

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA - IQB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA - PPGQB

RENATO LUIS TERTULIANO DE GOIS

Caracterização de matéria orgânica de cupinzeiros do Agreste Alagoano: perspectivas de aplicação agrícola.

Maceió
2023

RENATO LUIS TERTULIANO DE GOIS

Caracterização de matéria orgânica de cupinzeiros do AgresteAlagoano: perspectivas de aplicação agrícola.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia (PPGQB) da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Wander Gustavo Botero

Maceió
2023

**Catálogo na fonte Universidade Federal de
Alagoas Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

G616c Gois, Renato Luis Tertuliano de.

Caracterização de matéria orgânica de cupinzeiros do
agreste alagoano :perspectivas de aplicação agrícola / Renato
Luis Tertuliano de Gois. – 2023.
49 f. : il. color.

Orientador: Wander Gustavo Botero.

Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal
de Alagoas.

Instituto de Química e Biotecnologia. Programa de Pós-
Graduação em Química e Biotecnologia. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 42-49.

1. Cupinzeiros. 2. Matéria orgânica. 3. Solo –
Composição físico-química. 4. Substâncias húmicas. I.
Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, que me deu força para concluir esta etapa de minha vida.

Aos meus familiares, pelo amor, incentivo, força e apoio incondicional. De uma forma especial meus pais Luis Tertuliano e Maria Suzete.

A minha esposa Rosivânia que me ajudou no decorrer desse mestrado e na escrita desse trabalho, e aos meus filhos Renato Lucas por ter me acompanhado durante todo o processo de pesquisa principalmente pelas fotos e ao Anthony Guilherme por ter nos acompanhado na coleta dos cupins.

Ao meu orientador prof. Dr. Wander Gustavo Botero, minha gratidão pela confiança e oportunidade de trabalhar na pesquisa. Obrigado pela paciência, orientação e aprendizado.

Ao prof. e meu irmão Diógenes Meneses, por aceitar participar da banca, por me ouvir, aconselhar sempre que preciso e contribuir com esta pesquisa.

Ao prof. Cícero Gomes, pela paciência, toda contribuição durante a realização deste trabalho e por ter disponibilizado o laboratório de física do solo.

A professora Danielle Goveia, por aceitar participar da banca, e contribuir com esta pesquisa.

Ao pessoal do Laboratório de Ciências Ambientais do Agreste (LCAA), em especial ao Alverlan, Vanda Duarte, por todos os momentos de aprendizagem e contribuição para realização deste trabalho.

Ao pessoal do laboratório de química do solo, em especial ao Sivaldo Paulino, sempre paciente nas explicações.

Ao pessoal da central analítica do núcleo de Ciências Exatas (CA-NCEX) do campus Arapiraca, em especial ao Adeildo Junior de Oliveira por toda paciência, acolhimento e dedicação nas explicações.

A todos os meus professores do curso de Pós-graduação em Química e Biotecnologia (PPGQB) e Agricultura e Ambiente (PPGAA) da Universidade Federal de Alagoas.

E a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo financiamento do projeto de pesquisa, tornando possível a produção dessa dissertação.

RESUMO

Cupinzeiros, considerados como pragas em algumas sociedades, podem representar fonte de nutrientes para aplicação agrícola, devido a presença de matéria orgânica derivada da ação dos organismos decompositores. O solo, tipo de vegetação e organismos influenciam diretamente nas características desse material. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo extrair e caracterizar a matéria orgânica presentes em montículos de cupinzeiros de pastagem em duas cidades do agreste de Alagoas, São Sebastião e Feira Grande. Realizou-se estudos da composição físico-química do solo que compõe os montículos dos cupinzeiros. As análises consistiram na determinação de pH em água, matéria orgânica das amostras foi determinada pelo método de calcinação. O teor de matéria orgânica foi expressivo em todas as amostras, destacando os solos de cupinzeiros de São Sebastião (12,8 %) e o cupinzeiro de Feira Grande (9,15%), que apresentaram teor médio matéria orgânica superior quando comparado com as demais amostras de solos. que influenciou diretamente no aumento da capacidade de troca catiônica. Os micros, macronutrientes e espécies metálicas foram determinados nas amostras de solos por espectroscopia de emissão atômica com plasma induzido por microondas (MP-AES) e atributos físicos (textura do solo, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total) e a extração das substâncias húmicas ocorreu pelo método adotado pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS). A caracterização das amostras de substâncias húmicas realizou-se por espectroscopia ultravioleta na região visível e Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR. Foram feitas leituras de absorvância a 270nm, 407nm, 465nm e 665nm, por meio da razão E4/E6, a razão E2/E4. Evidenciou que as substâncias húmicas apresentaram humificação características aromáticas, a razão E2/E4, indicou presença de estruturas porfirínicas nas amostras de substâncias húmicas estudadas. Portanto, a presente pesquisa torna-se relevante para que se obtenha um conhecimento mais aprofundado sobre a matéria orgânica de montículos de cupinzeiros de pastagens no agreste de Alagoas para aplicação agrícola, principalmente em regiões sujeitas a desertificação como o agreste Alagoano.

Palavras-chave: Cupinzeiros, Matéria orgânica, Montículos, Substâncias Húmicas.

ABSTRACT

Termites, considered as pests in agricultural crops, may represent a source of nutrients for agricultural application, due to the presence of organic matter derived from the action of the organisms. The soil, type of vegetation and organisms directly influence the characteristics of this material. In this sense, the present work aimed to extract and characterize the organic matter present in mounds of termite mounds in pasture in two cities in the agreste region of Alagoas, São Sebastião and Feira Grande. Studies were carried out on the physical-chemical composition of the soil that makes up the mounds of termite mounds. The analyzes consisted of the determination of pH in water, organic matter of the samples was determined by the calcination method. The micro, macronutrients and metallic species were determined in the soil samples by atomic emission spectroscopy with plasma induced by microwave (MP-AES)) and physical attributes (soil texture, soil bulk density, particle density, total porosity and SH extraction occurred using the method adopted by the International Society of Humic Substances (IHSS). Absorbance readings were taken at 270nm, 407nm, 465nm and 665nm, through the E4/E6 ratio, the E2/E4 ratio. The characterization of the SH samples was carried out by ultraviolet spectroscopy in the visible region and Spectroscopy in the Infrared Region with Fourier Transform - FTIR. The micro, macronutrients and metallic species were determined by the open system digestion method. Therefore, the present research becomes relevant to obtain knowledge the most in-depth on the organic matter of mounds of termite mounds from pastures in the agreste of Alagoas for agricultural application, mainly in regions subject to desertification such as the agreste of Alagoas.

Keywords: Termite mounds, Organic matter, Mounds, Humic Substances.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vias de formação das substâncias húmicas.....	19
Figura 2. Localização geográfica do local de estudo no agreste de Alagoas.....	27
Figura 3 – Amostras de solos de montículos de cupinzeiros em cadinhos condicionados em mufla.....	29
Figura 4 – Amostras submetidas a agitação.....	30
Figura 5 – Espectro de FTIR. AH de montículos de cupinzeiro de São Sebastião - AL.....	39
Figura 6 – Espectro de FTIR. AH de montículos de cupinzeiro de Feira Grande - AL.....	40
Figura 7 – Espectro de FTIR. HU de montículos de cupinzeiro de São Sebastião - AL.....	40
Figura 8 – Espectro de FTIR. HU de montículos de cupinzeiro de Feira Grande - AL.....	41
Figura 9 - Espectro de FTIR AH-FG (preto) e AH-SS (azul).....	41
Figura 10 - Espectro de FTIR HU-FG (preto) e HU-SS (azul).....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teor de Matéria Orgânica e pH presente nos montículos de cupinzeiro em duas cidades do agreste de Alagoas	35
Tabela 2. Caracterização de substâncias húmicas (SH) de amostras de montículos de cupinzeiros em duas cidades do agreste de Alagoas	36
Tabela 3. Teor de macro e micronutrientes (mg/Kg) presentes nos montículos de cupinzeiros no agreste de Alagoas	43
Tabela 4. Quantidade de argila/silte/areia utilizada para a classificação textural do solo.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP – Análise de componentes principais

