

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CHRISTIAN ARAUJO SILVA

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA TURFA LÍQUIDA APLICADA VIA FOLIAR NA
CULTURA DA SOJA

Monte Carmelo
2025

CHRISTIAN ARAUJO SILVA

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA TURFA LÍQUIDA APLICADA VIA FOLIAR NA
CULTURA DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia, Campus Monte
Carmelo, como requisito necessário para a
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Odair José Marques.

Monte Carmelo
2025

CHRISTIAN ARAÚJO SILVA

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA TURFA LÍQUIDA VIA FOLIAR NA CULTURA DA
SOJA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso
de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 03 de setembro de 2025

Banca Examinadora

Prof. Dr. Odair José Marques
Orientador

Prof. Dr. Eduardo Osório Senra
Membro da Banca

Prof. Dr. Edson Simão
Membro da Banca

Monte Carmelo
2025

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO	vii
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. JUSTIFICATIVA	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1. Objetivo geral	11
3.2. Objetivo específico	11
4. REVISÃO DA LITERATURA	12
4.1. Turfa	12
4.2. Carbono orgânico do solo.....	13
4.3. Matéria orgânica	14
4.4. Atributos físicos.....	15
4.5. Atributos químicos	16
4.6. Atributos biológicos	18
4.7. Uso da turfa líquida na cultura da soja	19
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1. Local da execução	21
5.2. Semeadura	21
5.3. Manejo e tratos culturais.....	22
5.4. Delineamento experimental e tratamentos	23
5.5. Dimensões das parcelas	24
5.6. Forma de aplicação da turfa líquida	24
5.7. Colheita.....	24
5.8. Avaliações	25
5.9. Análise dos dados	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
7. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Análise química do solo da área experimental.....	23
Quadro 2. Tratamentos aplicados na cultura da soja em campo	24
Quadro 3. Descrição resumida dos estádios fenológicos da soja.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS

AF – Ácido fúlvico

AFs – Ácidos fúlvicos

AH – Ácido húmico

AHs – Ácidos húmicos

BMS – Biomassa microbiana do solo

C - Carbono

CE – Condutividade elétrica

COS – Carbono orgânico do solo

CTC – Capacidade de troca de cátions

HUM – Humina

HUMs - Huminas

MO – Matéria orgânica

MOS – Matéria orgânica do solo

PCZ – Ponto de carga zero

SH – Substância húmica

SHs – Substâncias húmicas

SNHs – Substâncias não húmicas

URA – Umidade relativa do ar

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo seu grande amor e proteção. Permitiu-me chegar até esta etapa.

Agradeço aos meus pais e irmã por sempre acreditarem em mim, por sempre estarem comigo. Agradeço em especial a minha mãe por me incentivar a estudar. Amo vocês!

Agradeço ao meu orientador e professor Dr. Odair José Marques pelo acolhimento em seu grupo de pesquisa, pelo conhecimento compartilhado, pelas orientações, pela paciência, pelos ensinamentos.

Agradeço aos meus colegas do grupo de pesquisa pela colaboração nas instalações e conduções dos experimentos, me proporcionaram aprendizados em trabalho de equipe.

Agradeço aos professores Lucas, Ênio, Gleice, Douglas, Alisson, Edson, Cinara, Adriana e Renata, pelos ensinamentos acadêmicos, ensinamentos de vida, pela sabedoria compartilhada, pelo respeito. Obrigado a todos por fazer parte do meu crescimento como pessoa e futuro profissional. Sempre vou lembrar-me de vocês!

Agradeço aos demais professores por fazerem parte da minha formação acadêmica.

Por fim, agradeço a todos os colegas do curso que me ajudaram e estiveram torcendo por mim durante a graduação e etapa do trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

A turfa é um produto natural formada em áreas de baixadas e alagadiças e vem sendo explorada para uso na agricultura como fonte de carbono orgânico e na composição de substratos e fertilizantes organominerais. Ela pode ser utilizada tanto na forma in natura quanto na forma líquida para aplicação via solo ou via foliar. A turfa líquida, para ser classificada como fertilizante organomineral líquido classe A, deve apresentar garantias mínimas de 10% de ácido húmico; 2% de ácido fúlvico; 11% de nitrogênio; 2% de potássio; e 6% de carbono orgânico. O seu emprego visa a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, que consequentemente aumento do sistema radicular, caulinar e foliar, podendo obter ganhos produtivos nas lavouras. O ensaio foi desenvolvido em campo Demonstrativo e Experimental – CADEX da UFU, no Campus Monte Carmelo, sob delineamento em blocos casualizados, com 9 tratamentos da combinação de duas doses de turfa líquida cheias ou subdivididas (4,5 e 6,0 L ha⁻¹) e 4 épocas de aplicações: V4 (1 aplicação); V4+V6 (2 aplicações); V4+V6+R1 (3 aplicações); V4+V6+R1+R3 (4 aplicações) e a testemunha com 0,0 L ha⁻¹, com 4 repetições. Foram avaliadas as características de crescimento da parte aérea, os componentes de produção e a produtividade. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Cochran e de Jarque-Bera para verificação da homocedasticidade das variâncias e normalidade dos erros, respectivamente. Uma vez atendidas às pressuposições básicas da estatística, as médias dos tratamentos foram submetidos a análise de variância e ao teste de Scott-Knott. O número de vagens de 2 grãos foi influenciado por cinco tratamentos com turfa líquida e o número de vagens total por planta por um tratamento. No entanto, os demais tratamentos se mantiveram como a testemunha, ou seja, não resultaram em incrementos significativos de crescimento vegetativo e reprodutivo com o uso da turfa líquida.

Palavras-Chave: Matéria Orgânica, CTC, Substâncias Húmicas, Produtividade, *Glycine max* L. Merril.

1. INTRODUÇÃO

A turfa é um produto natural proveniente do acúmulo progressivo, principalmente de material vegetal, que foi decomposto em condições anaeróbicas (MOORE, 1989) Estima-se que são necessários vários anos para produzir uma fina camada de turfa, podendo ultrapassar séculos ou milênios para atingir uma espessura de 1 metro (KIEHL, 1985).

As turfas são compostas de dois tipos de substâncias, as húmicas e não húmicas. As substâncias húmicas (SHs) contêm ácido fúlvico (AF), ácido húmico (AH) e humina (HUM). Por outro lado, as substâncias não húmicas SNHs são compostas de estruturas como lignina e proteínas (STEVENSON, 1994).

Elas são encontradas em regiões pantanosas, veredas e áreas aluviais. Pelas suas características, concentram grandes teores de matéria orgânica (MO), permitindo que ela possa ser empregada em diversas atividades, principalmente agrícola (MOORE, 1989).

Na agricultura as turfas vêm ganhando destaque, devido ao potencial de melhorar o ambiente de cultivo (CUNHA et al., 2009; BALDOTTO et al., 2009). Produtos à base de turfa vêm sendo desenvolvidos e estão apresentando resultados promissores nas lavouras (ZALLER, 2007).

As SHs provenientes da turfa podem atuar na melhoria da estrutura do solo, pois, aumenta a agregação das partículas de silte, areia e argila, auxilia na melhoria da disponibilidade de nutrientes, ajuda a formar complexos estáveis com elementos, aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC) e o efeito tampão, aumenta a capacidade de armazenamento de água no solo, propicia maior estabilidade de agregados e diminuem a salinização dos nutrientes no solo (BETTIOL et al., 2023).

Além disso, contribui para uma relação solo-planta mais estável do ponto de vista sanitário, onde o equilíbrio biológico é mantido de forma harmoniosa. Sendo que as SHs favorecem a quantidade de bactérias e fungos benéficos ao crescimento das plantas e desfavorece fungos patogênicos (LI et al., 2019).

A cultura da soja pode obter ganhos produtivos, promissores, com aplicações de SHs. Os ácidos fúlvicos (AFs) aplicados na cultura da soja atuam como efeitos auxínicos no metabolismo das plantas, ocorrendo à estimulação de emissões de raízes laterais, havendo a melhoria na

absorção de nutrientes devido à facilidade no transporte de nutrientes do solo à planta. (NARDI, 1991; JUNIOR et al., 2008).

O uso de fertilizantes industriais, juntamente com o próprio cultivo do solo, com o passar do tempo, podem provocar a acidificação do mesmo e causar a perda gradual da fertilidade do ambiente edáfico. Isso gera aumento da demanda por nutrientes a cada novo ciclo de cultivo, além da necessidade de correção da acidez. Dessa forma, apesar de se utilizar mais fertilizantes, o aproveitamento desse insumo pela planta pode diminuir em ambiente ácido. Além do que, os teores de alumínio tóxico também são recompostos nessa situação, prejudicando o crescimento radicular (RAIJ, 2011).

A maior parte dos fertilizantes químicos aplicados fica adsorvida nos coloides, na MO e, livres na solução do solo para ser absorvido pelas plantas (BETTIOL et al., 2023). No entanto, uma parte pode ser percolada para o lençol freático culminando em contaminação da água, ou lixiviada para profundidades fora do alcance das raízes ou ainda, no caso dos fertilizantes nitrogenados pode haver volatilização (PAIVA, 1990). Ou seja, há diversos processos de perda de nutrientes, gerando baixa eficiência de aproveitamento destes pelas plantas.

As SHs provenientes da turfa promovem melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, com consequente melhoria do ambiente microbiológico. Isso contribui para mitigar os problemas que envolvem uso de fertilizantes químicos industriais, colaborando na complexação de elementos tóxicos do solo, no aumento da eficiência de aproveitamento dos nutrientes, na redução da acidificação do solo, no aumento da exploração do solo pelas raízes, da retenção de água no perfil do solo, da biomassa vegetal, da produtividade; na redução de custos de produção e no aumento do retorno econômico, com ganhos em sustentabilidade do sistema agrícola (CARON et al., 2015).

Sendo assim, é imprescindível o estudo sobre os efeitos das propriedades da turfa acerca do crescimento e desenvolvimento na cultura da soja, a fim de validar seus benefícios para o sistema solo-planta, bem como sua eficiência agronômica.

2. JUSTIFICATIVA

Com o avanço da agricultura contemporânea pelas regiões de fronteira agrícola nos últimos anos, cada vez mais se busca alternativas de ganho em produtividade e sustentabilidade do sistema agrícola. A fim de buscar novas soluções para obter esses ganhos, surge alternativas como os fertilizantes a base de turfa.

