

## Ácidos húmicos melhoram atributos do solo de um Latossolo Amarelo, mas sem afetar a produtividade da bananeira (*cv. BRS Princesa*)

Bruno Laecio da Silva Pereira <sup>1\*</sup>, Eugenio Ferreira Coelho <sup>2</sup>, Francisco Alisson da Silva Xavier <sup>3</sup>,  
Laercio Duarte Souza <sup>4</sup>, José Carlos Lopes de Lima <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil. (\*Autor correspondente: brunolaecio\_3@hotmail.com)

<sup>2</sup>Pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil.

<sup>3</sup>Pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil.

<sup>4</sup>Pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil.

<sup>5</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 06/07/2023 – Revisado em: 15/11/2023 – Aceito em: 30/03/2024

### RESUMO

O uso de condicionadores orgânicos a base de substâncias húmicas se apresenta como uma promissora alternativa para melhorar a fertilidade do solo de forma a elevar a produtividade e qualidade da produção agrícola. De modo que o presente trabalho tem como objetivo avaliar, o efeito da aplicação de produto a base de substâncias húmicas via fertirrigação em diferentes frequências e concentrações sob um solo cultivado com bananeira 'Princesa', e sua influência nos atributos 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 L<sup>-1</sup>), C2 (10 ml L<sup>-1</sup>), C3 (15 ml L<sup>-1</sup>) e C4 (23 ml L<sup>-1</sup>) e três blocos. A concentração do produto a base de substâncias húmicas mostrou influenciar significativamente (1%) as variáveis K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e CE (ds m<sup>-1</sup>) na solução do solo. Os atributos químicos avaliados pH; fosforo; potássio; sódio; soma de base (SB); capacidade de troca de cátions (CTC); percentagem de saturação de base; matéria orgânica (MO) 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. A aplicação da substância mostrou um melhor efeito nos atributos físicos e químicas do solo, com o uso dos fertilizantes associados com substâncias húmicas, podendo ser considerada como uma alternativa econômico de adubação para bananeira no Recôncavo Baiano.

**Palavras-Chaves:** compostos húmicos, manejo da irrigação, qualidade do solo

Fertirrigation with humic substances and its effects on soil attributes and productivity of banana (*cv. BRS Princesa*).

### ABSTRACT

The utilization of organic conditioners containing humic substances emerges as a promising alternative for enhancing soil fertility to boost agricultural productivity and quality of production. Hence, this study aims to assess the impact of applying a humic substance-based product through fertigation at varying frequencies and concentrations on soil cultivated with 'Princesa' banana trees, and its influence on soil attributes, plant growth and productivity. The experimental design adopted was in randomized blocks with a split plot, consisting of three application frequencies F1 (15 days), F2 (30 days) and F3 (45 days); four concentrations C1 (0 ml L<sup>-1</sup>), C2 (10 ml L<sup>-1</sup>), C3 (15 ml L<sup>-1</sup>) and C4 (23 ml L<sup>-1</sup>) and three blocks. The concentration of the product based on humic substances was shown to significantly influence (1%) the variables K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> and EC (ds m<sup>-1</sup>) in the soil solution. The chemical attributes evaluated pH; phosphorus; potassium; sodium; base sum (SB); cation exchange capacity (CTC); percentage of base saturation; organic matter (OM) were significantly influenced by the treatments applied. The soil microporosity, density and hydraulic conductivity were not influenced by the sources of variation or their interactions. The application of the substance showed a better effect on the physical and chemical attributes of the soil, with the use of fertilizers associated with humic substances, and can be considered as an economical alternative to fertilizing banana plants in Recôncavo Baiano.

**Keywords:** humic compounds, irrigation management, soil quality

Pereira, B., et al (2024). Ácidos húmicos melhoram atributos do solo de um Latossolo Amarelo, mas sem afetar a produtividade da bananeira (*cv. BRS Princesa*). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.12, n.1, p.107-124.



## 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 esta promove o aumento da fertilidade do solo por meio da 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 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 moléculas. 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 dos produtos derivados dessas substâncias.

A aplicação das SH via fertirrigação 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).

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, sobre atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo Distrocoeso e nas variáveis de produtividade da bananeira cultivar *BRS Princesa*.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi instalado 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, com temperatura média 23,9 °C, e umidade relativa do ar e pluviosidade da ordem de 82,8 % e precipitação média anual de 1069 mm, respectivamente.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso (Souza & Souza, 2001); possui classificação textural franco-argiloarenoso (641 g kg<sup>-1</sup> areia, 85 g kg<sup>-1</sup> silte, 274 g kg<sup>-1</sup> argila). Com as seguintes características químicas nas profundidades de 0-0,20 m: pH em H<sub>2</sub>O (5,4), fósforo (P) e potássio (K) disponíveis 8 e 47 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de base (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC) de 1,9; 0,8; 0,04; 0,1; 2,5; 2,86 e 5,36 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente, saturação por base (V%) de 53,35 e matéria orgânica (MO) 11,3 g/kg. Já na profundidade de 0,20-0,40 m: pH (5,26), P e K disponíveis 5 e 36 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, teores de Ca, Mg, Na, Al, H+Al, SB e CTC de 1,2; 0,8; 0,04; 0,1; 2,70; 2,13 e 4,83 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente, V% de 44,09 e MO 9,6 g kg<sup>-1</sup>.

Foram utilizadas mudas de banana (*cv. BRS Princesa*), plantadas no espaçamento de 2,5 x 2,5 m, com 345 plantas na área de 0,228 ha (2.280 m<sup>2</sup>), a recomendação de adubação foi com base nos resultados da análise

química de pH, P, K, Ca, Mg, Al, Na, além de H + Al, SB, CTC e V% das amostragens de solo da área experimental e recomendadas de acordo com Borges e Souza (2004) para adubação de bananeira.

O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, com um emissor autocompensante de vazão média de 53 L h<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup> 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.

A reposição de água entre irrigações foi com base na evapotranspiração da cultura (ETc). A ET<sub>0</sub> foi calculada por meio da metodologia Penman-Monteith proposta por Allen et al. (1996) e o Kc adotado foi o descrito por Coelho et al. (2006). A fertirrigação foi composta por parte orgânica (substâncias húmicas (SH)) e as dosagens aplicadas dos fertilizantes foram calculadas a partir da análise química do solo e das necessidades do ciclo da cultura na forma de ureia 445 kg/ha/ciclo, 600 kg/ha/ciclo cloreto de potássio (KCl) e 150 kg/ha/ciclo fosfato monoamônico (MAP).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema de parcela subdividida com três blocos; três (frequências de aplicação – parcela principal) x quatro (concentrações de SH - subparcela) em duas profundidades (0 -0,30 m e 0,30-0,60 m). O produto foi aplicado via fertirrigação sendo utilizadas três frequências de aplicação: F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias) e três concentrações de injeção: C1 (0 mL L<sup>-1</sup>), C2 (10 mL L<sup>-1</sup>), C3 (15 mL L<sup>-1</sup>) e C4 (23 mL L<sup>-1</sup>). Usou-se uma fonte de ácidos húmicos e fúlvicos comercial (produto comercial CODA Humos) derivado do mineral leonardita. O produto possuía densidade de 1,11 g L<sup>-1</sup> e a seguinte composição química: ácidos fúlvicos (113,7 g L<sup>-1</sup>), ácidos húmicos (111,5 g L<sup>-1</sup>), carbono orgânico total (130,45 g L<sup>-1</sup>), nitrogênio solúvel em água (33,45 g L<sup>-1</sup>), com dose de recomendação aplicada do produto à base de SH durante o ciclo na ordem de 100 L ha<sup>-1</sup>.