ADP – Difosfato de adenosina

AcF – Ácido fúlvico

AcH – Ácido húmico

CTC – Capacidade de troca de cátions

DBC – Delineamento em blocos ao acaso

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

FTIR – Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de FourierH – Humina estudada

H⁺ – Íon hidrogeniônico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IHSS – International Humic Substances Society

LCAA –Laboratório de Ciências Ambientais do Agreste

MO – Matéria orgânica

MOS – Matéria orgânica do solo

N – Nitrogênio

PH - Potencial hidrogeniônico

SH – Substâncias húmicas

UV-vis Ultravioleta – visível

UFAL - Universidade Federal de Alagoas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Propriedades físicas do solo	17
2.2 Densidade e porosidade do solo	17
2.3 Matéria Orgânica do Solo (MOS).....	18
2.5 Substâncias Húmicas	19
2.5.1 Benefícios das substâncias húmicas	20
2.6 Os cupins.....	21
2.6.1 Caracterização dos cupins	22
2.6.2 Causas da intensa proliferação de cupins de montículos nas pastagens.....	24
3 OBJETIVOS.....	26
3.1 OBJETIVO GERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	26
4.1 Amostragem	26
4.2 ANÁLISES FÍSICAS	29
4.2.1 Densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total	29
4.2.2 Textura do Solo	30
4.3 ANÁLISES QUÍMICAS DOS SOLOS	30
4.3.1 Determinação do pH em água	30
4.4 Determinação da Matéria Orgânica	30
4.5 Extração de Substâncias Húmicas	31
4.5.1 Espectroscopia na região do Ultravioleta-visível (UV-vis).....	32

4.5.2 Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	32
4.6 Preparação dos solos para determinação de micro, macronutrientes e espécies metálicas.....	33
4.7 Determinação de micro, macronutrientes e espécies metálicas	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1 Teor de Matéria Orgânica.....	36
5.2 Propriedades físicas do solo	36
5.3 Caracterização das substâncias húmicas por espectroscopia ultra-violeta	38
5.4 Teores de micro, macronutrientes e espécies metálicas	42
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
7 PERSPECTIVAS	45
8 REFERÊNCIAS	46

INTRODUÇÃO

No Agroecossistema tropical e subtropical, as destruições e danos às culturas e estruturas agrícolas por cupins resultaram na redução da produtividade das culturas (SUBI; SHELLA et al., 2020; SILVA, 2020). Do número total estimado de 2.600 espécies de cupins descritas, poucas foram consideradas como uma grande praga de culturas alimentares, como cereais, raízes, tubérculos, leguminosas e árvores frutíferas (WOOD, 1980; LOKO, 2016; VASANYHI; RAJAVEL, 2016).

Apesar de serem considerados pragas, os cupins são indicadores biológicos da fertilidade do solo e engenheiros do ecossistema (CALOVI, 2019; ENAGBONIMA, 2019). As atividades dos cupins, como coleta e transporte de plantas vivas e mortas, materiais animais, partículas do solo e escavação, levam à melhoria das propriedades físico-químicas do solo e da população microbiana e da diversidade do cupinzeiro e seus solos circundantes (NITHYATHARANI, 2018).

A matéria orgânica de cupinzeiro é uma alternativa de substrato orgânico, constituindo fonte de nutrientes para as plantas (SILVA et al., 2020). Além do mais, o cupinzeiro possui uma série de enzimas que degradam a matéria orgânica oriundo da população microbiana, também pode ser usado como corretivo, que desta maneira melhorará os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, conseqüentemente favorecerá o crescimento e rendimento das culturas (SUBI; SHEELA, 2020).

Compondo essa matéria orgânica do solo temos as substâncias húmicas (SH), no qual de acordo com a Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (*International Humic Substances Society* – IHSS), as SH são misturas complexas e heterogêneas de materiais polidispersos formados por reações bioquímicas e químicas durante a decomposição e transformação de restos vegetais e microbianos (um processo denominado humificação) (IHSS, 2007).

Originadas a partir de reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o processo de decomposição de resíduos de plantas, animais e atividades microbianas, é o componente orgânico mais distribuído no planeta (IHSS, 2019). Uma das mais completas descrições para as substâncias húmicas (SH) é a de que são compostos orgânicos heterogêneos, de coloração escura e produzidos a partir de subprodutos do metabolismo microbiano (SUTTON; SPOSITO, 2005). São formadas por uma complexa quantidade de moléculas de tamanhos distintos (IHSS, 2019). As diferenças existentes na composição e conformação das SH podem estar atreladas a sua formação.

A classificação das SH leva em consideração as frações que a compõe. As frações são definidas de acordo com suas características de solubilidade, em que pode-se destacar: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina. Estruturalmente, as três frações húmicas são semelhantes, mas diferem em massa molar e conteúdo de grupos funcionais (PICCOLO, 1996). O AH é a fração solúvel em meio alcalino e precipita pela acidificação do extrato alcalino; o AF que permanece na solução quando o extrato alcalino é acidificado e a humina é a fração pouco solúvel em ambos os meios (HAYES et al, 1989).

Os AH e AF são frações de substâncias húmicas bem compreendidas pela ciência ambiental do solo, incluindo a capacidade de adsorver metais (BOTERO, 2010), macronutrientes (FARIAS, 2018) e micronutrientes (GOVEIA, 2013). Muitos estudos sobre o uso de substâncias húmicas para melhorar o crescimento das plantas foram relatados na literatura, mas muito pouco foi feito usando a fração humina, quando comparada com as demais frações (TUFENKCI et al., 2006; VERLINDEN et al., 2010; STEVENSON, 1994). Assim como, suas propriedades físico-químicas, também, são apenas parcialmente compreendidas.

As pastagens ocupam a maioria das áreas agrícolas do Brasil. Apesar disso as pastagens ainda não são, em sua grande parte, conduzidas em nosso país como uma cultura agrícola, pois são implantadas nos piores solos, sem correção e adubação. Após a implantação são manejadas de forma incorreta permitindo a ocorrência de superpastejo, perdas de solo, compactação e pragas como as saúvas, cigarrinhas e cupins.

A intensa proliferação de cupins de montículos nas pastagens e em outras culturas no Brasil, vem despertando a atenção de pessoas comuns e trazendo preocupação a pecuaristas, agricultores, técnicos e pesquisadores. Estes cupins constituem um indicador biológico, pois mostram uma situação de desequilíbrio ambiental e de manejo inadequado do solo e da pastagem. (IBGE, 1985) Estes tipos de cupins estão intimamente associados às gramíneas, principalmente aos capins utilizados nas pastagens. Ocorrem nas pastagens de todo o Brasil, variando as espécies, as densidades de cupinzeiros por área e a arquitetura dos ninhos em função de fatores diversos como: relevo, clima, vegetação, estado geral das pastagem, tipos e fertilidade dos solos, entre outros (AMANTE, 1963).

Poucos são os trabalhos relacionados a caracterização da matéria orgânica dos montículos de cupinzeiros nas pastagens, o que dificulta estudos, como a elaboração de práticas de manejo,

por essa razão, o presente trabalho tem como objetivo principal de iniciar uma discussão mais profunda e caracterizar os níveis de matéria orgânica dos montículos de cupinzeiros em pastagens.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Propriedades físicas do solo

As propriedades físicas e os processos do solo estão envolvidas no suporte ao crescimento radicular, armazenagem e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e atividade biológica (ARSHAD et al., 1996). Comumente os principais indicadores físicos utilizados e recomendados são textura, profundidade, densidade do solo, resistência a penetração, porosidade, capacidade de retenção de água, condutividade hidráulica e estabilidade de agregados.

Densidade e porosidade do solo

Dentre as propriedades físicas do solo utilizadas, a densidade é a mais estudada e monitorada. A variação dos valores da densidade do solo, em sua maior parte, é proveniente das diferenças no volume total dos poros, de modo que a densidade e porosidade se correlacionam (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010). Os atributos densidade e porosidade tem sido amplamente utilizados como indicadores da qualidade do solo. Isso é justificável, pois são propriedades dinâmicas passíveis ao uso e de fácil determinação, estando relacionadas à compactação e à relativa restrição ao crescimento radicular (ARSHAD et al., 1996).