Produtos à base de turfa vêm ganhando, aos poucos, espaço na agricultura, haja vista, a possibilidade de promover benefícios no ambiente de cultivo como melhoria nos atributos químicos, físicos, biológicos, com consequente ganho em produtividade quando relacionado ao emprego, apenas, de fertilizantes químicos de forma isolada. Sendo assim seu emprego na atividade agrícola pode auxiliar, juntamente com os fertilizantes químicos, o processo de sinergismo entre os nutrientes químicos e as moléculas orgânicas podendo evitar as perdas pela lixiviação, salinização, volatilização, erosão, entre outros. Além de diminuir a demanda por fertilizantes químicos.

A mudança de uma agricultura menos dependente de fertilizantes químicos para uma agricultura mais conservacionista tem levado a estudos acerca das fontes alternativas de adubação. Nessa vertente entra o uso de fertilizantes a base de turfa.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar a eficiência agronômica da utilização via foliar da turfa líquida na cultura da soja.

3.2. Objetivo específico

Avaliar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de plantas de soja em resposta a aplicação foliar de Turfa líquida.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Turfa

A turfa pode ser considerada como um produto da pedogênese, formado por material orgânico, mais especificamente de restos vegetais decompostos por milhares de anos (MOORE, 1989). Todavia, para produzir uma espessura de um metro de turfa é necessário aproximadamente um milênio a depender das características climáticas do local (KIEHL, 1985).

No Brasil há três classificações quanto aos tipos de turfeiras, sendo as fibrosas, hídricas e lenhosas. As fibrosas têm sua ocorrência na superfície do relevo, originada pelo acúmulo de material orgânico, contendo em sua composição fibras e filamentos parcialmente decompostos, empregados em uma matriz viscosa de coloração marrom (LAMIM et al, 2001). As hídricas são decorrentes de ambientes alagadiços, formando um tipo de turfa composta por material orgânico (algas, plânctons e flora aquática) (LAMIM et al, 2001). Por fim, as lenhosas provêm da decomposição de material orgânico de grande porte (árvores) e se depositam na superfície do terreno (LAMIM et al, 2001). Em grande parte, seu material está na forma de húmus, no entanto, há, ainda, material passível de fermentação para gerar a estabilização destas substâncias (LAMIM et al, 2001).

As turfas contêm AF, AH e HUM, possuindo propriedades físico-químicas interessante, tornando possível sua aplicação em várias áreas técnicas, como: estação de tratamento de águas, monitoramento ambiental, produção de combustíveis, imobilização de enzimas e aplicações terapêuticas (BAILEY et al., 1999; HARTCHER et al., 1983; MCLELLAN; ROCK, 1988; ROSA et al., 2000; SANTOS et al., 2004)

As turfas são formadas por compostos orgânicos complexos e heterogêneos (AH, AF e HUM). Os AH são solúveis em meio alcalino, enquanto AF são solúveis em meio aquoso. São adicionados ao sistema devido a suas ações como condicionadores do solo influenciando nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, auxiliando na capacidade de retenção de cátions, no armazenamento de água, no aumento do efeito tampão, na densidade aparente e na porosidade (FRANCHI, 2000).

A composição original da turfa é de origem ácida e possui pH entorno de 3,5 a 4,0, sendo assim, sua utilização como insumo agrícola deve passar por processos de secagem, moagem,

melhoria dos atributos químicos e aumento do nível de pH (pH requerido entre 6,0 e 6,5), sendo assim, irá proporcionar melhoria na qualidade química, física e biológica do solo (CANAONLINE, 2015).

A turfa promove alterações químicas no solo como o aumento da CTC (FRANCHI, 2000). Este fato favorece seu uso em solos do cerrado, visto que apresentam baixos níveis de CTC naturalmente. Com isso pode-se obter maiores respostas do manejo de adubação, o que irá contribuir para reduzir processos de lixiviações, imobilizações químicas e melhoria na absorção de nutrientes (CANAONLINE, 2015).

4.2. Carbono orgânico do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) com os seus efeitos diretos e indiretos sobre as propriedades do solo exerce forte influência sobre a sustentabilidade do sistema produtivo, pois é o principal estoque de carbono orgânico do solo (COS) (LAL, 2004). O COS é primordial para manter a agricultura sustentável, pois o aumento nos seus níveis conduz a maiores produtividades das culturas agrícolas (LAL, 2004; MALHI et al., 2011; PAUL et al., 2013).

O carbono (C) é um elemento essencial à vida dos organismos (MOREIRA; SIQUERIA, 2006). Sua junção com o oxigênio forma o CO_2 que participa da reação da fotossíntese nos seres clorofilados, permitindo a fixação do elemento da atmosfera fornecendo açúcares (carboidratos) para a síntese de vários compostos orgânicos essenciais a suas atividades fisiológicas. Além disso, o C constitui compostos inorgânicos simples como o CO_2 , compostos complexos de vegetais e compostos mais consistentes gerando húmus, carvão etc. (CERRI et al., 2022).

Os compostos da MOS estão relacionados com a forma orgânica do C no solo, gerando as SHs em abundância e, também se encontra na composição celular de organismos, materiais vegetais e animais em diferentes graus de decomposição. Já o C inorgânico é encontrado em minerais de carbonatos, entre outros, sendo, portanto, utilizado na correção dos aspectos deletérios do solo, a acidez, por exemplo, interfere o desenvolvimento das plantas cultivadas, tornando a prática da correção do solo imprescindível (CERRI et al., 2022).

Na solução do solo o carbono disponível na forma de SHs apresenta bioatividade, auxiliando no aumento da absorção dos nutrientes pelas plantas, induzindo a efeitos semelhantes aos auxínicos, devido ao alongamento celular promovido pela plasticidade da parede celular,

culminando em proliferação de raízes, portanto, adquirindo maior crescimento de plantas (PICCOLO, 2001).

4.3. Matéria orgânica

As mudanças nas propriedades estruturais do solo pelo cultivo mecanizado excessivo e até mesmo pela cobertura morta insuficiente no solo, constitui fator importante na suscetibilidade do solo ao processo erosivo (ELLSWORTH et al., 1991). Nessas condições, a aplicação de SHs pode resultar em benefícios para o sistema solo-planta, uma vez que apresentam alta atividade bioquímica, podendo ser utilizadas em complemento aos fertilizantes sintéticos ou orgânicos. Sua presença no solo influencia positivamente nos atributos químicos, físicos e microbiológicos e, conseqüentemente, agem direta e indiretamente no aumento da eficiência do metabolismo bioquímico e absorção de nutrientes pelas plantas (ROSA et al., 2009).

As SHs constituem a maior porção da matéria orgânica do solo, cerca de 85 a 90% (ROSA et al., 2009). Elas são derivadas da decomposição do material vegetal ou animal em que todos os compostos originais (lignina, celulose, hemicelulose, açúcares, aminoácidos e outros) são transformados bioquimicamente em húmus (ácidos húmicos, fúlvicos e huminas).

As SHs condicionam o solo a obter maior estabilidade, aumento de área superficial específica, CTC e o efeito tampão (PRIMO et al., 2011). O aumento de armazenamento de água e nutrientes no solo, advindo das SHs, é de suma importância, servindo como fonte para solo, microorganismos e plantas. Há ainda outros efeitos positivos no metabolismo das plantas, que provêm das SHs, tais como: transporte de íons, o que facilita absorção dos elementos, aumento da respiração juntamente com a velocidade das reações enzimáticas do ciclo de Krebs, produzindo mais ATP e maior teor de clorofila (FAÇANHA et al., 2002).

O balanço da entrada de MO com saída do CO₂ precisa estar em equilíbrio para determinar o volume de MOS (MULVANEY et al., 2010). Além disso, as SHs retêm os resíduos hormonais devido a sua propriedade ser capaz de formar microsítios que retêm essas moléculas (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014b). Os ácidos húmicos (AHs) promovem o aumento na absorção de NO₃⁻ e assimilação de nitrogênio pelas plantas. Esse evento é influenciado pela regulação da síntese de RNAm da principal H⁺-ATPase, promovida pela interação das raízes com os extratos húmicos (JANNIN et al., 2012). As plantas adquirem nível de absorção maior através

do aumento da permeabilidade da membrana plasmática, advindo da ação surfactante das SHs, bem como pela ativação da bomba de prótons na membrana plasmática (VARANINI et al., 1993).

Os AHs também promovem aumento da proteção da membrana plasmática contra estresses oxidativos, também, aumenta a retenção de maior teor de água no perfil do solo e maior crescimento de plantas (GARCIA, 2012).

No estudo com a presença e ausência da calagem e adubação mineral foi observado que AHs tiveram efeitos significativos em aplicação via semente e via pulverização (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014a). Enquanto na cultura da soja conduzida em solos orgânicos constituídos de SHs houve aumento na produtividade (9 a 21% teor de proteína, em 4 a 9% e no peso seco de sementes 5 a 14%), sendo assim, resultando em efeito positivo (BOWDEN et al., 2010).

4.4. Atributos físicos

A MOS tem função de promover a agregação das partículas de argila, silte e areia, formando microestruturas, microagregados, mesoagregados, macroagregados e porosidade, resultando na construção da estrutura do solo (TIVET et al., 2013; FERREIRA et al., 2018).

A estabilidade dos agregados é bastante sensível à remoção dos resíduos orgânicos, devido à diminuição da cobertura do solo. Os impactos da gota de chuva promovem a desagregação dos agregados em solos desnudos. Portanto a estabilidade de agregados é dependente da MOS (BLANCO-CANQUI; LAL, 2009). Por isso, práticas de manejo inadequadas comprometem a estrutura dos solos, afetando a estabilidade dos agregados e consequentemente resultam em redução dos teores de MOS (PAUL et al., 2013).

A manutenção de cobertura permanente do solo, seja viva ou resíduos culturais, promovem a dissipação do impacto das gotas de chuvas no solo que ocasionam o desprendimento das partículas agregadas; mantém os macroagregados intactos favorecendo a continuidade do C orgânico no sistema; e, raízes de plantas do cultivo causam a junção, compressão e rearranjo das partículas, promovendo a estabilidade dos agregados e consequentemente da estrutura do solo (TIVET et al., 2013; BRIEDIS et al., 2016; FERREIRA et al., 2018).

Ainda sim, as raízes exsudam ácidos orgânicos promovendo maior estabilidade e longevidade da nova estrutura do solo. Com o passar dos anos, a adição constante de material

orgânico, fornecido pelas plantas ao longo do cultivo, criam um fluxo contínuo de entrada de C e N, depositando-se em diferentes estágios de oxidação nas partículas agregadas do solo (SÁ et al., 2001).