Foram avaliados os atributos físico-hídricos do solo como: porosidade total, macroporosidade e microporosidade; densidade do solo, estabilidade de agregado e diâmetro médio ponderado (DMP); curva de retenção de água (CRA) (Teixeira et al. 2017) na camada de 0,0-0,30m. Os atributos químicos analisados foram as concentrações de 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 o teor de matéria orgânica (Teixeira et al. 2017) na camada de 0,0-0,30m. Para as variáveis de solução do solo a concentração de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sódio, potássio e condutividade elétrica segundo Teixeira et al. (2017) foram avaliadas nas profundidades de na camada de 0,0-0,30m e 0,30-0,60m.

Durante o primeiro ciclo para quantificar a produção, foram avaliados a massa do cacho de banana (PCB); massa das pencas (PPC); massa do engajo (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 (t ha<sup>-1</sup>)) e de cachos (PC (t ha<sup>-1</sup>)).

A avaliação estatística dos dados foi feita a partir da análise de componentes principais mediante matriz de correlação amostral para verificar a relação entre os atributos do solo e como as variáveis podem ser afetadas. Após seleção dos componentes principais, foi realizada análise de correlação entre os coeficientes dos autovalores, para identificar e selecionar variáveis que possuem relações mais significativas entre todos os componentes estudados. Os dados foram submetidos a análise no programa estatístico R (TEAMS R, 2023), utilizado o teste de média Tukey 1 e 5% de significância, análise de regressão, teste normalidade dos resíduos no Teste Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias (Kolmogorov-Smirnov) (Ferreira et al., 2018).

### 3. Resultados e Discussão

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

Os tratamentos influenciaram os macronutrientes (K, Ca, Mg, P), pH (em H<sub>2</sub>O), CTC, saturação por base (V%) e matéria orgânica do solo (M.O.S), porém os comportamentos desses elementos podem variar de acordo com a concentração do produto à base de SH como observado por Muscolo et al., 2007e Nardi et al., 2009.

A concentrações de substâncias húmicas utilizadas afetaram de modo significativo as variáveis químicas do solo. Pelos resultados apresentados (Tabela 1), pode-se observar que a interação entre frequência e concentração de SH afetou de modo diferenciado as variáveis químicas, podendo determinado tratamento obter valores diferentes para cada elemento. Este fato dificulta na aplicação de uma concentração de SH específica, já que torna difícil uma dosagem precisa para cada nutriente.

A adição de substâncias húmicas não produziu efeito significativo na matéria orgânica do solo (tabela 1) independente da frequência utilizadas, porém podemos observar o efeito com concentração de SH. Levantamentos globais de dados sobre substâncias húmicas foram compilados em estudos de revisão de Guo et al. (2019), Rose et al. (2014) e Guo et al. (2019), onde foi destacado o potencial das substâncias húmicas em reduzir a lixiviação de nutrientes do solo, uma vez que promovem a formação de quelatos ou complexos de íons metálicos com os íons Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>. A presença de substâncias húmicas em solução também inibe o efeito negativo de Al<sup>3+</sup>.

**Tabela 1.** Atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrocoeso na camada de 0,0 – 0,30 m em função da aplicação de produto comercial a base de substâncias húmicas em diferentes frequências e concentrações aplicação, Cruz das Almas, BA

	Concentração (mL L <sup>-1</sup> )				Concentração (mL L <sup>-1</sup> )			
	0	10	15	23	0	10	15	23
Freq. <sup>1</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)				P (mg dm <sup>-3</sup> )			
F1	6,0 aB	6,5 bA	7,0 aA	6,8 aA	17,7cB	33,7 aB	86,2 aA	21,2 aB
F2	6,5 aB	7,2 aA	6,5 aB	6,5 aB	122,2aA	16,3 aB	44,2bB	31,0 aB
F3	6,6 aA	6,6 bA	6,4 aA	6,7 aA	46,3bA	30,8 aA	21,2bA	26,4 aA
	K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				Ca+Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			
F1	0,34bA	0,28bA	0,36 aA	0,27 aA	2,74 cC	3,88 aB	4,60 aA	3,60 aB
F2	0,66 aA	0,53 aA	0,35 aB	0,29 aB	4,65 aA	4,63 aA	4,33 aA	4,13 aA
F3	0,30bA	0,35bA	0,42 aA	0,36 aA	3,80 bA	3,96 aA	3,96 aA	4,04 aA
	Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			
F1	0,37 aA	0,19 aA	0,35 aB	0,26 aB	2,22 aA	1,56 aB	0,00 bD	0,65 aC
F2	0,31 aA	0,07 bB	0,23 aA	0,25 aA	0,75 bA	0,00 bB	0,00 bB	0,68 aA
F3	0,21 bA	0,24 aA	0,26 aA	0,28 aA	1,87 aA	1,54 aA	1,49 aA	0,51 aB
	SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			
F1	3,41 bB	4,38 aA	4,97 aA	4,20 aA	5,64 aA	5,67 aA	5,53 aA	5,06 aA
F2	5,98 aA	4,40 aB	5,36 aA	4,91 aB	6,15 aA	4,75 bB	5,61 aA	5,16 aB
F3	4,04 bA	4,41 aA	4,54 aA	4,63 aA	5,62 aA	6,07 aA	5,80 aA	4,73 aB
	V (%)				MO (g kg <sup>-1</sup> )			
F1	65 cB	72 bB	92 aA	100 aA	15,7 aB	21,7 aA	21,0 aA	19,8 aA

F2	94 aA	100 aA	94 aA	94 aA	15,2 aB	12,7 aB	16,8 aA	18,5 aA
F3	76 bB	76 bB	74 bB	93 aA	16,2 aB	17,5 aB	21,3 aA	19,8 aA

<sup>1</sup> Frequência de aplicação dos tratamentos: F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias). Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, dentro de cada variável separadamente, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