A densidade do solo é definida como a relação entre a massa e o volume ocupado. O aumento da densidade é caracterizado pela diminuição dos espaços porosos em função da aplicação de força externa e, dessa forma, a penetração de raízes no solo se torna mais onerosa, sendo assim, um indicador sensível a variações de acordo com o manejo adotado (MOTA ET AL.; 2013).

A densidade é a propriedade física mais dinâmica e varia em função da textura, de acordo com as condições estruturais do solo e é modificada pelo tipo de cultivo, pela utilização e compressão de máquinas agrícolas, por animais do meio ambiente (ARSHAD et al., 1996). Tal afirmação é reforçada por Santos (2011), pois a medida em que se intensifica o uso agrícola os atributos físicos-hídricos do solo sofrem alterações, o que compromete o desenvolvimento das plantas, e isso, pode ser observado quando os sistemas de uso da terra são comparados com o estado do solo ainda sob vegetação natural.

Alguns processos, como a compactação, podem também alterar a estrutura do solo. Consequentemente, algumas propriedades são formadas, resultando no aumento da densidade, redução da porosidade e permeabilidade (ar e água) e ainda, alteram o padrão de crescimento das raízes (BATEY e MCKENZIE, 2006).

Matéria Orgânica do Solo (MOS)

A matéria orgânica do solo (MOS) é composta por materiais vivos e não-vivos, a porção viva corresponde a 4% dos organismos edáficos e das raízes dos vegetais, enquanto a fração não-vivos designam os resíduos orgânicos em decomposição, que são responsáveis pela constituição da matéria macrorrgânica, das substancia húmicas e não humificadas (PRIMO et al., 2011).

A quantidade de MOS varia a depender de alguns fatores, tais como a quantidade de material orgânico, da textura do solo, da taxa de mineralização, do clima e demais fatores envolvidos (MELO e MENDONÇA, 2018).

Conforme Braida et al. (2011), a MOS é relevante para a constituição e estabilização de agregados no solo, que exerce influência direta na porosidade, infiltração e retenção hídrica, resistência a compactação, sendo considerada uma excelente meio sustentável de manejo do sistema edáfico, afim de manter a vitalidade e a qualidade de solos, principalmente de áreas tropicais e subtropicais.

Em solos, os efeitos apresentados pela MOS é indispensável, essencialmente os predominantes no semiárido do NEB, que necessitam de maiores cuidados e práticas de manejo que conserve melhor e aumente o teor de MOS, visto que são solos altamente intemperizados, apresenta pH <7 (ácido) devido ao alto teor de óxidos de alumínio e da baixa fertilidade natural. Em áreas agrícolas, a única fonte de nutrientes é advindo da MOS, além de promover aumentada capacidade de troca catiônica (CTC), regulação da ação de agentes fitotóxicos em solos ácidos, a exemplo do Al^{3+} e Mn^{2+} , e de metais pesados, quimicamente contribuem na estabilidade de agregados e na retenção de água, biologicamente destaca-se sua atividade, devido a presença de microrganismos benéficos (ZANDONADI et al., 2014; PRIMO et al., 2011).

Conforme Braida et al. (2011), a MOS é relevante para a constituição e estabilização de agregados no solo, que exerce influência direta na porosidade, infiltração e retenção hídrica, resistência a compactação, sendo considerada uma excelente meio sustentável de manejo do

sistema edáfico, afim de manter a vitalidade e a qualidade de solos, principalmente de áreas tropicais e subtropicais.

Tendo em vista a atividade e a relevância da MOS, diversos são os estudos relacionados, a fim de propiciar uma melhor compreensão dos processos dinâmicos exercido pela MOS em solos tropicais, principalmente de suas frações que correspondem as substâncias húmicas (SH), ácidos húmicos (AH), ácidos fulvicos (AF) e humina (HUM) (PRIMO et al., 2011).

Substâncias Húmicas

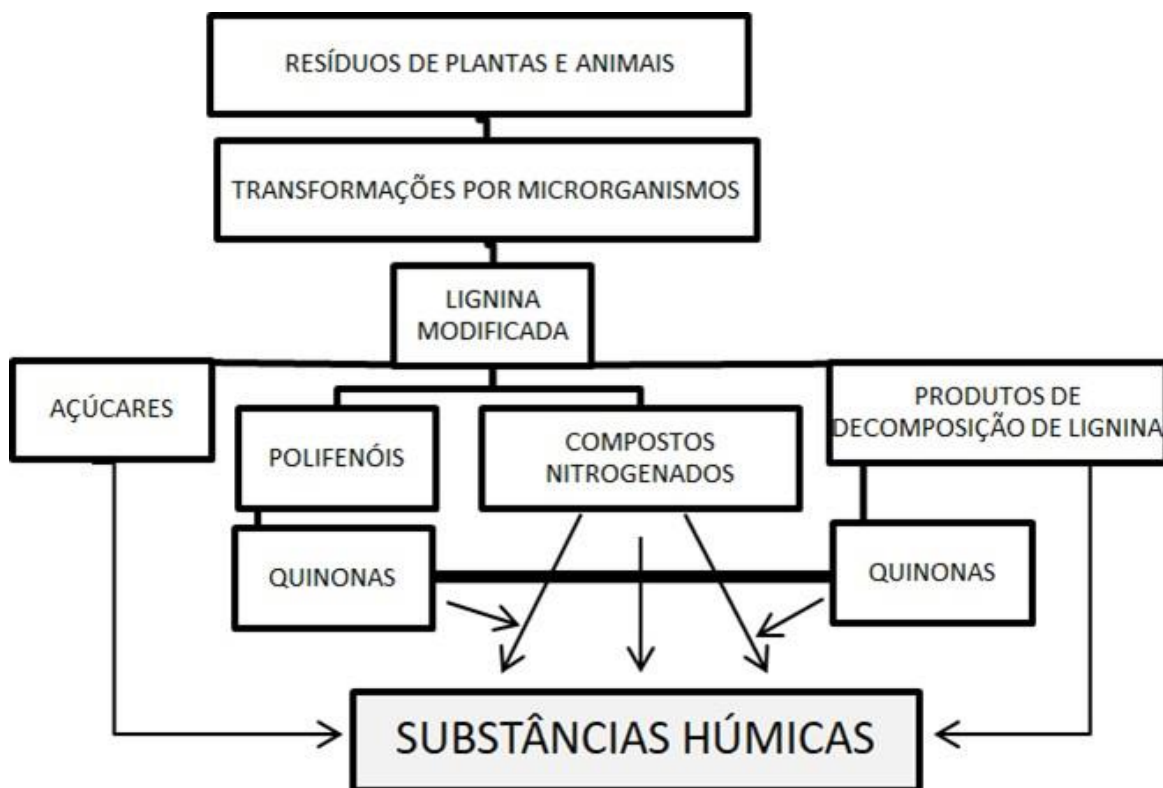
Originadas a partir de reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o processo de decomposição de resíduos de plantas, animais e atividades microbianas, é o componente orgânico mais distribuído no planeta (IHSS, 2019). Uma das mais completas descrições para as substâncias húmicas (SH) é a de que são compostos orgânicos heterogêneos, de coloração escura e produzidos a partir de subprodutos do metabolismo microbiano (SUTTON e SPOSITO, 2005). São formadas por uma complexa quantidade de moléculas de tamanhos distintos (IHSS, 2019). As diferenças existentes na composição e conformação das SH podem estar atreladas a sua formação.

Um processo longo e complexo envolve a formação e transformação da matéria orgânica do solo, que além de envolver a natureza química dos diferentes compostos orgânicos, também tem influência direta do grau de alteração do solo, como: a adição de material orgânico não decomposto, alterações no seu uso e em seu manejo. Tais fatores são responsáveis pela natureza singular e a reatividade das SH, estabelecendo a influência da MOS nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (PICCOLO, 1996).

