221 bA
Final	0,286 aB	0,371 aA	0,234 aB

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

O aumento da concentração de nutrientes com a aplicação de ácidos húmicos tem sido relatado por vários pesquisadores (CHEN e AVIAD, 1990; DAVID et al., 1994; ADANI et al., 1998; SHARIF et al., 2002). O ácido húmico aumentou a captação de N, P, K, Mg e Ca sobre o controle (NIKBAKHT et al., 2008).

4.3. Efeito da frequência de aplicação e concentração de produto à base de SH em atributos químicos do solo

As variáveis químicas do solo das avaliadas: pH em água; fósforo (P-Mehlich-1 mg dm^{-3}); potássio (K ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)); cálcio (Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)); magnésio (Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)); sódio (Na ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)); soma de bases (SB ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)); capacidade de troca de cátions (CTC $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); saturação por base (%); matéria orgânica (M. O. (g kg^{-1})) foram influenciadas (5% e 1% de probabilidade) pela frequência de aplicação ou pela concentração da SH de forma isolada ou em interação. A frequência de aplicação de produto à base de SH não influenciou o P e o Mg, e as concentrações apenas de P (Tabela 9).

O efeito da frequência de aplicação e concentração de produtos à base de SH pode estar ligado à maior quantidade de radicais orgânicos, as quais interagem com o H^+ com o intuito de manter o equilíbrio, diminuindo assim a acidez. Além disso, consome H^+ em sua reação e provoca um efeito tampão devido à diversidade

química dos componentes das SH estar relacionada com o número de agrupamentos funcionais, mantendo assim o pH numa faixa constante (SILVA & MENDONÇA, 2007).

Tabela 9. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação para os atributos químicos do solo avaliados no final do experimento. Cruz das Almas, BA, 2016.

Fonte de variação	G.L	pH em H ₂ O	P (mg dm ⁻³)	K (cmol _c dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ³)	Mg (cmol _c dm ⁻³)	Na (cmol _c dm ⁻³)	H+Al (cmol _c dm ⁻³)	SB (cmol _c dm ⁻³)	CTC (cmol _c dm ⁻³)	V%	M. O. (g /kg)
Frequência	2	2,596 **	12,590 ns	6,410**	0,770*	0,118 ns	7,050 *	46,380**	16,184**	73,971**	1529,923**	34,777**
Erro 1	6	0,156	9,631	0,378	0,098	0,028	1,072	0,284	0,904	0,521	17,472	1,638
Concentração	3	0,910 **	13,692 ns	13,802**	0,300**	0,055*	22,914**	9,942 **	59,131**	96,493	278,118**	56,175**
Frequência* Concentração	6	0,919 **	39,497 *	1,702**	0,408**	0,075**	7,100**	2,626 **	6,109**	1,721*	104,756**	7,703*
Erro 2	18	0,108	10,576	0,380	0,035	0,0110	0,964	0,140	0,539	0,585	9,842	2,861
Resíduo	35											
CV (%)	-	6,11	17,39	18,97	11,89	12,44	29,20	18,11	8,82	5,26	5,23	5,90
CV (%)		5,09	18,22	19,02	7,15	7,76	27,69	12,72	6,81	5,58	3,92	7,80
Média geral		6,47	17,84	3,24	2,63	1,353	3,56	2,94	10,77	13,72	79,	21,

** significativo (1%); * significativo (5%). CV: coeficiente de variação; pH: fósforo (P mg dm⁻³) potássio (K cmol_c dm⁻³); cálcio (Ca cmol_c dm³); magnésio (Mg cmol_c dm⁻³); sódio (Na cmol_c dm³); soma de base (SB cmol_c dm⁻³); capacidade de troca de cátions (CTC cmol_c dm⁻³); saturação por base (%); matéria orgânica (M. O. g kg⁻¹).

Foram observadas elevações do pH do solo com a adição de compostos orgânicos. Esse resultado seria decorrente da complexação dos H^+ e Al^{3+} livres com compostos orgânicos aniônicos da biomassa residual e do aumento da saturação da CTC do solo pelo Ca, Mg e K adicionados via fitomassa residual, o que reduziria a acidez potencial. (FRANCHINI et al., 1999; FRANCHINI et al., 2001).

Podemos inferir que as SH não influenciaram significativamente a variável fósforo quando avaliamos isoladamente a frequência de aplicação e concentrações de SH (Tabela 9), discordando com os resultados obtidos por ANDRADE (2005); GUPPY et al. (2005), David et al. (1994), Chen e Aviad (1990) que observaram aumento dos valores de fósforo em função da presença dos ácidos húmicos, influenciando no processo de bloqueio dos sítios de adsorção, causando a diminuição, da adsorção de P aumentando sua concentração na solução do solo como apontando por. Já Sanchez-Conde e Ortega (1968) irrigaram plantas de pimenta com soluções contendo 8, 80 e 100 mg L^{-1} de ácido húmico, e encontraram um aumento na disponibilidade de N, P e Mg e uma diminuição na captação de K e Ca em maior concentração.

O desdobramento das frequências dentro de cada concentração de SH para as variáveis químicas do solo: pH, fósforo (P), potássio (K); H+Al; soma de bases (SB ; capacidade de troca de cátions (CTC); saturação por base (V%); matéria orgânica (Figuras 9A, 9B, 9C, 9D, 9E , 9F, 9G e 9H), indicaram que a frequência de 30 dias correspondeu a maior média das concentrações do K^+ , soma de bases e da CTC no solo, quando comparados a F1 (15 dias) e F3 (45 dias). A saturação por bases e a matéria orgânica se comportaram de forma diferente em relação às frequências de aplicação conforme a concentração de SH. O desdobramento das concentrações de SH em cada frequência de aplicação (Figuras 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G e 10H) indicou que o V (%) (10G) e MO (10H) mostraram pequena variação ao longo das concentrações ao contrário da soma de bases (SB) (10E), CTC (10F), K^+ (10C) e H+Al (10D), que obtiveram maiores valores entre 3 e 6 $mL L^{-1}$.

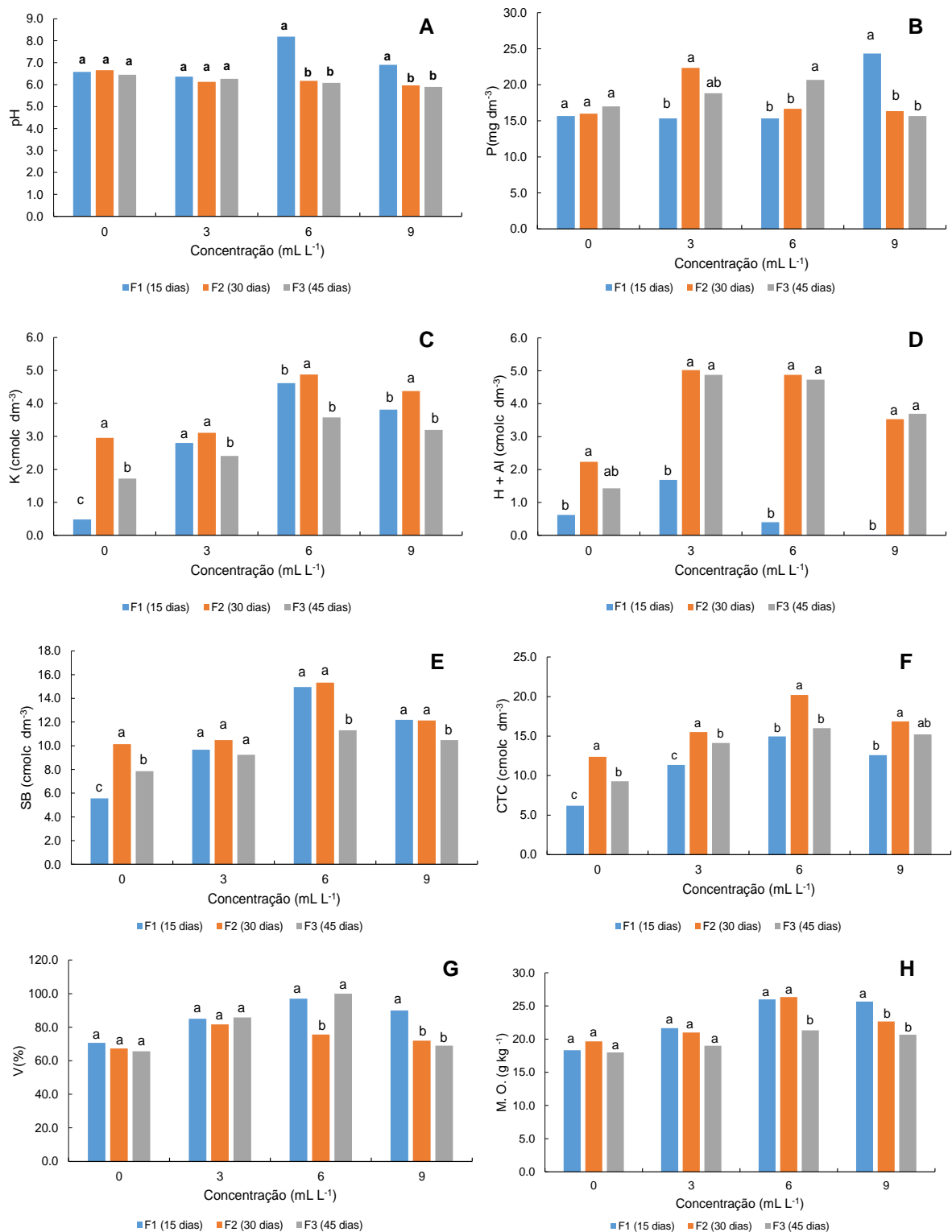


Figura 9. Variáveis químicas do solo: pH (A), fósforo (P) (B), potássio (K) (C); H+Al (D); soma de bases (SB) (E); capacidade de troca de cátions (CTC) (F); saturação por base (V%) (G); matéria orgânica (H) nas frequências de aplicação de F1 (15 dias); F2 (30 dias) e F3 (45 dias) e nas concentrações de 0, 3, 6 e 9 mL L⁻¹ de produto à base de SH. Letras iguais dentro da mesma concentração não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Cruz das Almas, BA, 2016.

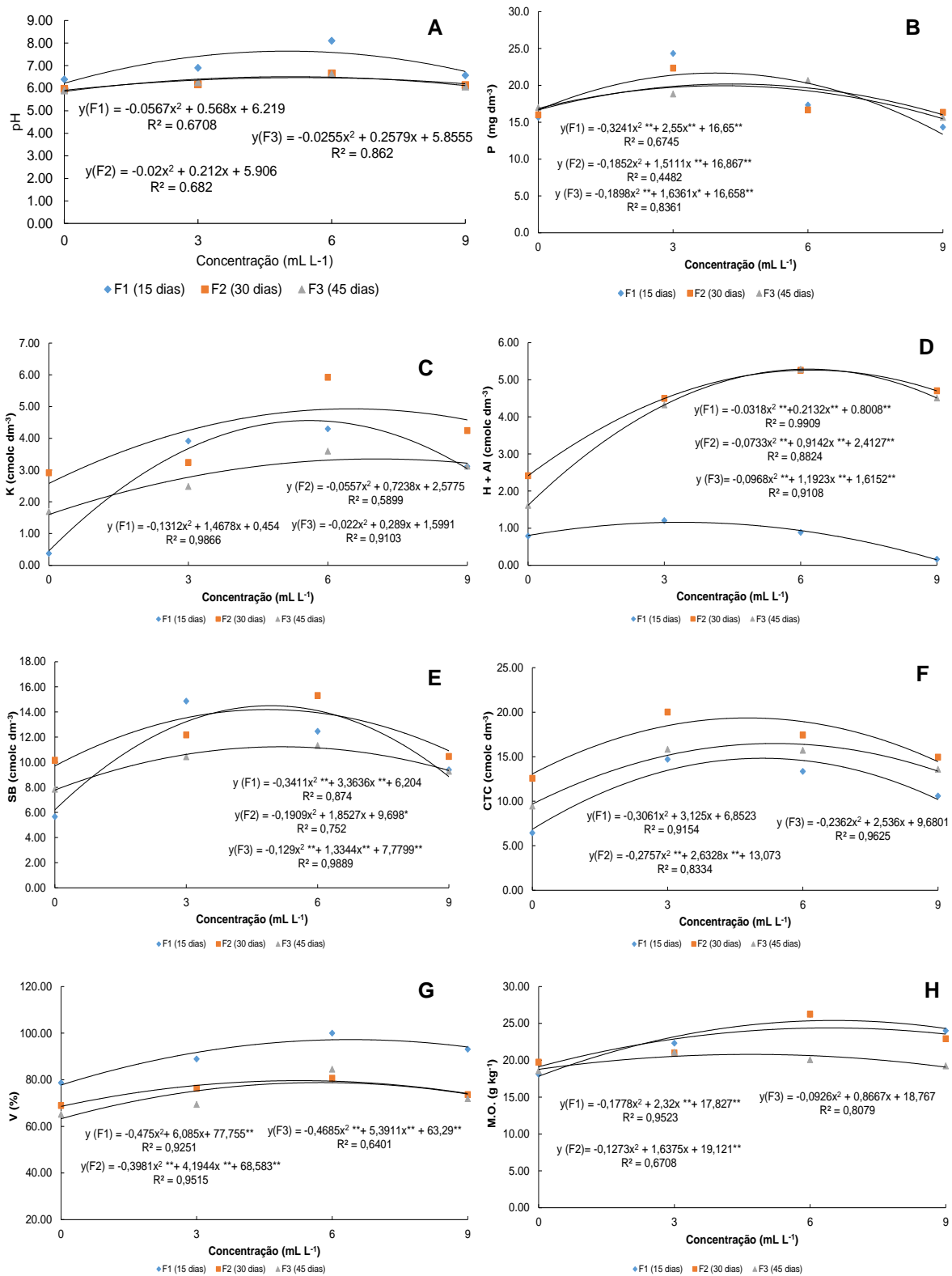


Figura 10. Concentrações das variáveis químicas do solo: pH (A), fósforo (P)(B) potássio (K (cmol_c dm⁻³)) (C); H+Al (cmol_c dm⁻³) (D); soma de base (SB (cmol_c dm⁻³)) (E); capacidade de troca de cátions (CTC (cmol_c dm⁻³)) (F); saturação por base (V%) (G); matéria orgânica do

solo (g kg^{-1}) (H) nas frequências de aplicação de F1 (15 dias); F2 (30 dias) e F3 (45 dias) nas concentrações de 0 mL L^{-1} , 3 mL L^{-1} , 6 mL L^{-1} e 9 mL L^{-1} de produto a base de SH. Cruz das Almas, BA, 2016.

Neste trabalho, as substâncias húmicas do produto eram compostas, predominantemente, pela fração ácido húmico de maior peso molecular em relação ao fúlvico. As diferenças na proporção de ácidos húmicos e fúlvicos das SH comerciais utilizadas nos diferentes trabalhos dificulta a comparação dos resultados entre os mesmos com outros trabalhos.

5. CONCLUSÃO

As substâncias húmicas contidas no produto utilizado favorece positivamente os atributos físicos e químicos do solo, sendo os efeitos mais pronunciados na frequência de aplicação de 30 dias na concentração de 6 mL L^{-1} .

A aplicação da substância húmica melhora a estabilidade de agregados e a curva de retenção de água principalmente nas concentrações de 6 e 9 mL L^{-1} , em função do aumentando a microporosidade.

As substâncias húmicas se comportam de forma recalcitrante nos solos agrícolas, propiciando um ambiente mais estável e favorável às reações de troca iônica, interação com coloides inorgânicos e moléculas orgânicas do solo, e complexação com cátions metálicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADANI, F.; GENEVINI, P.; ZACCHEO, P.; ZOCCHI, G. The effect of comercial humic acid in tomato plant growth and mineral nutrition. **Journal Plant Nutrition**, v.21, n.3, p.561-575, 1998
- AKINREMI, O.O.; JANZEN, H.H.; LEMKE, R.L.; LARNEY, F.J. Response of canola, wheat and green beans to leonardites additions. **Canadian Journal Soil Science**, v.80, p.437-443, 2000.
- 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. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa-MG, 27, 1003-1011, 2003.
- ANDRADE, F. V. **Ácidos orgânicos e sua relação com adsorção, fluxo difusivo e disponibilidade de fósforo em solos para plantas**. Tese (Doutorado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) -Universidade Federal de Viçosa,p. 123, 2005.
- ANDRADE, F. V., MENDONÇA, E. S, SILVA, I. R., MATEUS, R. F. Dry-matter production and phosphorus accumulation by maize plants in response to the addition of organic acids in Oxisols. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, 38, 2733-2745, 2007.
- ATIYEH, R. M., S. LEE, C. A. Edwards. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. **Bioresearch Technology** 84: 7–14, 2002.
- BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ, V.H.; CÔRREA, M.M. Soil aggregate formation and stabilization as influenced by organic compunds with diferent hydrophobic characteristics. **R Bras. Ci. Solo**. 2005;29:11-20. DOI:10.1590/S0100-06832005000100002
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARA, A.J.; ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e Semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **R Bras. Ci Solo**. 2004;28:155-65.
- BEZERRA, P. S. S., TAKIYAMA, L. R., BEZERRA, C. W. B. Complexação de íons de metais por matéria orgânica dissolvida: modelagem e aplicação em sistemas reais. **Acta Amazon**, Manaus, 39, 639-648, 2009.
- BORGES, A. L et al. Nutrição e adubação. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SEREJO, J. A. dos S.. (Org.). **O agronegócio da banana**. 1ed.Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 331-398, 2016.
- BRANDYK, T.; SZATYLOWICZ, J.; OLESZCZUK, R. & GNATOWSKI, T. Water-related physical attributes of organic soils. In: PARENT, L. & ILNICKI, P. **Organic soils and peat materials for sustainable agriculture**. Boca Raton, CRC Press, 2003. p.35-70.
- CAMPOS, J.C.; SILVA, A.C.; VIDAL-TORRADO, P. & FERREIRA, M.M. Water retention in a peatland containing organic matter in different decomposition stages, Brazil. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:943-950, 2011.

CESSA, R. M. A., CELI, L., VITORINO, A. C. T., NOVELINO, J. O., BARBERIS, E. Adsorção de fósforo em fração argila na presença de ácido fúlvico. **R Bras Ci Solo**, Viçosa-MG, 34 (5), 1535-1542, 2010.

COSTA, C.N. **Efeito das substâncias húmicas no desenvolvimento radicular da cebola, Allium cepa L., e na cinética de absorção de fósforo e potássio**. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 2001. 51p. (Tese de Mestrado).

CHEN, Y., AND T. AVIAD. Effects of humic substances on plant growth. In: **Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings**, eds. P. MacCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, and P. R. Bloom, pp. 161–186. Madison, WI: SSSA and ASA, 1990.

DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (ed.) *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, **Soil Science Society of America**, pt. 1, p.443-461, 1986.

DAVID, P. P., P. V. NELSON, D. C. SANDRES. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. **Journal of Plant Nutrition** ,17: 173–184, 1994.

DEMARCHI, J.C.; PERUSI, M.C.; PIROLI, E.D. Análise da estabilidade de agregados de solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo - SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. **R. Bras. Tecnol. Aplic. Ci. Agric.** ;4:7-29, 2011.

FERNANDES, L. A.; RAMOS, S. J.; VALADARES, S. V.; LOPES, P. S. N.; F, V. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.43, n.11, p.1575-1581, nov. 2008.

FRANCHINI, J.C.; GONZALEZ-VILA, F.J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant Soil**, 231:55- 63, 2001.

FRANCHINI, J.C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 34:2267- 2276, 1999.

GUPPY, C. N.; MENZIES, N. W.; MOODY, P. W.; BLAMEY, F. P. C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 43, p. 189-192, 2005.

HERRICK, J.E., WANDER, M.M. Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils: the importance of distribution, composition and soil biological activity. In: Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Soil Processes and Carbon Cycle: Advances in Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, pp. 405-426, 1998.

HUANG, S.; ZENG, Y.J.; WU, J.F.; SHI, Q.H.; PAN, X.H. Effect of crop residue retention on rice yield in China: a meta-analysis. **Field Crop Res.** 154:188–194, 2013.

KREMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (ed.) *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, **Soil Science Society of America**, pt. 1, p.425-442,1986.

KELLER, T., DEXTER, A.R., 2012. Plastic limits of agricultural soils as functions of soil texture and organic matter content. **Soil Res.** 50, 7-17, 2012.

LAL R. Challenges and opportunities in soil organic matter research. **Eur J Soil Sci** 60:158–169, 2009.

LENKA NK, LAL R. Soil aggregation and greenhouse gas flux after 15 years of wheat straw and fertilizer management in a no-till system. **Soil Till Res.**126:78–89, 2013.

LIMA NETO JA, RIBEIRO MR, CORRÊA MM, SOUZA JÚNIOR VS, LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. A. L. Caracterização e gênese do caráter coesoem Latossolos Amarelos e Argissolos dos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas. **R. Bras. Ci. Solo** ; v.33: p.1001-11, 2009.

LI, S.; LI, Y.B.; LI, X.S.; TIAN, X.H.; ZHAO, A.Q.; WANG, S.J.; WANG, X.X.; SHI, J.L. Effect of straw management on carbon sequestration and grain production in a maize–wheat cropping system in Anthrosol of the Guanzhong Plain. **Soil Tillage Res.**157:43–51, 2016b.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa, 107 p, 2007

NEILSEN, G.H., D. NEILSEN, L.C. HERBERT AND E.J. HOGUE. Response of apple to fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency. **American Society for Horticultural Science**, 129(1), 2004.

NIKBAKHT, A., M. KAFI, M. BABALAR, Y.P. XIA, A. LUO AND N.A. ETEMADI. Effect of Humic Acid on Plant Growth, Nutrient Uptake, and Postharvest Life of Gerbera. **J. Plant Nutr.**, 31: 2155–2167,2008.

OLK, D.C.; DINNES, D.L.; SCORESBY, J.R.; CALLAWAY, C.R.; DARLINGTON, J.W. Humic products in agriculture: potential benefits and research challenges—a review. **J Soils Sediments**. 2018. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1916-4>.

PARÉ, T., H. DINEL, A.P. MOULIN, AND L. Townley-Smith. Organic matter quality and structural stability of a Black Chernozemic soil-under different manure and tillage practices. **Geoderma** , 91:311–326.1999.

PICCOLO, A. Humus and soil conservation. In: Humic Substances in Terrestrial Ecosystems. A. Piccolo (ed.). **Elsevier**, Amsterdam, The Netherlands, pp. 225-264.1996.

POWLSON, D.S.; GLENDINING, M.J.; COLEMAN, K.; WHITMORE, A. P. Implications for soil properties of removing cereal straw: results from long-term studies. **Agron J.** 103:279–287, 2011.

RASSE, D.P., RUMPEL, C., DIGNAC, M.F. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. **Plant Soil**. 269, 341-356, 2005.

ROSA, A. H.; ROCHA, J. C.; FURLAN, M.; **Quim. Nova**, 23, 472, 2000.

SILVA, R.M.; JABLONSKI, A.; SIEWERDT, L. & SILVEIRA JÚNIOR, P. Desenvolvimento das raízes de azevém cultivado em solução nutritiva completa, adicionada de substâncias húmicas, sob condições de casa de vegetação. **R. Bras. Zootec.**, 29:101-110, 2000.

SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.p.374-470. 2007.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D. Caracterização físico hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura Tropical, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (N° 20)**, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 56p, 2001. ISSN 1516-5604.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.1113-1122, 2003

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil Tillage Res.** 16, 179-201,1990.

SHARIF, M., R.A. KHATTAK AND M.S. SARIR. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 33: 3567–3580, 2002.

SCHIMIGUEL R, SÁ JCM, BRIEDIS C, HARTMAN DC, ZUFFO J. Soil aggregates stability due tillage systems. **Synergismus Scientifica**, UTFPR. V.9, 2014.

SCHMITZ, J.A.K.; SOUZA, P.V.D.; KÄMPF, A.N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

TAN, K.H. Colloidal chemistry of organic soil constituents. In: TAN, K.H. **Principles of soil chemistry**. New York, Marcel Dekker, p.177-258, 1998.

TEIXEIRA, C. P.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; WENCESLAU GERALDES TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo** – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 573 p. : il. color. ISBN 978-85-7035-771-7

TOMASELLA, J.; HODNETT, M.G. Estimating soil water retention characteristics from limited data in Brazilian Amazonia. **Soil Sci.** 1998;163:190-202.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; CUNHA, M.A.; VIEIRA, D.M.S.; RODRIGUES, E.S. Produtividade do milho cultivado em sucessão a crotalária, milho e braquiária no cerrado mineiro. **Enciclop. Biosfera**; 18:2482-91, 2014.

VILLAMIL, M.B.; LITTLE, J.; NAFZIGER, E.D. Corn residue, tillage, and nitrogen rate effects on soil properties. **Soil Tillage Res.** 151:61–66, 2015.

WANG XJ, JIA ZK, LIANG LY, YANG BP, DING RX, NIE JF, WANG JP. Maize straw effects on soil aggregation and other properties in arid land. **Soil Till Res.** 153:131–136, 2015b.

WHALEN, J.K., C. CHANG. Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 66:1637–1647.2002.

ZHONG, X.L., LI, J.T., LI, X.J., YE, Y.C., LIU, S.S., XU, G.L., NI, J. Early effect of soil aggregates on enzyme activities in a forest soil with simulated N deposition elevation. **Acta Ecol. Sin.** 35, 1422–1433, 2015.

ZHANG, P.; WEI, T.; JIA, Z. K.; HAN, Q. F.; REN, X.L. Soil aggregate and crop yield changes with different rates of straw incorporation in semiarid of northwest China. **Geoderma**, 230-231:41–49, 2014.

7. ANEXO A

Tabela 10. Valores dos parâmetros de van Genuchten dos tratamentos estudados.