A porcentagem de argila favorece o acondicionamento de argila no solo, evidenciando que, quanto maior seu conteúdo maior será a capacidade de armazenar C (SÁ et al., 2013). Na camada arável do solo, o armazenamento de C não depende somente de argila. Sendo assim, com o aumento de pH e da concentração de Ca^{2+} e Mg^{2+} , advindo da calagem e gesso, atuam de forma direta no acúmulo de C no solo (INAGAKI et al., 2017). O aumento de conteúdo de C na camada arável do solo proporciona a formação de pontes de íons catiônicos com as cargas negativas dos sesquióxidos, provenientes do aumento do pH e dos radicais carboxílicos e fenólicos dos compostos orgânicos (INAGAKI et al., 2016).

4.5. Atributos químicos

Atributos químicos do solo como disponibilidade de nutrientes, a CTC, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, são fundamentais para manter a produtividade em solos tropicais. A MOS se torna fator de grande relevância na disponibilidade de nutrientes essenciais, tais como N, P e S, quelação e complexação de substâncias benéficas e prejudiciais às plantas, resultando em melhoria considerável do ambiente de produção (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

No solo, aproximadamente 95% do N e do S e 60% a 80% do P estão localizados na MO, portanto, a mineralização é imprescindível para disponibilização desses nutrientes para a solução do solo e, conseqüentemente, para as plantas poderem absorver e realizar suas funções metabólicas (DUXBURY et al., 1989; SANCHES, 1976). Todavia, muitos desses nutrientes interagem com a MO influenciando na ciclagem e adsorção, com isso ocorre à mitigação dos problemas envolvendo perdas devido à lixiviação e, conseqüentemente, o solo obtém maior concentração de nutrientes no complexo de trocas (BRONICK; LAL, 2005).

Os micronutrientes podem passar por um processo que envolve a formação de complexos com ácidos orgânicos, resultando em aumento da disponibilidade dos elementos na solução do solo, tendo como exemplo, o Zn^{2+} e Cu^{2+} que são complexados por ácidos orgânicos de baixo peso molecular (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Elementos como manganês (Mn^{2+}) e alumínio

(Al^{3+}) podem diminuir sua disponibilidade no solo reduzindo a toxicidade às plantas, por meio da complexação com SHs e ácidos orgânicos simples.

A MO possui grande quantidade de cargas negativas em seus grupos funcionais, influenciando na CTC e no ponto de carga zero (PCZ). Sendo assim, essas interações proporcionadas pela MO são fundamentais para solos tropicais, devido a grande parte destes serem ácidos, pobre em nutrientes e altamente intemperizados. Pode haver casos, dependendo do nível de MO, da textura e mineralogia, que a MOS pode representar entre 20 a 90% da CTC (CANELLAS et al., 2003; MIELNICZUK, 2008).

As SHs têm o potencial de formar cargas negativas reduzindo o ponto de carga zero do solo, consequentemente, aumenta a CTC, mesmo em condições de elevada acidez do solo, o que é de fundamental importância para o uso eficiente de nutrientes pelas plantas em solos intemperizados (BALDOTTO et al., 2014d).

As SHs, principalmente as huminas (HUMs), proporcionam alta superfície específica em contraste com as argilas dos solos tropicais e subtropicais, sendo que esses solos são constituídos, principalmente, por óxidos de ferro Fe e Al e por filossilicatos 1:1, sendo suas superfícies de baixa concentração de grupos funcionais de carga negativa (CANELLAS et al., 2003; MIELNICZUK, 2008).

A MO aumenta o poder tampão do solo, devido à presença de ácidos fracos (carboxílicos e fenólicos) minimizando as variações na reação de troca do solo. Desta forma é importante manter a manutenção dos resíduos vegetais, para proporcionar maior produção de ácidos orgânicos no solo melhorando a fertilidade e sustentabilidade do sistema produtivo.

Solos tropicais são caracterizados por serem altamente intemperizados, pobres em nutrientes e possuem baixa CTC, portanto, o emprego das SHs são fundamentais para manter a estabilização da MOS (ZECH et al., 1997).

A MOS exerce um papel fundamental nos solos de clima tropical, isso devido à atividade baixa da fração argila na maioria dos solos, com isso, todas as estratégias são voltadas para aumentar a capacidade de reter nutrientes, bem como, reter água, portanto, é imprescindível o aumento nos teores de MOS (CONCEIÇÃO et al., 2005).

A MOS se destaca pelo potencial de elevar a CTC, a ciclagem de nutrientes, a condutividade elétrica (CE) e a complexação de elementos tóxicos do solo. Todavia, a mineralização do material orgânico disponibiliza nutrientes para o solo, sendo, portanto, uma

fonte adicional de nutrientes às plantas (CONCEIÇÃO et al., 2005; PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

O teor de MOS é um ponto chave da fertilidade do solo, pois o aumento de seu estoque no solo constitui a principal base para todas as características agronômicas relacionadas à melhoria do solo. Sua função tem papel crucial para fornecer um número significativo de sítios de ligação para elementos essenciais presentes no solo (COSTA; SANGAKKARA, 2006).

4.6. Atributos biológicos

O aumento da atividade microbiana do solo pode ser afetado pela disponibilidade e qualidade do substrato empregado no ambiente (DILLY, 2004). Sendo a turfa, formada ao longo de centenas de anos por MO e contendo SHs, pode haver associações com enzimas extracelulares por meio de combinações de mecanismos como troca iônica, ligações covalentes, adesão física na estrutura dos ácidos orgânicos e composição de pontes de H^+ , resultando no aumento do tempo de atividade das enzimas no solo podendo variar de semanas a meses (KIEHL, 1985; ZIMMERMAN; AHN, 2011).

Grande parte das enzimas tem sua atividade consideravelmente reduzida quando são complexadas na fração do AH da MOS, dentre essas enzimas estão a uréase, fosfatase ácida e glucosidade (ZIMMERMAN; AHN, 2011). O isolamento das enzimas pelas SHs compromete suas atividades enzimáticas por meio da redução da afinidade entre substrato e enzima, colaborando com a manutenção da enzima no ambiente por vários anos. O extrato húmico pode ser quantificado, quando em associação com enzimas hidrolases (fosfatase e uréase) e ter um aumento expressivo, gerando a formação do complexo e húmus-enzima (BENITEZ; SAINZ; NOGALES, 2005). Do ponto de vista ecológico essa ligação se torna importante devido à formação de complexos que leva a uma proteção dessas enzimas extracelulares, reduzindo sua degradação por ações biológicas e físicas, culminando em um nível maior de atividade e contribuição na reciclagem de nutrientes no solo (BENITEZ; SAINZ; NOGALES, 2005).

O ambiente com maior aporte de MO e de fácil degradação enzimática, resultará em aumento da atividade enzimática. Sendo assim, haverá aumento das atividades enzimáticas hidrolases durante o processo de vermicompostagem (BENITEZ, SAINZ e NOGALES 2005). A aplicação de fertilizantes a base fósforo favorece a atividade destas enzimas complexando,

juntamente, com AH, predizendo que haverá aumento no estímulo da microbiota do solo mesmo quando forem utilizados ácidos orgânicos recalcitrantes (GIOVANNINI et al., 2013).

A enzima desidrogenase tem sua atividade maior no início do processo de vermicompostagem, decorrente da maior concentração de substâncias metabolizáveis pela microbiota, por outro lado, no final do processo a atividade diminui e forma substâncias humificadas. Todavia, podemos afirmar que a atividade da enzima desidrogenase é maior devido a maior quantidade de carbono oxidável (BENITEZ, SAINZ e NOGALES 2005). Com isso, fica evidente que a desidrogenase é uma enzima intracelular que tem sua atividade na cadeia transportadora de elétrons, onde interage fortemente com microrganismos e, quanto maior a quantidade de C facilmente degradável maior é a microbiota ativa (NAYAK; BABU; ADHYA, 2007; CARDOSO et al., 2013).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é responsável pela decomposição da MOS e ciclagem de nutrientes requeridos pelos próprios microrganismos e plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Sendo estes, responsáveis pela transformação do material orgânico no solo. O Carbono advindo da MO poderá a curto e médio prazo tornar-se parte de frações estáveis do C no solo. Nas SHs são encontrados compostos derivados de células microbianas, o que é resultante da imobilização de restos microbianos no solo derivados de interações da fração sólida do solo, da entrada e saída de carbono pela biomassa microbiana (MILTNER et al., 2012). Portanto, a biomassa e a atividade microbiana têm forte influência nos processos de adição de compostos orgânicos ao solo (SANTOS et al., 2013).

4.7. Uso da turfa líquida na cultura da soja

No Brasil a maioria dos solos, onde se cultiva soja e aqueles desbravados para implantação do cultivo, apresentam algum grau de deficiência de nutrientes e até mesmo um desequilíbrio entre eles, que impedem o desenvolvimento e consequentemente o rendimento máximo que se espera do material genético em condições de oferta de nutrientes no solo (SFREDO; LANTMANN, 2007).

O emprego de produtos à base de SHs como os fertilizantes orgânicos, condicionadores do solo e estimuladores fisiológicos, tem se tornado de suma importância para o empreendimento agrícola, principalmente nos últimos 10 anos. O mercado nacional fornece uma vasta gama de

produtos que contêm SHs, produtos que são extraídos dos depósitos minerais como leonardita (BENITES, 2006).

As SHs têm proporcionado aumento na absorção de nutrientes, devido aos AHs atuarem no aumento da atividade da bomba de prótons, tornando a parede celular mais permeável devido à acidificação do apoplasma, regulado pela atividade de enzimas específicas, facilitando a entrada de íons para o interior da membrana plasmática (CANELLAS; SANTOS, 2005). As enzimas transmembranares tem a função de hidrolisar adenosina trifosfato, que resulta em ganho de energia. O gradiente eletroquímico que se envolve em dois mecanismos, sendo a produção de ATP para translocação de íons essenciais, tanto para a absorção de elementos e a maior plasticidade da parede celular, possibilitando o crescimento e divisão celular (RODDA et al., 2006a). O aumento da plasticidade da parede celular está relacionado com a extrusão de prótons que é regulado pela H^+ -ATPase, cuja, função é promover a acidificação do apoplasto, resultando na ativação de enzimas específicas na parede celular, o que leva ao aumento da sua plasticidade, promovendo o alongamento celular (RAYLE; CLELAND, 1992).

Para a avaliação dos efeitos das SHs sobre os vegetais leva-se em consideração a fonte de obtenção, as doses utilizadas e até mesmo a espécie de planta avaliada (VAUGHAN; MALCOLM, 1985). O efeito das SHs é complexo, pois, suas características se diferem entre a origem do material, teores e pelo método de aquisição. Apesar disso, pode diferir entre espécies de plantas pelas respostas em cada estágio fenológico (SANTOS; CAMARGO, 1999).