Diversos são mecanismos de formação das SH descritos na literatura. Em geral, destacam a ação microbiana e a incorporação de nitrogenados. Conforme Stevenson (1994), à depender das características predominantes do ambiente, podem ocorrer quatro principais vias de formação das substâncias húmicas (Figura 1). Originam-se a partir de transformações bioquímicas de compostos como lignina, celulose, hemicelulose, açúcares, aminoácidos, etc. (SILVA e MENDONÇA, 2007). Cada via de formação apresenta características intrínsecas, podendo variar de acordo com o clima, solo e vegetação de origem. Há a possibilidade de tais mecanismos ocorrerem de modo simultâneo, em maior ou menor grau, o que, conseqüentemente, acarretará nas grandes diferenças estruturais das SH no solo. (PICCOLO, 2001; STEVENSON, 1994).

O estabelecimento de um modelo estrutural para as SH é um tema controverso. . A Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS), durante muitos anos caracterizou as substâncias húmicas como uma macromolécula se assemelhando a um grande polímero, formado a partir de diferentes vias de formação (vide figura 1) (STEVENSON, 1994).

Figura 1 – Vias de formação das substâncias húmicas.



Fonte: Adaptado de Stevenson (1994).

Wershaw (1993) propôs uma estrutura micelar para as SH, sendo formada a princípio pela degradação de biomoléculas (lipídeos e ligninas), mantendo boa parte da estrutura da molécula, mas com a formação de uma molécula anfifílica. A agregação de várias micelas e sua interação com os minerais do solo seriam o constituinte do húmus (CANELLAS et al., 2005).

Um novo conceito para a estrutura das SH, introduzido por Conte e Piccolo (1999) é de que a estrutura seria uma associação supramolecular formada pela aglomeração de moléculas orgânicas simples, resultantes da degradação microbiana e da síntese da lignina. O tamanho molecular aparente das SH deve-se a pontes de hidrogênio e/ou interações hidrofóbicas, resultando em uma conformação mais simples (CONTE e PICCOLO, 1999; PICCOLO, 2001). A estrutura das SH seria variável, de acordo com o ambiente e as interações que nele ocorrem. Avanços na área e o uso de técnicas como espectroscopia, microscopia e pirólise, tem fornecido subsídio a este conceito de associação supramolecular (SANTOS, 2014). Este modelo é bastante útil para descrever o comportamento ambiental das substâncias húmicas, bem como os efeitos que elas têm sobre o metabolismo das plantas.

A interação planta-microrganismos pode alterar a estrutura e a conformação das substâncias húmicas, e pequenas unidades portadoras de bioatividade podem estimular o crescimento e o metabolismo dos organismos (ROSA et al., 2009). Na literatura, estudos são relatados mostrando alterações fisiológicas atribuídas às SH em que, estas, contribuem de maneira direta no desenvolvimento e produtividade de plantas. (CANELLAS et al, 2002; NARDI et al., 2002; TREVISAN, 2010). No entanto, os mecanismos de interação entre as SH e as plantas ainda não estão totalmente esclarecidos (SANTOS, 2014).

Os grupos funcionais distintos presentes nas substâncias húmicas, como carbonilas e hidroxilas fenólicas, por exemplo, fazem com que elas assumam um comportamento polieletrólítico, atuando como agentes complexantes de diversos íons metálicos; são também capazes de adsorver diversos poluentes orgânicos, como pesticidas, diminuindo assim as concentrações dessas substâncias no ambiente (OLIVEIRA, 2011). As SH são também consideradas as principais reguladoras de troca catiônica (CTC), além de formar complexos com íons micronutrientes de plantas, permitindo que eles migrem, o que os torna biodisponíveis (PRIMO et al., 2011).

A classificação das SH leva em consideração as frações que a compõe. As frações são definidas de acordo com suas características de solubilidade, onde se pode destacar: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina. Estruturalmente, as três frações húmicas são semelhantes, mas diferem em massa molar e conteúdo de grupos funcionais (PICCOLO, 1996). O AH é a fração solúvel em meio alcalino e precipita pela acidificação do extrato alcalino; o AF que permanece na solução quando o extrato alcalino é acidificado e a humina é a fração não extraível em ambos os meios (HAYES et al, 1989).

Os AH e AF são frações de substâncias húmicas bem compreendidas pela ciência ambiental do solo, incluindo a capacidade de adsorver metais (BOTERO, 2010), macronutrientes (FARIAS, 2018) e micronutrientes (GOVEIA, 2013). Muitos estudos sobre o uso de substâncias húmicas para melhorar o crescimento das plantas foram relatados na literatura, mas muito pouco foi feito usando a fração humina, quando comparada com as demais frações (TUFENKCI et al., 2006; VERLINDEN et al., 2010; STEVENSON, 1994). Assim como, suas propriedades físico-químicas, também, são apenas parcialmente compreendidas.

Benefícios das substâncias húmicas

As substâncias húmicas influenciam diretamente a estrutura física, química e microbiológica dos ambientes onde estão presentes, assim como afetam o metabolismo e o crescimento das plantas (CANELLAS et al., 2005). São usadas como insumos com a finalidade de melhorar as condições do solo para o desenvolvimento, principalmente, do sistema radicular das culturas implantadas.

As influências na estrutura física ocorre por meio da maior retenção de água, melhoria da aeração e, por consequência, maior resistência à erosão devido às suas partículas coloidais, que são capazes de formar uma emulsão em contato com a água (KIEHL, 1985). As melhorias químicas ocorrem em função da atuação como agentes complexantes, o que desfavorece a manutenção de íons metálicos na solução do solo e assim, promovem redução da toxidez desses elementos. Além disso, aumentando o poder tampão dos solos, reduzindo as variações de pH do meio.

Já em relação as interferências no metabolismo das plantas, devido a sua alta capacidade de troca catiônica, possuem a capacidade de complexar, e com isso, disponibilizar, cations às plantas, principalmente os micronutrientes. Estas interferências não só estão relacionados com os nutrientes que estas substâncias fornecem para as plantas, como também para o estímulo direto no desenvolvimento e no metabolismo destas plantas. Existe alguns estudos que demostram os efeitos positivos na germinação de sementes, no crescimento inicial das raízes, na biomassa da planta e no auxílio na defesa da planta contra o estresse. O crescimento, o padrão de formação e a diferenciação dos órgãos vegetais , são etapas do desenvolvimento vegetal alterados, frequentemente, pelas substâncias húmicas (CANELLAS et al., 2005). Esta ação estimulante é atribuída, em geral, a um efeito direto dos hormônios vegetais ou ainda no comportamento hormonal das plantas (TREVISAN et al., 2010). Segundo Vaughan, Malcom e Ord (1995), as substâncias húmicas podem influenciar em processos de formação das proteínas, com aumento na síntese de fosfatase e na incorporação de aminoácidos em proteínas, atuando, portanto, na formação de um novo RNA.

Segundo Gao et al. (2003), a dessorção de metais depende do teor livre do elemento na solução do solo, do pH do solo, da temperatura, da quantidade do elemento adicionado e do tempo de contato entre o solo e a solução. McBride (1989) relata que o abaixamento do pH favorece a dessorção de metais, pois os íons hidrogeniônios (H^+) podem deslocar parte dos metais adsorvidos em forma não trocável.

As reações de adsorção-dessorção de metais nas superfícies dos constituintes coloidais do solo são consideradas responsáveis pela concentração na solução do solo e conseqüentemente pela disponibilidade às plantas (SWIFT e McLAREN, 1991). Os principais fatores que interferem nessa afinidade são a relação entre a valência e o raio iônico do cátion e a polaridade do cátion quando submetido a um campo elétrico (VINHAL-FREITAS et al., 2010).

Os cupins

Os cupins são insetos sociais que apresentam castas reprodutoras, vivendo em colônias permanentes chamadas de termiteiros ou cupinzeiros. São mastigadores e se desenvolvem por paurometabolía (ovo-ninfa-adulto), constituindo grande grupo de insetos daninhos às pastagens.

Os indivíduos adultos dos cupins podem ser reprodutores sexuais alados ou ápteros e estéreis, operários e soldados. (SANTOS et al., 1979).