Tratamento	Parâmetros de van Genuchten (1980)				
	U sat (cm ³ cm ⁻³)	U res (cm ³ cm ⁻³)	α	m	n
F1C1R1	0,3860	0,1500	0,3180	0,9803	0,7988
F1C1R2	0,4060	0,1610	0,3961	0,7142	0,8959
F1C2R1	0,4130	0,2030	0,1694	1,3948	0,9467
F1C2R2	0,4240	0,2070	0,8930	0,2000	2,5911
F1C3R1	0,4290	0,2240	0,0066	3,4705	0,4229
F1C3R2	0,3520	0,2310	1,1235	0,1268	2,5584
F1C4R1	0,4160	0,2890	9,3362	0,0828	2,8863
F1C4R2	0,4045	0,2590	0,76485	0,21275	3,14745
F2C2R1	0,3970	0,1640	1,1305	0,1817	2,5906
F2C2R2	0,3950	0,1830	1,6194	0,1293	2,4370
F2C3R1	0,3790	0,2100	0,0787	2,2534	0,8457
F2C3R2	0,4400	0,2130	1,7879	0,1720	2,4227
F2C4R1	0,4120	0,2460	0,8545	0,1775	2,8469
F2C4R2	0,3970	0,2720	0,6752	0,2480	3,0448
F3C2R1	0,4710	0,1670	2,2017	0,1773	2,5880
F3C2R2	0,3930	0,1610	0,4803	0,3054	2,5492
F3C3R1	0,3960	0,1960	0,3551	0,1814	4,5582
F3C3R3	0,3820	0,1780	0,6575	0,1731	3,0118
F3C4R1	0,3960	0,1970	0,0001	7,6177	0,3680

F3C4R2

0,3850

0,1540

0,3596

0,0961

3,9917

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS ÁGRARIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CAPÍTULO III: FERTIRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO
COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM UM LATOSSOLO
AMARELO DISTROCOESO: EFEITOS NOS ATRIBUTOS DO
SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA “BRS
PRINCESA”**

BRUNO LAECIO DA SILVA PEREIRA

**CRUZ DAS ALMAS – BA
2018**

FERTIRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM UM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO: EFEITOS NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA “BRS PRINCESA”

RESUMO

O uso de condicionadores orgânicos, à base de substâncias húmicas (SH), apresenta-se como uma promissora alternativa para melhorar a fertilidade do solo de forma a elevar a produtividade e qualidade da produção agrícola. Por outro lado, embora, ocorram recomendações comerciais para aplicação desses produtos, ocorrem dúvidas sobre as frequências de fertirrigação e concentrações de injeção dessas substâncias, sobretudo em condições de cultivo tropicais, em especial, para pomares de bananeira. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da aplicação de produto à base de substâncias húmicas (Leornardida) via fertirrigação por microaspersão em diferentes frequências e concentrações sob um solo cultivado com bananeira ‘BRS Princesa’, analisando sua influência nos atributos físicos e químicos do solo e nas variáveis de crescimento e produtividade. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com parcela subdividida, compostas por três frequências de aplicação F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias); quatro concentrações C1 (0 mL⁻¹), C2 (10 mL⁻¹), C3 (15 mL⁻¹) e C4 (23 mL⁻¹) e três blocos. A concentração do produto à base de SH mostrou influência significativa para as variáveis K⁺, Na⁺ e CE (ds m⁻¹) na solução do solo. Os atributos químicos avaliados pH (em H₂O); fosforo; potássio; sódio; soma de base (SB); capacidade de troca de cátions (CTC); porcentagem de saturação por bases; e matéria orgânica (M. O.) mostraram ser influenciadas significativamente pelos tratamentos aplicados. As variáveis físicas do solo microporosidade, densidade do solo e condutividade hidráulica não foram influenciadas pelas fontes de variação ou suas interações; observando-se efeito significativo nas variáveis: porosidade total, macroporosidade e diâmetro médio ponderado. Houve efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis relacionadas à produção: número de fruto e folha. A aplicação da SH mostraram efeito nos atributos físicos e químicas do solo, quando associados com o uso do fertilizante organomineral associado com substâncias húmicas, podendo ser considerada como uma alternativa mais eficiente de adubação para bananeira no Recôncavo Baiano.

Palavras – Chaves: compostos húmicos, manejo nutricional, qualidade do solo

FERTIRRIGATION BY MICROASPERSION WITH HUMAN SUBSTANCES IN A YELLOW DISTROCOUS LATOSOL: EFFECTS ON SOIL ATTRIBUTES AND PRODUCTION OF THE "BRS PRINCESA" BANANA.

ABSTRACT

The use of organic humectants (SH) is a promising alternative to improve soil fertility in order to increase the productivity and quality of agricultural production. On the other hand, although there are commercial recommendations for the application of these products, there are doubts about the fertirrigation frequencies and injection concentrations of these substances, especially in tropical growing conditions, especially for banana orchards. The objective of this study was to evaluate the effect of the application of humic substances (Leornardida) by means of microaspersion fertigation at different frequencies and concentrations under a BRS Princesa 'banana' soil, analyzing their influence on the attributes physical and chemical characteristics of the soil and in the variables of growth and productivity. The experimental design was a randomized block with subdivided plot composed of three application frequencies F1 (15 days), F2 (30 days) and F3 (45 days); four concentrations C 1 (0 mL L⁻¹), C 2 (10 mL L⁻¹), C 3 (15 mL L⁻¹) and C 4 (23 mL L⁻¹) and three blocks. The concentration of the SH-based product showed a significant influence on the K⁺, Na⁺ and CE (ds m⁻¹) variables in the soil solution. The chemical attributes evaluated were pH (in H₂O); phosphor; potassium; sodium; base sum (SB); cation exchange capacity (CTC); percentage of saturation by bases; and organic matter (M. O.) showed to be significantly influenced by the treatments applied. The physical variables of soil microporosity, soil density and hydraulic conductivity were not influenced by the sources of variation or their interactions; with a significant effect on the variables: total porosity, macroporosity and weighted mean diameter. There were significant effects of the treatments on the variables related to the production: number of fruit and leaf. The application of SH showed an effect on the physical and chemical attributes of the soil when associated with the use of organomineral fertilizer associated with humic substances, and could be considered as a more efficient alternative for banana fertilization in the Recôncavo Baiano.

Keywords: Humic compounds. nutritional management, soil quality

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Visão geral da área experimental em diferentes estágios de desenvolvimento da bananeira cv. Princesa: A (6 meses); B (9 meses); C (10 meses); D (12 meses). Cruz das Almas, BA. 2014-2015..... 87
- Figura 2. Esquema da disposição das sondas de TDR e extratores de solução amostras na área experimental. 89
- Figura 3. Comportamento diário da evapotranspiração diária da cultura durante a condução do experimento. Cruz das Almas, BA. Agosto/2014 a Julho/2015..... 90
- Figura 4. Esquema de área experimental localizada na Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas, BA. 2015..... 91
- Figura 5. Esquema de fracionamento das substâncias húmicas. Adaptado de Schinitzer e Khan (1972) e Stevenson (1982), por Mendonça e Matos (2005)..... 93
- Figura 6. Teores de nitrato (NO_3^-) em função da frequência de aplicação nas profundidades de 0-0,30 m e 0,30 - 0,60 m. Letras maiúsculas mostram significância para concentração de nitrato em cada profundidade, dentro de cada frequência; letras minúsculas, as concentrações de nitrato de cada frequência na mesma profundidade. Cruz das Almas, BA. 2015..... 96
- Figura 7. Distribuição da matéria orgânica no solo nas frequências de aplicação (F1, F2 e F3) dentro das concentrações de produto a base de SH na profundidade de 0-0,30m. Médias com letras iguais dentro de cada frequência não diferem entre si. Cruz das Almas, BA. 2015. 97
- Figura 8. Distribuição de H + Al no solo nas frequências de aplicação (F1, F2 e F3) dentro das concentrações de produto a base de SH na profundidade de 0- 0,30m. Médias com letras iguais dentro de cada frequência não diferem entre si. Cruz das Almas, BA. 2015. 98
- Figura 9. Teores do íon sódio (Na) na solução do solo, em função das profundidades de 0-0,30 m e 0,30 - 0,60 m sob a aplicação de produtos à base de substâncias húmicas e concentrações de 0, 10,15 e 23 ml L⁻¹. Cruz das Almas, BA. 2015 99
- Figura 10. Teores dos íons potássio (K) (A) e sódio (Na) (B) em função da frequência de aplicação F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias) sob a aplicação de produtos à base de substâncias húmicas e concentrações 0, 10, 15 e 23 ml L⁻¹. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si em pelo teste de tukey. Cruz das Almas, BA. 2015. 100
- Figura 11. Distribuição da condutividade elétrica (CE) em função da profundidade (A) e das frequências de aplicação (B). Cruz das Almas, BA. 2015. 101

Figura 12. Porosidade total ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (A) e macroporosidade ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (B) em função das concentrações de substâncias húmicas (0 mL L^{-1} , 10 mL L^{-1} , 15 mL L^{-1} , 23 mL L^{-1}). Cruz das Almas, BA. 2015.	106
Figura 13. Estabilidade de agregados via seca (A) e diâmetro médio ponderado (B) nas frequências de aplicação do produto à base de substância húmica. Cruz das Almas, BA. 2015.	108
Figura 14. Porcentagem da estabilidade de agregados via úmida e via seca em função das concentrações de substâncias húmicas (0 mL L^{-1} , 10 mL L^{-1} , 15 mL L^{-1} , 23 mL L^{-1}). Cruz das Almas, BA. 2015.	109
Figura 15. Curva de retenção de água do solo na frequência 1 (15 dias), frequência 2 (30 dias) e frequência 3 (45 dias) nas profundidade de 0-0,30 m. Cruz das Almas, BA. 2015.	110

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental na implantação referente à profundidade de 0 - 0,30 e 0,30 - 0,60 m. Cruz das Almas, BA. 2018	86
Tabela 2. Atributos físico-químicos da água de irrigação na implantação do experimento análise realizada no laboratório de controle de água e alimentos – LCQ – UESB. Cruz das Almas, BA, 2018.	88
Tabela 3. Dose e frequência de aplicação de fertilizantes administrados durante o ciclo de produção da bananeira. Cruz das Almas, BA. 2015	91
Tabela 4. Teor de carbono ($CO_{FAF,FAH}$ ($g\ kg^{-1}$)) no produto CodaHumus, nas concentrações de 10, 15 e 23 $ml\ L^{-1}$	93
Tabela 5. Quadrados médios para variáveis dependentes: nitrato ($mg\ L^{-1}$), potássio ($cmolc\ kg^{-1}$), sódio ($cmolc\ kg^{-1}$) e condutividade elétrica ($ds\ m^{-1}$) da solução do solo nas profundidades de 0 - 0,30 m e 0,30 – 0,60 m sob aplicação de substâncias húmicas em diferentes concentrações e frequências de aplicação. Cruz das Almas, BA. 2015.	95
Tabela 6. Teor de sódio (Na) nas concentrações de produto à base de SH nas profundidades de 0-0,30 e 0,30-0,60 m. Cruz das Almas, BA.2015.	98
Tabela 7. Média dos atributos químicos do solo no final do experimento em função da frequência e concentrações da SH aplicadas na profundidade de 0–0,30m. Cruz das Almas, BA. 2015.	103
Tabela 8. Quadrado médio dos atributos físicos do solo: porosidade total (PT), Macroporosidade (MaP), Microporosidade (MiP), densidade do solo (Ds)) e condutividade hidráulica saturado (K0), cultivado com bananeira “BRS Princesa, na profundidade de 0-0,30m. Cruz das Almas, BA. 2015.	105
Tabela 9. Quadrado médio, coeficiente de variação (CV) para variáveis dependentes: estabilidade de agregado vias úmida e seca, e diâmetro médio ponderado (DMP) vias úmida e seca d, nas profundidades de 0-0,30 m e 0,30–0,60 m, sob aplicação de substâncias húmicas em diferentes concentrações e frequências de aplicação. Cruz das Almas, BA. 2015.	107
Tabela 10. Valores de quadrado médio de variáveis na colheita da bananeira cv. BRS Princesa, fertirrigada por microaspersão com diferentes frequências e concentrações de substâncias húmicas. Cruz das Almas, BA. 2015.	111

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	85
2. OBJETIVO GERAL	86
3. MATERIAL E MÉTODOS	86
3.1. Irrigação e fertirrigação	87
3.2. Análises químicas	92
3.3. Análises físicas	93
3.4. Produtividade da cultura da bananeira	94
3.5. Análise estatística	94
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
4.1. Efeito da aplicação de substâncias húmicas na condutividade elétrica e nas concentrações de K, NO₃ e Na da solução do solo.	94
4.2. Efeito da aplicação de substâncias húmicas em atributos químicos do solo.	102
4.3. Efeito da aplicação de substâncias húmicas em atributos físicos do solo.	104
4.4. Efeito da aplicação de substâncias húmicas na produtividade da bananeira.	111
5. CONCLUSÕES	112
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	113

1. INTRODUÇÃO

Os produtos húmicos estão comercialmente disponíveis há várias décadas e têm sido aplicados em sistema de cultivo orgânico e mineral para aumentar o crescimento e o rendimento econômico das culturas (OLK et al., 2018).

A redução no conteúdo de matéria orgânica do solo é um indicador de perda da qualidade (LARSON e PIERCE, 1994; KANG et al., 2005), pois a matéria orgânica promove o aumento da fertilidade do solo e melhoria dos atributos físico-hídricos (BRONICK e LAL, 2005; KAISER et al., 2008) e biológicos (HARGREAVES et al., 2003).

As substâncias húmicas (SH) são os principais constituintes da matéria orgânica do solo, apresentando características de um condicionador de solo. A aplicação de produtos orgânicos na agricultura é importante pela diversidade dos nutrientes minerais e pela sua ação positiva como ativador enzimático do metabolismo vegetal (SILVA & MENDONÇA, 2007). O efeito da aplicação das (SH) não pode ser facilmente explicado devido à natureza complexa dessas substâncias. É possível que as SH possam exercer inúmeros efeitos nas funções da planta e nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, podendo resultar direta ou indiretamente na regulação da adsorção de íons (ABBAS et al., 2014).

Vários estudos (LIPCZYNSKA et al., 2008; GONZÁLEZ et al., 2010; HARTZ et al., 2010, PAKSOY et al., 2010; ELDARDIRY et al., 2015; ZANDONADI et al., 2014; SAADATI et al., 2014) mostraram uma dependência dos efeitos das SH às condições de cada local, indicando a necessidade de realização de avaliações específicas nas áreas de aplicação dessas substâncias.

A fertirrigação permite a aplicação das SH em uma forma líquida, o que permite o seu acesso de forma mais rápida às camadas subsuperficiais do solo. Entretanto, não se conhece a influência das doses e das concentrações dessas substâncias diluídas na água de irrigação, tanto em atributos químicos do solo como nas variáveis relacionadas ao crescimento e produção das plantas.

A falta de informações nesse contexto é grande quando se trata de recomendar a concentração e a frequência de aplicação das SH bem como seus efeitos nos atributos do solo. As informações disponíveis dizem respeito aos seus efeitos na saturação por bases e na CTC do solo (SANTOS et al., 2014).

2. OBJETIVO GERAL

Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de SH (a base Leornadita) via fertirrigação por microaspersão em diferentes frequências e concentrações em atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo Distrocoeso e nas variáveis de produtividade da bananeira cultivar BRS Princesa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, situada em Cruz das Almas, Bahia, a 12° 40'19" de latitude Sul 39° 06' 22" de longitude Oeste. O clima da região é uma transição entre os tipos Am e Aw, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger. A localidade possui registros médios anuais, dos últimos cinco anos (2010-2015), coletados da estação meteorológica automática da Embrapa Mandioca e Fruticultura, de temperatura máxima, mínima e média da ordem de 29,0; 20,8 e 23,9 °C, respectivamente, e de umidade relativa do ar e pluviosidade da ordem de 82,8 % e 1069 mm ano⁻¹, respectivamente.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso (SOUZA & SOUZA, 2001); possui classificação textural franco-argiloarenoso (641 g kg⁻¹ areia, 85 g kg⁻¹ silte, 274 g kg⁻¹ argila) e atributos químicos na implantação do experimento conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental na implantação referente à profundidade de 0 - 0,30 e 0,30 - 0,60 m. Cruz das Almas, BA. 2018

Prof.(m)	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	Cmol _c dm ⁻³			SB	CTC	V %	M.O g dm ⁻³
							H+Al	Na					
0-0,30	5,41	8	47	1,9	0,8	0,1	2,50	0,040	2,86	5,36	53	11,3	
0,30-0,60	5,26	5	36	1,2	0,8	0,1	2,70	0,040	2,13	4,83	44	9,6	

*Prof.: (profundidade)

A cultura estudada foi a bananeira (*Musa sp.*) cultivar BRS Princesa (Figura 3), plantada em agosto de 2014 numa densidade de plantio de 1600 plantas há⁻¹, espaçadas de 2,0 x 2,5 m.



Figura 1. Visão geral da área experimental em diferentes estágios de desenvolvimento da bananeira cv. Princesa: A (6 meses); B (9 meses); C (10 meses); D (12 meses). Cruz das Almas, BA. 2014-2015.

3.1. Irrigação e fertirrigação

A água de irrigação provem de um reservatório situado na Embrapa Mandioca e Fruticultura e foi aduzida até a área experimental por um sistema de bombeamento e de filtros de areia e de discos. A sua análise físico-química da água de irrigação está detalhada na tabela 2.

Tabela 2. Atributos físico-químicos da água de irrigação na implantação do experimento análise realizada no laboratório de controle de água e alimentos – LCQ – UESB. Cruz das Almas, BA, 2018.

Parâmetros Analisados	Unidade	Resultado
Condutividade elétrica (CE)	dS m ⁻¹	0,65
Cálcio (Ca ⁺⁺)	mg L ⁻¹	28,00
Magnésio (Mg ⁺⁺)	mg L ⁻¹	17,00
Potássio (K ⁺)	mg L ⁻¹	0,80
Sódio (Na ⁺)	mg L ⁻¹	100,00
Potencial de hidrogênio (pH)	-	7,60
Razão de Adsorção de Sódio (RAS)	-	3,60
Dureza total (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	140,00
Classificação da água para irrigação (USSL)	-	C ₂ S ₁

O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, com um emissor autocompensante de vazão média de 53 L h⁻¹, com raio de ação de cerca de 2,15 metros para cada grupo de quatro plantas. O sistema de injeção de fertilizantes foi instalado em paralelo à rede hidráulica, sendo composto por uma bomba injetora desmontável, do tipo pistão de vazão, regulável até 60 L h⁻¹ e um conjunto de registros de gaveta que permitia o controle da fertirrigação.

Foram instalados dois extratores de cápsula de cerâmica porosa, à distância de 0,30 m de uma das plantas úteis, em direção ao emissor de irrigação nas profundidades de 0,30 e 0,60 m, juntamente com as sondas de TDR (Figura 2).

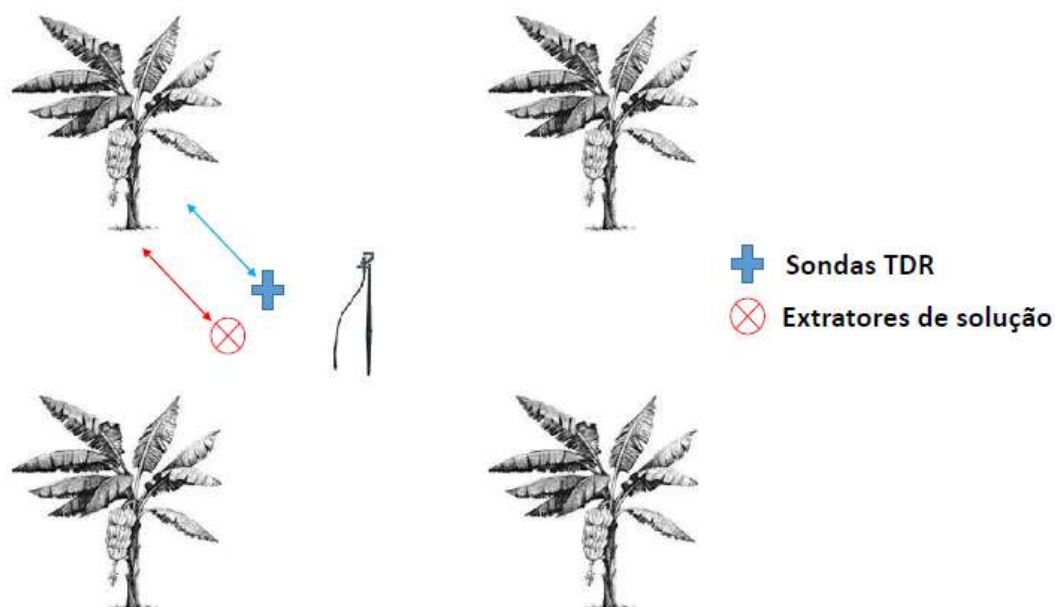


Figura 2. Esquema da disposição das sondas de TDR e extratores de solução amostras na área experimental.

A reposição de água entre irrigações foi com base na evapotranspiração da cultura (ET_c). A ET_c foi determinada pela multiplicação da evapotranspiração de referência (ET_0) pelo coeficiente cultural (K_c). A ET_0 foi calculada por meio da metodologia Penman-Monteith proposta por Allen et al. (1996) e o K_c adotado foi o descrito por Coelho et al. (2006), considerando os diferentes estágios fenológicos ou de desenvolvimento da bananeira. Na Figura 3 é verificada a evapotranspiração diária da cultura, considerando-se o K_c do pomar estabelecido de 1,1.

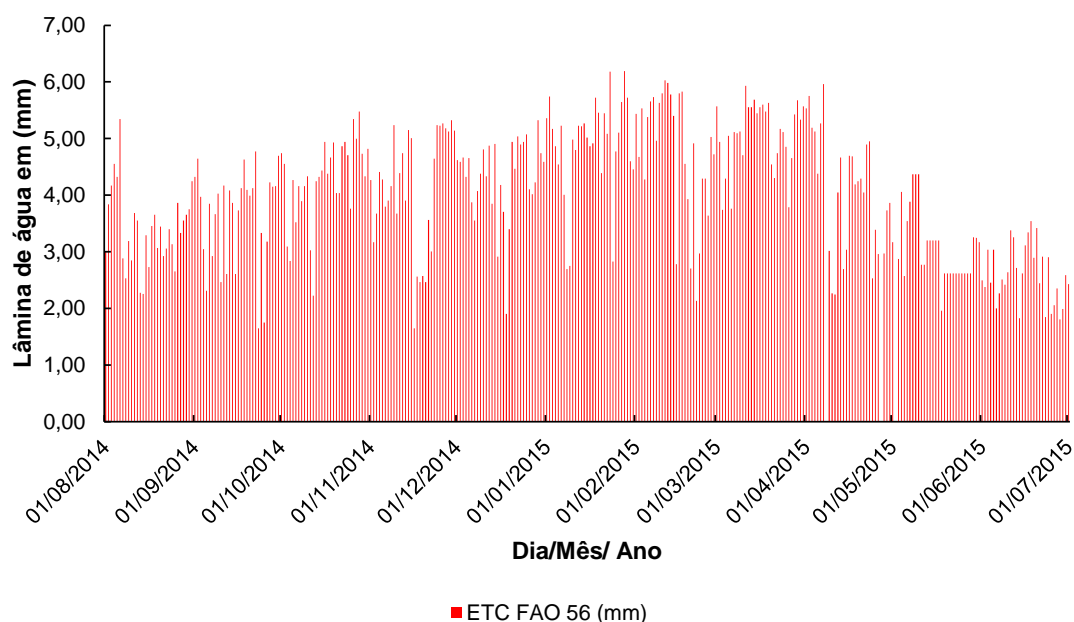


Figura 3. Comportamento diário da evapotranspiração diária da cultura durante a condução do experimento. Cruz das Almas, BA. Agosto/2014 a Julho/2015.

Fertirrigação

Parte orgânica - A fonte dos ácidos húmicos e fúlvicos foi um produto comercial à base de SH extraídas do mineral leonardita com densidade de $1,115 \text{ g L}^{-1}$ e composição química: ácidos fúlvicos ($113,73 \text{ g L}^{-1}$), ácidos húmicos ($111,5 \text{ g L}^{-1}$), carbono orgânico total ($130,45 \text{ g L}^{-1}$) e nitrogênio solúvel em água ($33,45 \text{ g L}^{-1}$). A dose aplicada do produto à base de SH durante o ciclo foi da ordem de 100 L ha^{-1} . O produto foi aplicado via fertirrigação sendo utilizadas três frequências de aplicação: F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias) e quatro concentrações de injeção: C1 (0 ml L^{-1}), C2 (10 ml L^{-1}), C3 (15 ml L^{-1}) e C4 (23 ml L^{-1}).