A utilização do produto húmico, ainda que em baixas concentrações de C-ácido húmico promoveu ganho de produção em matéria seca radicular, caulinar e foliar, sendo que a dose utilizada permeia entre 0,07 e 4,3 mg L⁻¹. As SHs influênciam o crescimento de plantas devido a suas interações com os atributos químicos, físicos e biológicos (PRIMO et al., 2011).

A cultura da soja, submetida a diferentes níveis de estresses hídricos e doses de SH, obteve aumento na produtividade com uma dose de 5,5 mL dm⁻³ de fertilizante organomineral via solo. Já quando houve o aumento da dose para níveis acima de 6 mL dm⁻³ a produtividade foi reduzida. Portanto, doses elevadas que afetaram o rendimento pode ser interligada com a modificação do pH do solo, adsorção e concentrações dos nutrientes na solução do solo (PRADO, 2014).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local da execução

O ensaio foi desenvolvido no Campo Demonstrativo e Experimental – CADEX da UFU, Monte Carmelo, localizado nas coordenadas geográficas 18°43'40.0"S 47°31'20.2"W. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico – LVdf e o clima da região é do tipo Aw pela classificação de Köppen.

5.2. Semeadura

A semeadura foi realizada em dezembro de 2023 após a estabilização das condições climática para o cultivo (Figuras 1 e 2). Utilizou-se a cultivar de soja Brasmax Olimpo IPRO na densidade de 13 sementes m^{-1} , visando obter uma população média de 220.000 plantas ha^{-1} .

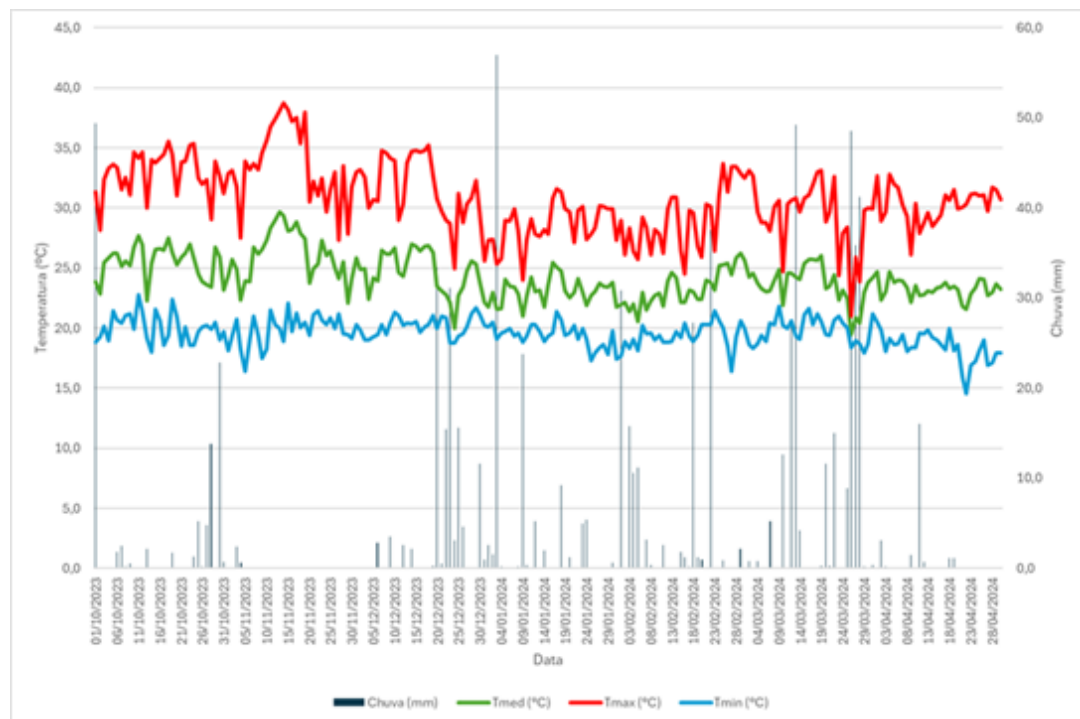


Figura 1. Temperaturas e chuvas ocorridas entre 01/10/2023 e 28/04/2024 na área do ensaio de soja em campo.

Fonte: Estação Climatológica da UFU – Campus Monte Carmelo, Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados – CINCI.

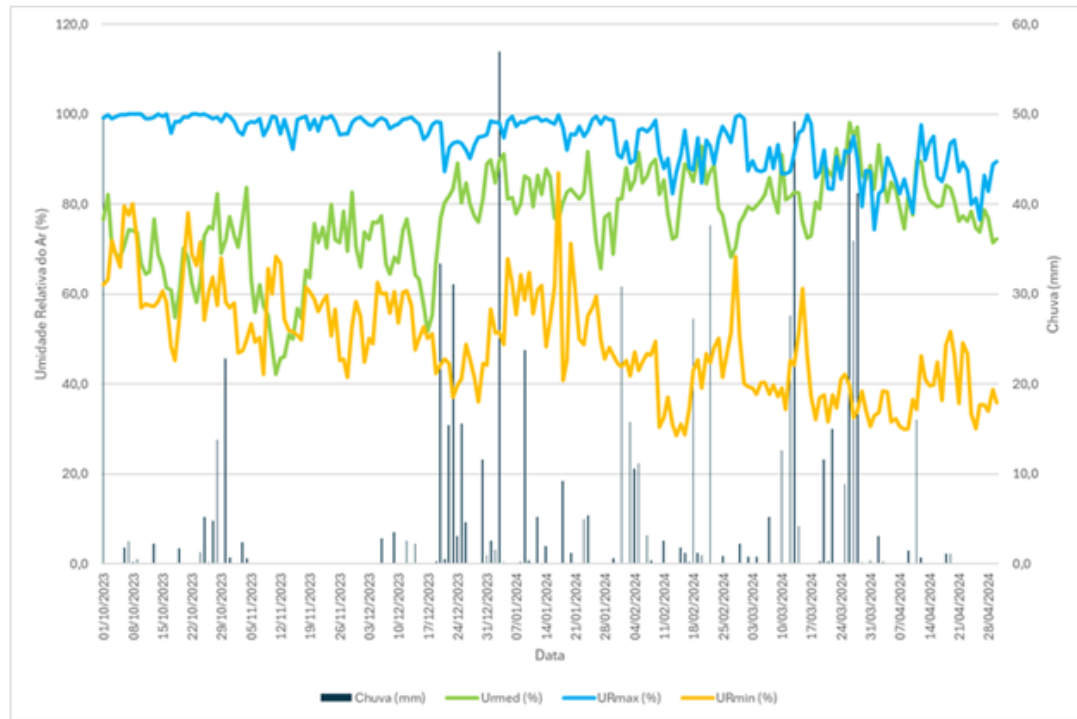


Figura 2. Umidade relativa do ar e chuvas ocorridas entre 01/10/2023 e 28/04/2024 na área do ensaio de soja em campo.

Fonte: Estação Climatológica da UFU – Campus Monte Carmelo, Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados – CINCI.

5.3. Manejo e tratos culturais

Utilizou-se manejo e tratos culturais padrão da região, conforme recomendações da Seixas et al. (2020).

5.3.1. Tratamento de semente

As sementes foram tratadas com fipronil na dose de 100 mL a cada 100 kg⁻¹ de semente para o controle de lagarta-elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*). As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* – produto Soybacter (cepas Semia 5079; Semia 5080) antes da semeadura.

5.3.2. Adubação de base e de cobertura

Antes da semeadura foi realizada análise do solo que está descrita no Quadro 1.

Quadro 1. Análise química do solo da área experimental

pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P Meh-1	K ⁺	S-SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB
		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³					
5,80	5,20	7,00	191,00	8,29	0,49	3,00	0,90	0,00	3,20	4,39
T	T	V	m	M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cmol _c dm ⁻³		%		dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³				
4,39	7,59	57,84	0,00	2,80	1,60	0,18	2,40	23,00	20,10	11,00

Fonte: Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas – LABRAS.

Na adubação de base foram utilizados 360 kg ha⁻¹ do formulado 00-25-10, correspondendo a 90 e 36 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Na adubação de cobertura foram realizadas duas aplicações, sendo a primeira no estágio V3 com distribuição de 120 e 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (KCL) e fosfato monoamônio (MAP), respectivamente e a segunda no estágio V6 com mais 50 kg ha⁻¹ de MAP.

5.3.3. Manejo de plantas daninhas, pragas e doenças

O controle de plantas daninhas foi realizado, inicialmente, com uma gradagem antes da semeadura. Após a emergência da cultura e das plantas daninhas foi utilizado a mistura de glifosato WG 720 – Alamos (1.500 g p.c. ha⁻¹) + cletodim – Cartago (400 mL p.c. ha⁻¹). Ainda foi necessária uma capina para manter as plantas daninhas sob controle.

O controle de pragas foi realizado com duas aplicações do produto Clorpirifós Nortox EC (500 mL p.c. ha⁻¹) na fase vegetativa, visando o controle de lagartas desfolhadoras e duas aplicações com deltametrina – Decis 25 EC (300 mL p.c. ha⁻¹) na fase reprodutiva, visando o controle de percevejos.

O controle de doenças foi realizado com duas aplicações de epoxiconazol + piraclostrobina – Abacus HC (300 mL p.c. ha⁻¹) de doenças foliares

5.4. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento foi em blocos casualizados, com 9 tratamentos, sendo duas doses de turfa líquida e quatro fracionamentos, com quatro repetições, totalizando 36 unidades experimentais, descritos no Quadro 2.

Quadro 2. Tratamentos aplicados via foliar na cultura da soja

Tratamento	Dose de turfa líquida (L ha ⁻¹)	Época de aplicação
1 (testemunha)	0	-
2	4,5	V4 (dose única)
3	4,5	V4 + V6 (2,25 L/ha/aplicação)
4	4,5	V4 + V6 + R1 (1,5 L/ha/aplicação)
5	4,5	V4 + V6 + R1 + R3 (1,125 L/ha/aplicação)
6	6,0	V4 (dose única)
7	6,0	V4 + V6 (3,0 L/ha/aplicação)
8	6,0	V4 + V6 + R1 (2,0 L/ha/aplicação)
9	6,0	V4 + V6 + R1 + R3 (1,5 L/ha/aplicação)

Fonte: O autor.