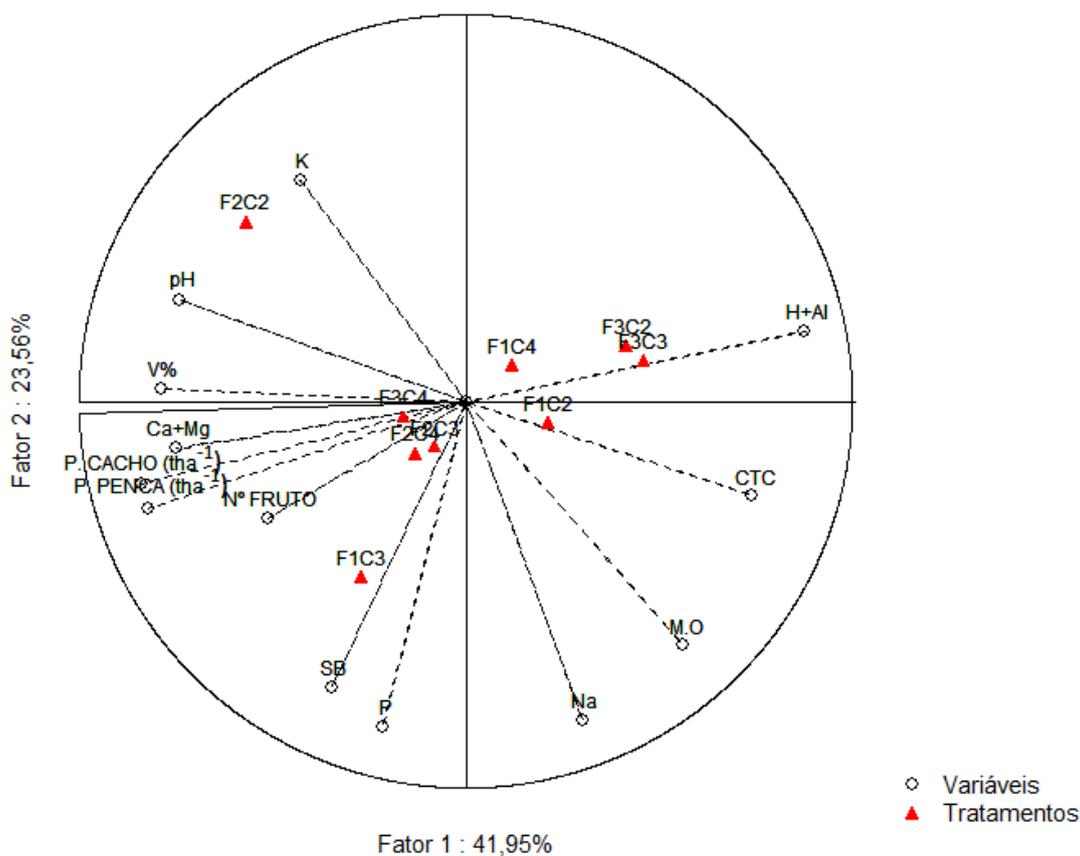
**Fonte:** Autor (2023).

A análise de componentes principais (ACP) permitiu verificar a relação entre os atributos químicos do solo e os tratamentos de frequência e concentração de aplicação das SHs (Figura 1), destacando os tratamentos e variáveis que obtiveram significância. Os dois primeiros componentes responderam por 65,70% da variação dos dados. A variável de maior peso no primeiro componente (CP1) representou 41,95% da variação total e teve como variáveis relacionadas: V%, pH, Ca+Mg, CTC, e acidez potencial (H+Al) (Figura 1). 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. Apesar do aumento no pH não ser muito expressivo, a interação entre todos os fatores pode favorecer a manutenção das cargas formadas no solo, contribuindo durante mais tempo com a manutenção e equilíbrio de cátions no sistema.

O segundo componente principal (CP2) obteve maior interação com as variáveis P, Na e SB (Figura 1). A aplicação de SH resultou maiores valores para as variáveis fósforo (P), saturação por base (V%) os valores superiores aos obtidos no controle, o que nos leva a inferir que as SH aumentam a capacidade absorviva dos solos em comparação ao controle. Tendo em vista que as características estruturais específicas das substâncias húmicas, incluindo o seu elevado número de grupos funcionais, permite que interajam com íons metálicos. Algumas dessas interações incluem a formação de complexos (quelatos e fosfatos), afetando assim a nutrição dos vegetais (Schiavon et al., 2010, Berbara e García 2014).

De acordo com a Figura 1 as concentrações C2 (10 mL L<sup>-1</sup>) e C3 (15 mL L<sup>-1</sup>) mostraram influenciarem as variáveis V% pH, SB, e Ca+Mg, as quais estão relacionadas com as variáveis de produtividade de pencas (PP (t ha<sup>-1</sup>)) e de cachos (PC (t ha<sup>-1</sup>)) e número de fruto (Nº Fruto). De maneira geral, as concentrações de SH utilizadas provocaram modificação do pH do solo, adsorção e concentração de nutrientes na solução do solo, que possivelmente influencia as variáveis de produtividade da cultura como avaliados por Spigarelli et al. (2004) e Benites et al. (2006). Primo et al. (2011), a utilização do material húmico em baixas concentrações de C-ácido húmico (0,07-4,3 mg L<sup>-1</sup>), promoveram aumento na produção de matéria seca de raiz, caule, folha e total. Segundo Prado (2014), estudando produtividade em soja com diferentes níveis de estresse hídrico e diferentes doses de SH, tanto na condição com e sem estresse hídrico, a produtividade da soja aumentou até a dose entre “5 e 6 mL dm<sup>-3</sup>, a partir de então houve declínio da mesma”. De maneira geral, as quantidades elevadas podem negativamente a produtividade, provavelmente pela modificação do pH do solo, adsorção e concentração de nutrientes na solução do solo. De forma semelhante, várias experiências de campo vêm demonstrando os benefícios do uso das substâncias húmicas na agricultura intensiva (Borsari, 2013).

**Figura 1.** Análise de componentes principais (ACP) das variáveis dos atributos químicos do solo: pH, capacidade de troca de cátions (CTC), fósforo (P) potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg); sódio (Na) saturação de base (V%), soma de base (SB), acidez potencial (H+Al); matéria orgânica (M.O); produtividade de pencas (PP (t ha<sup>-1</sup>)) e de cachos (PC (t ha<sup>-1</sup>)).



Fonte: Autor (2023).

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 fósforo 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). 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).

### 3.2 Aplicação de substâncias húmicas (SH) e seus efeitos nas concentrações de $K^+$ , $NO_3^-$ , $Na^+$ e condutividade elétrica da solução do solo.