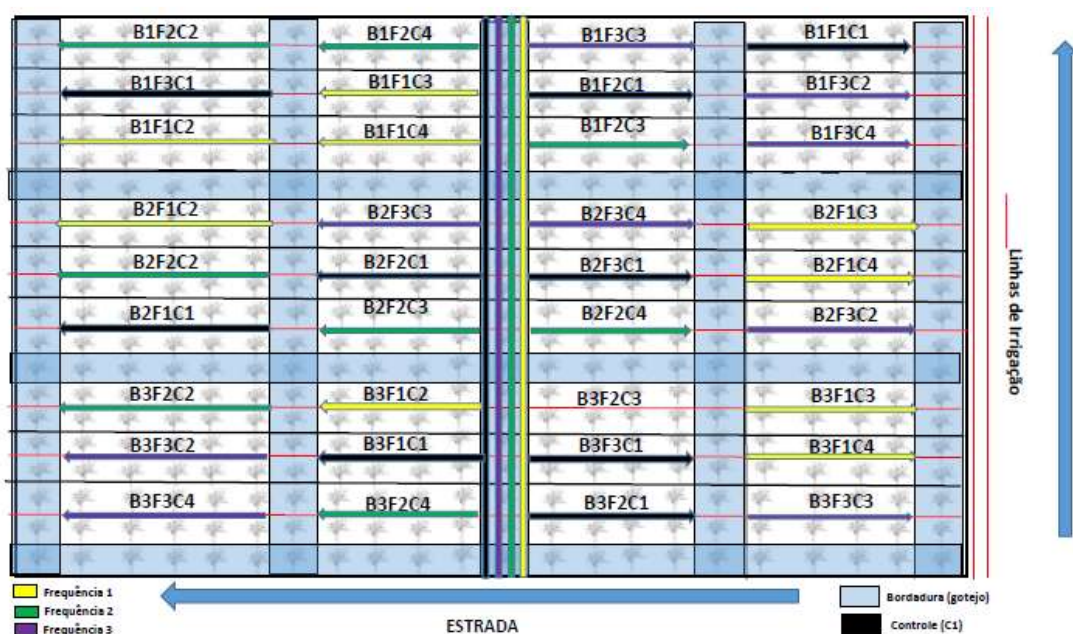
Parte mineral – Foram ministradas doses semanais de nitrogênio e potássio, na forma de uréia e cloreto de potássio (KCl), respectivamente, e a cada três meses doses de fósforo, por meio da dissolução de monoamônio fosfato (MAP) verificados na tabela 3.

Tabela 3. Dose e frequência de aplicação de fertilizantes administrados durante o ciclo de produção da bananeira. Cruz das Almas, BA. 2015

Fonte (Fertilizante)	Nutriente (Elemento)	Concentração (g kg ⁻¹)	Frequência (Intervalo)	Quantidade de fertilizantes
				(kg ha ⁻¹ ciclo ⁻¹)
Ureia	N	450	Semanal	445
MAP	P ₂ O ₅	480	Trimestral	150
KCl	K ₂ O	500	Semanal	600

Delimitação experimental

O delineamento experimental (Figura 4) foi o de blocos casualizados (DBC) com três repetições em esquema de parcelas subdivididas com três (frequências de aplicação) x quatro (concentrações de SH) x duas profundidades.



Parcelas experimentais: Blocos (B1, B2 e B3), Frequências de aplicação (F1, F2 e F3); Concentrações (C1, C2, C3 e C4)

Figura 4. Esquema de área experimental localizada na Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas, BA. 2015.

3.2. Análises químicas

As análises dos atributos químicos do solo determinaram as concentrações dos nutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), sódio (Na), acidez potencial (H + Al), e o cálculo da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e determinar o teor de matéria orgânica (TEIXEIRA et al. 2017). Para as variáveis de solução do solo a concentração de nitrato (NO_3^-) foi obtida com uso de um kit específico de determinação rápida (Card Horiba), conforme Coelho et al. (2014; as variáveis sódio, potássio e condutividade elétrica segundo Teixeira et al. (2017).

O fracionamento químico quantitativo das SH foi realizado com base na solubilidade em meio ácido e alcalino (Tabela 4.). A determinação quantitativa de carbono nos extratos das diferentes frações e no solo (COT) foi feita em função de ajuste da metodologia de Mendonça e Matos (2005).

A avaliação do teor de carbono orgânico presente no produto foi diluída em 200 ml de água destilada e tirada uma alíquota de 10 ml, já as amostras do reservatório foram diluídas em 25 ml e retirada uma alíquota de 10 ml, sendo uma adequação da metodologia de Mendonça e Matos (2005). As amostras foram diluídas para a realização do fracionamento químico das SH conforme metodologia esquematizada na figura 5. As SH foram extraídas segundo o método da solubilização em meio básico, de acordo com Mendonça e Matos (2005) utilizando-se amostras diluídas de produto a base de SH, nas quais foram adicionados 10 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($0,167 \text{ mol L}^{-1}$), acrescidos 10 ml de H_2SO_4 e depois aquecidas.

Baseando-se na solubilidade diferencial em soluções ácidas ou alcalinas, foram obtidas três frações distintas: os ácidos húmicos (AH), solúvel em álcali e insolúvel em ácido; os ácidos fúlvicos (AF), solúveis em álcali e ácido e a humina (HUM), insolúvel em ambos. Conforme resultados expressos na tabela 4.

Tabela 4. Teor de carbono ($CO_{FAF,FAH}$ ($g\ kg^{-1}$)) no produto CodaHumus, nas concentrações de 10, 15 e 23 $ml\ L^{-1}$.

Teor de carbono ($CO_{FAF,FAH}$ ($g\ kg^{-1}$))		
Concentração ($ml\ L^{-1}$)	Reservatório	Microaspersor
C2 (10)	442,06	29,33
C3(15)	939,38	37,58
C4 (23)	1156,15	57,73
Produto (Coda Humus)	2514,00	

As análises químicas foram separadas e avaliadas em solução do solo com DBC em esquema de parcela subdividida, e a parte química do solo o desdobramento foi em DBC composto por 12 tratamentos (F1C1; F1C2, F1C3, F1C4, F2C1; F2C2, F2C3, F2C4, F3C1; F3C2, F3C3, F3C4), agrupados pelo do teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

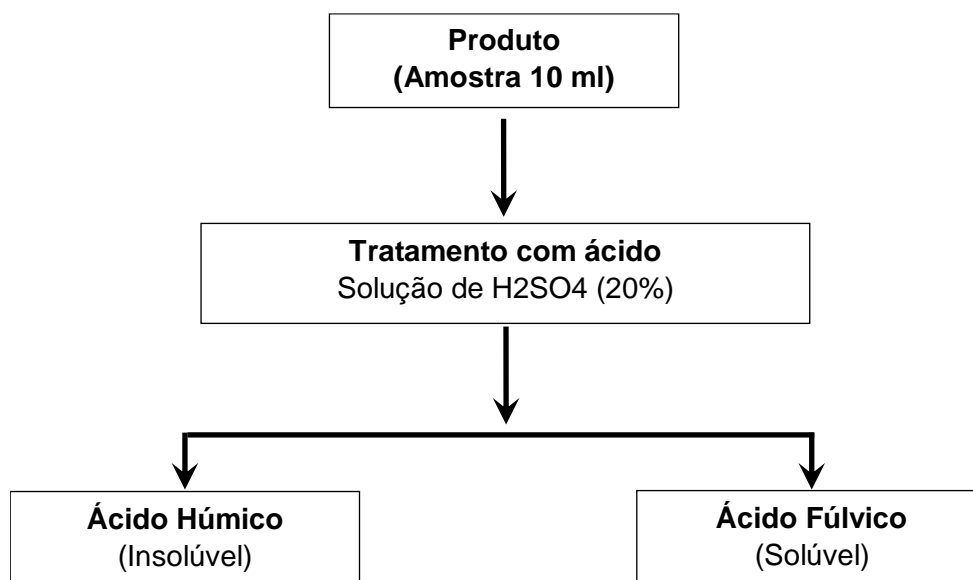


Figura 5. Esquema de fracionamento das substâncias húmicas. Adaptado de Schinitzer e Khan (1972) e Stevenson (1982), por Mendonça e Matos (2005).

3.3. Análises físicas

As variáveis físicas para verificar o efeito das substâncias húmicas (SH) nos atributos físico-hídricos do solo foram: porosidade total, macroporosidade e microporosidade (DANIELSON e SUTHERLAND, 1986); densidade do solo, (BLAKE e HARTAGE, 1986); estabilidade de agregado e diâmetro médio ponderado (DMP)

(KREMPER e ROSENAU, 1986); curva de retenção de água (CRA). (TEIXEIRA et al. 2017). O delineamento estatístico utilizado para as análises físicas do solo foi em bloco casualizado (DBC) em esquema de parcelas sub subdividas, com frequência de aplicação nas parcelas e concentrações de SH nas subparcelas e profundidades nas sub subparcelas.

3.4. Produtividade da cultura da bananeira

Durante o primeiro ciclo na colheita para quantificar a produção, foram avaliados a massa do cacho de banana (PCB); massa das pencas (PPC); massa do engaço (PEC); número de pencas por cacho (NPC); número de frutos por cacho (NFC); comprimento (CFM) e diâmetro (DFM) médio do fruto; produtividade de pencas (PP) e de cachos (PC). O PCB, PPC e PEC foram avaliados imediatamente após a colheita, com auxílio de uma balança. O comprimento e diâmetro médio do fruto foram obtidos pela avaliação do fruto mediano da segunda penca do cacho, com auxílio de uma fita métrica flexível e um paquímetro. A produtividade de pencas (PP) e de cachos (PC) foram estimados para uma densidade do plantio de 2000 plantas ha⁻¹ e os dados registrados em toneladas por hectare (t ha⁻¹).

3.5. Análise estatística

O delineamento em bloco casualizado com parcelas subdividas. Os dados serão submetidos à análise estatística descritiva clássica. Na análise estatística foi aplicado o Teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para verificar a normalidade dos dados, o F para a análise de variância e o de Tukey para a comparação de médias a 5% de probabilidade e análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da aplicação de substâncias húmicas na condutividade elétrica e nas concentrações de K, NO₃ e Na da solução do solo.

A análise de variância detectou efeito significativo da frequência de aplicação das SH nas variáveis: nitrato (NO₃⁻), potássio (K⁺) e condutividade elétrica (CE). A concentração do produto a base de SH mostrou influenciar significativamente as variáveis K⁺, Na⁺ e CE na solução do solo. No entanto, o

modelo quadrático foi o que apresentou melhor ajuste para as variáveis K⁺ (R² = 92,92%) e Na⁺ (R²= 98,60) já a condutividade elétrica não se ajustou a qualquer modelo que explicasse sua variação em função da concentração na solução solo (Tabela 5).

As profundidades mostraram interação significativa com as frequências de aplicação para a variável nitrato (NO₃⁻) e com as concentrações das SH para a variável sódio (Na⁺) (Tabela 5). Houve interação entre a frequência de aplicação e a concentração de injeção da SH influenciaram as variáveis K⁺ e Na⁺ nas condições experimentais descritas. Não foi observado efeito de qualquer interação da profundidade, frequência de aplicação e concentração da solução de injeção para a condutividade elétrica da solução do solo.

Tabela 5. Quadrados médios para variáveis dependentes: nitrato (mg L⁻¹), potássio (cmolc kg⁻¹), sódio (cmolc kg⁻¹) e condutividade elétrica (ds m⁻¹) da solução do solo nas profundidades de 0 - 0,30 m e 0,30 – 0,60 m sob aplicação de substâncias húmicas em diferentes concentrações e frequências de aplicação. Cruz das Almas, BA. 2015.

FV	GL	Quadrado Médio			
		NO ₃ ⁻	K	Na	CE (ds m ⁻¹)
Bloco	2	16859,72 ^{ns}	70,36 ^{ns}	17152,02**	36034,96 ^{ns}
Prof.	1	348612,50 [*]	285872,58 ^{**}	50193,26**	723845,12 [*]
Erro 1	2	6079,16	314,73	4,18	26155,02
Frequência	2	99372,22 [*]	69156,71 ^{**}	100222,08 ^{ns}	291102,19 ^{**}
Prof.*Freq	2	67116,66 [*]	3209,25 ^{ns}	123036,55 ^{ns}	28440,33 ^{ns}
Erro 2	8	9308,33	3266,04	29241,41	10216,36
Conc.	3	5238,42 ^{ns}	42605,64 ^{**}	100458,86 ^{**}	351721,19 ^{**}
Prof. * Conc	3	3727,31 ^{ns}	6680,71 ^{ns}	82171,50 [*]	34940,86 ^{ns}
Freq. * Conc	6	7431,48 ^{ns}	28837,30 ^{**}	69715,41 ^{**}	38560,89 ^{ns}
Prof.*Freq.*Conc.	6	19253,70 ^{ns}	34118,44 ^{**}	85853,69 ^{**}	103793,68 ^{ns}
Total	71				
CV 1(%)		25,21	11,25	0,43	20,65
CV 2(%)		31,19	36,26	35,66	12,91
CV 3(%)		34,27	44,22	28,86	30,24
Média Geral		309,30	157,62	479,48	783,11

* 5% de significância; ** 1% de significância; ns: não significativo pelo teste F.

A aplicação de SH na menor frequência de aplicação (45 dias) favoreceu uma maior concentração do nitrato na solução do solo na profundidade de 0-0,30 m (Figura 6). Porém, a frequência de 45 dias possibilitou uma maior ação do SH com as componentes do solo em função do tempo de aplicação. A menor frequência implica em maior quantidade de SH aplicada o que induziu ao aumento da teor de carbono que auxiliou na fixação e acúmulo de nitrato nas camadas superficiais, assim como na diminuição da sua adsorção mantendo maior quantidade em solução.

O aumento da matéria orgânica foi acompanhado do aumento da concentração do íon nitrato na solução do solo em função da frequência de aplicação e concentrações de SH (Figura7). Os baixos valores de H+Al é consequência do efeito do aumento da matéria orgânica decorrente da aplicação da SH. (Figura 8). As condições de acidez ocorre aumento do potencial de lixiviação das formas solúveis dos compostos, devido à baixa capacidade de adsorção (FERNANDEZ et al., 2007).

O aumento da concentração de NO_3^- na camada de 0–0,30 m na solução do solo se diferenciou em relação 0,30-0,60 em função da frequência de aplicação (Figura 6).

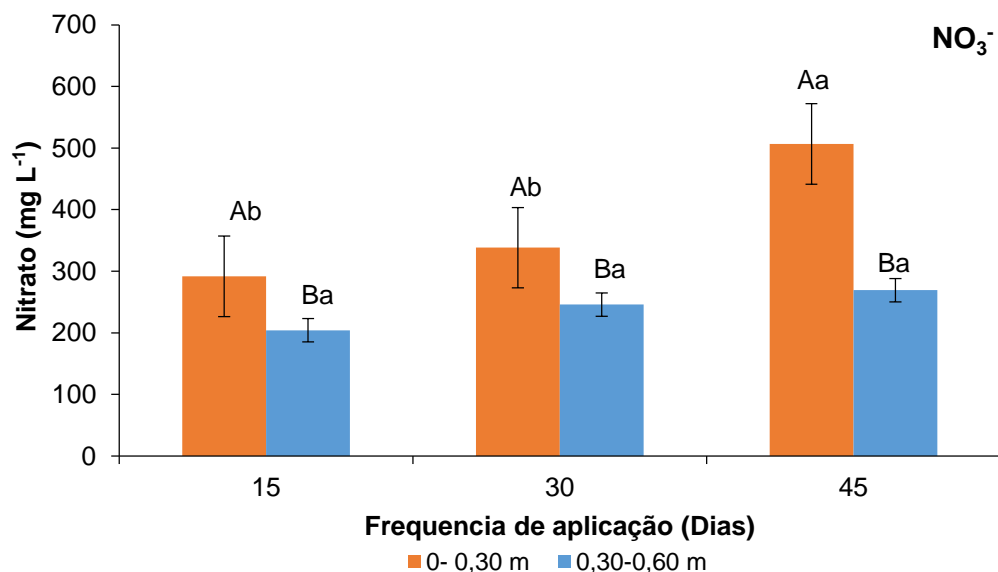


Figura 6. Teores de nitrato (NO_3^-) em função da frequência de aplicação nas profundidades de 0-0,30 m e 0,30 - 0,60 m. Letras maiúsculas mostram significância para concentração de nitrato em cada profundidade, dentro de cada frequência; letras minúsculas, as

concentrações de nitrato de cada frequência na mesma profundidade. Cruz das Almas, BA. 2015.

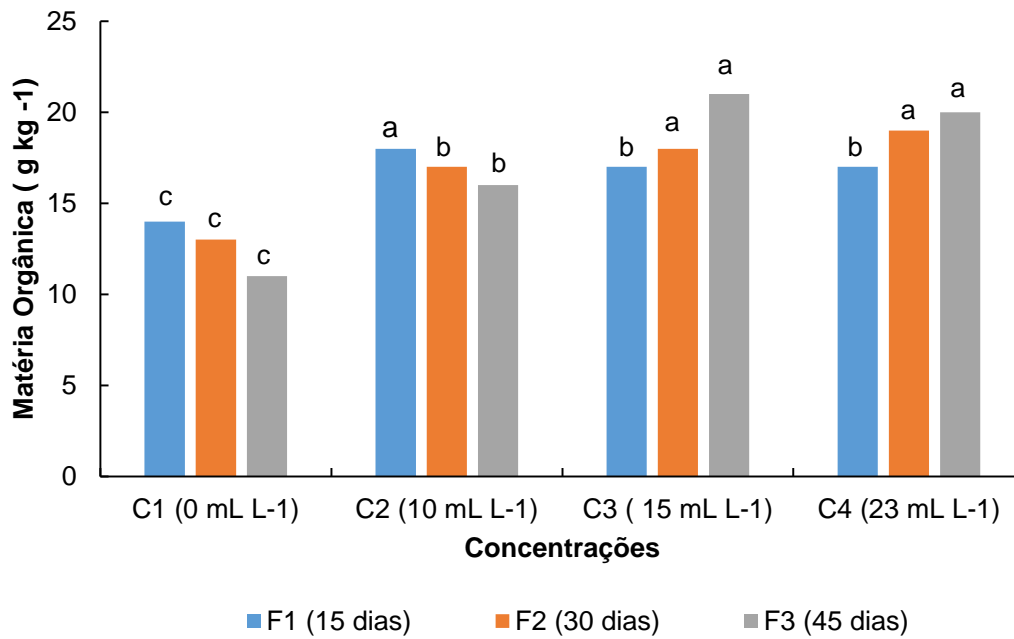


Figura 7. Distribuição da matéria orgânica no solo nas frequências de aplicação (F1, F2 e F3) dentro das concentrações de produto a base de SH na profundidade de 0- 0,30m. Médias com letras iguais dentro de cada frequência não diferem entre si. Cruz das Almas, BA. 2015.

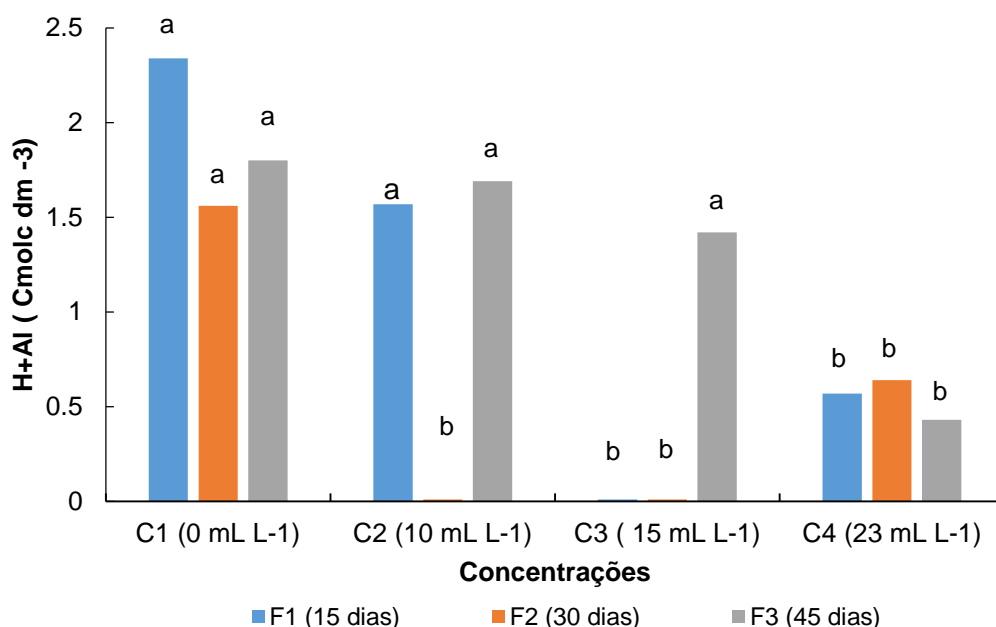


Figura 8. Distribuição de H + Al no solo nas frequências de aplicação (F1, F2 e F3) dentro das concentrações de produto a base de SH na profundidade de 0- 0,30m. Médias com letras iguais dentro de cada frequência não diferem entre si. Cruz das Almas, BA. 2015.

Na tabela 6 e na figura 9 observa-se o efeito da profundidade sobre as concentrações de SH avaliadas. Os maiores valores obtidos para o sódio foram na profundidade de 0-0,30 m (Tabela 6), porém só foram observadas diferença na profundidade de 0,30 – 0,60 m, com valor estatisticamente superior na concentração de 15 ml L⁻¹, em relação 0, 10 e 23 ml L⁻¹.

Tabela 6. Teor de sódio (Na) nas concentrações de produto à base de SH nas profundidades de 0-0,30 e 0,30-0,60 m. Cruz das Almas, BA.2015.

Concentrações (mL L ⁻¹)	Na (mg L ⁻¹)	
	0-0,30m	0,30-0,60m
0	424,7 a	387,8 a
10	597,5 a	473,8 b
15	586,8 a	616,4 a
23	514,5 a	334,4 b

Médias seguidas pela mesma à letra minúscula na linha não diferem entre si, dentro de cada concentração pelo teste de Tukey.

O uso das SH alterou a concentração de sódio na solução do solo, condicionando um aumento da mesma nas concentrações 10 e 15 ml L⁻¹ das SH com redução a partir dessa concentração (Figura 9). Essa ação se deve à

capacidade dos compostos orgânicos em adsorver bases trocáveis pela formação de complexos orgânicos e pelo desenvolvimento de cargas negativas, aumentando as concentrações de íons cátions na solução do solo, tendo em vista que o comportamento do sódio pode estar na relação entre raio iônico e raio iônico hidratado, como também à seletividade de adsorção (série liotrópica) (RAIJ et al., 2001; SILVA et al., 2011).

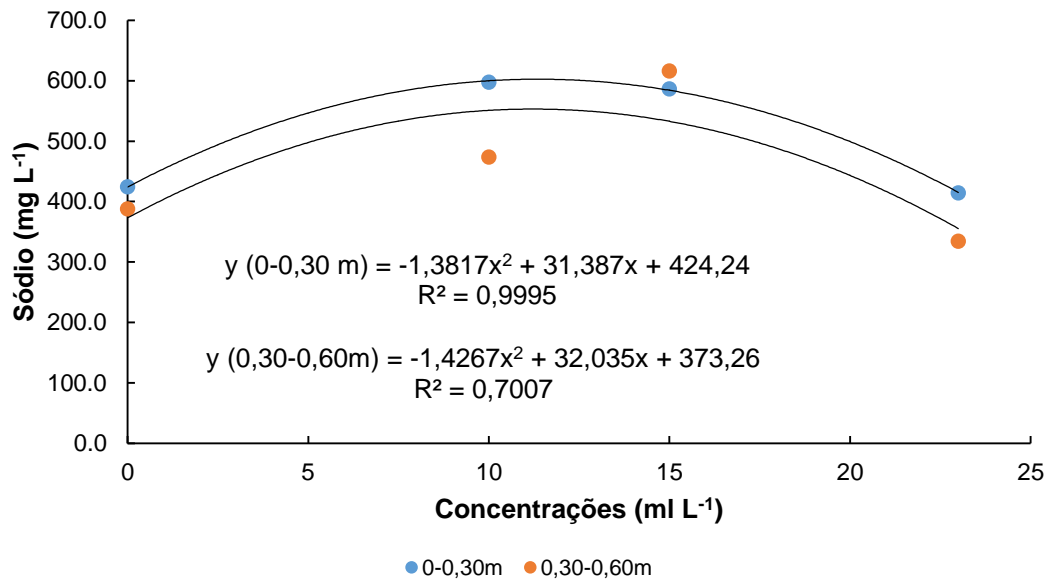


Figura 9. Teores do íon sódio (Na) na solução do solo, em função das profundidades de 0-0,30 m e 0,30 - 0,60 m sob a aplicação de produtos à base de substâncias húmicas e concentrações de 0, 10,15 e 23 ml L⁻¹. Cruz das Almas, BA. 2015.

As médias dos íons potássio e sódio na solução do solo foram influenciadas pelo efeito da interação da frequência de aplicação e da concentração das SH (Tabela 5). A aplicação das SH afetou significativamente a concentração do íon potássio na solução do solo onde as maiores médias ocorreram para as concentrações de 10 e 15 ml L⁻¹. Fixando-se as concentrações, o aumento do intervalo entre aplicações induziu a um aumento da concentração do íon potássio (Figura 10 A). A figura 10 B indica que nas concentrações de 15 e 23 mL L⁻¹ dentro de cada uma das concentrações não houve diferença entra as frequências de aplicação. A diferença significativa observada em 0 ml L⁻¹ pode estar relacionada com a influência da água de irrigação.

Dentro da análise de frequência em cada concentração, observa-se que os dados não mostram uma tendência a uma regressão significativa entre os tratamentos em função da concentração de produto à base de SH.