5.5. Dimensões das parcelas

O espaçamento adotado foi de 0,5 m entre linhas, com quatro linhas de plantas, com 6 m de comprimento. Assim, as dimensões de cada parcela foram de 2,0 m x 6 m, totalizando 12 m². A área útil foi composta por duas linhas de plantas centrais excluídas 0,5 m de cada extremidade, totalizando 5,0 m².

5.6. Forma de aplicação da turfa líquida

A turfa líquida foi diluída na calda de pulverização de forma isolada, contendo apenas o produto. Todas as aplicações foram realizadas com pulverizador a base de CO₂.

5.7. Colheita

A colheita foi realizada manualmente apenas na área útil, cortando-se as plantas na base rente ao solo. Após o corte foram separadas 5 plantas por parcela para avaliações, o restante foi debulhado para estabelecer a produtividade por parcela.

5.8. Avaliações

5.8.1. Duração dos estádios fenológicos da cultura

Considerou-se a escala fenológica de Fehr e Caviness (1977), descritos no Quadro 3.

Quadro 3. Descrição resumida dos estádios fenológicos da soja

ESTÁDIO	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
<i>Estádios vegetativos</i>		
V _E	Emergência	Os cotilédones estão acima da superfície do solo
V _C	Cotilédone desenvolvido	Cotilédones totalmente abertos
V ₁	Primeiro nó	As folhas unifolioladas estão completamente abertas
V ₂	Segundo nó	Primeira folha trifoliolada aberta
V ₃	Terceiro nó	Segunda folha trifoliolada aberta
V _(n)	Enésimo nó	“Enésimo” nó ao longo da haste principal com trifólio aberto
<i>Estádios reprodutivos</i>		
R ₁	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal
R ₂	Florescimento pleno	Maioria das inflorescências da haste principal com flores abertas
R ₃	Início da frutificação	Vagens com 0,5 a 1,5 cm de comprimento no terço superior da haste principal
R ₄	Frutificação plena	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com comprimento de 2 a 4 cm (“canivete”)
R _{5.1}	Início da granação	Até 10% da granação máxima na maioria das vagens localizadas no terço superior da haste principal
R _{5.2}		Maioria das vagens no terço superior da haste principal entre 10 e 25% da granação máxima
R _{5.3}	Média granação	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com 25 a 50% da granação máxima
R _{5.4}		Maioria das vagens no terço superior da haste principal entre 50 e 75% da granação máxima
R _{5.5}	Final da granação	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com 75 e 100% da granação máxima
R ₆	Semente formada ou granação plena	100% de granação. Maioria das vagens no terço superior contendo sementes verdes em seu volume máximo (“vagem gorda”)
R _{7.1}	Maturidade fisiológica	Até 50% de folhas e vagens amarelas
R _{7.2}	Maturidade fisiológica	Entre 50 e 75% de folhas e vagens amarelas
R _{7.3}	Maturidade fisiológica	Acima de 75% de folhas e vagens amarelas
R _{8.1}	Desfolha natural	Até 50% de desfolha
R _{8.2}	Desfolha natural	Acima de 50% de desfolha. Aproxima-se o ponto de colheita
R ₉	Maturidade a campo	95% de vagens com a cor da vagem madura

Fonte: Fehr e Caviness (1977).

5.8.2. Estande inicial

Foi realizada a contagem simples do número de plântulas emergidas na área útil no 10º dia após a emergência.

5.8.3. Estande final

Foi realizada a contagem simples do número de plantas adultas na área útil, no estádio R7.

5.8.4. Altura final da planta

Foi mensurada a distância entre a superfície do solo e a inserção da última vagem no topo da planta no estádio R8, com auxílio de uma régua graduada, em centímetros, em cinco plantas por parcela.

5.8.5. Altura de inserção da 1ª vagem

Foi mensurada a distância entre a superfície do solo e a inserção da primeira vagem na base da planta no estádio R8, com auxílio de uma régua graduada, em centímetros, em cinco plantas por parcela.

5.8.6. Número de nós por planta

Foi obtida pela contagem simples do número de nós na haste principal, no estádio R7.

5.8.7. Comprimento médio do entrenó

Foi obtida pela divisão entre a altura final da planta pelo número de nós por planta.

5.8.8. Número de ramificações por planta

Foi obtida pela contagem simples do número de ramificações na haste principal, no estádio R7.

5.8.9. Número de vagens pelo número de grãos

Foi obtida pela contagem simples do número de vagens com diferentes números de grãos (1, 2, 3, 4, ... n grãos).

5.8.10. Vagens chochas

Foi obtida pela contagem total do número de vagens chochas.

5.8.11. Número de vagens total por planta

Foi obtida pelo somatório do número de vagens total observadas nos itens 5.8.9 e 5.8.10.

5.8.12. Número médio de grãos por planta

Foi mensurado pelo número total de grãos produzidos por 5 plantas dividido por 5 plantas.

5.8.13. Massa 1.000 grãos (com 13% de umidade)

Foi obtida pela separação de três amostras de 100 grãos com auxílio de pranchetas de contagem, em seguida pesaram as amostras em balança de precisão. Após isso, as amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçada em temperatura de 75° C por 72 horas, obtendo a massa seca de grãos e a umidade inicial. De posse dessas informações, a massa seca das amostras foram ajustadas para 13% de umidade (base úmida) e convertidas em massa de 1.000 grãos pela divisão da massa de cada por 100 grãos (13% de umidade) e pela multiplicação por 1.000 grãos.

5.8.14. Produtividade por parcela

Foi obtida pela pesagem dos grãos obtidos em todas as plantas colhidas na área útil, ajustada para 13% de umidade.

5.8.15. Produtividade estimada por hectare

Foi obtida pela conversão da produtividade por parcela (5 m²) ajustada para 10.000 m².

5.9. Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Cochran e de Jarque-Bera para verificação da homocedasticidade das variâncias e normalidade dos erros, respectivamente. Uma vez atendidas às pressuposições básicas da estatística, as médias dos tratamentos foram submetidos a análise de variância e ao teste de Scott Knott.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente, todas as variáveis respostas tiveram seus dados médios submetidos aos testes de Cochran para homocedasticidade das variâncias e de Jarque-Bera para normalidade dos resíduos, resultando na necessidade de transformação das variáveis AP e NN. Após isso, as médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA), conforme apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Resumo da ANOVA para altura de plantas (AP), número de nós por planta (NN), número de ramificações por planta (NR), número de vagens 1 grãos por planta (V1G), número de vagens 2 grãos por planta (V2G), número de vagens 3 grãos por planta (V3G), número de vagens 4 grãos por planta (V4G), número de vagens chochas por planta (VC), número de vagens total por planta (NVP), número de vagens cheias por planta (NVCP), número de grãos por planta (NGP), massa de 1.000 grãos (MMG) e produtividade por hectare (PROD) da soja em função da turfa líquida na safra de 2023/2024

Variáveis respostas	QM	F	P-valor	Média geral	CV (%)	Transformação
AP (cm) ¹	0,322945	2,08	ns	0,079	6,32	6,22
NN ¹	0,3746745	1,13	ns	0,378	5,01	11,47
NR	0,6215278	0,58	ns	0,783	6,53	15,83
V1G	29,53	1,73	ns	0,142	20,93	19,73
V2G	112,1286	2,69	*	0,029	38,39	16,82
V3G	68,016944	1,54	ns	0,195	36,01	18,45
V4G	0,5944444	2,22	ns	0,062	1,19	43,5
VC	16,941944	1,57	ns	0,185	6,64	49,41
NVP	660,4975	2,36	*	0,049	103,17	16,21
NVCP	536,75028	2,54	*	0,037	96,53	15,06
NGP	2538,0419	2,45	*	0,043	210,51	15,29
MMG (g)	134,68429	1,5	ns	0,208	124,76	7,59
PROD (kg)	71,151258	1,76	ns	0,136	53,49	11,9

¹ Anova com dados transformados, apresentação com dados originais.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

Pode-se afirmar que houve efeito significativo dentro das variáveis respostas V2G, NVP, NVCP, NGP, indicando que ao menos um tratamento diferiu dos demais pelo teste F ($p \leq 0,05$), rejeitando, portanto, a hipótese H0. No entanto, as variáveis respostas AP, NN, NR, V1G, V3G, V4G, VC, MMG e PROD não apresentaram efeitos significativos dos tratamentos (Tabela 1).

As médias de cada tratamento em cada variável resposta estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos para Altura de Plantas (AP), Número de nós por planta (NN), Número de ramificações por planta (NR), Número de vagens 1 grãos por planta (V1G), Número de vagens 2 grãos por planta (V2G), Número de vagens 3 grãos por planta (V3G), Número de vagens 4 grãos por planta (V4G), Número de vagens chochas por planta (VC), Número de vagens total por planta (NVP), Número de vagens cheias por planta (NVCP) Número de grãos por planta (NGP), Massa de 1.000 grãos (MMG) e Produtividade por planta (PRODP) da soja em função de doses de turfa líquida na safra de 2023/2024

Tratamentos		AP (cm) ¹		NN ¹		NR		V1G		V2G		V3G		V4G	
T1	Testemunha dose 0 L/há	83,59	a	17,13	a	6,38	a	20,20	a	36,60	b	38,20	a	1,55	a
T2	V4 (dose única)	82,58	a	18,63	a	6,88	a	22,40	a	44,40	a	37,60	a	1,20	a
T3	V4+V6 (2,25 L/ha/aplicação)	83,09	a	19,00	a	6,63	a	22,20	a	42,80	a	38,70	a	1,60	a
T4	V4+V6+R1 (1,5 L/ha/aplicação)	84,64	a	18,63	a	6,63	a	21,10	a	33,85	b	33,50	a	0,65	a
T5	V4+V6+R1+R3 (1,125 L/ha/aplicação)	85,19	a	18,00	a	6,25	a	14,40	a	28,65	b	30,20	a	0,85	a
T6	V4 (dose única)	80,29	a	18,00	a	6,00	a	21,45	a	38,50	a	32,15	a	1,10	a
T7	V4+V6 (3,0 L/ha/aplicação)	78,59	a	18,38	a	6,00	a	21,25	a	40,80	a	35,10	a	0,90	a
T8	V4+V6+R1 (2,0 L/ha/aplicação)	83,58	a	17,88	a	7,00	a	21,05	a	35,55	b	34,65	a	1,05	a
T9	V4+V6+R1+R3 (1,5 L/ha/aplicação)	71,98	a	16,75	a	7,00	a	24,35	a	44,40	a	44,00	a	1,80	a
Tratamentos		VC		NVP		NVCP		NGP		MMG (g)		PROD (sc 60 kg ha ⁻¹)			
T1	Testemunha dose 0 L/há	3,55	a	100,10	b	96,55	b	214,20	b	124,23	a	54,09 a			
T2	V4 (dose única)	7,75	a	113,35	b	105,60	b	228,80	b	130,91	a	55,03 a			
T3	V4+V6 (2,25 L/ha/aplicação)	7,05	a	112,35	b	105,30	b	230,30	b	119,84	a	57,82 a			
T4	V4+V6+R1 (1,5 L/ha/aplicação)	7,60	a	96,70	b	89,10	b	191,90	b	128,65	a	57,03 a			
T5	V4+V6+R1+R3 (1,125 L/ha/aplicação)	4,55	a	78,65	c	74,10	c	165,70	c	132,93	a	58,05 a			
T6	V4 (dose única)	6,05	a	99,25	b	93,20	b	199,30	b	123,70	a	47,66 a			
T7	V4+V6 (3,0 L/ha/aplicação)	9,65	a	107,70	b	98,05	b	211,75	b	117,23	a	47,05 a			
T8	V4+V6+R1 (2,0 L/ha/aplicação)	4,75	a	97,05	b	92,30	b	200,30	b	128,09	a	54,47 a			
T9	V4+V6+R1+R3 (1,5 L/ha/aplicação)	8,80	a	123,35	A	114,55	a	252,35	a	117,25	a	50,17 a			