Houve efeito significativo da frequência de aplicação das SH nas variáveis: nitrato ( $NO_3^-$ ), potássio ( $K^+$ ) e condutividade elétrica (CE) (Tabela 2). A concentração do produto a base de SH mostrou influenciar significativamente as variáveis  $K^+$  ( $R^2 = 92,91\%$ ),  $Na^+$  ( $R^2 = 98,60\%$ ) e já a condutividade elétrica (CE) não mostrou efeito significativo em função da concentração na solução solo.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para variáveis dependentes: nitrato ( $NO_3^-$ ), potássio ( $K^+$ ), sódio ( $Na^{2+}$ ) e condutividade elétrica (Ce) da solução do solo considerando as profundidades de 0 a 0,30 e 0,30 a 0,60 m e aplicação de produto comercial a base de substâncias húmicas (SHs) em diferentes frequências (15, 30 e 45 dias) e concentrações (0, 10, 15 e 23 mL L<sup>-1</sup>) de aplicação.

Fonte de variação <sup>1</sup>	GL	Quadrado Médio			
		$NO_3^-$	$K^+$	$Na^{2+}$	Ce
Bloco	2	16859,7 <sup>ns</sup>	70,4 <sup>ns</sup>	17152,0**	36034,9 <sup>ns</sup>
Prof.	1	348612,5*	285872,6**	50193,3**	723845,1*
Freq.	2	99372,2*	69156,7**	100222,1 <sup>ns</sup>	291102,2**
Prof. x Freq.	2	67116,7*	3209,2 <sup>ns</sup>	123036,5 <sup>ns</sup>	28440,3 <sup>ns</sup>
Conc.	3	5238,4 <sup>ns</sup>	42605,6**	100458,9**	351721,2**
Prof. x Conc.	3	3727,3 <sup>ns</sup>	6680,7 <sup>ns</sup>	82171,5*	34940,9 <sup>ns</sup>
Freq. x Conc.	6	7431,5 <sup>ns</sup>	28837,3**	69715,4**	38560,9 <sup>ns</sup>
Prof. x Freq. x Conc.	6	19253,7 <sup>ns</sup>	34118,4**	85853,7**	103793,7 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> Prof.: profundidade; Freq.: frequência de aplicação do produto a base de SHs; Conc.: concentração de aplicação do produto a base de SHs; ns,\* e \*\*: não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

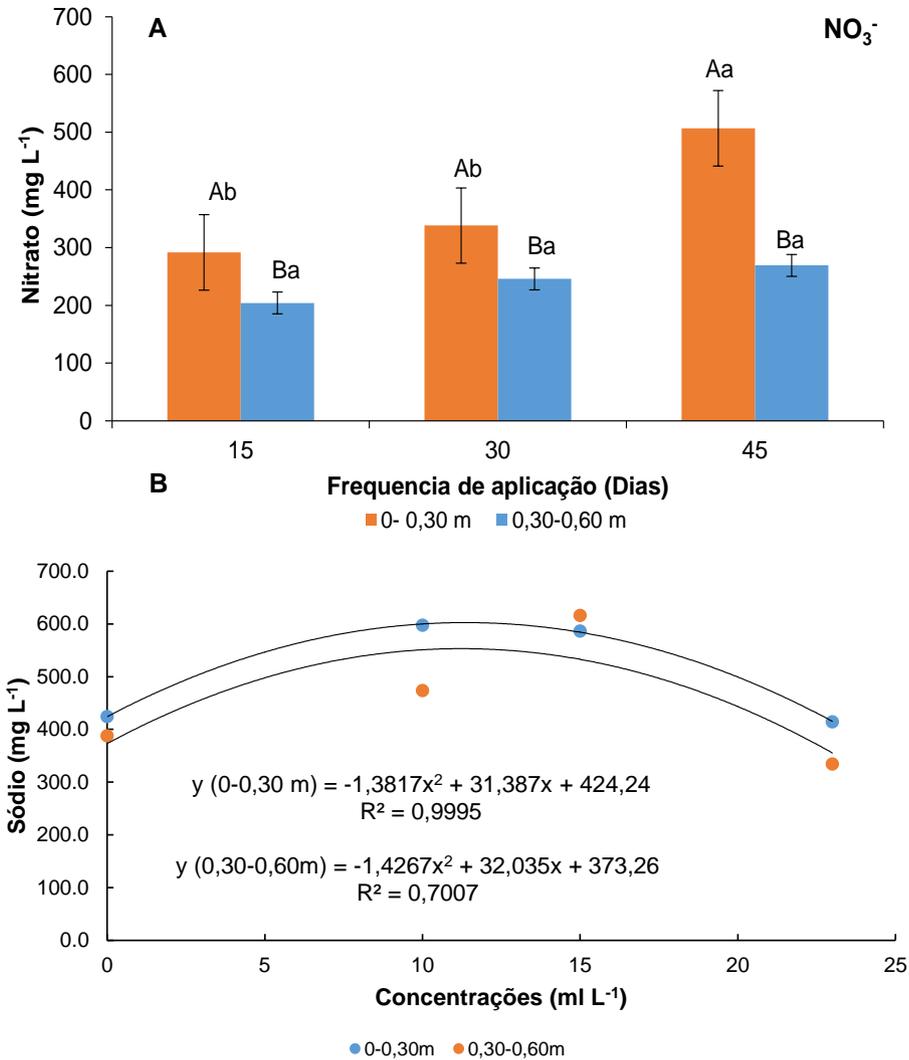
Fonte: Autor (2023).

As profundidades mostraram interação significativa com as frequências de aplicação para a variável nitrato ( $NO_3^-$ ) e com as concentrações das SH para a variável sódio ( $Na^+$ ). Houve interação entre a frequência de aplicação e a concentração de injeção da SH influenciaram as variáveis  $K^+$  e  $Na^+$  nas condições experimentais descritas. 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, porém esta frequência possibilitou uma maior ação do SH com as componentes do solo em função do tempo de aplicação (Figura 1A.). A menor frequência implica em maior quantidade de SH aplicada o que induziu ao aumento do 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 como observado por Burak et al. (2012), Borcioni et al., 2016 e Vieira et al., (2018).

O uso da SH alterou a concentração de sódio na solução do solo, condicionando um aumento da mesma nas concentrações 10 e 15 mL L<sup>-1</sup> das SH com redução a partir dessa concentração (Figura 1B.). Essa ação se deve à presença de complexos orgânicos que influenciaram nas concentrações de íons cátions na solução do solo, como também à seletividade de adsorção (Raj et al., 2001; Silva et al., 2011).

Os teores de macro e micronutrientes foram incrementados de forma significativa, porém concentrações de SH mais elevadas podem ocasionar diminuição na disponibilidade e absorção dos mesmos (Chen et al. 2004; Silva e Mendonça, 2007).

**Figura 2.** Teores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em função da frequência de aplicação nas profundidades de 0-0,30 m e 0,30 - 0,60 m (A). 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. 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  $\text{ml L}^{-1}$ . Cruz das Almas, BA. 2015.