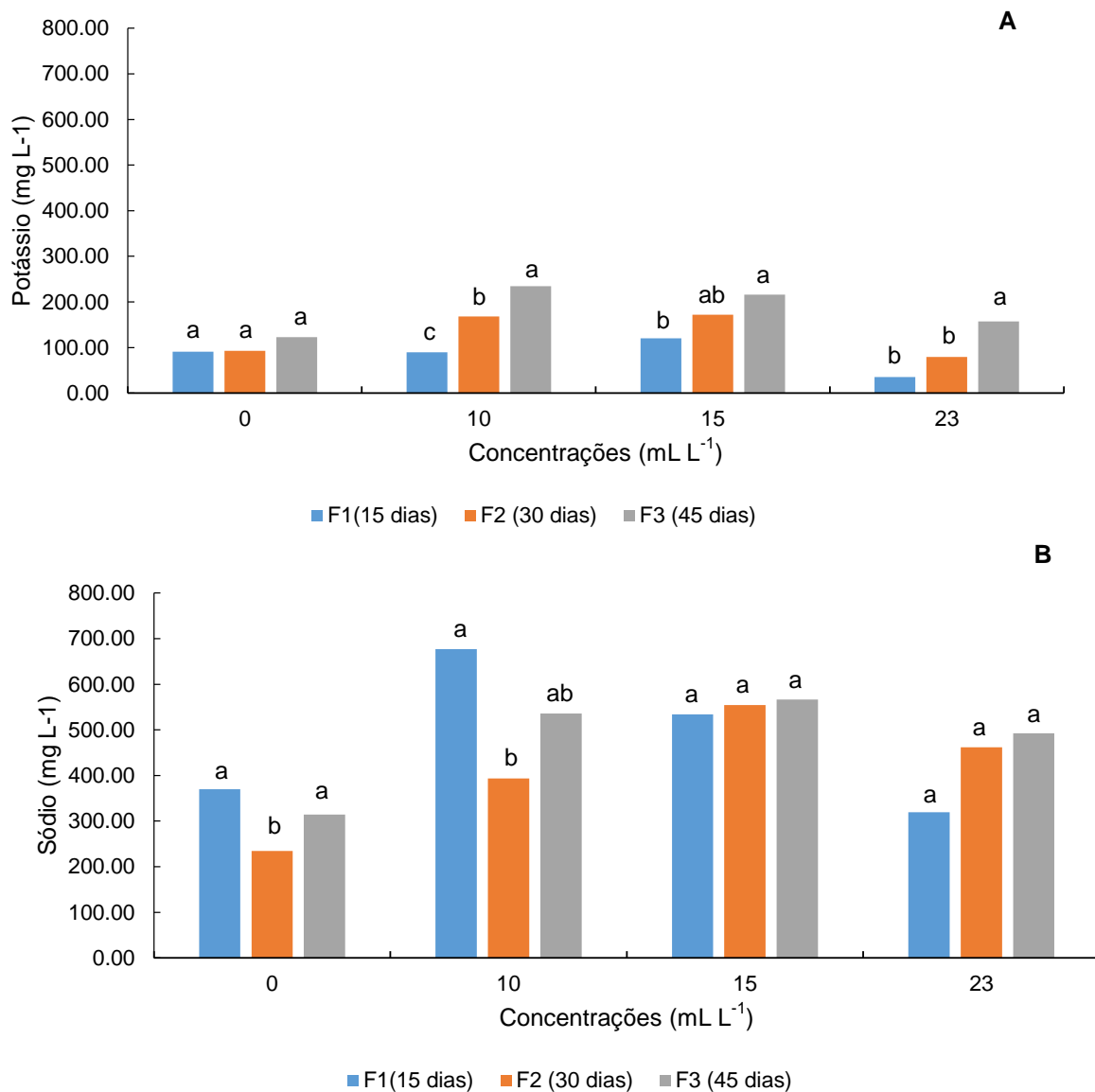


Figura 10. Teores dos íons potássio (K) (A) e sódio (Na) (B) em função da frequência de aplicação F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias) sob a aplicação de produtos à base de substâncias húmicas e concentrações 0, 10, 15 e 23 ml L⁻¹. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si em pelo teste de tukey. Cruz das Almas, BA. 2015.

De acordo com a concentração de íons na solução do solo, os dados indicaram que houve diferença entre as profundidades avaliadas para a condutividade elétrica (CE) de 0,883 dS m⁻¹ para 0,30 m e 0,683 dS m⁻¹ para 0,60 m (Figura 11 A). A frequência de aplicação alterou a condutividade elétrica da solução

do solo, onde a F3 (45 dias) com um valor de CE $0,910 \text{ dS m}^{-1}$ foi superior à F1 (15 dias) e à F2 (30 dias) com valores de $0,709$ e $0,731 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente (Figura 11 B). Esses valores foram menores que os obtidos por Eldardiry et al. (2015) que obteve $1,69 \text{ dSm}^{-1}$ utilizando produto à base de SH onde observa-se que a aplicação de SH pode aumentar os valores da CE em 13,7 e 18,0 % em função da frequência de aplicação em relação ao controle.

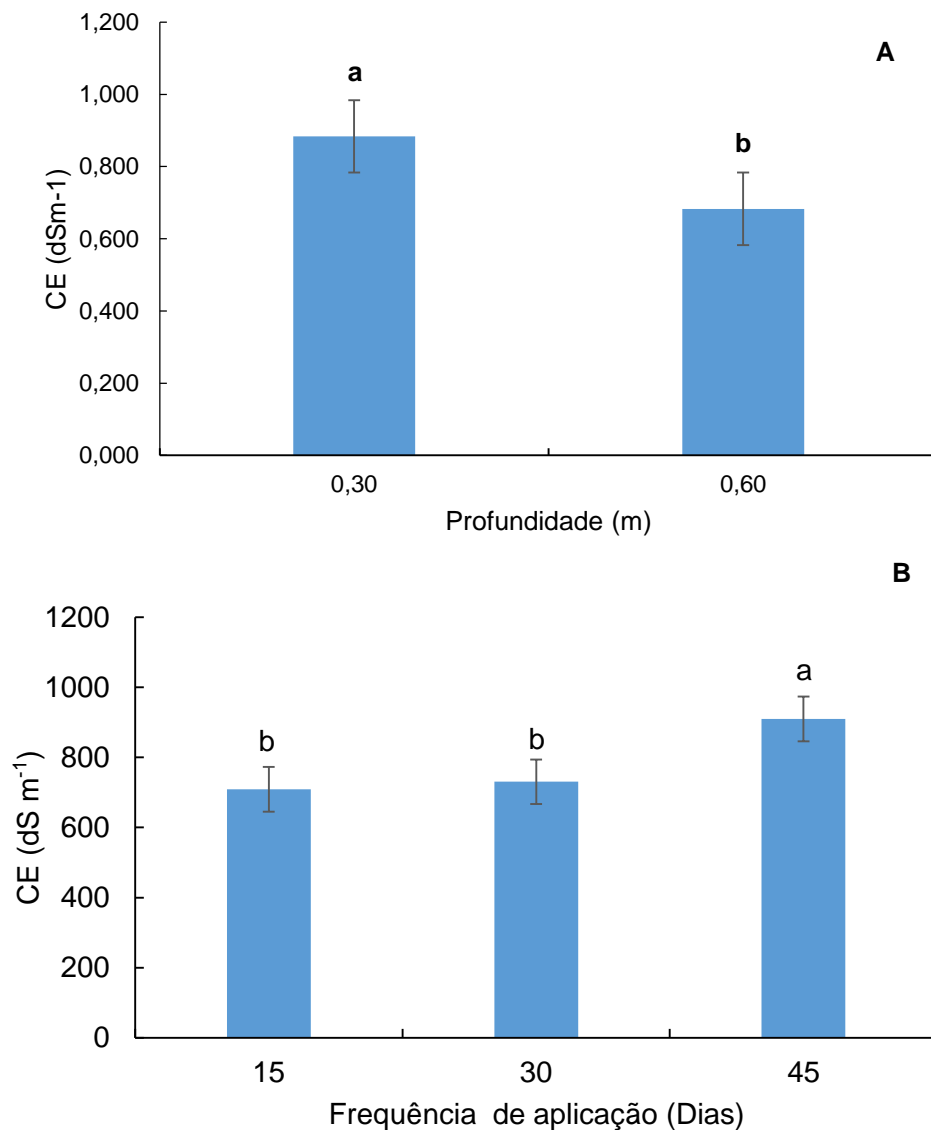


Figura 11. Distribuição da condutividade elétrica (CE) em função da profundidade (A) e das frequências de aplicação (B). Cruz das Almas, BA. 2015.

4.2. Efeito da aplicação de substâncias húmicas em atributos químicos do solo.

A realização do experimento no campo mostrou influência da aplicação de sobre os atributos químicos (macronutrientes (K, Ca, Mg, P), pH (em H₂O), CTC, saturação por base (V%), M. O.S), porém esse comportamento pode variar de acordo com o tipo e concentração do produto à base de SH (MUSCOLO et al., 2007; NARDI et al., 2009). Não foi possível pela ANAVA detectar diferenças nas médias para as variáveis Ca (cálcio), Mg (Magnésio) e Ca+Mg (Tabela 7). Dentre os tratamentos analisados, a frequência de aplicação de 30 dias (F2) nas concentrações de 15 ml L⁻¹ (C3) dentro do sistema de microaspersão apresentaram níveis mais elevados para os atributos químicos avaliados. Com relação aos macronutrientes, seu efeito aumentou a concentração de íons mostrando diferença estatística significativa dos tratamentos em relação ao controle. A aplicação de SH resultou maiores valores para as variáveis fósforo (P), saturação por base (V%), CTC e pH (em H₂O) (Tabela 7) superiores aos obtidos no controle (C1), o que nos leva a inferir que as SH aumentam a capacidade adsorptiva dos solos em comparação ao controle. De acordo com Andrade (2005) e Afif et al. (1995) a ocupação dos sítios de adsorção de P no solo por ácidos húmicos e fúlvicos promoveu uma maior concentração de fosforo no solo.

Esse resultado assemelha-se aos obtidos por Lopez Hernandez et al. (1986), Morelli e Bortoluzzi (1992) e Violante e Gianfreda (1993), os quais observaram a máxima adsorção quando ácido orgânico e fosfato foram aplicados juntos.

Os resultados demonstram que as SH atuam como agente condicionador químico do solo, tendo em vista que os ácidos húmicos consistem de grupos reativos que têm a capacidade de captura de cátions, influenciando positivamente na adsorção e incrementando assim a CTC, além das melhorias na fertilidade do solo e na manutenção do equilíbrio entre o solo e os nutrientes (SELIM et al., 2009; DEMIRSOY et al., 2012; MEMON et al., 2012).

Tabela 7. Média dos atributos químicos do solo no final do experimento em função da frequência e concentrações da SH aplicadas na profundidade de 0–0,30m. Cruz das Almas, BA. 2015.

TRAT	pH	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	H+Al	SB	CTC	V %	M.O
	(H ₂ O)	mg dm ⁻³									g kg ⁻¹
F1C1	4,55 c	16 c	0,34 b	2,03 a	1,06 a	0,29 a	2,34 a	3,71 b	4,06 b	61 c	14 c
F1C2	6,7 a	30 a	0,28 b	2,65 a	1,37 a	0,16 b	1,57 a	4,47 a	6,04 a	74 b	18 a
F1C3	7,05 a	39 a	0,31 b	3,08 a	1,67 a	0,29 a	0,00 b	5,38 a	5,95 a	71 b	17 b
F1C4	6,95 a	22 c	0,23 b	2,69 a	1,36 a	0,24 a	0,57 b	4,53 a	5,10 a	100 a	17 b
F2C1	4,9 c	11 c	0,31 b	3,27 a	1,58 a	0,30 a	1,56 a	3,86 b	4,15 b	63 c	13 c
F2C2	7,45 a	16 b	0,71 a	2,93 a	1,20 a	0,07 c	0,00 b	4,81 a	6,81 a	100 a	17 b
F2C3	6,55 a	41 a	0,63 a	3,02 a	1,36 a	0,28 a	0,00 b	4,96 a	5,52 a	97 a	18 a
F2C4	6,75 a	25 b	0,31 b	2,87 a	1,35 a	0,26 a	0,64 b	4,80 a	5,44 a	91 a	19 a
F3C1	4,45 b	10 c	0,33 b	2,59 a	1,25 a	0,22 a	1,80 a	3,35 b	4,42 b	66 c	11 c
F3C2	6,6 a	28 b	0,33 b	2,54 a	1,30 a	0,22 a	1,69 a	4,44 a	6,14 a	73 b	16 b
F3C3	6,65 a	19 c	0,42 b	2,66 a	1,27 a	0,24 a	1,42 a	4,63 a	6,04 a	77 b	21 a
F3C4	6,85 a	39 a	0,37 b	2,63 a	1,39 a	0,29 a	0,43 b	4,69 a	5,12 a	93 a	20 a

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade.

Vários estudos relataram possíveis relações entre os efeitos da leonardita no crescimento das plantas e sua capacidade de melhorar a adsorção e a disponibilidade de nutrientes. Tal distinção pode estar relacionada com a CTC, uma vez que a densidade de cargas dos ácidos fúlvicos varia de 900 a 1400 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e dos ácidos húmicos varia de 500 a 870 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, aumentando a adsorção de nutrientes (STEVENSON, 1994; AGUIRRE et al., 2009; CARLETTI et al., 2010; TAHIRI et al., 2015).

Isso sugere que os maiores valores de soma de bases (SB) e P disponível são devidos ao processo de adsorção de nutrientes favorecidos pela presença das SH, semelhante ao obtido por Mahmoud et al. (2009b) e Abbas et al. (2014), onde a aplicação de compostos húmicos aumentou o teor de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo no solo e influenciou significativamente o crescimento e desenvolvimento pelas plantas.

O incremento nos teores de P pode estar relacionado à maior disponibilidade desse nutriente no solo, pois as SH podem bloquear os sítios de adsorção de P pelos hidróxidos de Fe e Al, competir com os sítios de adsorção da fração mineral e disponibilizar o P adsorvido para assimilação pelas plantas (ANDRADE et al., 2003).

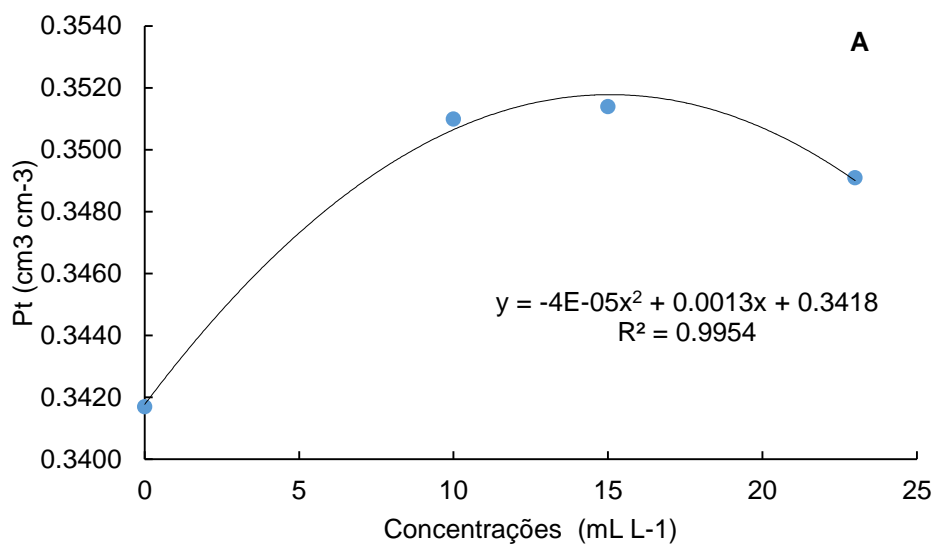
4.3. Efeito da aplicação de substâncias húmicas em atributos físicos do solo.

A análise de variância para avaliação do efeito das frequências de aplicação e das concentrações das SH dos atributos físicos do solo (Tabela 8) detectaram que a microporosidade, densidade do solo e condutividade hidráulica saturada não foram influenciadas pelas fontes de variação isoladamente ou sua interação. Houve efeito significativo da concentração das SH sobre as variáveis porosidade total e macroporosidade do solo (Figura 12 A e B), Isso significa que carbono orgânico presente no produto à base de SH exerce influência no volume da porosidade total e macroporosidade do solo.

Tabela 8. Quadrado médio dos atributos físicos do solo: porosidade total (PT), Macroporosidade (MaP), Microporosidade (MiP), densidade do solo (Ds)) e condutividade hidráulica saturado (K0), cultivado com bananeira “BRS Princesa, na profundidade de 0-0,30m. Cruz das Almas, BA. 2015.

FV	GL	Quadrado Médio				
		PT (cm ³ cm ⁻³)	MaP (cm ³ cm ⁻³)	MiP (cm ³ cm ⁻³)	Ds (g cm ⁻³)	K (mm/h)
Bloco	2	0,00397 *	0,005461**	0,000216 ^{ns}	0,02459**	17274,1 ^{ns}
Frequência	2	0,000029 ^{ns}	0,000037 ^{ns}	0,000048 ^{ns}	0,000684 ^{ns}	51,090 ^{ns}
Erro 1	4	0,000455	0,000199	0,000216	0,001294	2518,25
Concentração	3	0,001270**	0,002535**	0,000138 ^{ns}	0,006392 ^{ns}	3511,13 ^{ns}
Freq * Conc	6	0,000193 ^{ns}	0,000469 ^{ns}	0,000137 ^{ns}	0,003828 ^{ns}	881,80 ^{ns}
Erro 2	18	0,003551	0,000375	0,000106	0,002698	1496,55
Total	35					
CV 1(%)		6,12	19,34	5,37	2,21	73,79
CV 2(%)		4,03	26,56	3,77	3,20	56,88
Média Geral		0,3483	0,07286	0,2735	1,62	68,00

* 5% de significância; ** 1% de significância; ns: não significativo pelo teste F.



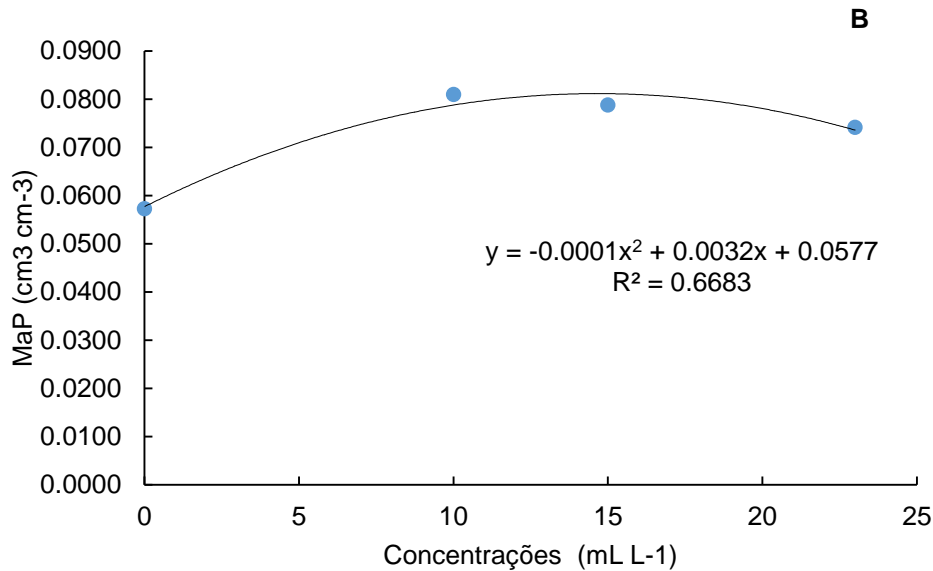


Figura 12. Porosidade total (cm³ cm⁻³) (A) e macroporosidade (cm³ cm⁻³) (B) em função das concentrações de substâncias húmicas (0 mL L⁻¹, 10 mL L⁻¹, 15 mL L⁻¹, 23 mL L⁻¹). Cruz das Almas, BA. 2015.

A frequência de aplicação influenciou a estabilidade de agregados via seca e DMP seco. Os valores médios de diâmetro médio ponderado (DMP) via seca (2,52 mm) e via úmida (2,30 mm) (Tabela 9 e Figura 12 (A e B)), estão de acordo com os valores observados por vários autores (PASSIOURA, 1991; VEPRASKAS, 1994). Já Watanabe et al (2002) estabeleceram uma faixa ideal de DMP que varia de 2,00-0,05 mm, pois quando o DMP ocorre nesta faixa o número de pontos de contato entre os agregados é maior, permitindo o aumento da porosidade do solo.

Somente foi observado efeito significativo da frequência de aplicação e da concentração de SH na relação DMP (via seca) (Tabela 9), onde resultados contrários aos obtidos por Spaccini et al. (2004) e Tejada et al. (2006), que propuseram que a incorporação de SH atuasse como materiais de cimentação que ajuda na floculação do solo e na agregação e estabilidade de solo via úmida e seca. No entanto, a melhoria depende da composição dos insumos orgânicos aplicados no solo.

Tabela 9. Quadrado médio, coeficiente de variação (CV) para variáveis dependentes: estabilidade de agregado vias úmida e seca, e diâmetro médio ponderado (DMP) vias úmida e seca d, nas profundidades de 0-0,30 m e 0,30–0,60 m, sob aplicação de substâncias húmicas em diferentes concentrações e frequências de aplicação. Cruz das Almas, BA. 2015.

FV	GL	Quadrado Médio			
		Esta. Agre. (Via Úmida)	DMP mm (Via Úmida)	Esta. Agre. (Via Seca)	DMP mm (Via Seca)
Bloco	2	959,630 ^{ns}	0,941 ^{ns}	71,738 ^{ns}	0,0654 ^{ns}
Prof.	1	262,098 ^{ns}	0,855 ^{ns}	151,641 ^{ns}	0,432 ^{ns}
Erro 1	2	84,617	0,709	65,511	0,410
Frequência	2	125,569 ^{ns}	0,515 ^{ns}	18,836*	0,411**
Prof.*Freq	2	15,206 ^{ns}	0,178 ^{ns}	1,200 ^{ns}	0,044 ^{ns}
Erro 2	8	32,761	0,166	1,960	0,007
Conc.	3	89,988*	1,774**	128,715**	0,057 ^{ns}
Prof. * Conc	3	31,163 ^{ns}	0,115 ^{ns}	125,002**	0,094 ^{ns}
Freq. * Conc	6	31,77 ^{ns}	0,217 ^{ns}	6,962 ^{ns}	0,155*
Prof.*Freq.*Conc.	6	12,419 ^{ns}	0,051 ^{ns}	2,820 ^{ns}	0,026 ^{ns}
Total	71				
CV 1(%)		10,68	33,36	8,51	27,81
CV 2(%)		6,65	16,14	1,47	3,71
CV 3(%)		6,30	14,40	3,70	9,49
Média Geral		86,10	2,30	95,05	2,52

* 5% de significância; ** 1% de significância; ns: não significativo pelo teste F.

A frequência de aplicação e a concentração de produto à base de SH podem ser considerados como fatores de interação que atuam com a matriz do solo, uma vez que a F3 (45 dias) afetou positivamente a estabilidade de agregados via seca e negativamente o DMP mm (Figura 12 A e B). Tisdall & Oades (1982) dividiram os agregados em cinco classes: > 2,0; 2,0-1,0; 1,0- 0,5; 0,5 -0,25 e < 0,25 mm), as quais se formariam sucessivamente, em cada classe, diferentes agentes orgânicos, seriam responsáveis pela estabilidade.

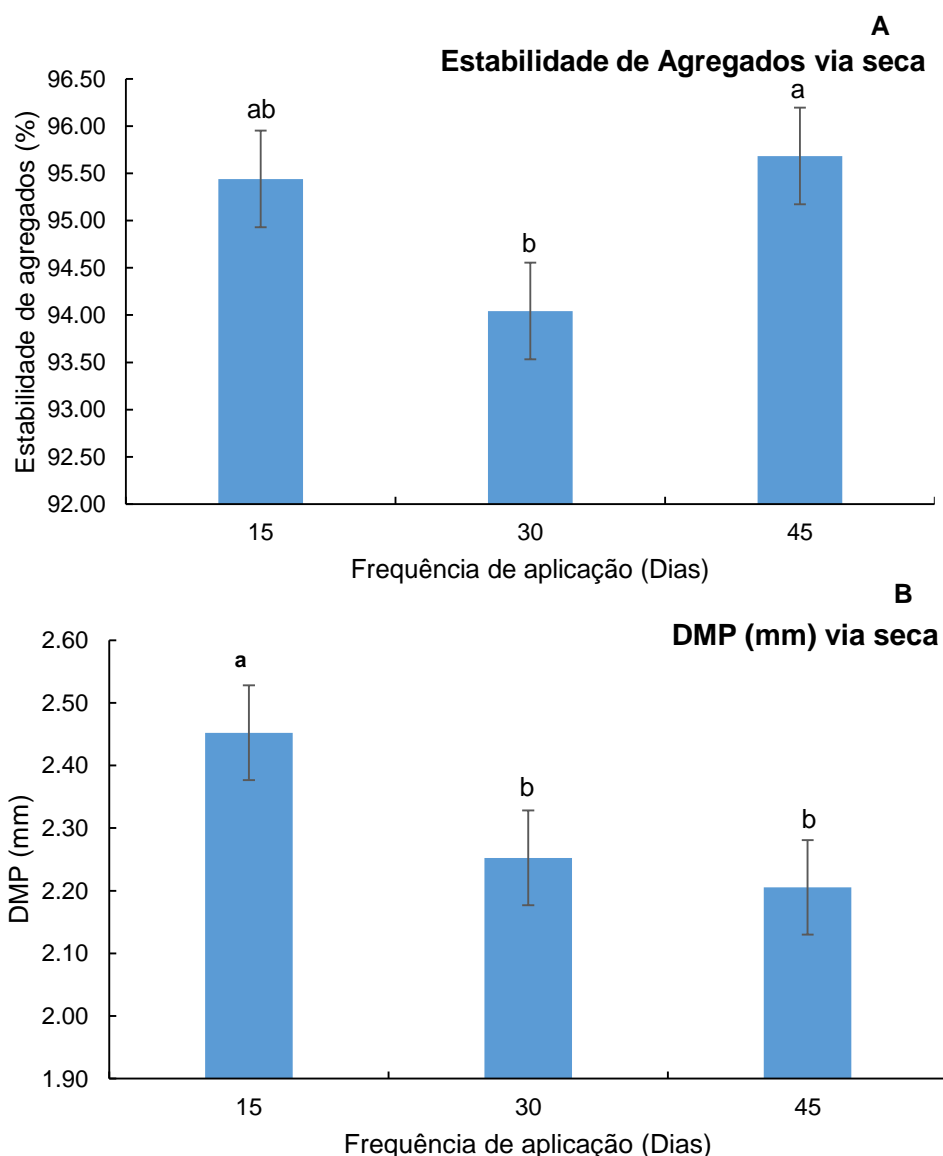


Figura 13. Estabilidade de agregados via seca (A) e diâmetro médio ponderado (B) nas frequências de aplicação do produto à base de substância húmica. Cruz das Almas, BA. 2015.