¹ Teste de Scott-Knott com dados transformados, apresentação com dados originais.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo Teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Após a submissão ao teste de agrupamento de médias de Scott-Knott. Como esperado, as variáveis que foram significativas na ANOVA, apresentaram diferenças significativas no teste de agrupamento e, por sua vez, nas demais variáveis não houve diferenças significativas entre os tratamentos, demonstrando que eventuais variações observadas se deveram ao acaso (Tabela 2).

Na variável resposta V2G formou-se dois grupos de médias que diferiram entre si, sendo que o grupo dos tratamentos T2, T3, T6, T7 e T9 superou estatisticamente o grupo dos tratamentos T1, T4, T5 e T8 (Tabela 2), apresentando média superior de 9 vagens de 2 grãos por planta. Isso indica que os tratamentos que receberam turfa líquida em uma única dose (T2: 4,5 L ha⁻¹ e T6: 6,0 L ha⁻¹) ou em duas vezes (T3: 4,5 L ha⁻¹ e T7: 6,0 L ha⁻¹) apresentaram melhores respostas. A única exceção foi o T9: 6,0 L ha⁻¹ fracionado em 4 vezes, que também teve comportamento similar (Tabela 2). Por sua vez, os demais tratamentos se comportaram como a testemunha (Tabela 2).

Nas variáveis NVP, NVCP e NGP formaram-se três grupos de médias que diferiram entre si, sendo que o grupo do tratamento T9 superou estatisticamente o grupo dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T6, T7, T8 e o grupo do tratamento T5 (Tabela 2). As variáveis supracitadas apresentaram média superior de 23 vagens totais por planta; 20 vagens cheias por planta e, 41 grãos por planta, respectivamente. Isso indica que o tratamento que recebeu turfa líquida com doses fracionadas em 4 vezes (T9: 6 L/ha⁻¹) apresentou melhor resposta do que o grupo de tratamentos T1, T2, T3, T4, T6, T7, T8 e, grupo de tratamento T5 (Tabela 2).

Além disso, o grupo dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T6, T7, T8, também, apresentaram melhores respostas do que o grupo do tratamento T5 (T5: 4,5 L/ha⁻¹) com médias superiores de 25 vagens totais por planta; 23 vagens cheias por planta e, 45 grãos por planta, respectivamente. Ademais, os T9 obtiveram incrementos médios de 45 vagens totais por planta; 40 vagens cheias por planta e, 86,65 grãos por planta, em relação ao T5.

Segundo Catuchi et al. (2016), a utilização de AH e AF gera múltiplos benefícios na cultura da soja, por exemplo, aumento de vagens por planta e, por conseguinte, aumento da produtividade. Os autores observaram que a aplicação de AH e AF no sulco de semeadura propiciou maior conteúdo de matéria seca da parte aérea das plantas de soja coletadas no florescimento em relação a testemunha. Enquanto, Caron, Graças e Castro (2015) relataram que as SHs podem aumentar o crescimento radicular e a eficiência de absorção de nutrientes, além de, proporcionar maior produtividade na parte aérea das plantas, atuando na sinalização hormonal e

nas modificações metabólicas. Apesar desses relatos, apenas alguns componentes de produção foram afetados pelo uso da turfa líquida, no entanto, não de forma gradativa e não evidenciando reflexos sobre a produtividade de grãos, além de que, alguns tratamentos apresentaram respostas significativamente iguais à testemunha (Tabela 2).

Tais resultados contrastam com os obtidos por Catuchi et al. (2016), que utilizaram 380 g ha⁻¹ de ácido húmico em duas ocasiões, no estágio fenológico V4 da soja, tanto via sulco de semeadura quanto via foliar, e observaram aumento no número de vagens por planta, bem como produtividade total.

As propriedades químicas específicas das SHs tendem a favorecer o crescimento, bem como o aumento de biomassa das plantas, corroborando para o aumento no número de flores e frutos, resultando em potencial aumento produtivo das culturas agrícolas (HALPERN et al., 2015). As SHs governam diferentes reações no desenvolvimento das plantas e atuam na complexação de metais, no aumento da CTC, na disponibilidade de nutrientes, na retenção de umidade, sendo que tais fatores afetam diretamente o metabolismo vegetal (ROCHA; ROSA, 2003).

Nos mais diversos relatos acerca dos efeitos dos AHs nas plantas, destaca-se a ação sobre o sistema radicular pela formação de raízes laterais, raízes adventícias, alongamento celular e adensamento de pelos absorventes. Tal fato se traduz como aumento da massa radicular, bem como da área de contato das raízes, proporcionando maior absorção de água e nutrientes no solo (MALIK; AZAM, 1985; SILVA et al., 2000; CANELLAS et al., 2002; EYHERAGUIBEL et al., 2008; TREVISAN et al., 2010b; CANELLAS et al., 2011; SILVA et al., 2011; BALDOTTO et al., 2011c; JINDO et al., 2012; MORA et al., 2012; BALDOTTO et al., 2012; BALDOTTO et al., 2014a, 2014b).

Além dos efeitos diretos atuantes no sistema radicular das plantas, os AHs também atuam de forma indireta moldando a química e a complexidade microbiana da rizosfera, devido a extrusão de ácidos orgânicos e açúcares pelas raízes. Com a alteração do ambiente envolto pelas raízes, os AHs influem sobre as relações solo-microrganismo-planta, principalmente na disponibilidade e incorporação de nutrientes em compostos orgânicos (CANELLAS et al., 2008b; PUGLISI et al., 2013).

Com a aplicação de AHs há aumento na solubilidade das SHs complexadas com elementos metálicos (Zn^{2+} ; Cu^{2+} ; Fe^{2+} ; Mn^{2+}) gerando facilidade na absorção pelas plantas (CHEN; AVIAD, 1990; PINTON et al., 1992; CHEN et al., 2004).

Concentrações mais baixas de AHs apresentam estímulo ao crescimento das plantas, isso ocorre devido o aumento da atividade fisiológica, em contrapartida, concentrações elevadas resultam em menor crescimento e desenvolvimento vegetal. Isso torna necessário o emprego de mais estudos para haver a definição da dose de AHs na máxima eficiência buscando a característica desejada, para cada tipo de espécie vegetal (BALDOTTO et al., 2009; BALDOTTO et al., 2013; 2014; BALDOTTO et al., 2014a; 2014b).

Segundo Primo et al. (2011), a utilização do produto húmico, ainda que em baixas concentrações de C-ácido húmico promoveu ganho de produção em matéria seca radicular, caulinar e foliar, sendo que a dose utilizada permeia entre 0,07 e 4,3 mg L⁻¹. Os autores afirmam que as SHs influenciam o crescimento de plantas devido a suas interações com os atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Por fim, as variáveis AP, NN, NR, V1G, V3G, V4G, VC, MMG E PROD não diferiram significativamente entre si, indicando variação ao acaso dos resultados. Todavia, apenas as variáveis V4G e VC apresentaram coeficientes de variação superiores a 30%, indicando baixa precisão dos dados. Todas as demais variáveis apresentaram baixa dispersão dos dados, com coeficientes de variação inferiores a 20%, indicando precisão adequada das informações.

Segundo Ayuso et al. (1998), a redução no rendimento de cevada diante de concentrações elevadas de SHs ocorreu devido a complexação dos ácidos orgânicos com metais, formando compostos de alta massa molecular, resultando na redução da concentração de micronutrientes, dificultando o processo de absorção pelas plantas.

Spigarelli et al. (2004) obtiveram efeito positivos na produtividade de tomate com aplicações nas doses de 200 mg kg⁻¹ de C orgânico via solo. Por outro lado, Hartz e Bottoms (2010) realizaram o teste de cinco produtos comerciais à base de SHs e concluíram que aplicados via solo, em doses recomendadas pelos seus fabricantes, não apresentaram efeitos no aumento da produtividade do tomateiro.

Yuri et al. (2004) não obtiveram respostas que elevassem a produtividade de alface. Chen et al. (2004) avaliaram a utilização de concentrações de SHs para proporcionar o estímulo ao crescimento, bem como a produtividade das plantas e, somente observaram efeitos significativos

com doses na faixa de 50 kg ha^{-1} de C, isto é, cerca de 10 vezes acima da média recomendada comercialmente.

Salienta-se que as condições climáticas, em especial as temperaturas permaneceram elevadas na maior parte do período de cultivo, com temperaturas mínimas oscilando próximo de 20° C (Figura 1), sendo consideradas altas para a cultura da soja, uma vez que elas ocorreram durante a noite. Este fenômeno favorece a elevação da taxa de respiração noturna pelas plantas que resulta em consumo excessivo de C fixado durante o dia pela fotossíntese, refletindo na redução de crescimento das plantas.

O acumulado de água, pela precipitação pluvial no mês de outubro de 2023 foi de 107,2 mm, sendo 47,5 mm precipitados no período de 7 dias que antecederam a semeadura. Entretanto, nos dias seguintes à semeadura, ocorreu um veranico de 18 dias de duração, quando precipitou somente 11,4 mm.