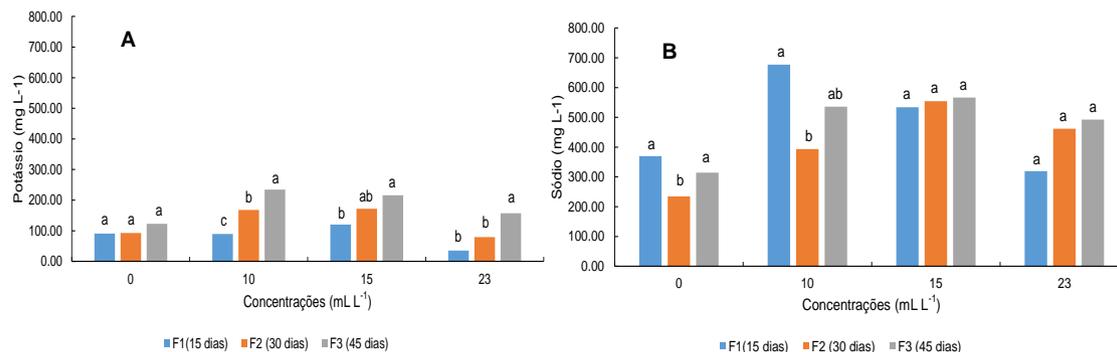


Fonte: Autor (2023).

Dentro das frequências de aplicação das SH as concentrações de 10 e 15  $\text{ml L}^{-1}$  afetaram significativamente a concentração do íon potássio na solução do solo (Figura 3).

Fixando-se as concentrações, o aumento do intervalo entre aplicações induziu a um aumento da concentração do íon potássio (Figura 3A), já com relação ao sódio (Figura 3B) indica que nas concentrações de 15 e 23  $\text{ml L}^{-1}$  dentro de cada uma das concentrações não houve diferença entre as frequências de aplicação.

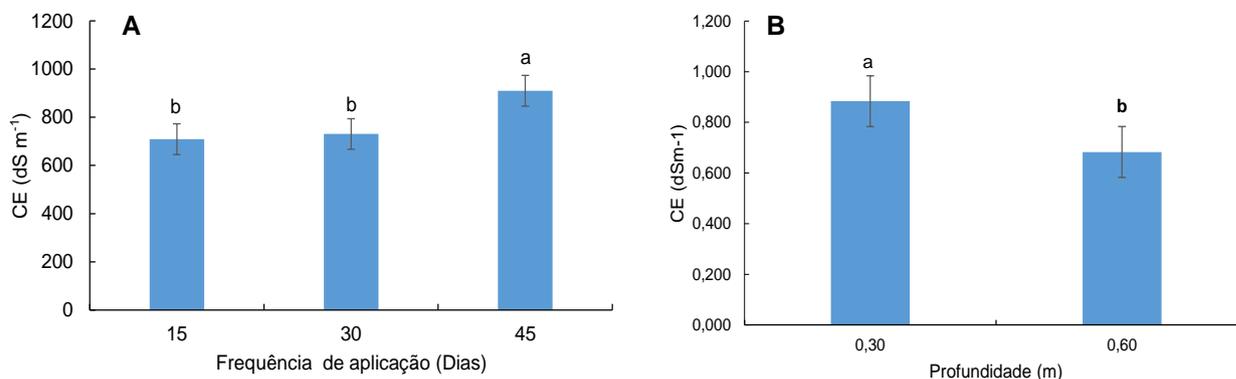
**Figura 3.** Teores dos íons potássio (K) (A) e sódio (Na) (B) em função da frequência de aplicação F1 (15 dias), F2 (30 dias) e F3 (45 dias) sob a aplicação de produtos à base de substâncias húmicas e concentrações 0, 10, 15 e 23 mL L<sup>-1</sup>. Cruz das Almas, BA, 2015.



Fonte: Autor (2023).

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<sup>-1</sup> para 0,30 m e 0,683 dS m<sup>-1</sup> para 0,60 m (Figura 4B). A frequência de aplicação alterou a condutividade elétrica da solução do solo, onde a F3 (45 dias) com um valor de CE 0,910 dS m<sup>-1</sup> foi superior à F1 (15 dias) e à F2 (30 dias) com valores de 0,709 e 0,731 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 4A). Esses valores foram menores que os obtidos por Eldardiry et al. (2015) que obteve 1,69 dSm<sup>-1</sup> 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 4.** Distribuição da condutividade elétrica (CE dS m<sup>-1</sup>) nas frequências de aplicação (A) e dentro das profundidades de 0-0,30m e 0,30-0,60m (B)

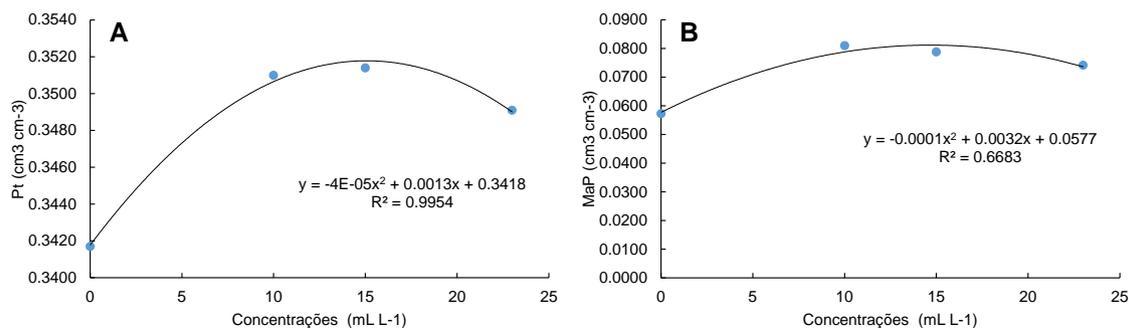


### 3.3 Efeito da aplicação de substâncias húmicas em atributos físicos do solo.

Com relação aos atributos físicos do solo as variáveis microporosidade, densidade do solo e condutividade hidráulica saturada não tiveram diferença significativa nos tratamentos atribuídos neste trabalho, porém houve efeito significativo da concentração das SH sobre as variáveis porosidade total e macroporosidade do solo (Figura 5A e B). Devido à aplicação dos compostos orgânicos, se observou uma melhoria na estruturação do solo, o que se observa no aumento da macro e da porosidade total do solo da retenção de água no solo em baixas e altas tensões de água no mesmo. (LENTZ et al., 2019). Esse

comportamento provavelmente ocorreu devido a presença de material orgânico que influenciou na melhoria da agregação do solo, aumentando os espaços vazios, corroborando com Fares et al. (2008) e Mellek (2009) que também constataram que o aumento dos macroporos no solo ocorreu devido o material orgânico incorporado.

**Figura 5.** 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, 10, 15 e 23  $\text{mL L}^{-1}$ ). Cruz das Almas, BA, 2015.