O efeito significativo da concentração de SH sobre a estabilidade via úmida, via seca e o DMP (úmido) (Figura 13) pode estar relacionado com a hidrofobização das superfícies minerais, uma vez que os componentes hidrofóbicos das moléculas húmicas recobrem os agregado, reduzindo a infiltração de água e, assim, pode aumentar a estabilidade dos macroagregados do solo. Como resultado, houve um aumento na resistência do solo ao efeito desagregante dos ciclos de umedecimento e secagem (PICCOLO et al., 1997; PLAZA et al., 2015).

O aumento da estabilidade do agregado quando submetido à ação da água, comparados com agregados de solo naturais (0 mL L⁻¹), pode ser resultado de efeitos interativos de vários fatores (Figura 13). Um desses fatores pode ser a concentração da SH (Tabela 9) que se tornam agente de ligação entre as partículas de solo mineral e, dessa forma, aumentam a estabilidade estrutural do solo (GOEBEL et al., 2011).

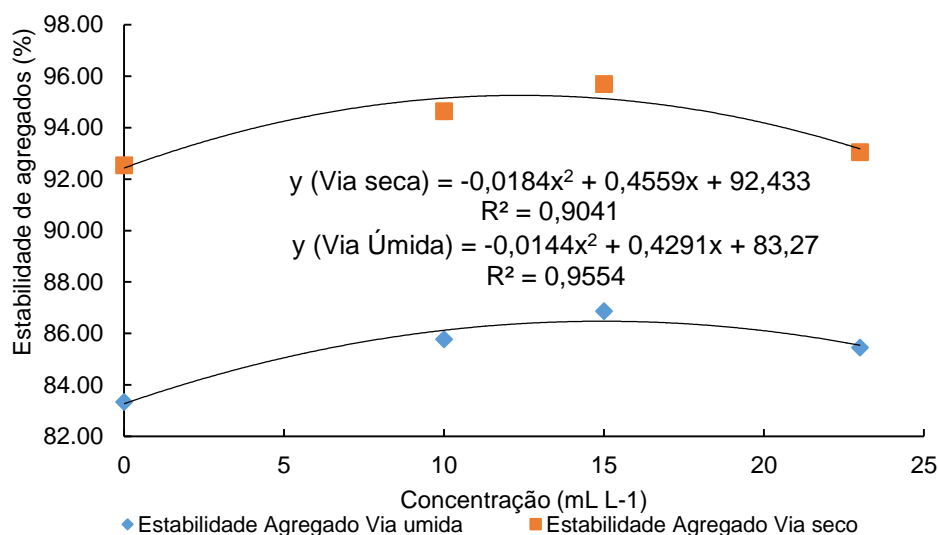


Figura 14. Porcentagem da estabilidade de agregados via úmida e via seca em função das concentrações de substâncias húmicas (0 mL L⁻¹, 10 mL L⁻¹, 15 mL L⁻¹, 23 mL L⁻¹). Cruz das Almas, BA. 2015.

A aplicação das SH favoreceu positivamente a curva de retenção de água, sendo influenciada pelos tratamentos em comparadas a testemunha (Figura 14). Os efeitos proporcionados pelas SH em atributos físico-hídricos já foram observados também por Piccolo et al. (1996, 1997), onde o conteúdo de água do solo apresentou um aumento (cerca de 3%) no tratamento de fertirrigação com SH comparado com a testemunha.

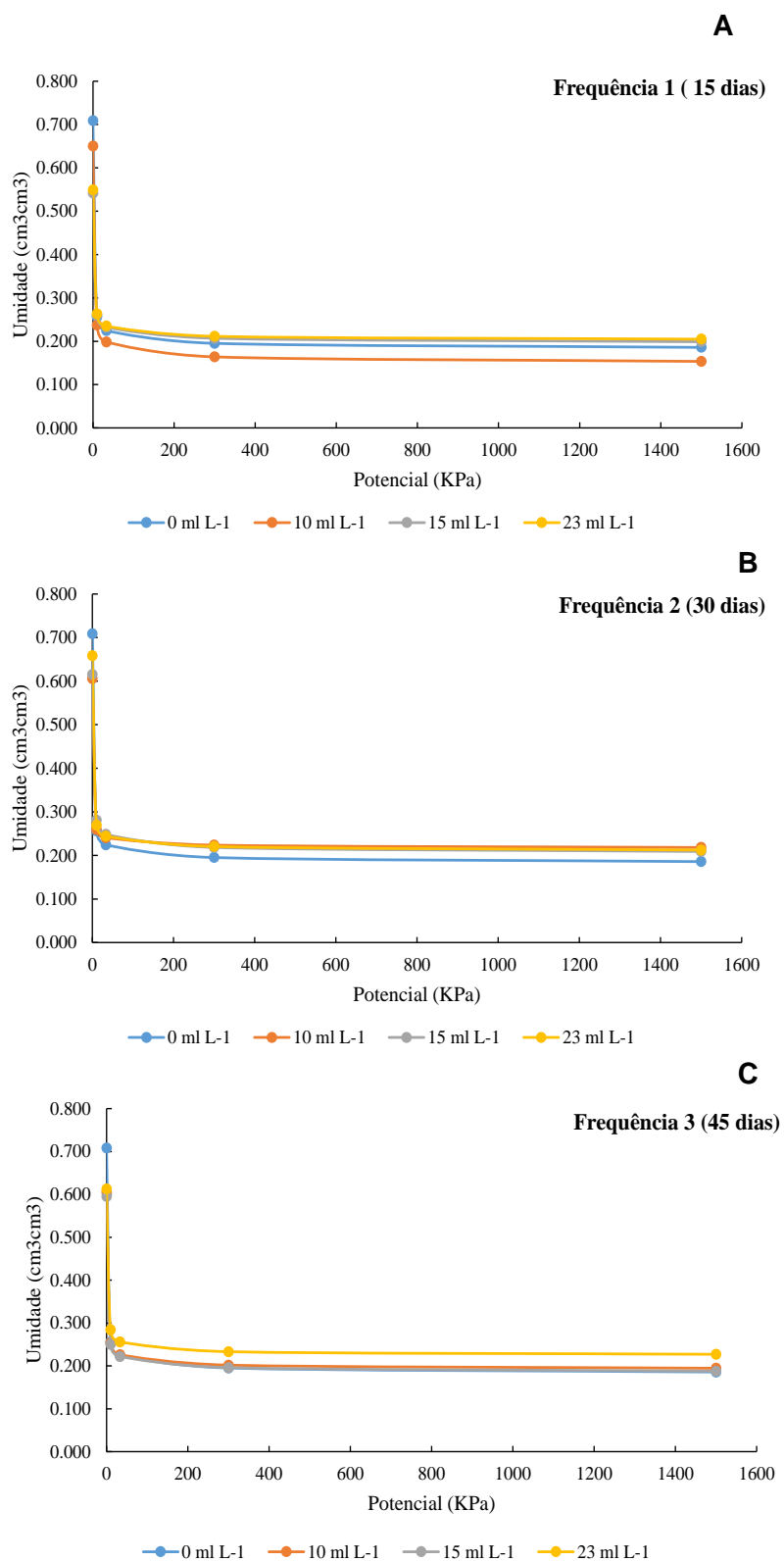


Figura 15. Curva de retenção de água do solo na frequência 1 (15 dias) (A), frequência 2 (30 dias) (B) e frequência 3 (45 dias) (C) nas profundidade de 0-0,30 m. Cruz das Almas, BA. 2015.

4.4. Efeito da aplicação de substâncias húmicas na produtividade da bananeira.

Foi observado pelo teste F da ANAVA (Tabela 10) que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis de produtividade: peso de cachos (t/ha), peso de penca (t/ha) comprimento (cm) e diâmetro (mm) do fruto central da segunda penca, indicando que esses não diferiram entre si. Esses resultados contrapõem os obtidos por Santos et al. (2014) que, em condições de cultivo semelhantes, estudando o efeito da aplicação de SH e de extratos vegetais, aplicados por gotejamento, registrou o efeito significativo das substâncias húmicas sobre as variáveis de produção da bananeira “BRS Princesa”.

Segundo Melo et al. (2016) a aplicação fracionadas mensalmente, durante os dois ciclos sucessivos de cultivo justificam o uso dessas substâncias na fertirrigação visando à manutenção ou mesmo melhoria da qualidade do solo e produtividade da bananeira ‘BRS Princesa’, em Latossolo Amarelo Distrocoeso.

As variações das frequências de aplicadas e concentrações de SH mostraram efeito de interação sobre o número de folhas e frutos (Tabela 10). Esses resultados corroboram com os de Lima (2008) e Andrade et al. (2012), que não observaram que não houve efeitos significativos dos ácidos húmicos aplicados a substratos, com relação à produção de frutos total.

Tabela 10. Valores de quadrado médio de variáveis na colheita da bananeira cv. BRS Princesa, fertirrigada por microaspersão com diferentes frequências e concentrações de substâncias húmicas. Cruz das Almas, BA. 2015.

FV	GL	Nº Frutos	Nº Folha	Produtividade		Compr.	
				Penca (t/ha)	Cacho (t/ha)	(cm)	Diam (mm)
Bloco	2	24,02 ^{ns}	0,38 ^{ns}	24,674 ^{ns}	21,213 ^{ns}	0,036 ^{ns}	13,864 ^{ns}
Conc	3	245,26 ^{ns}	0,33 ^{ns}	4,263 ^{ns}	4,219 ^{ns}	1,319 ^{ns}	1,637 ^{ns}
Erro 1	6	111,98	0,09	4,847	5,718	3,773	7,258
Freq	2	147,41 ^{ns}	1,36*	1,370 ^{ns}	1,369 ^{ns}	16,223 ^{ns}	27,122 ^{ns}
Freq*conc	6	291,32*	0,80 *	15,176 ^{ns}	17,575 ^{ns}	5,967 ^{ns}	4,680 ^{ns}
Erro 2	16	101,98	0,27	8,557	9,899 ^{ns}	9,655	10,870

Total	35	-	-	-	-	-	-
Cv 1 (%)	-	9,97	3,22	11,33	11,00	11,90	8,40
Cv 2 (%)	-	9,51	5,47	15,05	14,48	19,03	10,27
Média		106,00	9,00	19,43	28,73	17,40	33,61

* 5% de significância; ns: não significativo pelo teste F.

A frequência de aplicação e concentração de SH para a cultura da bananeira (cv. BRS Princesa) apresentou comportamento estatístico semelhante entre si quando relacionados com a testemunha por meio das variáveis analisadas. O dados de produção observados foi obtido na frequência de 30 dias (F2) na concentração de 15 mL L⁻¹ (C3) com produtividade média de cacho de 28,73 t/ha. Estes resultados foram diferentes dos observados por Gedam et al. (2008) e Hassanpanah & Azimi (2012), que utilizando compostos orgânico incrementaram a produtividade da culturas.

5. CONCLUSÕES

As substâncias húmicas agiram como agente condicionador, melhorando os atributos químicos do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento da cultura da bananeira (cv. BRS Princesa).

A aplicação da substância húmica associada ao uso de fertilizante organomineral mostrou um melhor efeito nos atributos físicos e químicos do solo, podendo ser considerada como um complemento, visando à manutenção ou mesmo melhoria da qualidade do solo em Latossolo Amarelo Distrocoeso.

Com base nesses resultados, é possível inferir que cultura da banana não foi influenciada pela substância húmico nos tributos avaliados no 1º ciclo, não influenciando as propriedades relacionadas à produtividade da cultura estudada. Assim estudos devem ser avaliados nos ciclo seguintes sobre a influência da mesma sobre estas variáveis.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ABBAS, M.S., A.M. EL-GHAMRY, E.M. SELIM, E.I. GABER AND A.H. BAZEED. Influence of composting of rice straw with effective microorganisms and humic acid on quality and quantity of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) through fertigation system under sandy soil conditions. Middle East **J. Applied Sci**, 4: 484-493.2014.
- AFIF, E.; BARRÓN, V. & TORRENT, J. Organic matter delays but does not prevent phosphate sorption by Cerrado soils from Brazil. **Soil Sci**, 159:207-211, 1995.
- AGUIRRE, E.; LEMENAGER, D.; BACAICOA, E.,; FUENTES, M.; BAIGORRI, R.; ZAMARRENO, A.M.; GARCIA-MINA, J.M. The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants (vol 47, pg 215, 2008). **Plant Physiol Biochem**. V. 47:966–966. 2009 doi:10.1016/j.plaphy.2009.06.004
- ANDRADE, T.P., BARROS, D. L, COELHO, E. F., AMORIM, M. S. da, AZEVEDO, N. F. Produção da bananeira BRS Tropical sob aplicação de ácidos húmicos via fertirrigação, In: Anais do XLI **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Londrina Paraná. 2012.
- ANDRADE, F. V. **Ácidos orgânicos e sua relação com adsorção, fluxo difusivo e disponibilidade de fósforo em solos para plantas**. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- 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 Ciência do Solo*, v.27, n.6, p.1003-1011, 2003.
- BRONICK, C.J., LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma** 124, 3–22. 2005.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (ed.) *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison, **American Society of Agronomy, Soil Science Society of America**. pt. 1, p.363-375. (Agronomy Monography, 9).1986a
- CARLETTI, P.; LORENA ROLDAN, M.; FRANCIOSO, O.; NARDI, S.; SANCHEZ-CORTES S. Structural characterization of humic-like substances with conventional and surface-enhanced spectroscopic techniques. **J Mol Struct** 982:169–175. 2010. doi:10.1016/j.molstruc.2010.08.028
- DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (ed.) *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, **American Society of Agronomy, Soil Science Society of America**, pt. 1, p.443-461, 1986. (Agronomy Monography, 9).
- DEMIRSOY, L., H. DEMIRSOY AND G. BALCI. Different growing conditions affect nutrient content, fruit yield and growth in strawberry. **J. Bot.** v. 44: 125-129. 2012.
- ELDARDIRY, E. I.; PIBARS, S.KH. and EL-HADY, M. A. Influence of irrigation deficit and humic acid on soil and canola growth characters and water use efficiency. *Int.J. ChemTech Res*.Vol. 8(N° 6),p. 505-513, 2015.

FERNANDEZ, R. O.; CERVERA, J. V. G.; VANDERLINDEN, K.; BOJOLLO, R. C.; FERNÁNDEZ, P. G. Temporal and spatial monitoring of the pH and heavy metals in a soil polluted by mine spill. Post cleaning effects. **Water Air Soil Pollution**, Amsterdam, v.178, p.229–243, 2007.

KANG, G.S., BERI, V., SIDHU, V.S., RUPELA, O.P. A new index to assess soil quality and sustainability of wheat-based cropping systems. **Biol. Fert. Soils** 41, 389– 398, 2005.

KAISER, M., ELLERBROCK, R.H., GERKE, H.H. Cation exchange capacity and composition of soluble soil organic matter fractions. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 72, 1278–1285, 2008.

KREMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (ed.) *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, **American Society of Agronomy, Soil Science Society of America**, 1986. pt. 1, p.425-442. (Agronomy Monography, 9).

GEDAM, V.B., J.R. RAMETKE, RUDRAGOUDA, M.S. POWER. Influence of organic manures on yield, nutrient uptake and change in physico-chemical properties of soil after harvest of groundnut. **Crop Research**, 36: 111-114, 2008

GOEBEL, M.-O., BACHMANN, J., REICHSTEIN, M., JANSSENS, I.A., GUGGENBERGER, G. Soil water repellency and its implications for organic matter decomposition — is there a link to extreme climatic events? *Glob. Chang. Biol.* 17, 2640–2656, 2011.

GONZÁLEZ, M.; GOMEZ, E.; COMESE, R.; QUESADA, M.; CONTI, M. Influence of organic amendments on soil quality potential indicators in an urban horticultural system, **Bioresource Technology**, Volume 101, Issue 22, Pages 8897-8901, 2010 ISSN 0960-8524, <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.095>.

HARTZ, T. K.; BOTTOMS, T. G. Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. **HortScience**, v. 45, n. 6, p. 906-910, 2010.

HASSANPANA, D. AND A. JAFAR. Evaluation of 'Out Salt' anti-stress material effects on mini-tuber production of potato cultivars under in vivo condition. **Journal of Food, Agriculture & Environment.**, 10(1): 256 – 259, 2012.

HARGREAVES, P.R., BROOKES, P.C., ROSS, G.J.S., Poulton, P.R. Evaluating soil microbial biomass carbon as an indicator of long-term environmental change. **Soil Biol. Biochem.** 35, 401–407, 2003.

LARSON, W.E., PIERCE, F.J., 1994. The dynamics of soil quality as a measure to sustainable management. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. **Soil Sci. Soc. Am. J** Publication No. 35, Madison, WI, USA, pp. 37–51.

LIMA, A. A. **Concentração de nutrientes, produtividade e qualidade de frutos em tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 71 p. 2008.

LOPEZ HERNANDEZ, D.; SIEGERT, G. & RODRIGUEZ, J.V. Competitive adsorption of phosphate with malate and oxalate by tropical soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 57:1460-1462, 1986.

MELO D.M, COELHO E.F, BORGES A. L, PEREIRA L.S.B & CAMPOS M. S. Agronomic performance and soil chemical attributes in a banana tree orchard fertigated with humic substances. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 46:421-428, 2016.

MEMON, M., G.M. JAMRO, N.N. MEMON, K.S. MEMON AND M.S. AKHTAR. 2012. Micronutrient availability assessment of tomato grown in Taluka Badin, Sindh. **J. Bot.** v. 44: 649-654.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa. 2005. 107 p.

MORELLI, M. & BORTOLUZZI, G. Efeito do humato e do poligalactoronato na sorção do fosfato pelo solo. **R. Bras.Ci. Solo**, 16:373-377, 1992.

MUSCOLO, A., SIDARI, M., FRANCIOSO, O., TUGNOLI, V., NARDI, S. The auxin-like activity of humic substances is related to membrane interactions in carrot cell cultures. **J. Chem. Ecol.** 33, 115–129.2007.

NARDI, S., CARLETTI, P., PIZZEGHELLO, D., MUSCOLO, A., 2009. Biological activities of humic substances. In: Senesi, N., Xing, B., Huang, P.M. (Eds.), **Biophysico-chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental Systems**. Wiley Hoboken, pp. 305–339.

OLK, D.C.; DINNES, D.L.; SCORESBY, J.R.; CALLAWAY, C.R.; DARLINGTON, J.W. Humic products in agriculture: potential benefits and research challenges—a review. **J Soils Sediments**. 2018. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1916-4>.

PASSIOURA, J.B. Soil structure and planta growth. Austr. **J. Soil Res.**, Sidney, v.29, n.6, p.717-728, 1991.

PAKSOY, M.; TURKMEN, O.; DURSUN, A. Effects of potassium and humic acid on emergence, growth and nutrient contents of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedling under saline soil conditions. Afr. **J. Biotechnol.** V. 9 (33): 5343-5346. 2010.

PICCOLO, A. Humus and soil conservation. In: Humic **Substances in Terrestrial Ecosystems**. A. Piccolo (ed.). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 225-264.1996.

PICCOLO, A.; PIETRAMELLARA, G.; MBAGWU, J.S.C. Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability. **Geoderma**, 75, pp. 267–277, 1997.

PLAZA, I.; ONTIVEROS-ORTEGA, A.; CALERO, J.; ARANDA, V. Implication of zeta potential and surface free energy in the description of agricultural soil quality: effect of different cations and humic acids on degraded soils. **Soil Tillage Res.**, 146, pp. 148–158, 2015.

RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise Química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, **Instituto Agrônomo de Campinas**, 285p.2001.

SANTOS, B. S.; OLIVEIRA, B.D.; COELHO, E. F.; ROSA, R.C.C.; LÉDO, C. A. S. Substâncias húmicas (shs) via fertirrigação com biofertilizante nas variáveis de produção da bananeira cv. princesa. In: Anais do **XXIII Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Cuiabá-MT, 2014.

SAADATI, J.; BAGHI, M. Evaluation of the Effect of Various Amounts of Humic Acid on Yield, Yield Components and Protein of Chickpea Cultivars (*Cicer Arietinum L.*). *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.*; Vol. 2 (Nº7), 2306-2313, 2014.

SELIM, E. M.; MOSA, A.M. EL-GHAMRY. Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions, **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 1218–1222; 2009. doi:10.1016/j.agwat.2009.03.018.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.383-389, 2011.

SILVA, I.R; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS RF; ALVAREZ VVH; BARROS NF; FONTES RLF; CANTARUTTI RB; NEVES JCL. (eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 275-374.2007.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D. Caracterização físico hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura Tropical, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Nº 20)**, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 56p, 2001. ISSN 1516-5604.

SPACCINI, J.S.C. MBAGWU, C.A. IGWE, P. CONTE, A. PICCOLO. Carbohydrates and aggregation in lowland soils of Nigeria as influenced by organic inputs, **Soil Till. Res.**, 75, pp. 161-17, 2004

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York, John Wiley & Sons, 1994. 486p.

TAHIRI, A.; DESTAIN, J.; THONART, P.; DRUART, P. In vitro model to study the biological properties of humic fractions from landfill leachate and leonardite during root elongation of *Alnus glutinosa L.* Gaertn and *Betula Pendula Roth*. **Plant Cell Tissue Organ Cult** 122:739–749. 2015. doi:10.1007/s11240-015-0807-2.

TEXEIRA, C. P.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; WENCESLAU GERALDES TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo** – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p. il. color. ISBN 978-85-7035-771-7.

TEJADA, M; GARCIA, C.; GONZALEZ, J. L.; HERNANDEZ,M.T.; Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil, **Soil Biol. Biochem.**, 38, pp. 1413-1421, 2006.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and waterstable aggregates in soil. **Journal of Soil Science**, v.33, p.141-163, 1982.

VEPRASKAS, M.J. Plant response mechanisms to soil compaction. In: WILKINSON, R. (Ed.). Plant environment interaction. New York: M. Dekker. p.263-287.1994.

VIOLANTE, A. & GIANFREDA, L. Competition in adsorption between phosphate and oxalate on aluminium hydroxide montmorillonite complex. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 57:1235- 1241, 1993.

WATANABE, S. H.; TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; PINTRO, J.C; COSTA, A.C.S.C.; MUNIZ, A.S. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico influenciadas por sistemas de preparo do solo utilizados para implantação da cultura da mandioca. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1255-1264, 2002.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS M. P.; MEDICI L. O.; SILVA J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Hortic. bras.**, v. 32, n. 1, 2013.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECONCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CAPITULO IV: FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM UM LATOSSOLO
AMARELO: EFEITOS NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA
PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA**

BRUNO LAECIO DA SILVA PEREIRA

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2018**

FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM UM LATOSSOLO AMARELO: EFEITOS NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA

RESUMO

Os compostos orgânicos desempenham papel fundamental na funcionalidade dos solos agrícolas e, particularmente, nos sistemas de cultivos orgânicos. No entanto, existe um conhecimento limitado sobre o efeito do manejo orgânico no comportamento solo que é submetido à incorporação de uma série de variedade de resíduos orgânicos. Este trabalho avaliou os atributos físicos, químicos e biológicos do solo sob dois ciclos de cultivo da bananeira “Grande Naine” sob aplicação de diferentes frequências e concentrações de produto a base de substância húmicas (Leonardita) no solo via irrigação por gotejamento e seus efeitos na produtividade da cultura. O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura em um solo classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso, com textura franco argilo-arenosa, cultivado com bananeira Grande Naine, plantadas no espaçamento de 2,0 x 2,5 m. O delineamento experimental utilizado foi em bloco casualizado com parcelas subdivididas com duas frequências de aplicação (F1 = 15 dias, F2 = 45 dias) e quatro concentrações de substâncias húmicas: (0 mL L⁻¹), (3 mL L⁻¹), (6 mL L⁻¹) e (9 mL L⁻¹). Dentre os atributos físicos do solo avaliados a porosidade total e microporosidade do solo foram as mais influenciadas pelos tratamentos aplicados ao longo de dois ciclos da cultura da bananeira. As variáveis densidade do solo, macroporosidade, estabilidade de agregados (via úmida e via seca) e diâmetro médio ponderado (DMP (via úmida e seca) não mostraram efeito significativo. Somente as variáveis potássio, sódio e nitrato na solução do solo apresentaram diferenças o que não ocorreu com condutividade elétrica. As variáveis microbiológicas, respiração basal e coeficiente metabólico, não obtiveram correlação significativa para os tratamentos aplicados no primeiro ciclo da cultura, já o carbono da biomassa microbiana mostrou diferença efeito significativo. Os efeitos positivos da fertirrigação, com SH sobre os atributos do solo, não repercutiram em diferença sobre as variáveis de desempenho agrônômico avaliadas na produtividade da bananeira.

Palavras-chave: teor de nutrientes, manejo e conservação do solo e necessidade hídrica.