Anualmente ocorre nas colônias de cupins um fenômeno conhecido como revoada, caracterizado pelo surgimento dos indivíduos reprodutores alados (siriris ou aleluias). Após a cópula, machos e fêmeas (agora ápteros – reis e rainhas) serão responsáveis pelo estabelecimento de um novo ninho. Ao contrário das formigas, o casal real permanece na colônia com cópulas periódicas. (ZANETTI et al., 2000).

Caracterização dos cupins

Cupins que danificam plantas constroem ninhos sobre a superfície do solo, sendo conhecidos como cupins de montículo, ou no interior do solo, não visíveis na superfície, comuns em ambientes agrícolas, compreendendo as espécies de cupins subterrâneos. As duas espécies mais conhecidas do cupim de montículo são: *Cornitermes cumulans* e *Cornitermes bequaerti* da família termitidae. Os ninhos dessas espécies são montículos de formato variado de 50 a 100 cm de altura: câmara externa cimentada com saliva, de 6 a 10 cm de espessura; parte interna de celulose e terra, menos dura, com galerias horizontais superpostas separadas por paredes verticais, revestidas por camada escura. Ocupam espaço na pastagem, dificulta tratamentos culturais e o manejo das pastagens (queda de rendimento das máquinas). (COUTO et al., 1977).

O cupinzeiro é casa onde vive a colônia de cupins e, portanto, não podem ser controlado. É possível controlar as colônias, mas nunca os cupinzeiros, como é frequentemente encontrado na literatura. A arquitetura dos cupinzeiros pode diferir inter e intraespecificamente, dependendo do local onde se encontra-se esta plasticidade na construção de ninhos por cupins foi também observada por Cancellato (1989), no Brasil, para *Cornitermes* spp., e por Darlington (1984), na África, para ninhos de *Macrotermes subhyalinus*.

Cornitermes cumulans é a arquitetura externa dos ninhos de *C. Cumulans* e apresenta-se de forma cônica irregular, podendo variar em tamanho e coloração dependendo da região onde se encontra e a idade do ninho. Segundo Grassé (1958) existe três fases de desenvolvimento para o ninho desta espécie: a primeira inteiramente subterrânea, a segunda formando uma pequena parte epígea, e a terceira onde grande parte do ninho é epígea.

Cornitermes bequaerti. A espécie *C. Bequaerti* ocorre em diversas regiões e apresenta arquitetura de ninho bastante diferenciada para cada uma delas. Por exemplo, no Distrito Federal e em três Lagoas (MS) é possível caracterizar o ninho desta espécie pela presença de aberturas em forma de bocas (possui uma porção achatada e com furos arredondados na base, como descrito por Cancellato, 1989), e pelo núcleo pouco consistente. Em Cuiabá (MT) a parte externa do ninho apresenta protuberâncias ocas que ocorre na superfície em forma de chaminés salientes. Já em altas florestas (MT) os cupinzeiros são cônicos, atigem até dois metros de altura e são muito parecidos externamente com ninhos de *C. Cumulans*, porém possui aberturas em forma de bocas discretas na parte mediana do cupinzeiro.

De modo geral, pode-se afirmar que o cupinzeiro é uma construção inteligente muito bem adaptada ao ambiente, de forma a oferecer, no seu interior, opções de microclimas adequados para a comunidade, a cada momento em cada época do ano.

Segundo Noirot (1970), do modo geral os ninhos dos cupins apresenta um microclima diferente do ambiente ao redor, sendo mais influenciado pela temperatura, umidade relativa e atmosfera interna. Esse mesmo autor afirma ainda que a temperatura no interior do ninho varia com a espécie e com o tipo de ninho, e aparentemente é regulado pelos cupins e não somente devido à estrutura do ninho. Cita que alguns cupinzeiros, como os *Nasutitermes exitiosus*, na Austrália, apresentam temperatura interna superior à do solo ao redor apenas enquanto a colônia a colônia está viva. Com relação à composição do ar no interior dos ninhos, este autor afirmou que a concentração de gás carbônico nos ninhos são sempre inferiores aos limites de tolerância dos cupins, que são muito resistentes ao mesmo tempo aos baixos níveis de oxigênio.

Collins (1969) afirma que a maioria dos cupins é muito sensível à dessecação devido à pouca quitinização da cutícula e baixa capacidade de retenção de água, e por isso a umidade relativa no interior do ninho é sempre mantida acima de 90%. Parra e col. (1974) realizaram medições de temperatura e umidade relativa no interior do cupinzeiro de *C. Cumulans* e verificaram que a temperatura variou de 18 a 22° e a umidade relativa esteve sempre próxima de 100%. Desta forma, os cupinzeiros não são apenas construtores para enfeitar as pastagens, mas são construídos, semelhança das pirâmides, provavelmente para a absorção de energia, de modo a facilitar a manutenção do microclima na colônia.

Os cupinzeiros são um componente conspícuo da paisagem. Essas estruturas feitas de solos e matéria orgânica assumem várias formas e tamanhos, e atigem densidades impressionantes em

muitos locais. As espécies responsáveis pela sua construção vivem geralmente ocultas e são raramente vistas, sendo pouco conhecidas do público em geral. A abertura dos cupinzeiros revela uma diversidade de indivíduos de vários tipos, com formas muito distintas. Os cupins ou térmitas são insetos sociais que vivem em colônias que podem conter milhões de indivíduos.

Mais conhecidas como pragas de madeira, os cupins são importantes decompositores e desempenham essencial no ecossistema. Devido a sua capacidade incomum de digerir celulose, são capazes de aproveitar energia abundante presente na matéria vegetal morta e aceleram a reciclagem dos nutrientes minerais. Também tem importante efeito sobre as propriedades físicas e químicas do solo por meio de construção de ninhos e túneis, movimentação e agregação de partículas.

Devido a sua grande abundância, são um item importante na dieta de muitas espécies da fauna silvestre. Isso é mais evidente no início da estação chuvosa, quando ocorre as revoadas de cupins alados, chamados popularmente de siriris ou aleluias.

Os cupins podem atacar eventualmente plantas vivas e provocar algum tipo de dano às culturas (Araújo, 1970; Cancellato, 1989; Fernandes & Alves, 1992). Nas pastagens, entretanto, estes insetos se alimentam basicamente de material celulósico seco, como folhas e raízes mortas de gramíneas. Segundo Coles de Negret & Redford (1982, apud Cancellato, 1989), estes cupins alimentam-se de capins e ervas vivas ou mortas. Os capins são cortados em pequenos pedaços e levados para o ninho. Estes testes preliminares de laboratório, sobre a preferência alimentar, estes autores observaram que os operários coletaram mais capim morto do que vivo e, quando foram oferecidas raízes e folhas mortas, os cupins preferiram as últimas.

Causas da intensa proliferação de cupins de montículos nas pastagens

Os cupins de montículo proliferam rapidamente em áreas onde prevalecem vegetação herbácea, especialmente se predomina gramíneas. É inegável que a densidade populacional de cupinzeiros tem aumentado devido ao intenso desmatamento de florestas e cerrado nas últimas décadas. O desmatamento pode reduzir a competição interespecífica, por eliminar espécies de cupins (como os arborícolas) e de outros insetos, que não se adaptam ao ambiente desmatado. Além disso predadores de cupins como formigas, tatus, tamanduás e principalmente os pássaros podem desaparecer completamente após o desmatamento.

Os cupinzeiros de alguns outros gêneros, que predominam nas pastagens, necessitam ambiente com muita insolação para a manutenção do seu microclima interno. O fato de não se desenvolverem bem em ambientes sobreçados, e de apresentarem alto grau de plasticidade na construção dos cupinzeiros, evidenciam a estreita relação entre estes cupins com a insolação e outros componentes do clima.