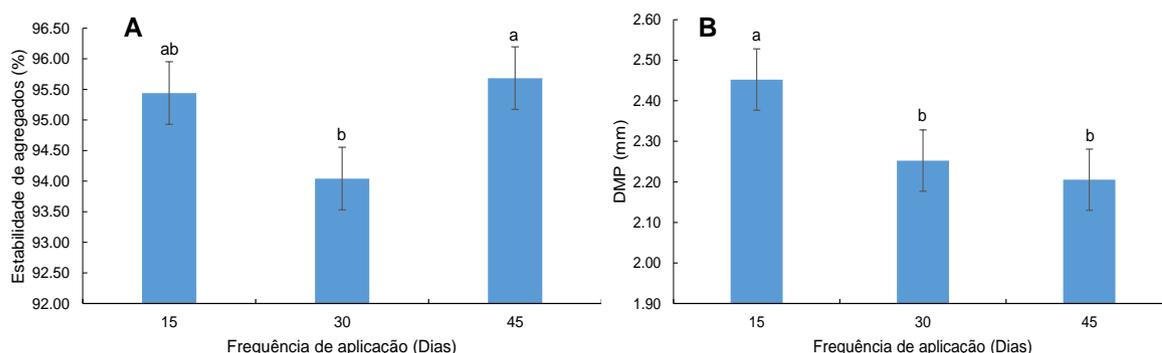
Fonte: Autor (2023).

A influência das substâncias húmicas é evidenciada pela detecção de efeito significativo para as variáveis físicas do solo estabilidade de agregado (Via Seca) e diâmetro médio ponderado (DMP) nas frequências de aplicação (15, 30 e 45 dias), também houve significância da estabilidade de agregado (Via úmida e Via Seca) nas concentrações de SH (0, 10, 15 e 23  $\text{mL L}^{-1}$ ). As profundidades de 0-0,30 e 0,30-0,60m não afetaram significativamente as variáveis estabilidade de agregadas vias úmidas e seca, e diâmetro médio ponderado (DMP) vias úmidas e seca.

O produto à base de SH pode ser considerado como fator 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 6A). 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. Esses resultados corroboram dos verificados por Vasconcelos et al. (2010), que constataram que a aplicação de compostos orgânicos foi eficiente no desenvolvimento dos agregados e aumentaram o diâmetro médio ponderado dos mesmos.

Os valores médios de diâmetro médio ponderado (DMP) via seca (2,52 mm) e via úmida (2,30 mm) (Figura 6B), 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 de varia 2,00-0,05 mm, pois quando o DMP ocorre nesta faixa o número de pontos de contato entre agregados é maior, permitindo o aumento da porosidade do solo. Este comportamento pode estar relacionado pela ação das concentrações da SH atuarem como agente de ligação entre as partículas de solo mineral e, dessa forma, aumentam a estabilidade estrutural do solo (Goebel et al., 2011).

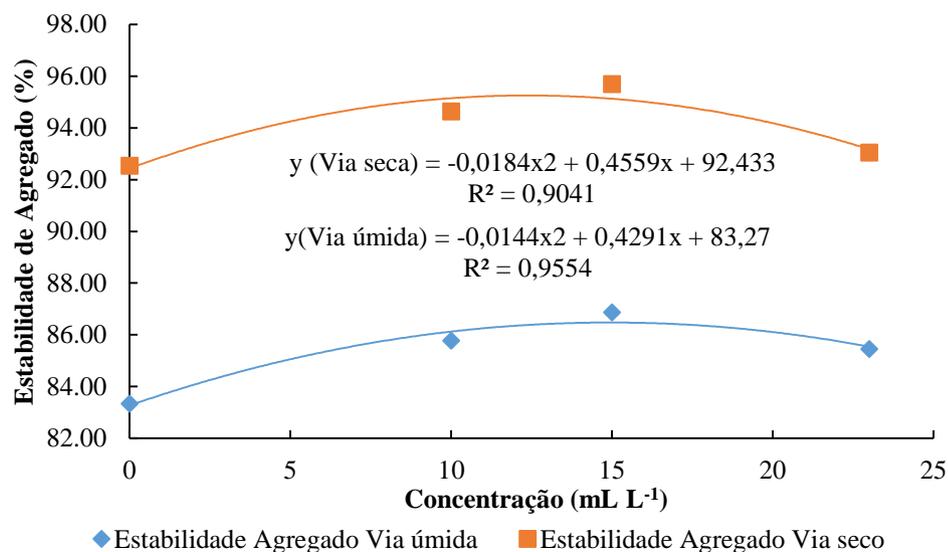
**Figura 6.** Estabilidade de agregados via seca (A) e diâmetro médio ponderado (B) nas frequências de aplicação do produto à base de substância húmica. Cruz das Almas, BA. 2015.



Fonte: Autor (2023).

O efeito significativo da concentração de SH sobre a estabilidade via úmida, via seca e o DMP (úmido) (Figura 7) pode estar relacionado com a hidrofobização das superfícies minerais, uma vez que os componentes hidrofóbicos das moléculas húmicas recobrem os agregados, 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).

**Figura 7.** Porcentagem da estabilidade de agregados via úmida e via seca em função das concentrações de substâncias húmicas (0, 10, 15 e 23 mL L<sup>-1</sup>). Cruz das Almas, BA. 2015.



Fonte: Autor (2023)

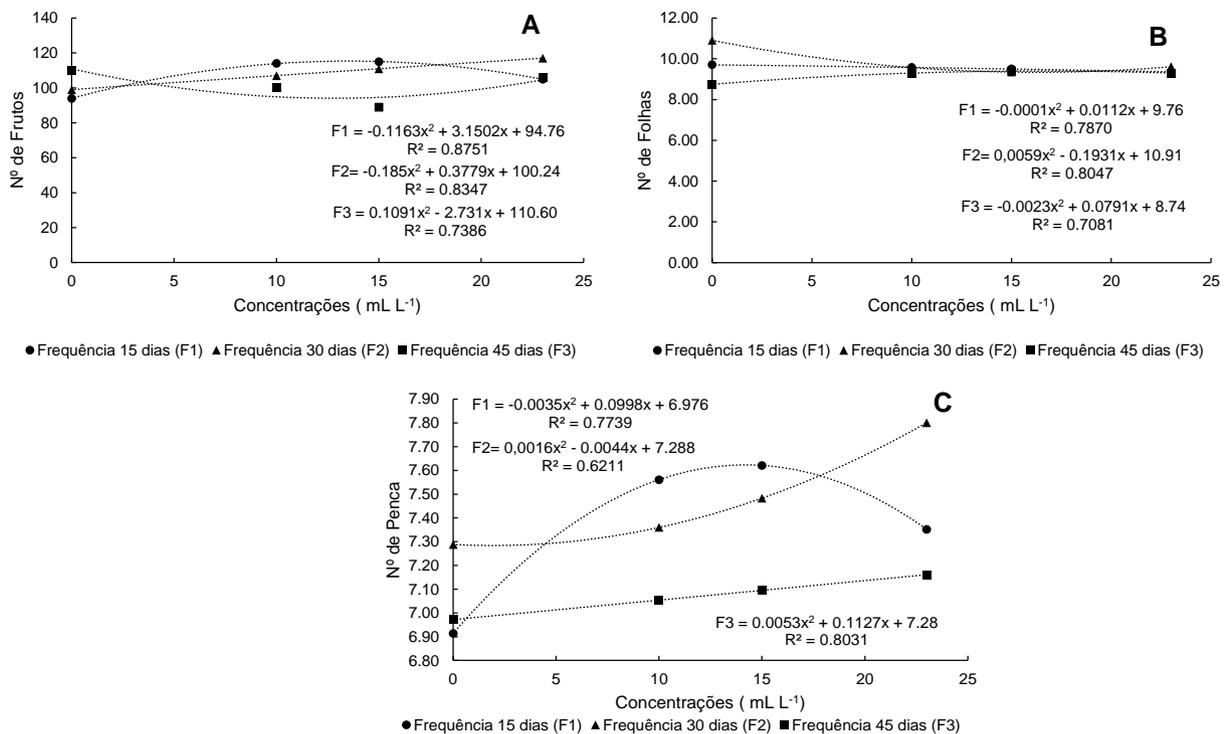
### 3.4 Efeito da aplicação de substâncias húmicas na produtividade da bananeira.