FERTIRRIGATION BY DRUMPING WITH HUMAN SUBSTANCES IN A YELLOW LATOSOL: EFFECTS ON SOIL ATTRIBUTES AND BANANA PRODUCTIVITY

ABSTRACT

Organic compounds play a key role in the functionality of agricultural soils, and particularly in organic cropping systems. However, there is limited knowledge about the effect of organic management on soil behavior that is subject to the incorporation of a variety of organic waste. This work evaluated the physical, chemical and biological attributes of the soil under two cycles of cultivation of the "Grande Naine" banana under the application of different frequencies and concentrations of humic substance (Leonardite) in the soil via drip irrigation and its effects on the crop productivity. The experiment was installed in the experimental area of Embrapa Mandioca and Fruticultura in a soil classified as Distrocoeso Yellow Latosol, with clay-sandy loam texture, cultivated with Grande Naine banana, planted in a spacing of 2.0 x 2.5 m. The experimental design was a randomized block with subdivided plots with two application frequencies (F1 = 15 days, F2 = 45 days) and four concentrations of humic substances: (0 mL L⁻¹), (3 mL L⁻¹) (6 mL L⁻¹) and (9 mL L⁻¹). The soil physical attributes and soil porosity were the most influenced by the treatments applied during two cycles of the banana crop. The variables soil, macroporosity, stability of aggregates (wet and dry route) and weighted average diameter (WMD) showed no significant effect. Only the variables potassium, sodium and nitrate in the soil solution presented differences which did not occur with electrical conductivity. The microbiological variables, basal respiration and metabolic coefficient, did not obtain a significant correlation for the treatments applied in the first cycle of the culture, since the carbon of the microbial biomass showed significant effect. The soil attributes did not affect the difference in the agronomic performance variables evaluated in banana productivity.

Key words: nutrient content, soil management and conservation and water requirement.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Esquema de área experimental localizada na. Parcelas experimentais: Blocos (B1, B2 e B3), Parcelas frequências de aplicação (F1 (15 dias), F2 (45 dias)); subparcelas concentrações (C1, C2, C3 e C4) sob o cultivo de bananeira Grande Naine. Cruz das Almas-BA, 2018.127
- Figura 2. Esquema de coleta das amostras na área experimental (A), disposição dos gotejadores (B) das sondas de TDR (C) e extratores de solução do solo (D). Cruz das Almas – Ba, 2018.128
- Figura 3. Comportamento da umidade do solo na profundidade 0-0,30 m (A) e 0,30-0,60 m (B) em cada tratamento, e o valor da capacidade de campo (cc) durante a condução do experimento. Cruz das Almas, BA. Maio/2016 a março/2018.129
- Figura 4. Comportamento diário da precipitação e evapotranspiração da cultura durante a condução do experimento. Cruz das Almas, BA. Maio/2016 a março/2018.130
- Figura 5. Esquema de fracionamento das substâncias húmicas. Adaptado de Schinitzer e Khan (1972) e Stevenson (1982) por Mendonça e Matos (2005).132
- Figura 6. Distribuição da porosidade total e microporosidade ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) em dois ciclos de desenvolvimento da cultura da bananeira “Grande Naine”. Cruz das Almas, BA, 2018136
- Figura 7. Curva de retenção de água nas frequências de 15 (A) e 45 dias (B) nas concentrações de produto a base de SH: 0 mL L^{-1} , 3 mL L^{-1} , 6 mL L^{-1} e 9 mL L^{-1} na profundidade de 0-0,30 m. Cruz das Almas, BA. 2018.138
- Figura 8. Teor de potássio na solução do solo em diferentes concentrações de SH e dois ciclos de cultivo de bananeira na profundidade de 0-0,30 m. Cruz das Almas, BA. 2018141
- Figura 9. Teor de nitrato (NO_3^-) em função da frequência dentro de cada concentração de SH (A) e em função da concentração em cada frequência de aplicação de SH (B). Cruz das Almas, BA. 2018.143
- Figura 10. Carbono da Biomassa Microbiana na média das duas frequências de 15 e 45 dias distribuídas nas concentrações de 0, 3, 6 e 9 mL L^{-1} de produto à base de SH. Cruz das Almas, BA. 2018.146

LISTA DE TABELA

- Tabela 1. Teor de carbono (COFAF, FAH (g kg^{-1})) no produto CodaHumus, nas concentrações de 3, 6 e 9 mL L^{-1} . Cruz das Almas-BA, 2018132
- Tabela 2. Análise de variância com os quadrados médios, significâncias, médias e coeficientes de variação para os atributos físicos do solo, avaliados em dois ciclos do experimento com bananeira. Cruz das Almas, BA. 2018 . .135
- Tabela 3. Quadrado médio, coeficiente de variação (CV) para variáveis dependentes: estabilidade de agregado vias úmida e seca, diâmetro médio ponderado (DMP) via úmida e seca), nas profundidades de 0–0,15 m e 0,15–0,30 m sob aplicação de SH em diferentes frequências e concentrações de aplicação. Cruz das Almas, BA.2018.136
- Tabela 4. Análise de variância com os quadrados médios, significâncias, médias e coeficientes de variação para os atributos químicos da solução do solo, avaliados em dois ciclos do experimento de bananeira “Grande Naine”, Cruz das Almas, Ba, 2018.....140
- Tabela 5. Quadro da análise de variância com os quadrados médios, significâncias, médias e coeficientes de variação para os atributos químicos do solo, avaliados em dois ciclos do experimento.....144
- Tabela 6. Quadrado médio, coeficiente de variação (CV) para variáveis dependentes: carbono da biomassa microbiana ($\text{mg SS}(\text{kg}^{-1})$), respiração basal (CO_2 irga ($\text{mg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$) e coeficiente metabólico (SS d^{-1}) nas frequências de 15 e 45 dias distribuídas nas concentrações de 0 ml L^{-1} , 3 ml L^{-1} , 6 ml L^{-1} e 9 ml L^{-1} de produto a base de substância húmica. Cruz das Almas, BA, 2018.....147
- Tabela 7. Quadrado médio, coeficiente de variação (CV) e média para variáveis de produtividade: número de frutos; número de penca ; produtividade do cacho ,produtividade do penca ; comprimento e diâmetro médio do fruto.149

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	124
2. OBJETIVO	125
3. MATERIAL E MÉTODOS	125
3.1. Caracterização da área experimental	125
3.2. Campo	125
3.3. Delineamento experimental	126
3.4. Irrigação	127
3.5. Análises Laboratoriais	130
3.5.1. <i>Físicas do solo</i>	130
3.5.2. <i>Químicas do Solo</i>	130
3.5.3. <i>Microbiologia do solo</i>	132
3.6. Avaliações de produtividade da bananeira.	132
3.7. Análise estatística	133
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	133
4.1. Efeito da frequência de aplicação e concentração de produto a base de SH nos atributos físicos do solo.	133
4.2. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH nos íons potássio, nitrato, sódio e condutividade elétrica (CE) na solução do solo.	138
4.3. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH atributos químicos do solo	143
4.4. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH nos atributos microbiológicos do solo	145
4.5. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH na produtividade da bananeira	148
5. CONCLUSÕES	150
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o manejo inadequado dos solos tropicais acelerou o processo de degradação da estrutura do solo, diminuindo o teor de carbono e de nutrientes no seu complexo de troca (BULGARI et al. 2015). Esse fato despertou a busca por alternativas de manejo como o uso de organominerais (produtos à base de compostos húmicos), estratégia para recuperar solos degradados e garantir o crescimento e produtividade das culturas.

Os benefícios associados à utilização de compostos à base de substâncias húmicas (SH) estão relacionados à melhoria da agregação do solo, redução da densidade do solo, estabilização do pH, assim como ao aumento da capacidade de retenção de água, da capacidade de troca de cátions e do teor de carbono no solo (TEJADA et al., 2008). Os compostos húmicos podem promover a obtenção de rendimentos equivalentes ou até maiores na produção orgânica em relação àqueles obtidos com o manejo convencional do solo (BULLUCK et al., 2002; COURTNEY e MULLEN, 2008).

As aplicações de ácidos húmicos associados à adubação mineral e orgânica podem levar às alterações em atributos no solo. Na agricultura atual predomina o uso de insumos sintéticos e defensivos químicos para garantia de qualidade do produto para os agricultores e consumidores, priorizando a redução do impacto ambiental. Nesse sentido, com a utilização de SH, têm pesquisado formas de aplicação que reduzam o custo de aplicação promovendo aumento na produtividade e melhore a qualidade do solo (BALDOTTO, 2014).

O uso dos compostos orgânicos diminui a demanda por alguns fertilizantes minerais e proporcionaria benefícios na agricultura, principalmente por meio de seu conteúdo de matéria orgânica, nutrientes, promovendo o crescimento de plantas (ALVAREZ et al., 1995 e PERNER et al., 2006).

A dinâmica das SH no solo provoca alterações na capacidade de adsorção de nutrientes e nos argilominerais, auxiliando na formação de agregados estáveis em água; o revestimento orgânico hidrofílico não pode impedir macroagregados de hidratação. O papel benéfico das alterações

hidrofóbicas para restaurar a estrutura do solo foi demonstrado nos estudos de Piccolo e Mbagwu (1999)

2. OBJETIVO

Este trabalho objetivou avaliar o comportamento físico, químico e biológico do solo em dois ciclos (1º e 2º) de cultivo da bananeira “Grande Naine” sob aplicação de diferentes frequências e concentrações de produto a base de SH (a base de Leornadita) no solo via irrigação por gotejamento e seus efeitos na produtividade da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, situada em Cruz das Almas, Bahia, a 12º 40’19” de latitude Sul e 39º 06’ 22” de longitude Oeste. O solo com uma declividade de 5 %, é um Latossolo Amarelo Distrocoeso, com textura franco argilo-arenosa (641 g kg⁻¹ areia, 85 g kg⁻¹ silte, 274 g kg⁻¹ argila) (SOUZA & SOUZA, 2001). O clima da região é uma transição entre os tipos Am e Aw de acordo com Köppen, caracterizado tropical com transição entre o monçônico e tropical (chuvas no verão), coletados da estação meteorológica automática da Embrapa Mandioca e Fruticultura, de temperatura máxima, mínima, média da ordem de 29,02; 20,8 e 23,9 °C, respectivamente e de umidade relativa e precipitação acumulada da ordem de 82,8 % 1069 mm ano⁻¹, respectivamente.

3.2. Campo

Foram utilizadas mudas de bananeira “Grande Naine”, plantadas no espaçamento de 2,0 x 2,5 m, em covas com dimensões de 0,5 x 0,5 x 0,5 m, com 345 plantas na área de 0,228 ha (2.280 m²). Os tratos culturais consistiram em capinas ou roçagens, desfolha, desbaste, eliminação do coração, escoramento.

Os desbastes foram realizados do quarto ao sexto mês após o plantio, quando os rebentos atingiam de 0,2 a 0,3 m de altura, sendo cortados rente ao

solo. Após seis meses do plantio das mudas foi preservado um filhote por touceira, sendo a touceira formada por mãe e filho. A desfolha (retirada das folhas secas, mortas e/ou com pecíolo quebrado) foi realizada para arejar o interior do pomar e incorporar material orgânico ao solo.

3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em bloco casualizado em parcela subdividida estando na parcela duas frequências de aplicação e as subparcelas quatro concentrações de SH em três blocos (Figura 1). A aplicação das SH, na forma do produto Codahumos (a base de Leonardita) que tem sua composição ácidos fúlvicos ($113,73 \text{ g L}^{-1}$), ácido húmico ($111,5 \text{ g L}^{-1}$), somando o extrato húmico total $225,23 \text{ g L}^{-1}$, com o carbono orgânico total com $130,45 \text{ g L}^{-1}$, e nitrogênio solúvel em água em $33,45 \text{ g L}^{-1}$. A recomendação de aplicação do fabricante é com dose de referência equivalente a $50 \text{ L ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$, porém têm utilizado doses superiores, neste trabalho, tomou-se como referência a dose de 120 L ha^{-1} .

As frequências de aplicação das SH nas parcelas (F1 = 15 dias, F2 = 45 dias) e as concentrações de SH diluídas em água C1 (0 mL L^{-1}), C2 (3 mL L^{-1}), C3 (6 mL L^{-1}) e C4 (9 mL L^{-1}) foram aplicadas na água de irrigação via gotejamento (Figura 2). A cada aplicação foi coletada uma amostra da concentração das SH diluídas em água e também da liberada pelo gotejador durante o período de aplicação de cada tratamento. Todas as amostras são acondicionadas para análise química.

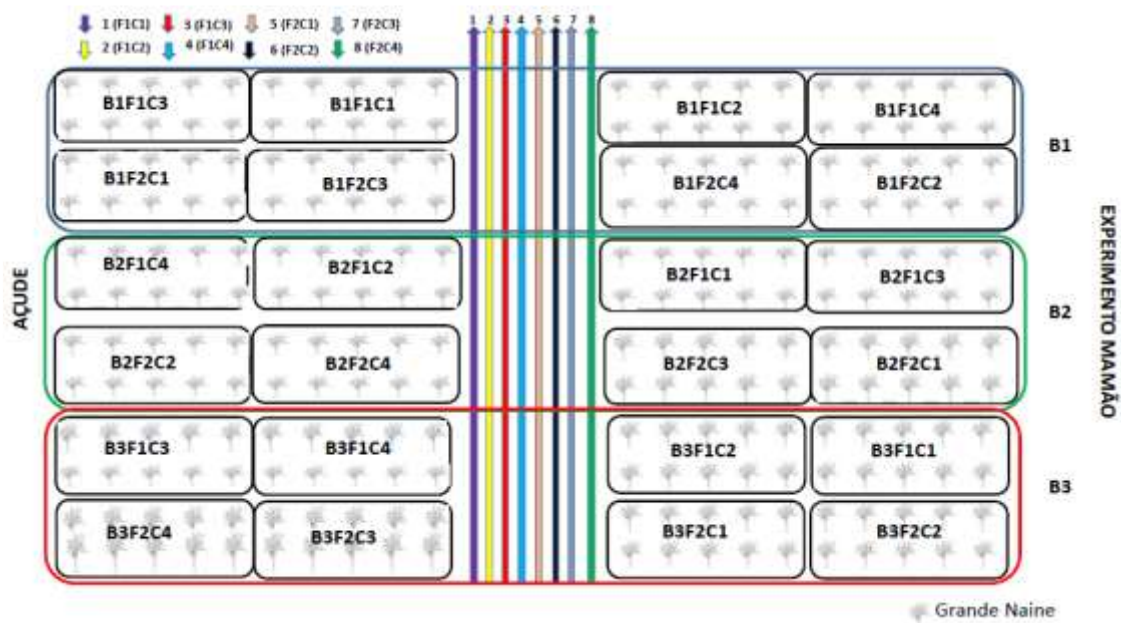


Figura 1. Esquema de área experimental localizada na. Parcelas experimentais: Blocos (B1, B2 e B3), Parcelas frequências de aplicação (F1 (15 dias), F2 (45 dias)); subparcelas concentrações (C1, C2, C3 e C4) sob o cultivo de bananeira Grande Naine. Cruz das Almas-BA, 2018.

3.4. Irrigação

A fertirrigação foi realizada por emissores tipo gotejador, distribuídos três emissores por planta, auto compensável e espaçamento entre emissores de 0,50 m com vazão de $4,0 \text{ L h}^{-1}$ (Figura 2). Os extratores de solução do solo foram instalados a 0,15 m do gotejador, em três repetições nas profundidades de 0,30. A frequência de irrigação foi baseada no monitoramento da umidade do solo com instalação de sondas de TDR realizada semanalmente, sendo monitorados durante os dois ciclos (Figura 3), juntamente com a lâmina de irrigação aplicada (Figura 4).

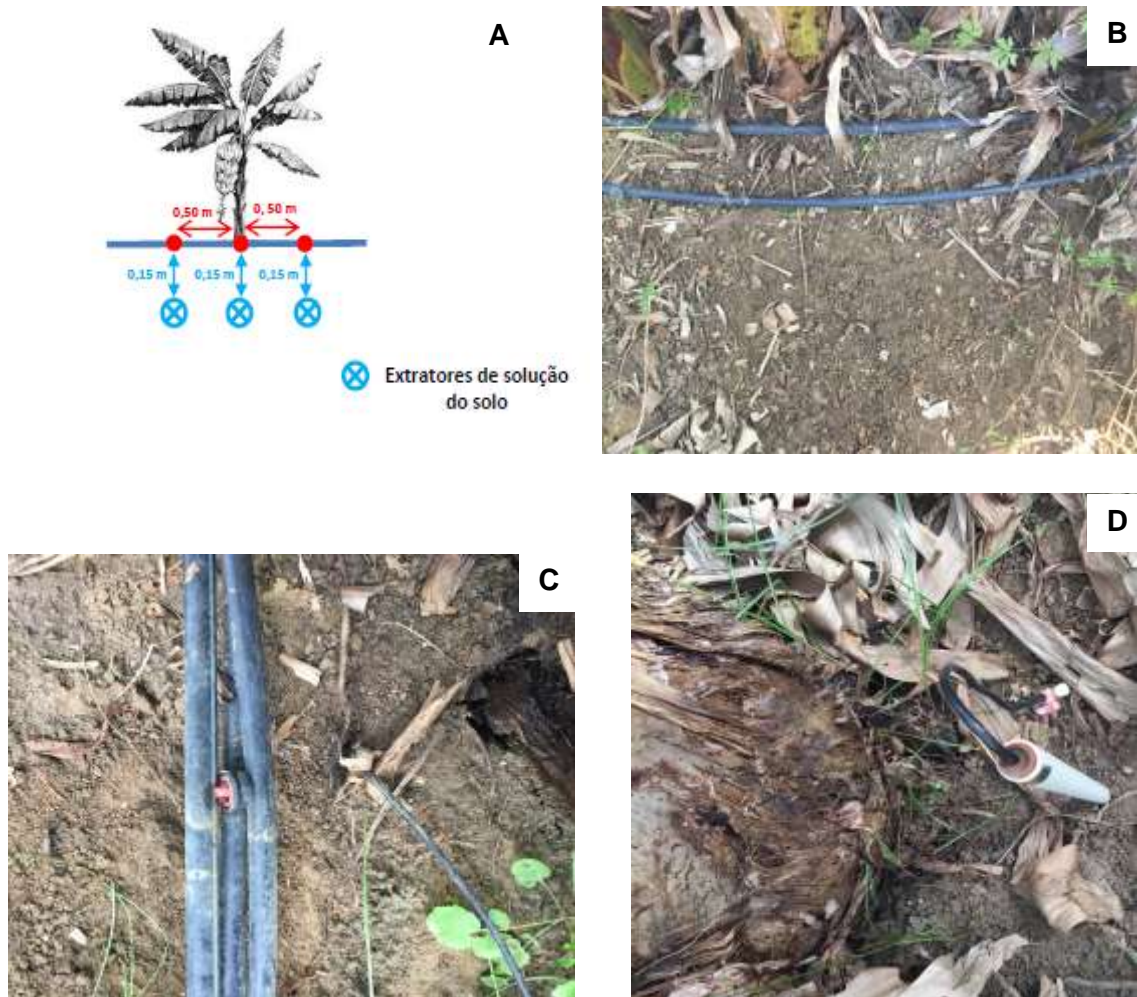


Figura 2. Esquema de coleta das amostras na área experimental (A), disposição dos gotejadores (B) das sondas de TDR (C) e extratores de solução do solo (D). Cruz das Almas – Ba, 2018.

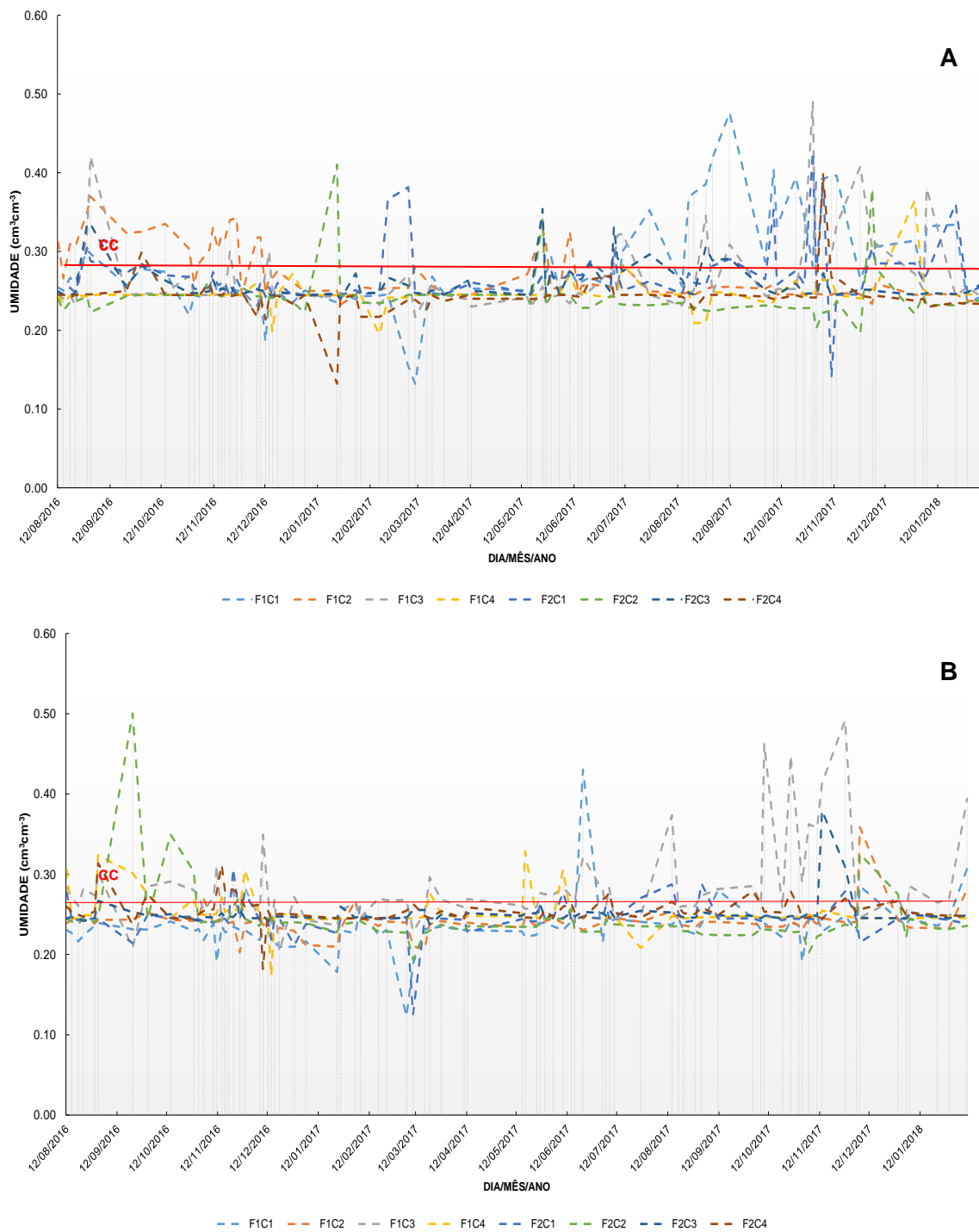


Figura 3. Comportamento da umidade do solo na profundidade 0-0,30 m (A) e 0,30-0,60 m (B) em cada tratamento, e o valor da capacidade de campo (cc) durante a condução do experimento. Cruz das Almas, BA. Maio/2016 a março/2018.

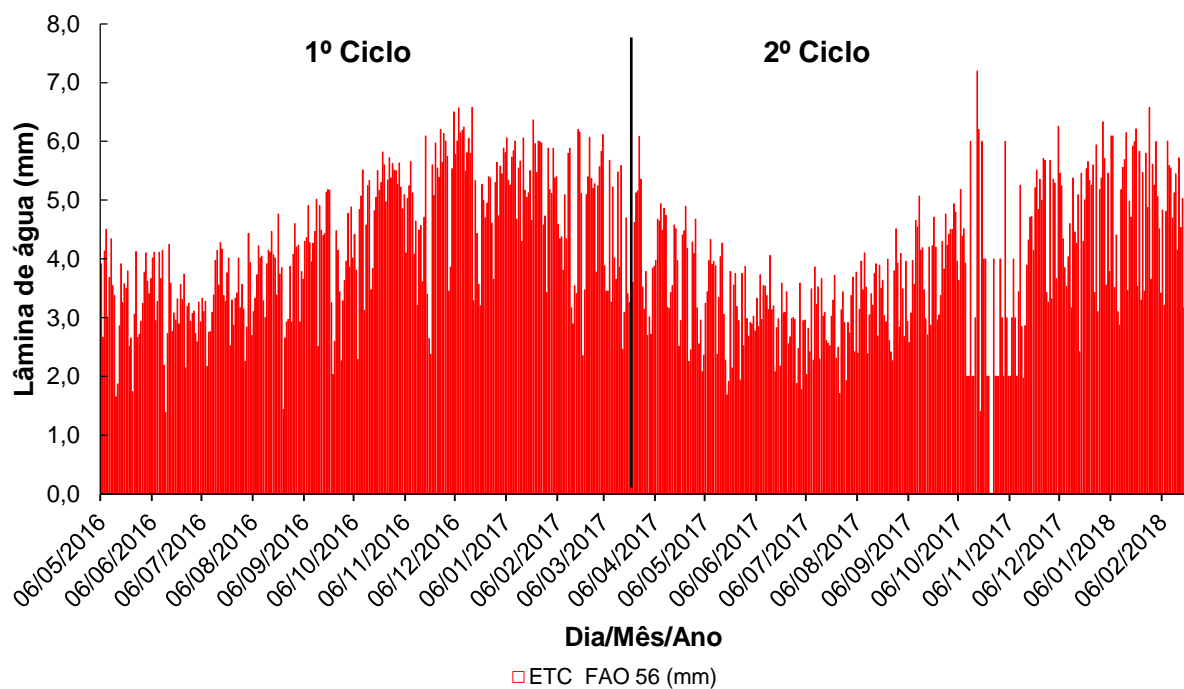


Figura 4. Comportamento diário da precipitação e evapotranspiração da cultura durante a condução do experimento. Cruz das Almas, BA. Maio/2016 a março/2018.