As pastagens trazem para o solo uma enorme quantidade de matéria seca como folhas, colmos e raízes mortas que, constituem opções de alimentos altamente favoráveis para esses cupins. Assim, os cupins de montículo em pastagens desempenham um importantíssimo papel, revertendo uma situação de desequilíbrio no solo e se constituem em um potencial indicador biológico de degradação ambiental.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar as substâncias húmicas extraídas de montículos de cupinzeiros e os nutrientes encontrados no solo onde vivem esses insetos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Extrair substâncias húmicas dos solos de cupinzeiros;

Identificar os nutrientes das substâncias húmicas presente nos solos onde existe montículo de cupinzeiros;

Caracterizar as substâncias húmicas extraídas;

Caracterizar as diferentes frações da MO por espectroscopia de absorção no UV- e espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

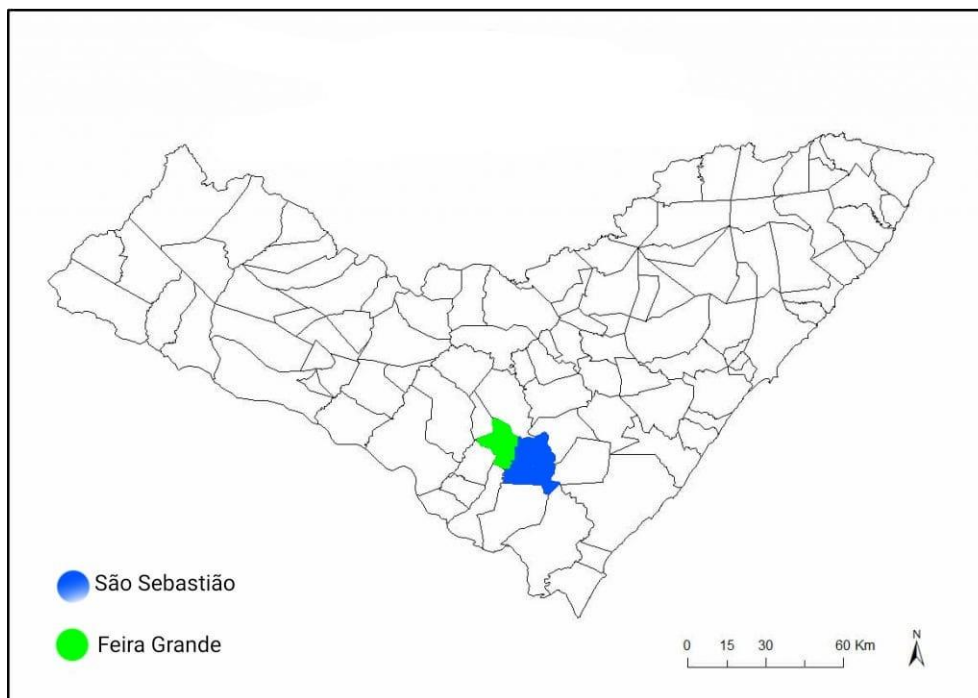
Amostragem

A pesquisa experimental que foi realizado no agreste do estado de Alagoas, nos municípios de São Sebastião/AL e Feira Grande/AL. Essa área se caracteriza como sujeita a desertificação, sendo importante estabelecer estratégias agrícolas sustentáveis e de baixo custo. As coordenadas geográficas é a seguinte: Latitude: 9° 55' 58" Sul, Longitude: 36° 32' 49" Oeste; e Feira Grande - AL, 09°54'00,0" de latitude sul e 36°40'40,8" de longitude oeste, as amostras de montículos e solos, entre 0-10 cm de profundidade de solos e cupinzeiros ambos em área de cultivo de capim braquiária utilizados no presente trabalho foram coletados entre os meses de agosto e setembro do ano de 2022, os mesmos foram acondicionados em recipientes de plásticos e levados até o Laboratório de Ciências Ambientais do Agreste – LCAA, onde foram destorroados e peneirados em peneiras de 2 mm de abertura e em seguida acondicionados em sacos plásticos para posterior caracterização. Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para as respectivas análises físicas e químicas.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 2. Localização geográfica do local de estudo no agreste de Alagoas.



Fonte: Autor, 2023.

ANÁLISES FÍSICAS

Densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total A densidade do solo foi obtida dividindo-se a massa de solo, seco em estufa a 105°C por 48hs ou até massa constante, pelo volume. A densidade de partículas (D_p) foi obtida após a pesagem de solos montículos de cupinzeiro seco. A metodologia utilizada foi a do balão volumétrico (TEIXEIRA, 2017), a qual visa determinar o volume de álcool gasto para completar a capacidade de um balão, contendo uma amostra do solo seco em estufa (TFSE). Já a obtenção da porosidade total (P_t) do solo foi calculada através da relação existente entre densidade do solo e densidade de partículas ($P_t = 1 - (D_s / D_p)$).

Textura do Solo

Para análise de textura do solo, as amostras foram secas ao ar (TFSA), destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de diâmetro. As frações granulométricas (areia, silte e argila) foram determinadas pelo método do densímetro de Boyoucos utilizando o método do densímetro, que se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo de acordo com a metodologia preconizada pela Embrapa (1997).

ANÁLISES QUÍMICAS DOS SOLOS

Determinação do pH em água

Em copos de plásticos enumerados colocou-se 10 cm³ de montículos de cupinzeiros (TFSA) (TFSA), em seguida adicionou 25 mL de água destilada, agitando essa mistura com bastão, deixando-os em repouso durante uma hora. Perpassado o tempo, agitou-se novamente a mistura com bastão de vidro, mergulhou o eletrodo na suspensão homogeneizou e efetuou a leitura do pH (CLAESSEN, 1997).

Determinação da Matéria Orgânica

O teor de matéria orgânica presente nas amostras dos montículos de cupinzeiros, obteve-se pelo método de calcinação. Pesou-se aproximadamente 4 g de cada amostra de solo previamente seco, em seguida foi condicionado a mufla e aquecidas por 5 h, elevando a temperatura gradualmente até atingir uma temperatura de 550 °C, onde permaneceu por uma hora antes de desligar o equipamento.

O teor de matéria orgânica das amostras foi calculado pela diferença entre o peso inicial (4 g) e o final (adaptado de Davies, 1974).

$$\%MO = \frac{(m_f - m_i)}{m_i} \times 100 \quad (1)$$

Extração de Substâncias Húmicas

A extração das Substâncias Húmicas (SH) foi realizada conforme o método da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS) por extração alcalina usando NaOH a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ com razão de 1:10. Pesou-se 100 g das amostras e adicionou-se 1000 mL de solução NaOH a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, foram agitados por 4 horas sob uma atmosfera inerte. Perpassado esse tempo, as soluções foram colocadas para decantar durante 24 h, no dia posterior separou-se a humina das SH e ambas foram colocadas em estufa para a secagem a uma temperatura de 60°C . A secagem do material foi de aproximadamente 2 dias, quando a pesagem da massa ficou constante.

Figura 4 – Amostras submetidas a agitação



Fonte: Autor, 2023.

Espectroscopia na região do Ultravioleta-visível (UV-vis)

A partir da dissolução de 100 mg de cada amostra em 5 mL de solução $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ de NaHCO_3 , foram feitas leituras nos comprimentos de ondas de 250nm, 270nm, 365nm, 407nm,

465nm, e 665nm no Espectrômetro UV-Vis Global Trade, e em seguida foram determinadas as razões E465/E665, E250/E365 e E270/E407.

Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) foram coletados em um espectrofotômetro Nicolet IR200, utilizando pastilhas de KBr secas a 150°C, prensadas e contendo 2 % de amostra. As análises foram realizadas no modo de transmissão na faixa de 4.000 - 400 cm^{-1} , com resolução de 8 cm^{-1} e acumulação de 64 varreduras.

Preparação dos solos para determinação de micro, macronutrientes e espécies metálicas

Pesou-se 0,100mg do material, em seguida foi transferido para tubos de ensaio (100 mg de material seco) e adicionado 2mL de HNO_3 concentrado deixando em repouso por uma 1h para uma prévia digestão, conforme modificações feitas na metodologia de Melo e Silva (2008).

Em seguida, as amostras foram colocadas em bloco de digestão a 130°C permanecendo nessa temperatura até cessar total de NO_2 (vapor castanho). Durante o processo foi adicionado 4 mL de H_2O_2 concentrado a 35%. Após o resfriamento das amostras, estas foram transferidas para balões volumétricos de 10mL, completando-se o volume com água destilada. Foi filtrado e transferido para tubos de ensaios com capacidade de 10mL, suficiente para determinação de metais.