Foi observado que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis de produtividade: peso de cachos (t ha<sup>-1</sup>), 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 fracionada 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 frequências e concentrações de SH mostraram efeito de interação sobre o número de folhas, frutos e nº de penca (Figura 8). Provavelmente as maiores frequências e concentrações não tenham promovido respostas positivas para a maioria das variáveis avaliadas (Figura 8 A e B). Esses resultados corroboram com os obtidos por Faria et al. (1994), Faria & Pereira (2000) e Pinto et al. (1995), em que as produtividades decresceram com aumento de compostos orgânicos. 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. Apesar de o solo já apresentar naturalmente SH, a adição destas resultou em aumento na disponibilidade de nutrientes como N e K. Isso demonstra um grande potencial do uso de SH como condicionadores orgânicos uma vez que podem melhorar a nutrição das plantas culminando em maiores produtividades das culturas com menores custos com insumo.

**Figura 8.** Variáveis número de frutos (Nº de Fruto), número de folhas (Nº Folhas) e número de penca (Nº Penca) em função das concentrações de substâncias húmicas (0, 10, 15, 23 mL L<sup>-1</sup>). Cruz das Almas, BA. 2015.



Fonte: Autor (2023)

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. Os dados de produções observados foram obtidos na frequência de 30 dias (F2) na concentração de 15 mL L<sup>-1</sup> (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 das culturas.

Os resultados indicam a possibilidade da utilização de substâncias húmicas durante o ciclo da bananeira, quando aplicados ao solo afetam favoravelmente os atributos físicos e químico do solo. a duração do experimento não foi suficiente para observar os efeitos positivos dos atributos do solo consequentes da aplicação das SH na produtividade da cultura; comportamento semelhantes foram observados por Rosa et al. (2009), Batista et al. (2018). Levantamentos realizados por Rose et al. (2014), Caron et al. (2015), Guo et al. (2019), Dias et al. (2020), apontam que as doses de SH a serem aplicadas necessitam de ajustes baseados em ensaios de campo e de acordo com a cultura, demonstrando a necessidade de mais estudos. Além disso, a aplicação de SH deve ser realizada com cautela, considerando os nutrientes utilizados, tipo de solo e cultura.

#### 4. Conclusão

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 utilização da substância húmica em combinação com fertilizante mineral demonstrou ter um impacto positivo nos atributos físicos e químicos do solo. Essa abordagem pode ser considerada como um complemento eficaz para manter ou até mesmo melhorar a qualidade do solo em áreas de Latossolo Amarelo Distrocoeso.

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

#### 5. Referências

ABBAS, M.S., A.M. EL-GHAMRY, E.M. SELIM, E.I. GABER AND A.H. BAZEED. (2014). 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. **Journal of Applied Sciences**, 4: 484-493.

AFIF, E.; BARRÓN, V. & TORRENT, J. (1995). Organic matter delays but does not prevent phosphate sorption by Cerrado soils from Brazil. **Soil Science**, 159:207-211.

ANDRADE, T.P., BARROS, D. L, COELHO, E. F., AMORIM, M. S. da, AZEVEDO, N. F.(2012). Produção da bananeira BRS Tropical sob aplicação de ácidos húmicos via fertirrigação, In: **Anais do XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Londrina Paraná.

ANDRADE, F. V. (2005). **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.

ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.(2003) 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.

- BATISTA, V.V.; ADAMI, P.F.; Ferreira, M.L.; GIACOMEL, C.L.; SILVA, J.S.; OLIGINI, K.F. (2018). Ácidos húmicos/fúlvicos e nitrogênio na produtividade da cultura do milho. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 12, n.3, p.257-267.
- BENITES, V. M.; POLIDORO, J. C.; MENEZES, C. C.; BETA, M. (2006). Aplicação foliar de fertilizante organomineral e soluções de ácido húmico em soja sob plantio direto. Embrapa Solos, **Circular técnica** 35, 6p.
- BERBARA, R. L. L.; GARCÍA, A. C. (2014). Humic substances and plant defense metabolism. In: Ahmad P, Wani MR (eds) *Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment*. **Springer Science Business Media**, New York, p.297- 319.
- BORCIONI, E.; MÓGOR, Á. F.; PINTO, F. (2016). Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 509-515.
- BORSARI, F. (2013). Substâncias húmicas. Experiências de campo demonstram os benefícios para a produtividade do uso de ácidos húmicos na agricultura intensiva. **Agro DBO**, p.44, jul.
- BRONICK, C.J., LAL, R. (2005). Soil structure and management: a review. **Geoderma** 124, 3–22.
- BURAK, D. L.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V. (2012). Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob cafeeiro Conilon: relação com textura, matéria orgânica e relevo. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p.538-547.
- CAMPOS, M. C. C., RIBEIRO, M. R., SOUZA JÚNIOR, V. S., RIBEIRO FILHO, M. R., OLIVEIRA, I. A., (2010). Interferências dos pedoambientes nos atributos do solo em uma topossequência de transição Campos/Floresta. **Revista Ciência Agronômica**. 41, 527-535.
- CARON, V.C.; GRAÇAS, J.P.; CASTRO, P.R.C. (2015) **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ/USP.
- DIAS, D. D. N., SOUSA, K. D. S. M. D., LIMA, A. M. N., CAVALCANTE, Í. H. L., SANTOS, L. P. A. D., & CUNHA, J. C. (2020). Estado nutricional, produção e qualidade do fruto da aceroleira fertirrigada com nitrogênio e substância húmica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Vol.42.
- DEMIRSOY, L., H. DEMIRSOY AND G. BALCI. (2012). Differentv growing conditions affect nutrient content, fruit yield andv growth in strawberry. **Pakistan Journal of Botany**. nº 44: 125-129.
- ELDARDIRY, E. I.; PIBARS, S.KH. and EL-HADY, M. A. (2015). Influence of irrigation deficit and humic acid on soil and canola growth characters and water use efficiency. **International Journal of ChemTech Research**. Vol. 8, p. 505-513, 2015.
- FARIA CMB; PEREIRA JR. (2000). Resposta de cultivares irrigadas à aplicação de micronutrientes no Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, nº 35: 1275- 1280.