3.5. Análises Laboratoriais

3.5.1. Físicas do solo

Foram realizadas amostragens de solo na fase inicial e final de cada ciclo do experimento com o intuito de avaliar parâmetros físicos, sendo retiradas amostras de estrutura deformada e indeformada nas profundidades de 0-0,30m (1ºciclo) e 0-0,15 e 0,15-0,30 m (2º ciclo).

Para verificar o efeito das SH nos atributos físicos do solo foi determinada: porosidade total, macroporosidade e microporosidade (Danielson e Sutherland, 1986); densidade do solo (Blake e Hartge, 1986); estabilidade de agregados e diâmetro médio ponderado (Krempfer e Rosenau, 1986); e a curva de retenção de água (TEIXEIRA et al., 2017).

3.5.2. Químicas do Solo

Na análise dos parâmetros químicos foram quantificados na fase inicial e final de instalação do experimento ao longo dos ciclos avaliados.

As análises dos atributos químicos do solo determinaram as concentrações dos nutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), sódio (Na), acidez potencial (H + Al), e o cálculo da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e determinar o teor de matéria orgânica (TEIXEIRA et al. 2017). Para as variáveis de solução do solo a concentração de nitrato (NO_3^-) foi obtida com uso de um kit específico de determinação rápida (Card Horiba), conforme Coelho et al. (2014; as variáveis sódio, potássio e condutividade elétrica segundo Teixeira et al. (2017).

O fracionamento químico quantitativo das substâncias húmicas foi realizado com base na solubilidade em meio ácido e alcalino. A determinação quantitativa de carbono nos extratos das diferentes frações e no solo (COT) foi realizada em função de ajuste da metodologia de Mendonça e Matos (2005).

A determinação do teor de carbono orgânico presente no produto comercial foi realizada uma diluição em 200 ml de água destilada, de onde se retirou uma alíquota de 10 ml, enquanto as amostras do reservatório foram diluídas em 25 ml e retirada uma alíquota de 10 ml, sendo uma adequação da metodologia de Mendonça e Matos (2005). As amostras foram diluídas para a realização do fracionamento químico das SH conforme metodologia esquematizada na figura 5. As SH foram fracionadas segundo o método da solubilização em meio básico, de acordo com Mendonça e Matos (2005), utilizando-se amostras diluídas de produto a base de SH nas quais foram adicionados 10 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($0,167 \text{ mol L}^{-1}$) e acrescidos de 10 ml de H_2SO_4 e depois aquecidas em chapa 170°C por 30 min; após resfriamento foram titulada com Fe_2SO_4 .

Baseando-se na solubilidade diferencial em soluções ácidas ou alcalinas, foram obtidas três frações distintas: os ácidos húmicos (AH), solúvel em álcali e insolúvel em ácido; os ácidos fúlvicos (AF), solúveis em álcali e ácido e a humina (HUM), insolúvel em ambos. Conforme resultados expressos na tabela 1.

Tabela 1. Teor de carbono (CO_{FAF,FAH} (g kg⁻¹)) no produto CodaHumus, nas concentração de 3, 6 e 9 mL L⁻¹. Cruz das Almas-BA , 2018

Teor de Carbono (CO _{FAF,FAH} (g kg ⁻¹))		
Concentração (mL L ⁻¹)	Reservatório	Gotejador
C2 (3)	170,80	37,58
C3(6)	1268,77	60,12
C4 (9)	1503,00	100,20
Produto (Coda Humus)	2514,00	

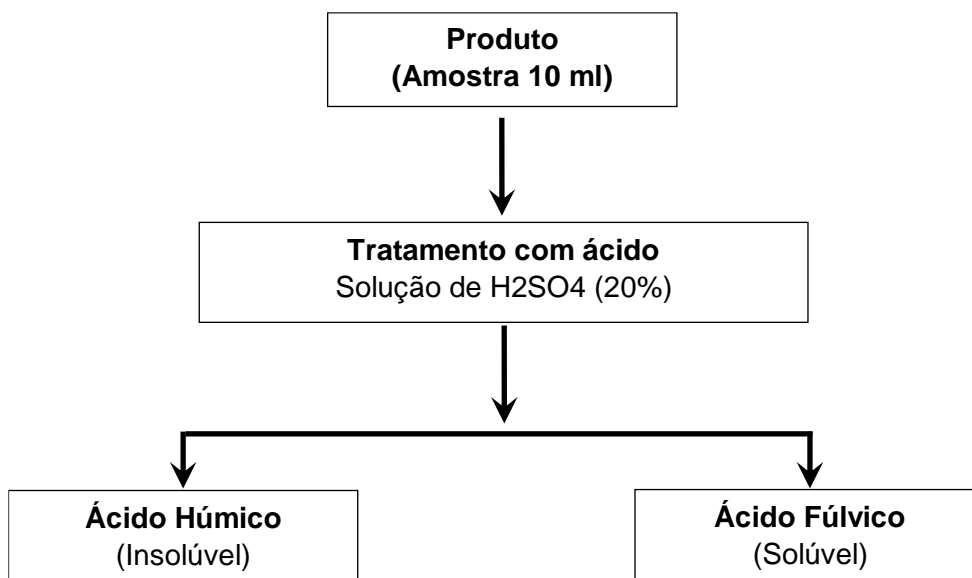


Figura 3. Esquema de fracionamento das substâncias húmicas. Adaptado de Schinitzer e Khan (1972) e Stevenson (1982) por Mendonça e Matos (2005).

3.5.3. Microbiologia do solo

Os indicadores biológicos do solo estudados foram: carbono da massa microbiana (CBM), (Vance et al., 1987); respiração da massa microbiana (RMMS), (Jenkinson (1966) e coeficiente metabólico (COEF), (Anderson e Domsch 1986).

3.6. Avaliações de produtividade da bananeira.

O acompanhamento da produtividade da bananeira da variedade Grande Naine foi feito durante o 1° e 2° ciclo. Na colheita para quantificar a produção foram avaliados a massa do cacho de banana (PCB (kg)); massa das pencas (PPC (kg)); massa do engaço (PEC (kg)); número de pencas por cacho

(NPC); número de frutos por cacho (NFC); comprimento (CFM (cm)) e diâmetro (DFM (mm)) médio do fruto; produtividade de pencas (PP), de cachos (PC) e o tempo acumulado do transplante à colheita do cacho (DTC). O PCB, PEC e PCB foram avaliados imediatamente após a colheita, com auxílio de uma balança de precisão igual ou superior a 0,1 kg.

O comprimento e diâmetro médio do fruto foram obtidos pela avaliação do fruto mediano da segunda penca do cacho, com o auxílio de uma fita métrica flexível e um paquímetro. A produtividade de pencas (PP) e de cachos (PC) foi estimada para uma densidade do plantio de 2000 plantas ha⁻¹ e os dados registrados em toneladas por hectare (t ha⁻¹).

3.7. Análise estatística

O delineamento em bloco foi causalizado com parcelas subdivididas. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva clássica. Na análise estatística foi aplicado o Teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para verificar a normalidade dos dados, o F para a análise de variância e o de Tukey para a comparação de médias a 5% de probabilidade e análise de regressão.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da frequência de aplicação e concentração de produto a base de SH nos atributos físicos do solo.

Dentre os atributos físicos do solo avaliados, a microporosidade e porosidade total foram as mais influenciadas com a aplicação de SH ao longo de dois ciclos da cultura de bananeira. As variáveis densidade do solo e macroporosidade não mostraram diferença entre tratamentos de frequência e concentração de SH (Tabela 2). A distribuição da porosidade total do solo foi afetada pelo ciclo da cultura submetida a diferentes frequências de aplicação e concentração de produto a base de SH, podendo-se inferir que ao longo do tempo de cultivo aumentou a estabilização de microagregados que alterou esse atributo (Figura 6).

Alvarez-Puebla et al. (2005), caracterizando a estrutura porosa de diferentes frações húmicas, descreveram os materiais húmicos como essenciais para a porosidade do solo, pois ocasionaram aumento no volume de

macro e microporos. Haynes e Naidu (1998) incrementando encontraram um aumento na porosidade total e no volume relativo de poros <30 µm após 90 anos de aplicação de esterco.

Conforme observado, nesse trabalho, não houve influência significativa da frequência de aplicação e concentração de substâncias húmicas sobre a estabilidade de agregados (via úmida e via seca) e diâmetro médio ponderado (DMP (via úmida e seca) (Tabela 3). Porém, os valores médios obtidos de estabilidade de agregados (%) (via seca (95,43) e via úmida (84,79) e DMP (mm) (via seca (2,29) e via úmida (2,26) foram contrários aos obtidos por Goebel et al. (2011), que observaram o efeito significativo da atuação das SHs como agente de ligação entre as partículas de solo mineral e, dessa forma, houve aumento da estabilidade de agregados e DMP (mm).

Tabela 2. Análise de variância com os quadrados médios, significâncias, médias e coeficientes de variação para os atributos físicos do solo, avaliados em dois ciclos do experimento com bananeira. Cruz das Almas, BA. 2018 .

Fonte de variação	G.L.	Ds (g cm ⁻³)	Ma (cm ³ cm ⁻³)	Mi (cm ³ cm ⁻³)	Pt (cm ³ cm ⁻³)
Bloco	2	0,012778 ^{ns}	0,003241 ^{ns}	0,007401 ^{ns}	0,00655 ^{ns}
Ciclo	1	0,047000 ^{ns}	0,001834 ^{ns}	0,387200 ^{**}	0,302625 [*]
Frequência	1	0,000001 ^{ns}	0,000859 ^{ns}	0,000575 ^{ns}	0,000030 ^{ns}
Ciclo*Frequência	1	0,008321 ^{ns}	0,003628 ^{ns}	0,000179 ^{ns}	0,005788 ^{ns}
Concentração	3	0,004576 ^{ns}	0,001590 ^{ns}	0,000169 ^{ns}	0,000906 ^{ns}
Ciclo*Concentração	3	0,006246 ^{ns}	0,001818 ^{ns}	0,000562 ^{ns}	0,002550 ^{ns}
Frequência*Concentração	3	0,009824 ^{ns}	0,002868 ^{ns}	0,000926 ^{ns}	0,001272 ^{ns}
Ciclo*Frequência*Concentração	3	0,010939 ^{ns}	0,000734 ^{ns}	0,001163 ^{ns}	0,001398 ^{ns}
Resíduo	47				
CV (%)		5,38	24,25	16,55	12,84
CV (%)		11,35	76,33	12,66	14,41
CV (%)		5,70	33,44	7,96	7,92
Média geral		1,6047	0,1208	0,3575	0,4783

^{**}significativo (p>0,001); ^{*} significativo (p<0,05). CV: coeficiente de variação; densidade do solo (Ds); macroporosidade (Ma); microporosidade (Mi); porosidade total (Pt).

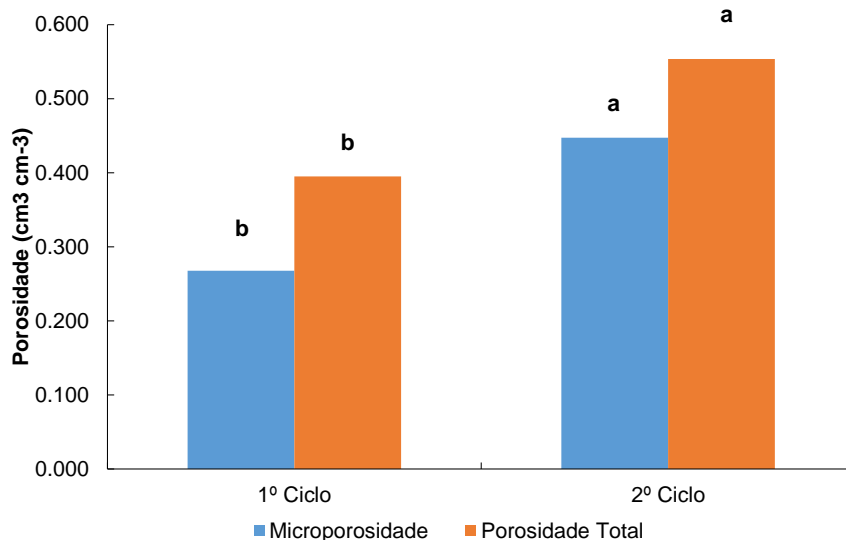


Figura 6. Distribuição da porosidade total e microporosidade ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) em dois ciclos de desenvolvimento da cultura da bananeira “Grande Naine”. Cruz das Almas, BA, 2018.

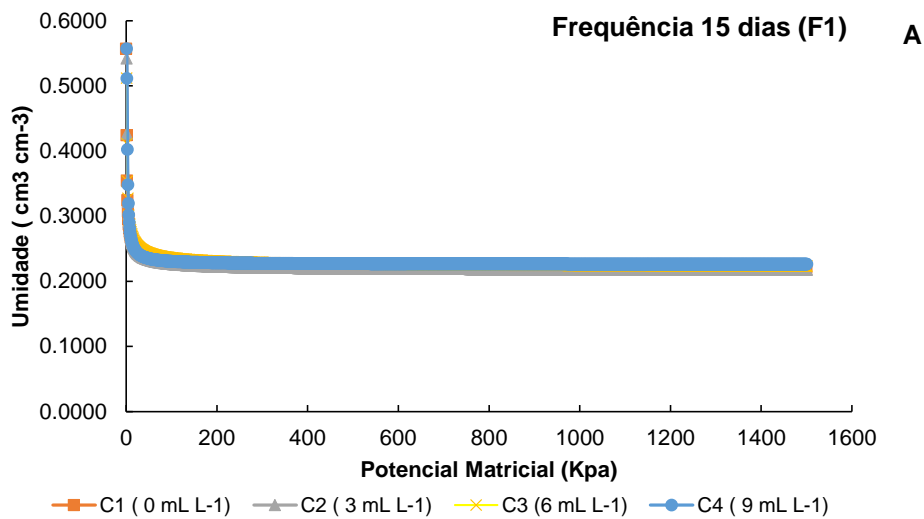
Tabela 3. Quadrado médio, coeficiente de variação (CV) para variáveis dependentes: estabilidade de agregado vias úmida e seca, diâmetro médio ponderado (DMP) via úmida e seca), nas profundidades de 0–0,15 m e 0,15–0,30 m sob aplicação de SH em diferentes frequências e concentrações de aplicação. Cruz das Almas, BA.2018.

FV	GL	Quadrado Médio			
		Esta. Agre. (Úmido)	DMP mm (Úmido)	Esta. Agre. (Seco)	DMP mm (Seco)
Bloco	2	14,801 ns	0,176 ns	0,121 ns	0,041 ns
Prof.	1	58,234 ns	1,050 ns	0,365 ns	0,135 ns
Erro 1	2	316,089	0,312	8,167	0,309
Frequência	1	170,065 ns	0,472 ns	0,005 ns	0,321 ns
Prof.*Freq	1	152,047 ns	0,403 ns	6,712 ns	0,277 ns
Erro 2	5	76,140	0,065	7,157	0,048
Conc.	3	57,811 ns	0,066 ns	1,001 ns	0,003 ns
Prof. * Conc	3	68,574 ns	0,120 ns	5,560 ns	0,063 ns
Freq. * Conc	3	90,137 ns	0,182 ns	15,686 ns	0,029 ns
Prof.*Freq.*Conc.	3	11,365 ns	0,009 ns	3,876 ns	0,042 ns
Total	47				
CV 1(%)		20,97	24,67	2,99	24,31
CV 2(%)		10,29	11,32	2,80	9,66

CV 3(%)	8,77	18,66	2,41	9,81
Média Geral	84,79	2,26	95,43	2,29

* 5% de significância; ** 1% de significância; ns: não significativo pelo teste F.

Os valores médios da umidade obtidos na curva de retenção durante dois ciclos de cultivo, nas frequências de aplicação e concentrações de produto a base de SH, não foram influenciados pela concentração da SH, da frequência de aplicação ou da interação entre esses fatores (Figura 7 A e B). Esse resultado mostra que durante dois ciclos de aplicação as SH não afetaram os atributos físico-hídricas independentemente dos tratamentos aplicados.



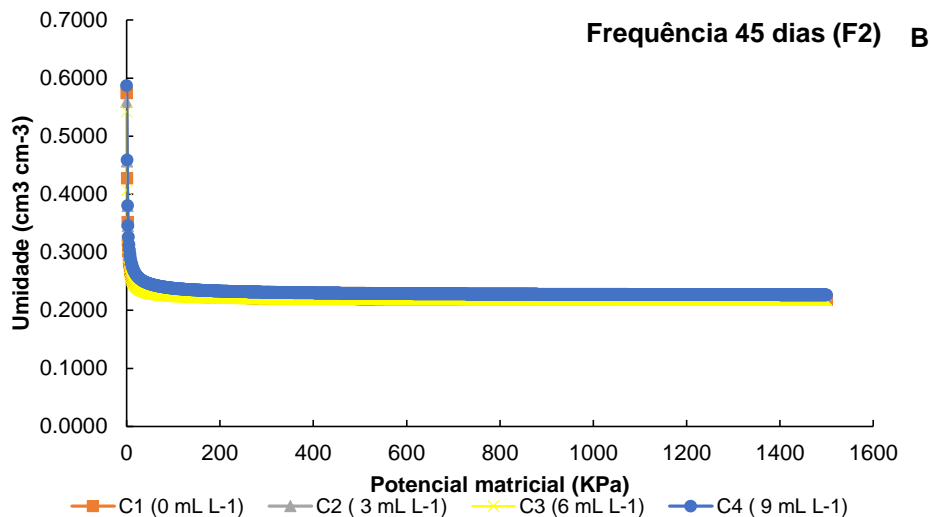


Figura 7. Curva de retenção de água nas frequências de 15 (A) e 45 dias (B) nas concentrações de produto a base de SH: 0 mL L⁻¹, 3 mL L⁻¹, 6 mL L⁻¹ e 9 mL L⁻¹ na profundidade de 0-0,30 m. Cruz das Almas, BA. 2018.

4.2. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH nos íons potássio, nitrato, sódio e condutividade elétrica (CE) na solução do solo

De acordo com a tabela 4, somente as variáveis potássio (K), sódio (Na) e nitrato (NO₃⁻) na solução do solo foram influenciadas significativamente pela frequência de aplicação e concentração de produto à base de SH, não havendo efeito significativo dos tratamentos para a condutividade elétrica do solo.

A variável nitrato mostrou o maior efeito da frequência e das concentrações do produto à base de SH nos dois ciclos do experimento, esse comportamento pode estar relacionado à alta mobilidade desse íon na solução do solo, juntamente com a ação das moléculas orgânicas, que poderiam primeiro ligar os cátions e então atrair os ânions via interações cátion-aniônica, evitando sua lixiviação e mantendo sua permanência naquela camada (LUND et al., 2008).

Segundo Klučáková (2018) o aumento na concentração de ácidos húmicos ou fúlvicos na solução do solo pode influenciar o aumento da liberação de íons de hidrogênio e da condutividade elétrica como resultado da dissociação de grupos funcionais ácidos. Segundo Bryan et al. (2007) observou

que as interações entre íons metálicos e ácidos húmicos são complexas, principalmente devido à presença de diversos sítios húmicos ativos e mecanismos de reação. Por outro lado, considerando-se que a primeira etapa de reação entre íons e ácidos húmicos é rápida, pode-se assumir a presença de equilíbrio local entre íons livres não ligados e íons ligados a ácidos húmicos (KLUCÁKOVÁ e PEKAR, 2003; SEDLACEK e KLUCÁKOVÁ, 2009).

A condutividade elétrica (CE) na solução do solo não mostrou diferenças para os tratamentos experimentais aplicados. O comportamento obtido neste experimento foi o oposto ao relatado por Yilmaz (2010) e Imbufe et al. (2004) onde relataram os valores crescentes de CE e pH na solução do solo que podem ser explicados pela rica composição de nutrientes de fragmentos orgânicos utilizados nestes trabalhos. Os estudos anteriores, envolvendo a aplicação de produto a base de SH indicaram que o incremento na dose e concentração de ácidos húmicos é acompanhado pela elevação do nível de pH e nutrientes e CE na solução do solo, como observado por Gümüs et al. (2015).

Tabela 4. Análise de variância com os quadrados médios, significâncias, médias e coeficientes de variação para os atributos químicos da solução do solo, avaliados em dois ciclos do experimento de bananeira “Grande Naine”, Cruz das Almas, Ba, 2018.

Fonte de variação	G.L.	K (mg L ⁻¹)	Na (mg L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (g L ⁻¹)	CE (dS m ⁻¹)
Bloco	2	0,00261 ns	0,00593 ns	10087,01 ns	0,01361 ns
Ciclo	1	0,00506 ns	0,02485 *	170915,14 *	0,00323 ns
Frequência	1	0,00047 ns	0,00265 ns	11412,18 *	0,04845 ns
Ciclo*Frequência	1	0,00066 ns	0,00897 ns	710,13 ns	0,00134 ns
Concentração	3	0,00064 ns	0,00454 ns	14577,98 **	0,05804 ns
Ciclo*Concentração	3	0,00309 *	0,01063 ns	1950,63 ns	0,02263 ns
Frequência*Concentração	3	0,00061 ns	0,00274 ns	9706,11 *	0,00964 ns
Ciclo*Frequência*Concentração	3	0,00015 ns	0,00175 ns	859,69 ns	0,02112 ns
Resíduo total	47				
CV (%)		62,55	6,70	19,03	19,74
CV (%)		17,72	42,25	6,18	11,07
CV (%)		43,34	25,36	23,95	31,01
Média geral		0,0601	0,2690	220,07	0,4811

**significativo ($p > 0,001$); * significativo ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação; potássio (K); sódio (Na); nitrato (NO₃); condutividade elétrica CE.

Com base na interação observada entre concentrações e ciclos para a variável potássio na solução do solo, nota-se que as concentrações de 3 e 6 mL L⁻¹ foram as de maiores médias em relação aos demais fatores. O teor desse íon na solução obteve maiores valores em relação aos demais tratamentos, no desdobramento da interação fixando a concentração, não houve diferença entre as concentrações médias de potássio entre os dois ciclos (Figura 8).

Em dois ciclos de cultivo foi possível observar que a presença de ácidos húmicos favoreceu a adsorção de potássio citada na tabela 4, evitando a lixiviação do mesmo, devido ao caráter predominantemente aniônico da SH, aumentando o número de cargas negativas no solo, favorecendo a adsorção de cátions (COSTA, 2001). No entanto, é importante ressaltar que, em sistemas com baixo aporte de ácidos orgânicos, a preferência de lixiviação é para o K⁺, em relação ao Ca²⁺ e Mg²⁺, por ficar o K mais livre em solução pela menor força de adsorção nos sítios de troca do solo, consequência de sua menor valência e maior constante de associação com ânions inorgânicos (DUIKER e BEEGLE, 2006; FRANCHINI et al., 2003).

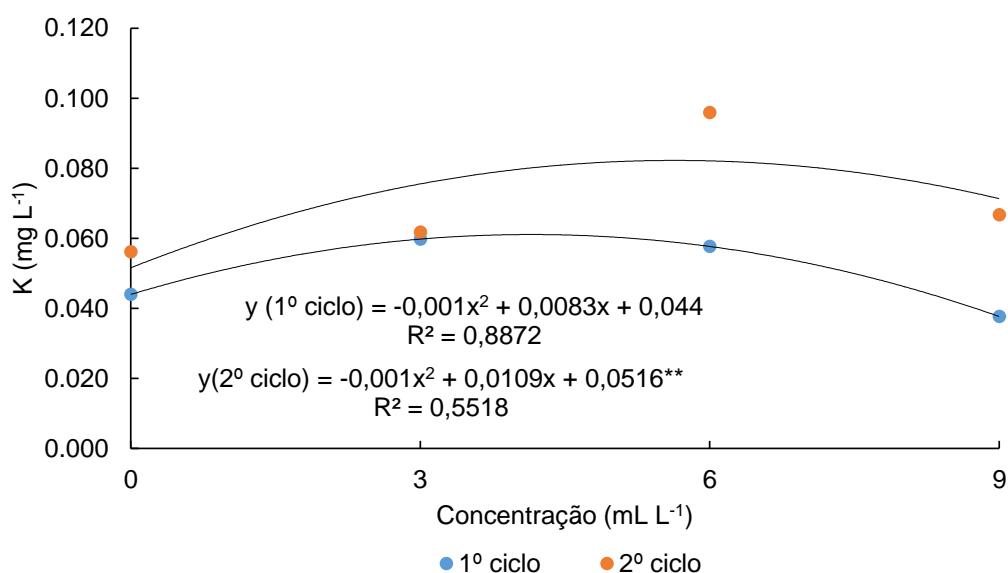
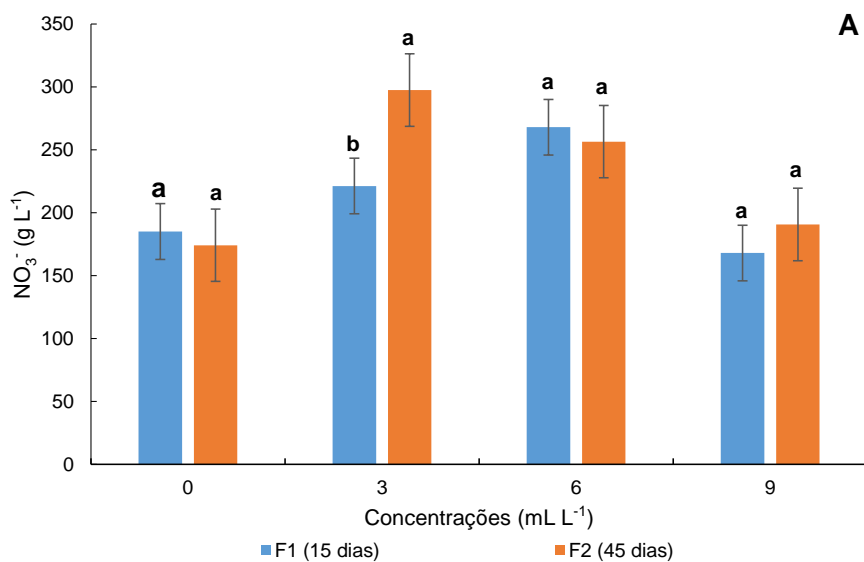


Figura 8. Teor de potássio na solução do solo em diferentes concentrações de SH e dois ciclos de cultivo de bananeira na profundidade de 0-0,30 m. Cruz das Almas, BA. 2018.