Determinação de micro, macronutrientes e espécies metálicas

Em torno de cada ponto de amostragem foram coletadas usando um trado holandês, na profundidade: 0-10 cm. As amostras foram secas em temperatura ambiente até peso constante, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de diâmetro para obtenção da TFSA para a extração dos nutrientes.

Os nutrientes cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e Alumínio (Al^{3+}) trocável foram extraídos com solução de cloreto de potássio (KCl) na concentração de 1 mol L^{-1} . A extração da acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) do solo foi realizada com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinação volumétrica com solução de hidróxido de sódio (NaOH) em presença de fenolftaleína como indicador. O potássio (K), sódio (Na) e fósforo (P), foram extraídos pela metodologia Mehlich-1 e as leituras realizadas em fotômetro de chamas e espectrofotômetro, respectivamente. A medição do potencial hidrogeniônico (pH) foi encontrada por meio da leitura em eletrodo de vidro, após a adição e repouso de 10 ml de solo misturado a 10 ml de água destilada. Todos os procedimentos foram seguidos conforme TEIXEIRA (2017).

A capacidade de troca de cátions total ($\text{CTC}_{\text{total}}$) foi calculada pela soma dos cátions trocáveis (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$). A saturação por bases (V) representa a proporção (%) da $\text{CTC}_{\text{total}}$ ocupada por bases trocáveis (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). A saturação por alumínio (m) representa uma proporção (%) da $\text{CTC}_{\text{total}}$ (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+}) ocupada pelo Al^{3+} . A saturação por sódio (Na^+) representa a proporção (%) de sódio solúvel em relação a $\text{CTC}_{\text{total}}$ do solo.

Os micros, macronutrientes e espécies metálicas foram determinados nas amostras de montículos de cupinzeiros por espectroscopia de emissão atômica com plasma induzido por microondas (MP-AES).

Os micro, macronutrientes e espécies metálicas foram determinadas nas amostras de solos por Espectroscopia de Emissão Atômica com Plasma induzido por microondas (MP-AES) na Universidade Federal de São Carlos-Campus Sorocaba com limites de detecção e quantificação na ordem de $\mu\text{g L}^{-1}$. As linhas de emissão (em nm) para cada metal são 396,152(Al), 455,403 (Ba), 228,802 (Cd), 340,512 (Co), 425,433 (Cr), 327,395 (Cu), 403,076 (Mn), 379,825 (Mo), 352,454 (Ni), 405,781 (Pb), 407,771 (Sr) e 213,857 (Zn).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização de solos de cupinzeiros são fundamentais para compreender sua ação no ambiente e possíveis meios de manejo de solos com aplicação desse material, principalmente em áreas degradadas.

Teor de Matéria Orgânica

Tabela 1 – Teor de Matéria Orgânica e pH presente nos montículos de cupinzeiro em duas cidades do agreste de Alagoas

Montículos	MOS	pH
São Sebastião	12,8 %	6,75±0,05
Feira Grande	9,15 %	7,04±0,05
Solos	MOS	pH
São Sebastião	4,5 %	6,17±0,05
Feira Grande	4,3 %	6,43±0,05

Fonte: Autor, 2023.

Os valores de % MO estão de acordo com as condições dos montículos de cupinzeiros, visto que as amostras coletadas tanto na cidade de São Sebastião - AL como na cidade de Feira Grande – AL pertence a um solo com cultivos de pastagem e o teor de matéria orgânica para este solo submetido ao manejo é de até 12,8 %, e de até 9,15 % respectivamente. Podemos atribuir esses valores de matéria orgânica devido a alimentação desses insetos que se alimentam basicamente de material celulótico seco, como folhas e raízes mortas de gramíneas como também de dejetos de animais. Segundo Coles de Negret & Redford (1982, apud Canello, 1989), estes cupins se alimentam de ervas vivas e mortas.

Considerando o aumento percentual nos teores dos nutrientes matéria orgânica, além dos outros fatores como pH, o resíduo gerado pela presença dos cupinzeiros têm importante papel na melhoria da qualidade dos solos onde estes ocorrem. Comparando-se o pH dos montículos constatou-se que o pH dos montículos de cupinzeiros de São Sebastião é um pouco mais ácido com média de 6,75 e o de Feira Grande um pouco mais neutro com mediana 7,4.

Propriedades físicas do solo

Para densidade do solo e densidade de partículas foram encontrados baixos valores nas áreas com montículos de cupinzeiros em pastagem. Como consequência disso, a porosidade total do solo foi maior para esses usos da terra. Esse resultado já era esperado, pois são áreas

nas quais, não são submetidas ao intenso revolvimento do solo e trânsito de equipamentos e máquinas.

Pode-se verificar que os solos de montículos de cupinzeiros tem melhor estrutura física por apresentarem maior quantidade de matéria orgânica, pois a presença deste elemento aumenta a porosidade do solo e consequentemente a absorção de água, bem como solos com maiores teores de matéria orgânica tendem a ser mais estruturados, apresentando maior grau de flocculação.

De modo geral, os resultados obtidos neste trabalho em solos de montículos de cupinzeiros possuem uma boa estrutura física por apresentar altos teores de matéria orgânica, pois a presença desse elemento aumenta a porosidade do solo e consequentemente a absorção de água, apresentando maior grau de flocculação.

Tabela 4 - Teores granulométricos de montículos de cupinzeiros e solo de argila/silte/areia utilizada para a classificação textural do solo.

	Areia	Silte	Argila	
	(%).....			
Monticulo S.Sebastião	69,29	5,71	25,00	Arenoso
Monticulo F. Grande	72,78	2,47	24,74	Arenoso
Camada do solo 0,0 a 0,10				
Solos São Sebastião	52,31	18,69	29,00	Franco Argiloso Arenoso
Solos Feira Grande	46,87	18,63	18,63	Franco Argiloso Arenoso

Fonte: Autor, 2023.

Dessa forma, nos montículos de cupinzeiros em pastagens encontramos grande quantidade de espécies cuja a ação que é imprescindível a manutenção do ambiente. Também exercem poderosa ação benéfica ao solo, canalizando numa propoção bem maior do que as minhocas. Os túneis térmicos contribuem para a aeração e drenagem. O movimento de partículas entre os horizontes, carregadas entre os cupins, promove a decompactação e manutenção da porosidade, além de distribuir a matéria orgânica.

Com todo o estudo pode-se verificar que os montículos de cupinzeiros possuem melhor estrutura física por apresentarem maior quantidade de matéria orgânica, pois a presença deste elemento aumenta a porosidade do solo e consequentemente a absorção de água, bem como solos com maiores teores de matéria orgânica tendem a ser mais estruturados, apresentando maior grau de floculação.

Caracterização das substâncias húmicas por espectroscopia ultra-violeta

A caracterização das amostras pelas razões atômicas obtidas pela espectroscopia UV-VIS fornece indícios quanto o grau de aromaticidade dos solos (E4/E6), tamanho molecular e agregação (E2/E3) e a presença de ligninana conformação estrutural das SH presentes nos cupinzeiros (E2/E4).

Tabela 2 – Caracterização de substâncias húmicas (SH) de amostras de montículos de cupinzeiros em duas cidades do agreste de Alagoas.

Ácidos Húmicos	E465/E665	E250/E365	E270/E407
S. S.	5,05	3,11	5,01
F. G.	3,99	2,96	4,62
Humina	E465/E665	E250/E365	E270/E407
S. S.	1,83	2,62	2,92
F. G.	0,95	2,29	3,03

Fonte: Autor, 2023.

*As respectivas siglas correspondem as cidades das coletas dos montículos de cupinzeiros no agreste de Alagoas: (S.S) - São Sebastião e (F.G) - Feira Grande.

A razão E465/E665 é um importante indicativo do grau de condensação da macromolécula húmica que geralmente está associada à sua aromaticidade. O aumento da razão indica estrutura com menor aromaticidade e a diminuição da razão, maior aromaticidade. Razões inferiores a 4 indicam maior presença de estruturas aromáticas condensadas, enquanto que valores superiores a 4, presença de poucas estruturas aromáticas condensadas (ROSA et al. 2000).