FARIA, C.M.B; PEREIRA, J.R; POSSÍDIO, E.L. (1994). Adubação orgânica e mineral na cultura do melão em um Vertissolo do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, nº 29: 191-197

FERNANDEZ, R. O.; CERVERA, J. V. G.; VANDERLINDEN, K.; BOJOLLO, R. C.; FERNÁNDEZ, P. G. (2007). 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.

FERREIRA, E.B., CAVALCANTI, P.P. and NOGUEIRA, D.A. (2018). **ExpDes.pt**: Experimental Designs (Portuguese). R package version 1.2.0. <https://CRAN.Rproject.org/package=ExpDes.pt>.

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

KAISER, M., ELLERBROCK, R.H., GERKE, H.H. (2008) Cation exchange capacity and composition of soluble soil organic matter fractions. **Soil Science Society of America Journal**72, 1278–1285.

KREMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. (1986). 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. (Agronomy Monography, 9).

GEDAM, V.B., J.R. RAMETKE, RUDRAGOUDA, M.S. POWER. (2008) 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.

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

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

GUO, X. X., LIU, H. T., & WU, S. B. (2019). Humic substances developed during organic waste composting: form Zandoná action mechanisms, structural properties and agronomic functions. **Science of the Total Environment**, 662, 501-510. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.137.

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

HASSANPANA, D. AND A. JAFAR. (2012). 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.

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

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., Bezďicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. **SSSA Special Publication** No. 35, Madison, WI, USA, pp. 37–51.

LENTZ, R.D.; IPPOLITO, J.A.; LEHRSCHE, G.A.(2019). Biochar, manure, and sawdust alter long-term water retention dynamics in degraded soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.83, p.1491-1501.

LIMA, A. A.(2008). **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.

LOPEZ HERNANDEZ, D.; SIEGERT, G. & RODRIGUEZ, J.V. (1986). Competitive adsorption of phosphate with malate and oxalate by tropical soil. **Soil Science Society of America Journal**, 57:1460-1462.

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

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**. 44: 649-654.

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

MORELLI, M. & BORTOLUZZI, G. (1992). Efeito do humato e do poligalacturonato na sorção do fosfato pelo solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 16:373-377.

MUSCOLO, A., SIDARI, M., FRANCIOSO, O., TUGNOLI, V., NARDI, S. (2007). The auxin-like activity of humic substances is related to membrane interactions in carrot cell cultures. **Journal of Chemical Ecology**. 33, 115–129.

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. (2018). Humic products in agriculture: potential benefits and research challenges—a review. **Journal of Soils and Sediments** <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1916-4>.

PASSIOURA, J.B. (1991). Soil structure and planta growth. **Australian Journal of Soil Research**, Sidney, v.29, n.6, p.717-728.

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

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

PINTO, J.M.; SOARES, J.M.; COSTA, N.D.; BRITO, L.T.L.; PEREIRA, J.R. (1995). Aplicação de N e K via água de irrigação em melão. **Horticultura Brasileira**, n° 13: 192-195.

PRADO, M. R. V. **Fertilizante organomineral líquido contendo substâncias húmicas em soja cultivada sob estresse hídrico**. (2014). 57 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014

PLAZA, I.; ONTIVEROS-ORTEGA, A.; CALERO, J.; ARANDA, V. (2015). 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 and Tillage Research**, 146, pp. 148–158.

R: The R Project for Statistical Computing. Version R-4.3.2. Cran R, (2023). Disponível em: < <https://www.r-project.org/>.

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

ROSA, C. M. DA. CASTILHOS, R. M. V., VAHL, L. C., CASTILHOS, D. D., PINTO, L. F. S., OLIVEIRA, E. S., LEAL, O. DOS. A. (2009) Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em phaseolus vulgaris. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33: 959-967, 2009.

ROSE, M. T., PATTI, A. F., LITTLE, K. R., BROWN, A. L., JACKSON, W. R., & CAVAGNARO, T. R. (2014). A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. **Advances in Agronomy**, 124, 37-89. doi: 10.1016/B978 -0-12-800138-7.00002-4

SANTOS, B. S; OLIVEIRA, B.D.; COELHO, E. F.; ROSA, R.C.C.; LÉDO, C. A. S.(2014) 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.

SAADATI, J.; BAGHI, M. (2014). Evaluation of the Effect of Various Amounts of Humic Acid on Yield, Yield Components and Protein of Chickpea Cultivars (*Cicer Arietinum* L.). **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**. Vol. 2 (N°7), 2306-2313.

SCHIAVON, M.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VACCORO, S.; FRANCIOSO, O.; NARDI, S. (2010). High molecular size humic substances enhance phytylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Chemical Ecology**, v.36, p.662-669.

SELIM, E. M.; MOSA, A.M. EL-GHAMRY. (2009). 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. 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. (2011). Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.383-389.

SILVA, I.R; MENDONÇA, E.S. (2007). 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.

SPIGARELLI, S.A.; RUSSEL, D. ESSNER, S.M. (2004). Humic stimulation of tomato growth in soil and hydroponics. In: **INTERNACIONAL MEETING OF IHSS**, 12, 2004, São Pedro (SP). Anais... São Paulo: Embrapa Agropecuária.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D. (2001) **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. ISSN 1516-5604.

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

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

VASCONCELOS, R. F. B.; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V. S.; COSTA, Y. D. J.; CAVALCANTE, D. M. (2010). Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.34, n.1, p.309-316.

VIEIRA, A. L. S.; EMRICH, E. B.; COSTA, L. A. S.; RIBEIRO, F. A. G.; MELO, D. F. M.; EMRICH, R. P. S.; JÚNIOR, R. G. S. S. (2018). Avaliação foliar de substância húmica em mudas de alface americana. **Anais do II Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica**, Uberaba, MG, v.2, n.1.

VEPRASKAS, M.J. (1994). Plant response mechanisms to soil compaction. In: WILKINSON, R. (Ed.). **Plant environment interaction**. New York: M. Dekker. p. 263-287.

VIOLANTE, A. & GIANFREDA, L. (1993). Competition in adsorption between phosphate and oxalate on aluminium hydroxide montmorillonite complex. **Soil Science Society of America Journal**, 57:1235- 1241.

WATANABE, S. H.; TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; PINTRO, J.C; COSTA, A.C.S.C.; MUNIZ, A.S. (2002). 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

ZANDONADI, D. B.; SANTOS M. P.; MEDICI L. O.; SILVA J.(2014). Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1.