As figuras 9 A e B mostram as interações de frequência de aplicação dentro de cada concentração de produto à base de SH e o comportamento das concentrações de SH em cada frequência de aplicação, respectivamente. Observa-se que as concentrações de 3 e 6 mL L⁻¹ influenciaram significativamente a concentração de nitrato na solução do solo na profundidade de 0-0,30 m, no sistema de gotejamento.

Os teores de NO₃⁻ e K no solo nos tratamentos com leonardita foram maiores em relação à parcela controle, com destaque para as concentrações de 3 e 6 mL L⁻¹ (Figuras 8 e 9 (A e B)). Essas diferenças podem ser atribuídas à composição da leonardita.

Duval et al. (1998) usaram leonardita como um intensificador de crescimento e relataram que, onde todos os nutrientes (N, P e K) foram aplicados ao solo, os níveis de K aumentaram nos tratamentos comparados com o controle.



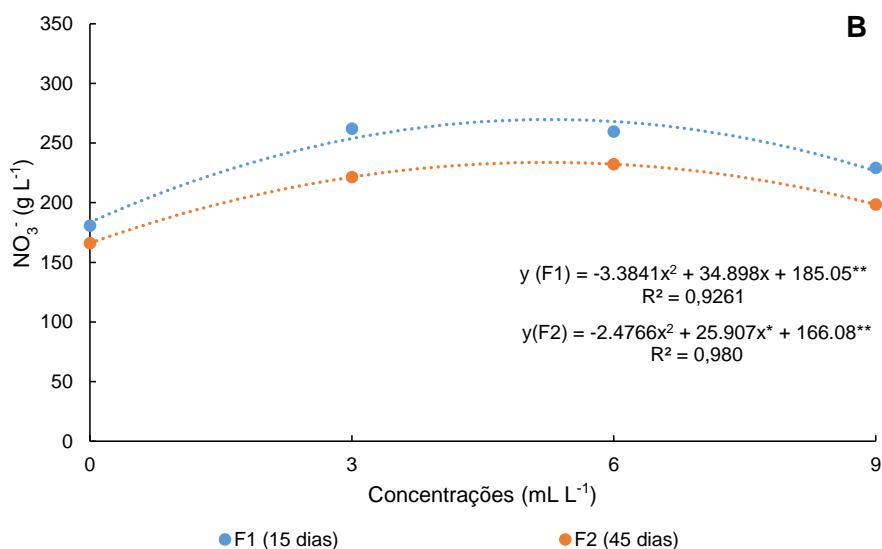


Figura 9. Teor de nitrato (NO_3^-) em função da frequência dentro de cada concentração de SH (A) e em função da concentração em cada frequência de aplicação de SH (B). Cruz das Almas, BA. 2018

4.3. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH atributos químicos do solo

Com base nos resultados obtido pela análise de variância (Tabela 5), observa-se que a aplicação de substâncias húmicas nas frequência de aplicação e concentração de SH dentro dos dois ciclos avaliados, mostraram – se influenciar as variáveis químicas do solo cálcio (Ca) e matéria orgânica (Mo). Contudo, difere dos registros de Selim et al. (2009) que, avaliando a fertirrigação, por meio de gotejadores dispostos superficialmente e subsuperficialmente, com SH, em solos arenosos, cultivados com batata, constataram que aplicação de SH reduziu a lixiviação de nutrientes como potássio e nitrogênio.

Selim e Mosa (2012) também registraram efeitos positivos sobre os conteúdos de N, P, K, Fe, Mn e Zn em um solo arenoso, cultivado com brócolis, submetido à fertirrigação por gotejamento com dosagens de NPK na presença e ausência de SH.

Tabela 5. Quadro da análise de variância com os quadrados médios, significâncias, médias e coeficientes de variação para os atributos químicos do solo, avaliados em dois ciclos do experimento.

Fonte de variação	G.L.	pH	P	K	Ca	Mg	Na	H + Al	SB	CTC	V (%)	M.O
Bloco	2	85,66 ^{ns}	315,27 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,37 ^{ns}	50,25 ^{ns}	2,64 ^{ns}
Ciclo	1	89,92 ^{ns}	616,33 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,14 [*]	0,48 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,94 ^{ns}	11,89 ^{ns}	19,31 ^{ns}	25,52 ^{ns}	150,52 ^{ns}
Erro		91,58	196,64	0,11	0,05	0,00	0,04	0,99	0,85	1,41	154,08	17,14
Frequência	1	96,61 ^{ns}	18,75 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,55 ^{ns}	212,52 ^{ns}	7,52 ^{ns}
Ciclo*Frequência	1	102,37 ^{ns}	363,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	204,18 ^{ns}	1,68 ^{ns}
Erro		102,37	363,00	0,01	0,47	0,07	0,02	1,06	0,07	0,03	204,18	1,68
Concentração	3	93,75 ^{ns}	411,13 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,22 ^{ns}	71,74 ^{ns}	25,13 ^{ns}
Ciclo*Concentração	3	102,49 ^{ns}	170,50 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,70 ^{ns}	434,57 ^{ns}	25,18 ^{ns}
Frequência*Concentração	3	81,94 ^{ns}	28,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,22 ^{ns}	156,35 ^{ns}	31,18 [*]
Ciclo*Frequência*Concentração	3	91,13 ^{ns}	81,27 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,08 ^{ns}	177,57 ^{ns}	23,46 ^{ns}
Resíduo	47											
CV (%)		118,00	48,29	76,14	9,26	5,45	67,30	100,85	17,15	19,47	14,72	22,41
CV (%)		124,75	65,60	25,09	26,29	15,67	50,90	104,01	5,01	3,19	16,95	7,03
CV (%)		117,73	45,79	53,22	23,50	23,87	37,07	83,23	19,97	12,82	15,76	17,80
Média geral		8,1	29,04	0,44	2,62	1,76	0,30	0,99	5,38	6,10	84,31	18,47

** significativo ($p > 0,001$); * significativo ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação; pH: fosforo (P mg dm⁻³); potássio (K (cmolc dm⁻³)); Cálcio (Ca (cmolc dm⁻³)); magnésio (Mg (cmolc dm⁻³)); sódio (Na (cmolc dm⁻³)); soma de base (SB (cmolc dm⁻³)); capacidade de troca de cátions (CTC cmolc dm⁻³); Percentagem de saturação de base (V%); Matéria Orgânica (M. O. (g kg⁻¹)).

4.4. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH nos atributos microbiológicos do solo

As variáveis microbiológicas, respiração basal e coeficiente metabólico, não obtiveram significância estatísticas em relação aos tratamentos aplicados no primeiro ciclo da cultura, enquanto o carbono da biomassa microbiana mostrou diferença entre as concentrações e frequências de aplicação das SH (Tabela 6), ajustando ao modelo quadrático (Figura 10). Os efeitos proporcionados pela aplicação de produtos à base de SH podem ser diretos com relação à morfologia e fisiologia radicular, mas também indiretos, alterando a química e a dinâmica microbiana da rizosfera, por estimularem a exsudação de ácidos orgânicos aumentando a população microbiana (CANELLAS et al., 2008b).

O teor carbono orgânico no solo aumentou gradualmente com o aumento da concentração do produto à base de SH (Figura 10) como relatado em estudos de Wei et al., 2015; Medina et al., 2015; Ma et al., 2016; Zheng et al., 2016.

As concentrações de carbono orgânico no solo incorporado pelos compostos húmicos influenciaram positivamente o aspecto microbiológico do solo, relatados de maneira semelhante em estudos de laboratório (AMELOOT et al., 2013; LUO et al., 2013) e experiências de campo (WARDLE et al., 2008; CHEN et al., 2013; ZHENG et al., 2016), em que a aplicação de SH aumentou a biomassa microbiana.

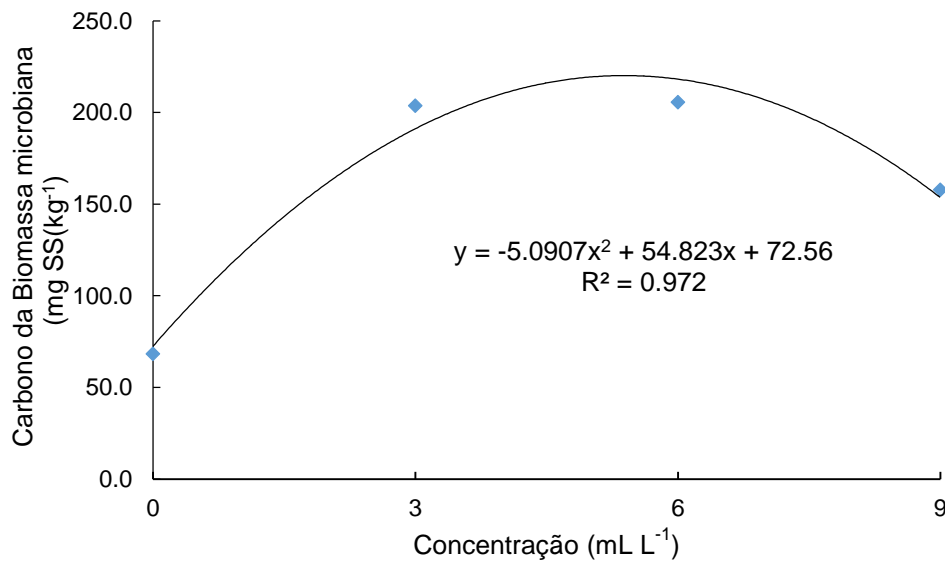


Figura 10. Carbono da Biomassa Microbiana na média das duas frequências de 15 e 45 dias distribuídas nas concentrações de 0, 3, 6 e 9 ml L⁻¹ de produto à base de SH. Cruz das Almas, BA. 2018

A melhoria nos atributos biológicos com a aplicação associada de fertilizantes organominerais e de compostos orgânicos aumentou as atividades microbianas, ajudou na decomposição da matéria orgânica presentes, que auxiliou no armazenamento e liberação de nutrientes (YAGI et al., 2005).

Tabela 6. Quadrado médio, coeficiente de variação (CV) para variáveis dependentes: carbono da biomassa microbiana (mg SS(kg⁻¹), respiração basal (CO₂ irga (mg kg⁻¹ d⁻¹) e coeficiente metabólico (SS d⁻¹) nas frequências de 15 e 45 dias distribuídas nas concentrações de 0 ml L⁻¹, 3 ml L⁻¹, 6 ml L⁻¹ e 9 ml L⁻¹ de produto a base de substância húmica. Cruz das Almas, BA, 2018.

FV	GL	Carbono Biomassa Microbiana	Respiração basal	Coeficiente metabólico
Bloco	2	2233,652 ^{ns}	26,695 ^{ns}	0,0150 ^{ns}
Frequência	1	422,520 ^{ns}	19,081 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Erro 1	2	3063,202	5,195	0,0016
Concentração	3	25798,749*	14,516 ^{ns}	0,051528 ^{ns}
Frequência * Concentração	3	3908,374 ^{ns}	17,169 ^{ns}	0,010417 ^{ns}
Erro 2	12	4253,59	19,845	0,02055
Total	23	-	-	-
CV	-	34,82	9,8	21,77
CV	-	41,03	19,15	76,47
Media Geral	-	158,94	23,26	0,187

* 5% de significância; ** 1% de significância; ns: não significativo pelo teste F.

4.5. Efeito da concentração e da frequência de aplicação de SH na produtividade da bananeira

A fertirrigação com SH não repercutiu de maneira significativa sobre as variáveis de desempenho agrônomo avaliadas, durante a emissão floral e a colheita, no primeiro e segundo ciclos, segundo a análise de variância (Tabela 7).

Não foi observado neste experimento influência da frequência de aplicação e concentração de produto à base de SH sobre as variáveis relacionadas à produtividade da cultura: número de frutos; número de penca; peso do cacho, peso do penca; comprimento e diâmetro do fruto (Tabela 7). Ao longo de dois ciclos de cultivo da bananeira foi observado efeito significativo sob as variáveis: número de penca; peso do cacho, peso da penca e comprimento do fruto.

Observa-se que houve diferença apenas entre o ciclo para as variáveis citadas. As variáveis de produção da bananeira 'BRS Princesa' apresentaram valores médios próximos aos registrados por Roque et al. (2014) e Santos (2015), ocorrendo poucas diferenças.

Por outro lado não há consenso sobre os mecanismos de ação desses ácidos orgânicos sobre as plantas. Sendo conhecida a existência de variações da resposta das plantas à concentração, peso molecular, estrutura dos ácidos orgânicos e fontes das SH (Muscolo et al. 2013), o que torna a discussão dos efeitos em nível fisiológico, muitas vezes, complicada ou mesmo inconclusiva, principalmente, em condições não controladas, como aquelas encontradas, normalmente, na experimentação de campo. Ocorrendo escassez de trabalhos dessa natureza (Zandonadi et al. 2013).

Tabela 7. Quadrado médio, coeficiente de variação (CV) e média para variáveis de produtividade: número de frutos; número de penca ; produtividade do cacho ,produtividade do penca ; comprimento e diâmetro médio do fruto.

Fonte de variação	G.L.	Nº Frutos	Nº Pencas	Produtividade de Cacho (t ha ⁻¹)	Produtividade de penca (t há ⁻¹)	Comprimento do fruto(cm)	Diâmetro do fruto (cm)
Bloco	2	92,687 ns	0,1458 ns	383,634 ns	356,598356 ns	31,373425 ns	4,822706 ns
Ciclo	1	154,08 ns	0,5208 *	12401,219**	10046,52135 *	78,259669 *	51,729769 ns
Frequência	1	2,083 ns	0,5208 ns	11,425 ns	10,763602 ns	15,221269 ns	0,438919 ns
Ciclo*Frequência	1	16,333 ns	0,1875 ns	231,880 ns	213,068269 ns	9,855469 ns	1,639102 ns
Concentração	3	113,000 ns	0,5208 ns	78,813 ns	79,527647 ns	3,260341 ns	0,727930 ns
Ciclo*Concentração	3	89,416 ns	0,1875 ns	61,255 ns	57,378735 ns	6,340874 ns	1,020469 ns
Frequência*Concentração	3	65,638 ns	0,3541 ns	48,338 ns	45,021908 ns	0,394352 ns	0,312074 ns
Ciclo*Frequência*Concentração	3	26,777 ns	0,0763 ns	19,565 ns	16,528841 ns	1,747063 ns	1,746791 ns
Total	47						
CV (%)		2,66	1,56	10,88	10,76	8,23	6,44
CV (%)		6,58	7,17	6,64	6,87	5,73	1,59
CV (%)		8,96	6,06	12,98	13,75	8,27	4,48
Média geral		139,75	9,23	60,97	55,43	19,08	34,91

* 5% de significância; ** 1% de significância; ns: não significativo pelo teste F.

5. CONCLUSÕES

As aplicações de ácido húmico aumentam as concentrações dos íons nitrato, potássio e sódio na solução do solo; o volume de microporos e da porosidade total; e carbono da biomassa microbiana.

A adição do composto à base de SH ao solo durante o dois ciclos da cultura nas concentrações de 3 e 6 mL L⁻¹ na frequência de 45 dias aumenta os teores de potássio e nitrato na solução do solo nutrientes que alcançam as maiores demandas quantidade pela na cultura bananeira.

Há necessidade de estudos posteriores com novas concentrações e frequências de aplicação das SH para estabelecer melhor correlação com a promoção do crescimento e produtividade vegetal da bananeira nos Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMELOOT N, DE NEVE S, JEGAJEEVAGAN K, YILDIZ G, BUCHAN D, FUNKUN YN, PRINS W, BOUCKAERT L, SLEUTEL S. Short-term CO₂ and N₂O emissions and microbial properties of biochar amended Sandy loam soils. **Soil Biol Biochem** . v. 57:401–410, 2013

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Carbon assimilation and microbial activity in soil. Zeitschrift fur Pflanzenernaehrung und Bodenkunde, Berlin, **J. Plant. Nutri. Soil Science**. v. 149, p. 457-468, 1986.

ALVAREZ, M.A.B., S. GAGNE AND H. ANTOUN. Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of plant growth-promoting rhizobacteria. **App and Environ Microbiol**. V. 61: 194-199, 1995.

ALVAREZ-PUEBLA, R.A.; GOULET, P.J.G.; GARRIDO, J.J. Characterization of the porous structure of different humic fractions Colloids Surfaces A: **Physicochem. Eng. Aspects**, v. 256, pp. 129-135, 2005

BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Rev. Ceres**, vol.61, suppl. [cited 2018-07-10], pp.856-881, 2014. ISSN 0034-737X. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461000011>.

BULGARI R, COCETTA G, TRIVELLINI A, VERNIERI P, FERRANTE A. Biostimulants and crop responses: a review. **Biol Agric Hortic** v. 31:1–17. 2015. doi:10.1080/01448765.2014.964649

BRYAN, N.D.; JONES, D.L.M.; KEEPAX, R. E.; FARRELLY, D.H.; ABRAHAMSEN, L. G.; PITOIS, A.; IVANOV, P.; WARWICK, P.; EVANS, N. The role of humic non-exchangeable binding in the promotion of metal ion transport in groundwaters in the environment, **J. Environ. Monit.** v. 9, 329–347. 2007

BULLUCK III, L.R., BROSIUS, M., EVANYLO, G.K., RISTAINO, J.B. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. **Appl. Soil Ecol.** V. 19, 147–160, 2002.

CANELLAS, L.P.; TEIXEIRA JUNIOR, L.R.L.; DOBBSS, L.B.; SILVA, C.A.; MÉDICI, L.O.; ZANDONADI, D.B. & FAÇANHA, A.R. Humic acids crossinteractions with root and organic acids. **Ann. Appl. Biol.**, v. 153:157-166, 2008b.

COSTA, C.N. **Efeito das substâncias húmicas no desenvolvimento radicular da cebola, Allium cepa L., e na cinética de absorção de fósforo e potássio.** Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 2001. 51p. (Tese de Mestrado).

COURTNEY, R.G., MULLEN, G.J. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. **Biores. Technol.** v.99, 2913–2918, 2008.

CHEN JH, LIU XY, ZHENG JW, ZHANG B, LU HF, CHI ZZ, PAN GX, LI LQ, ZHENG JF, ZHANG XH, WANG JF, YU XY. Biochar soil amendment increased bacterial but decreased fungal gene abundance with shifts in community structure in a slightly acid rice paddy from Southwest China. **Appl Soil Ecol.** v.71:33–44, 2013.

DUIKER, S.W. & BEEGLE, D.B. Soil fertility distributions in long-term no-till, chisel/disk and moldboard plow/disk systems. **Soil Till. Res.** V. 88:30-41, 2006

DUVAL, J.R., F.J. DAINELLO, V.A. HABY AND D.R. EARHART. Evaluating leonardite as a crop growth enhancer for turnip and mustardgreen. **Hortic. Technol.**, v.8: 564-567.1998.

FRANCHINI, J.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, A. Organic composition of green manure during growth and its effect on cation mobilization in an acid Oxisol. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, v. 34. 2045-2058 p. , 2003.

GOEBEL, M.-O., BACHMANN, J., REICHSTEIN, M., JANSSENS, I.A., GUGGENBERGER, G. Soil water repellency and its implications for organic matter decomposition — is there a link to extreme climatic events, *Glob. Chang. Biol.* 17, 2640–2656 p., 2011.

GÜMÜS, I.; ŞEKER, C. Influence of humic acid applications on modulus of rupture, aggregate stability, electrical conductivity, carbon and nitrogen content of a crusting problem soil. **Solid Earth.** v.6: 1231–1236 p. 2015, DOI:10.5194/se-6-1231, 2015.

HAYNES, R.J. ; NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, v.51, p. 123-137, 1998.

IMBUFE, A. U., PATTI, A. F., SURAPENENI, A., JAKSON, R., AND WEBB, A. J.: Effects of brown coal derived materials on pH and electrical conductivity of an acidic vineyard soil, Super Soil: 3rd **Australian New Zealand Soils Conference**, 5–9 December 2004, University of Sydney, Australia, 2004.

JENKINSON, D.S. Studies on decomposition of plant material in soil 2. Partial sterilization of soil and soil biomass, **Journal of Soil Science.** v. 17 N^o2, 1966.

KLUCAKOVA, M.; PEKAR, M. Study of structure and properties of humic and fulvic acids. IV. Study of interactions of Cu²⁺ ions with humic gels and final comparison, **J. Polym. Mater.** v.20. 155–162 p. 2003

KLUČÁKOVÁ, M. Conductometric study of the dissociation behavior of humic and fulvic acids. **Reactive and Functional Polymers** v.128. p.24–28. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2018.04.017>.

KREMPEL, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (ed.) *Methods of soil analysis.* 2.ed. Madison, **American Society of Agronomy, Soil Science Society of America**, 1986. pt. 1, p.425-442. (Agronomy Monography, 9).

LUND, M.; VACHA, R.; JUNGWIRTH, P. **Specific ion binding to macromolecules: effects of hydrophobicity and ion pairing** *Angewandte Chemie International Edition*, 24, pp. 3387-3391, 2008.

LUO, Y.; DURENKAMP, M.; DE NOBILI, M.; LIN, Q.; DEVONSHIRE, B.J.; BROOKES, P.C. Microbial biomass growth, following incorporation of biochars produced at 350 °C or 700 °C, in a silty–clay loam soil of high and low pH. **Soil Biol Biochem** 57:513–523, 2013.

MA, N.N.; ZHANG, L.L.; ZHANG, Y.L.; YANG, L.J.; YU, C.X.; YIN, G.H.; DOANE, T.A.; WU, Z.J.; ZHU, P.; MA, X. Z.Biochar improves soil aggregate stability and water availability in a Mollisol after three years of field application. **PLOS ONE** 11(5), 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154091>

MEDINA, J.; MONREAL, C.; BAREA, J.M.; ARRIAGADA, C.; FERNANDO, B.; CORNEJO, P. Crop residue stabilization and application to agricultural and degraded soils: a review. **Waste Manag.** v.42: p.41–54, 2015.

MUSCOLO, A.; SIDARI, M.; NARDI, S.. Humic substance: relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 129, p. 57-63, 2013.

PERNER, H.; SCHWARZ, D.; GEORGE, E. Effect of mycorrhizal inoculation and compost supply on growth and nutrient uptake of young leek plants growth on peat-based substrates. **Horti. Sci.**, v.41: p.628-632, 2006.

PICCOLO, A.; MBAGWU, J. S. C. Effects of different organic waste amendments on soil microaggregates stability and molecular sizes of humic substances. **Plant Soil**.v.123:p.27–37, 1990.

ROQUE, R. L.; AMORIM, T. B.; FERREIRA, C. F.; LEDO, C. A. S.; AMORIM, E. P. Desempenho agrônomo de genótipos de bananeira no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 598-609, 2014.

SANTOS, D. S. **Substâncias húmicas via fertirrigação no solo e nas variáveis morfológicas e de produção da bananeira cv. Princesa**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2015.

SEDLACEK, P.; KLUCAKOVA, M. Diffusion experiments as a new approach to the evaluation of copper transport in humics-containing systems, *Collect. Czech. Chem. C.* v 74, pp.1323–1340, 2009.

SELIM, E. M.; MOSA, A. A.; EL-GHAMRY, A. M. Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions. **Agricultural water management**, v. 96, n. 8, p. 1218-1222, 2009.

SELIM, E.; MOSA, A., Ahmed. Fertigation of humic substances improves yield and quality of broccoli and nutrient retention in a sandy soil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 175, n. 2, p. 273-281, 2012.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D. Caracterização físico hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura Tropical, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Nº 20)**, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 56p, 2001. ISSN 1516-5604.

TEXEIRA, C. P.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; WENCESLAU GERALDES TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo** – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 573 p. : il. color. ISBN 978-85-7035-771-7.

TEJADA, M.; GONZÁLEZ, J.L.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A.M.; PARRADO, J. Application of a green manure and green manure composted with beet vinasse on soil restoration: effects on soil properties. **Biores. Technol.** 99, 4949–495, 2008.

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

YAGI, R., FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C.P., BARBOSA, J.C. Soil organic matter as a function of nitrogen fertilization in crop succession. **Sci. Agric.** v.62, p.374–380, 2005.

YILMAZ, E.: Changes of some soil properties by agricultural processing waste (soybean pulp) amendment, *J. Food Agric. Environ.* v.8, p.1057–1060, 2010.

WEI, T.; ZHANG, P.; WANG, K.; DING, R.X.; YANG, B.P.; NIE, J.F.; JIA, Z.K.; HAN, Q.F. Effects of wheat straw incorporation on the availability of soil nutrients and enzyme activities in semiarid areas. *PLoS One* 10: e0120994, 2015.

WARDLE, D.A.; NILSSON, M.C.; ZACKRISSON O. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. *Science*.v.320: p.629–629, 2008.

ZANDONADI, D. B. et al. Plant physiology as affected by humified organic matter. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v. 25, n. 1, p. 13-25, 2013.

ZHENG, J.F.; CHEN, J.H.; PAN, G.X.; LIU, X.Y.; ZHANG, X.H.; LI, L.Q.; BIAN, R.J.; CHENG, K.; ZHENG J. W. Biochar decreased microbial metabolic quotient and shifted community composition four years after a single incorporation in a slightly acid rice paddy from Southwest China. *Sci Environ* .v.571: p.206–217, 2016.