O ensaio de campo foi submetido a várias aplicações suplementares de água com tanque-pipa durante 15 dias com reposição em torno de 10 mm de água no solo semanalmente. Considerando que a evapotranspiração diária fica na ordem de 5,0 mm, ou seja, mesmo havendo suplemento de água, possivelmente ocorreu déficit hídrico nas plantas. As plantas passaram por dificuldades para realizarem suas demandas fisiológicas quando a umidade relativa do ar (URA) voltou a ficar abaixo de 60%, após o dia 08/12/2023, com duração de 8 dias na área (Figura 2).

A precipitação normalizou-se a partir do dia 19/12/2023 seguindo assim até a maturidade fisiológica da cultura. O acumulado de água foi de 655,8 mm, além de 45 mm de suplementação, resultando no total de 700,8 mm no ciclo total de cultivo. Vale ressaltar que tal quantidade é suficiente para a produção de soja, no entanto, o veranico na fase inicial de estabelecimento pode ter efetuado o fechamento estomático e o grande consumo de carboidratos pelo processo de respiração celular, haja vista a baixa (URA), no mesmo período (Figura 2), o que possivelmente prejudicou os efeitos da turfa líquida na cultura.

Espera-se que a aplicação de AH e AF favoreça a retenção e disponibilidade de água por um período maior, mesmo em condição de estresse hídrico, em função de suas propriedades físicas e químicas, que proporcionam a agregação por ligações covalentes com hidrogênio, entre moléculas adjacentes, formando estruturas que contém grande capacidade de reter moléculas de água, podendo ainda as liberar de forma lenta e gradual para as plantas (KIEHL, 1985; SILVA

FILHO; SILVA, 2002). No entanto, talvez as doses utilizadas e a forma de aplicação do produto via foliar não tenham sido suficientes para que sua expressão fosse detectada.

7. CONCLUSÃO

A aplicação de turfa líquida via foliar não promoveu mudanças no padrão de desenvolvimento das plantas de soja e não apresentou aumento de produtividade.

Em termos econômicos a aplicação via foliar da Turfa líquida não se justifica. Sendo assim, em futuros trabalhos, sugere-se ajustes na metodologia como o aumento de doses e do volume da calda de pulverização, bem como a aplicação diretamente no solo a fim de aumentar a área de contato com as raízes das plantas.

REFERÊNCIAS

- AYUSO, M.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; PASCUAL, J. A. Stimulation of barley growth and nutriente absorption by humic substances originating from various organic materials. **Biology and Technology**, v. 57, p. 251-257, 1998.
- BAILEY, S. E. et al. A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals. **Water Res.**, v. 33, n. 11, p. 2469-2479, 1999.
- 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**, v. 32, p. 434-439, 2014a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620140000400010>.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; GIRO, V. B.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BRESSAN-SMITH, R. Desempenho do abacaxizeiro ‘Vitória’ em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante aclimação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 979-990, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400022>.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; GONTIJO, J. B.; OLIVEIRA, F. M.; GONÇALVES, J. Aclimação de orquídea (*Cymbidium* sp.) em resposta à aplicação de ácidos húmicos. **Ciência Rural**, v. 44, p. 830-833, 2014a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000500011>.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; SOARES, R. R.; MARTINEZ, H. E. P.; VENEGAS, V. H. A. Adventitious rooting in cuttings of croton and hibiscus in response to indolbutyric acid and humic acid. **Revista Ceres**, v. 59, p. 476-483, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000400007>.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 856-881, 2014b.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Gladiolus development in response to bulb treatment with different concentrations of humic acids. **Revista Ceres**, v. 60, p. 138-142, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100020>.
- BALDOTTO, M. A.; MUNIZ, R. C.; BALDOTTO, L. E. B.; DOBBSS, L. B. Root growth of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. treated with humic acids isolated from typical soils of Rio de Janeiro state, Brazil. **Revista Ceres**, v. 58, p. 504-511, 2011c. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000400015>.
- BALDOTTO, M. A.; NORI, J. A.; LEAL, H. D.; MIRANDA, I. H.; ALMEIDA, D. D.; QUEIROZ, C. I. A.; BALDOTTO, L. E. B. Produtividade de tifton 85 em resposta à aplicação de ácidos húmicos isolados de compostos orgânicos de esterco bovino e de cama de aviário. In: **Trabalhos Apresentados no Fertbio 2014**. Fertbio, Araxá, 2014b.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; Camargo, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. P. 7-18.

BENITES, V. M. **Aplicação foliar de fertilizante organo mineral e solução de ácido humico em soja sob plantio direto**. Circular Técnica, 2006.

BENITEZ, E.; SAINZ, H.; NOGALES, R. Hydrolytic enzyme activities of extracted humic substances during the vermicomposting of a lignocellulosic olive waste. **Bioresource technology**, Oxon, v. 96, p. 785-790, 2005.

BETTIOL, W. et al. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília, 2023.

BOWDEN, C. L.; EVANYLO, G. K.; ZHANG, X.; ERVIN, E. H.; SEILER, J. R. Soil carbon and physiological responses of corn and soybean to organic amendments. **Compost Science and Utilization**, Emmaus, v. 18, p. 162-173, 2010.

BRIEDIS, C.; SÁ, J. C. M.; LAL, R.; TIVET, F.; OLIVEIRA, A. F.; FRANCHINI, J. C.; SCHIMIGUEL, R.; HARTMAN, D. C.; SANTOS, J. Z. Can highly weathered soils under conservation agriculture be C saturated? **Catena**, v. 147, p. 638-649, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.08.021>.

BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, v. 124, p. 3-22, 2005.

CANAONLINE. **Os benefícios da turfa para a cana-de-açúcar**, 2015. Disponível em: <http://www.canaonline.com.br/conteudo/os-beneficios-da-turfa-para-a-cana-de-acucar.html>. Acesso em: 16 mar. de 2024.

CANELLAS, L. C.; SANTOS, G. A. **Humosfera**: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, 2005. 309 p.

CANELLAS, L. P.; DANTAS, D. J.; AGUIAR, N. O.; PERES, L. E. P.; ZSOGON, A.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; FAÇANHA, A. R.; NEBBIOSO, A.; PICCOLO, A. Probing the hormonal activity of fractionated molecular humic components in tomato auxin mutants. **Annals of Applied Biology**, v. 159, p. 202-211, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2011.00487.x>.

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; OKOROKOVA-FACANHA, A. L.; FAÇANHA, A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v. 130, p. 1951-1957, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.007088>.

CANELLAS, L. P.; TEIXEIRA JUNIOR, L. R. L.; DOBBSS, L. B.; SILVA, C. A.; MEDICI, L. O.; ZANDONADI, D. B.; FAÇANHA, A. R. Humic acids crossinteractions with root and

organic acids. **Annals of Applied Biology**, v. 153, p. 157-166, 2008b. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00249.x>.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; RESENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 935-944, 2003.

CARDOSO, E.J.B.N.; VASCONCELLOS, R.L.F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M.Y.H.; SANTOS, C.A.; ALVES, P.R.L.; PAULA, A.M.; NAKATNI, A.S.; PEREIRA, J.M.; NOGUEIRA, M.A. Soil health: Looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.70, p. 274-289, 2013.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015.

CATUCHI, T. A.; PERES, V. J. S.; BRESSAN, F. V.; ARANDA, E. A.; SILVA, A. P. L. **Desempenho produtivo da cultura da soja em razão da aplicação ácido húmico e fúlvico na semeadura e via foliar**. In: Colloquium Agraria, 2016. p. 36-42.

CERRI, C. C. **Dinâmica da matéria orgânica do agrossistema cana-de-açúcar**. 1986. 197 f. Tese (Livre Docência) – Piracicaba: USP-Esalq, Piracicaba.

CHEN, Y.; AVIAD, T. Effect of humic substances on plant growth. In: MACCARTHY, P. (ed.). **Humic substances in soil and crop sciences: selected readings**. American Society of Agronomy and Soil Sciences, Madison, p. 161-186, 1990. DOI: <https://doi.org/10.2136/1990.humicsubstances.c7>.

CHEN, Y.; DE NOBILI, M.; AVIAD, T. Stimulatory Effects of humic substances on plant growth. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (eds.). **Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture**, Boca Raton-FL, CRC Press, p. 103-130, 2004.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.

COSTA, W. A. J. M. D.; SANGAKKARA, U. R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 111-133, 2006.

CUNHA, T. J. F. et al. Ácidos húmicos em solo fertirrigado no Vale do São Francisco. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:1583-1592,2009.

DILLY, O. Effects of glucose, cellulose and humic acids on soil microbial eco-physiology. **Journal of Plant Nutrition & Soil Science**, Oldenburg v. 167, p. 261-266, 2004.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.M. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: CXOLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu: University of Hawaii, 1989. P. 33-67. LANA, R. M. Q. *et al.* Como utilizar substâncias húmicas na produção de grãos?. **Revista Campo & Negócio**. Jan. 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/como-utilizar-substancias-humicas-na-producao-de-graos/> Acesso em: 15 mar. de 2024.

ELLSWORTH, T. R.; CLAPP, C. E; BLAKE G. R. Temporal variations in soil structural properties under corn and soybean cropping. **Soil Sci.**, 151: 405-416, 1991.

EYHERAGUIBEL, B.; SILVESTRE, J.; MORARD, P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 4206-4212, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.082>.

FAÇANHA, A. R.; FAÇANHA, A. L. O.; OLIVARES, F. L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M.; BRASIL, F.; SCHRIPISEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M. A.; CANELLAS, L. P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1301-1310, 2002.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: *Iowa State University of Science and Technology*, p. 11, 1977. (Special Report, 80)

FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; LAL, R.; TIVET, F.; BRIEDIS, C.; INAGAKI, T. M.; GONCALVES, D. R. P.; ROMANIW, J. Macroaggregation and soil organic carbon restoration in a highly weathered Brazilian Oxisol after two decades under no-till. **Science of the Total Environment**, v. 621, p. 1559-1567, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.072>.

FRANCHI, J. G. **Aplicação da turfa na recuperação de solos degradados pela mineração de areia**. São Paulo, 2000. 103 f. Dissertação(Mestrado em Engenharia Mineral) – Departamento de Engenharia de Minas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

GIOVANNINI, C.; GARCIA-MINA, J.M.; CIAVATTA, C.; MARZADORI, C. Effect of organic-complexed superphosphates on microbial biomass and microbial activity of soil. **Biology & Fertility of Soils**, Berlin, v. 49, p. 395-401, 2013.

HALPERN, M.; BAR-TAL, A.; OFEK, M.; MINZ, D.; MULLER, T.; YERMIYAHU, U. Chapter two-The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. **Advances in Agronomy**, v. 130, p. 141-174, 2015.

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

HATCHER, P. G. et al. Solid-state ¹³C NMR of sedimentary humic substances: new revelations on their composition, In: CHRISTMAN, R. F.; GJESSING, E. T. (Ed.). **Aquatic and terrestrial humic materials**. Ann Arbor: Ann Arbor Science, 1983. p. 37-82.

INAGAKI, T. M.; SÁ, J. C. M.; CAIRES, E. F.; GONCALVES, D. R. P. Lime and gypsum application increases biological activity, carbono pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 231, p. 156-165, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.034>.

INAGAKI, T. M.; SÁ, J. C. M.; CAIRES, E. F.; GONCALVES, D. R. P. Why does carbon increase in highly weathered soil under no-till upon lime and gypsum use? **Science of the Total Environment**, v. 599, p. 523-532, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.234>.

JANNIN, L.; ARKOUN, M.; OURRY, A.; LAÎNE, P.; GOUX, D.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; SAN FRANCISCO, S.; BAIGORRI, R.; CRUZ, F.; HOUDUSSE, F.; GARCIA-MINA, J. M.; YVIN, J. C.; ETIENNE, P. Microarray analysis of humic acid effects on Brassica napus growth: Involvement of N, C and S metabolisms. **Plant and soil**, The Hague, v. 359, n. 1, p. 297-319, 2012.

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**, v. 353, p. 209-220, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1024-3>.

JUNIOR, R. B. M. et al. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-de-açúcar pelo uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias Diazotróficas endofíticas. **Revista Brasileira Ciências do solo**, v. 32, p. 1121-1128, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300020>

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.
LAL, R. Soil carbono sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, p. 1623-1627, 2004.

LAMIM, A. P. B. et al., Caracterização química e física de turfa litorânea e avaliação da adsorção competitiva por cobre e zinco. **Quím. Nova**, v. 24, n. 1, p. 18-23, 2001.

LI, X.; CHEN, Q. L.; HE, C.; SHI, Q.; CHEN, S-C.; REID, B. J.; ZHU, Y-G.; SUN, G-X. Organic carbon amendments affect the chemodiversity of soil dissolved organic matter and its associations with soil microbial communities. **Environmental Science & Techonology**, v. 53, p. 50-59, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.06.003>.

MALHI, S. S.; NYBORG, M.; SOLBERG, E. D.; DYCK, M. F.; PUURVEEN, D. Improving crop yield and N uptake with long-term straw retention in two contrasting soil types. **Field Crops Research**, v. 124, p. 378-381, 2011.

MALIK, K.; AZAM, F. Effect of humic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling growth. **Environmental and Experimental Botany**, v. 25, p. 245-252, 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/0098-8472\(85\)90008-5](https://doi.org/10.1016/0098-8472(85)90008-5).

MCLELLAN, J. K.; ROCK, C. A. Pretreating landfill leachate with peat to remove metals. **Water, Air, Soil Pollut.**, v. 37, n. 1-2, p. 203-215, 1988.

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas**. 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. 2. ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 1-5.

MILTNER, A.; BOMBACH, P.; SHMIDT-BRUCKEN, B.; KASTNER, M. SOM genesis: microbial biomass as a significant source. **Biogeochemistry**, Dordrecht v. 111, p. 41-55, 2012.

MOORE, P. D. **The ecology of peat-forming processes**: a review. **Int. J. Coal Geol.**, v. 12, p. 89-103, 1989.

MORA, V.; BAIGORRI, R.; BACAICOA, E.; ZAMARREÑO, A. M.; GARCÍA-MINA, J. M. The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. **Environmental and Experimental Botany**, v. 76, p. 24-32, 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 3. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MULVANEY, M. J.; WOOD, C. W.; BALKCOM, K. S.; SHANNON, D. A.; KEMBLE, J. M. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. **Agronomy Journal**, v. 102, p. 1425-1433, 2010.

NARDI, S. et al. Nitrate uptake and ATPase activity in oat seedlings in the presence of two humic fractions. **Soil Biol & Biochemistry**, Amsterdam, v. 23 n. 9, p. 833-836, 1991.
[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90094-Z](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90094-Z)

NAYAK, D.R.; BABU, Y.J.; ADHYA, T.K. Long-term application of compost influences microbial biomass and enzyme activities in a tropical Aeris Endoaquept planted to rice under flooded condition. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 39, p. 1897- 1906, 2007.

PAIVA, P. J. R. **Parâmetros de fertilidade de um solo do Paraná sob diferentes sistemas de manejo**. 1990. 55f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Solos e Nutrição de Plantas, UFLA.

PAUL, B. K.; VANLAUWE, B.; AYUKE, F.; GASSNER, A.; HOOGMOED, M.; HURISSO, T. T.; KOALAS, S.; LELEI, D.; NDABAMENYE, T.; SIX, J.; PULLEMAN, M. M. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 164, p. 14-22, 2013.

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

PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. **Soil Science**, Philadelphia, v. 225, p. 810-832, 2001.

PINTON, R.; VARANINI, Z.; VIZZOTTO, G.; MAGGIONI, A. Soil humic substances affect transport properties of tonoplast vesicles isolated from oat roots. **Plant and Soil**, v. 142, p. 203-210, 1992.

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.

PRIMO, D. C. et al. Manejo racional de resíduos da cultura do fumo (*Nicotina tabacum* L.) para obtenção de composto orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1275-1286, 2011.

PUGLISI, E.; PASCAZIO, S.; SUCIU, N.; CATTANI, I.; FAIT, G.; SPACCINI, R.; CRECCHIO, C.; PICCOLO, A.; TREVISAN, M. Rhizosphere microbial diversity as influenced by humic substance amendments and chemical composition of rhizodeposits. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 129, p. 82-94, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.10.006>.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAYLE, D. L.; CLELAND, R. E. The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. **Plant Physiol.**, v. 99, p. 1271-1274, 1992.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. **Substâncias húmicas aquáticas: interações com espécies metálicas**. São Paulo, Editora UNESP, 2003. p. 120.

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. II – Efeito da fonte de vermicomposto. **Revista Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 657-664, 2006.

ROSA, A. H. et al. A new application of humic substances: activation of supports for invertase immobilization. **Fresenius J. Anal. Chem.**, v. 368, p. 730-733, 2000.

ROSA, A. H. et al. Humic substances of peat: study of the parameters that influence on the process of alkaline and extraction. **Quím. Nova.**, v. 23, p. 472-476, 2000.

ROSA, C. M.; CASTILHOS, R. M. V.; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; SPINELLI PINTO, L. F.; 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*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, p. 959-967, 2009.

SÁ, J. C. M.; BURKNER DOS SANTOS, J.; LAL, R.; DE MORAES, A.; TIVET, F.; MACHADO SÁ, M. F.; BRIEDIS, C.; OLIVEIRA FERREIRA, A.; EURICJ, G.; FARIAS, A.; FRIEDRICH, T. Soil specific inventories of landscape carbon and nitrogen stocks under no-till

and native vegetation to estimate carbono offset in a subtropical ecosystem. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, p. 2094-110, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.01.0007>.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W. A.; VENSKE, S. O. F.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1486-1499, 2001. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2001.6551486x>.

SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soil in tropics**. New York: John Wiley. 619 p. 1976.

SANTOS, A. et al. Competition between humic substances and alpha-amino acids by metal species. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 15, n. 3, p. 437-440, 2004.

SANTOS, C.A.; PANCHONI, L.C.; BINI, D.; KUWANO, B.H.; CARMO, K.B.; SILVA, S.M.C.P.; MARTINES, A.M.; ANDRADE, G.; ANDRADE, D.S.; CARDOSO, E.J.B.N.; ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M.A. Land application of municipal landfill leachate: Fate of ions and ammonia volatilization. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 42, p. 1-9, 2013.

SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: **Ecosistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênese, 1999. 491 p.

SEIXAS, C. D., et al. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, 17).

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F. **Enxofre nutriente necessário para maiores rendimentos da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 6 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 53).

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

SILVA, A. C.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; AGUIAR, N. O.; FRADE, D. O. R.; REZENDE, C. 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**, v. 35, p. 1609-1617, 2011.

SILVA, R. M.; JABLONSKI, A.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JÚNIOR, P. Desenvolvimento das raízes do azevém cultivado em solução nutritiva completa, adicionada de substâncias húmicas, sob condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1623-1631, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000600005>.

SPIGARELLI, S. A.; RUSSEL, D. ESSNER, S. M. Humic stimulation of tomato growth in soil and hidroponics. In: INTERNACIONAL MEETING OF IHSS, 12, 2004, São Pedro, SP. **Anais...** São Paulo: Embrapa Agropecuária, 2004. p. 205-2010.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions, 2nd ed. New York: John Wiley 1994.

TIVET, F.; SÁ, J. C.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; BORSZOWSKI, P. R.; SANTOS, J. B.; FARIAS, A.; EURICH, G.; HARTMAN, D. C.; NADOLNY JUNIOR, M.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Aggregate C depletion by plowing and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 212, p. 105072, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105072>.

TREVISAN, S.; PIZZEGHELLO, D.; RUPERTI, B.; FRANCIOSO, O.; SASSI, A.; PALME, K.; QUAGGIOTTI, S.; NARDI, S. Humic substances induce lateral root formation and expression. Of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in Arabidopsis. **Plant Biology**, v. 12, p. 604-612, 2010b. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00248.x>.

VARANINI, Z.; PINTON, R.; DE BIASE, M. G.; ASTOLFI, S.; MAGGIONI, A. Low molecular weight humic substances stimulate H⁺-ATPase activity of plasma membrane vesicles isolated from oat (*Avena sativa* L.) roots. **Plant and Soil, Dordrecht**, v. 153, p. 61-69, 1993.

VAUGHAN, D.; MALCOLM, R. E. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: VAUGHAN, D.; MALCOLM, R. E. (Eds.). **Soil Organic Matter and Biological Activity**. Martinus-Nijhoff. Boston, MA, USA, 1985. p. 37-75.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M. de; MOTA, J. H.; GONÇALVES, L. D.; SOUZA, R. J. Doses e épocas de aplicação de molibdênio na produção e qualidade de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 589-592, jul./set. 2004.

ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M., MILTNER, A., SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, p. 69-116, 1997.

ZIMMERMAN, A.R.; AHN, M. Soil Enzymology. In SHUKLA, G.; VARMA A. (Ed.). **Soil Enzymology**. Heidelberg: Springer, v. 22, p. 271-292, 2011.