Para razão E270/E407 valores baixos, estão relacionados com a maior participação de estruturas porfirínicas (absorção em 407 nm atribuída à banda Soret de porfirinas) (MAIA et al., 2012). Por outro lado, valores altos para razão E270/E407 sugere a maior participação de

plantas terrestres com altos níveis de estruturas de ligninas (absorção em 270 nm) (FOKEN et al., 2000).

A relação E4/E6 permite inferir o grau de aromaticidade das SH. Valores entre 2 e 5 são considerados baixos e implicam um alto grau de aromaticidade das moléculas, quanto menor a relação maior o tempo de residência do material, enquanto os valores altos indicam um maior conteúdo de cadeias alifáticas (SANTOS *et al.*, 2008; ROCHA; ROSA, 2003; TADINI, 2013).

Assim para a razão E270/E407 valores baixos, estão relacionados com maior participação de estruturas porfirínicas (absorção em 407nm atribuída a banda Soret de porfirinas). Portanto, nas substâncias húmicas de São Sebastião possui um valor mais elevado obtendo presença de lignina em relação substâncias húmicas dos montículos de Feira Grande.

Os resultados para as razões E270/E407 para a amostra de SH de montículos de cupinzeiros das cidades do agreste de Alagoas apresentou em média 4,627 e amostra de São Sebastião maior que 5, conforme a tabela acima (Tabela). A baixa razão E2/E4, pode estar relacionada com a maior participação de estruturas porfirínicas (absorção em 407nm atribuída à banda Soret de porfirinas) com relação a estruturas de ligninas. As porfirinas metaladas nestas amostras são originárias da síntese biológica, durante o processo de compostagem, por microrganismos (TAUK, 1990; OLIVEIRA et al., 2008).

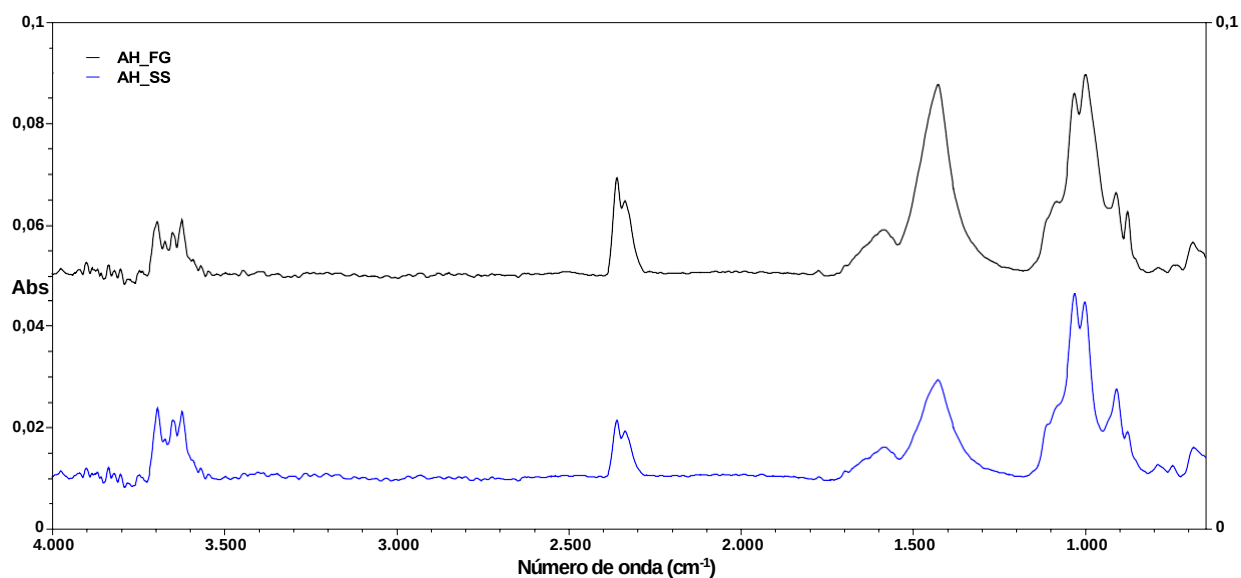
Verifica-se que com base na razão E465/E665, comparando-se os dados apresentados na tabela a amostra São. Sebastião apresentou um menor grau de aromaticidade comparando com os ácidos húmicos de Feira Grande.

Para a E250/E365 indica que quanto maior a razão menor o tamanho da molécula. Contudo, verifica-se que diante da tabela a amostra de dos ácidos húmicos de São Sebastião 2,623nm é maior em relação a de Feira Grande 2,293. Já na E270/E407 indica a presença de lignina, nos ácidos húmicos de São Sebastião obtve um menor valor 2,925 comparando-se com os ácidos húmicos de Feira Grande, portanto obtendo maior presença de lignina.

Pois, diante da tabela na E465/E665 a humina dos montículos de Feira Grande possuem maior grau de aromaticidade em relação a humina caracterizada dos montículos de cupinzeiros de São Sebastião. Contudo, na E250/E365 apresentaram tamanhos iguais para o tamanho da molecula e na E270/E407 a humina dos monticulos de Feira Grande possuem maior presença de lignina em comparação aos monticulos de cunpinzeiros da cidade de São Sebastião.

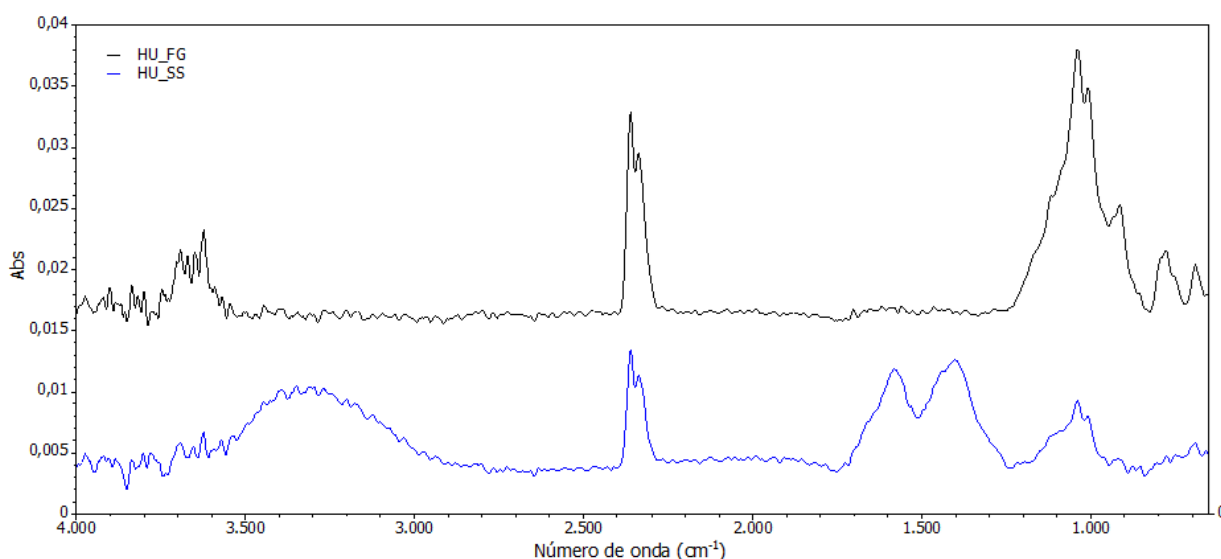
4.3 Caracterização das substâncias húmicas por espectroscopia na região do infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Figura 5 - Espectro de FTIR AH-FG (preto) e AH-SS (azul)



Fonte: Autor, 2023.

Figura - Espectro de FTIR HU-FG (preto) e HU-SS (azul)



Fonte: Autor, 2023.

Como podemos observar os Espectro de FTIR, os AH de montículos de cupinzeiro de São Sebastião e de Feira Grande, há banda largas e intensas centrada em cerca de 3648, 3622 cm^{-1} , é característica em SH e está atribuída a vibrações de alongamento OH presentes em alcóois, fenóis e ácidos carboxílicos. As bandas em 1587 cm^{-1} indicam a aromaticidade das SH, característica do estiramento C=C do anel aromático. A banda na região de 1430 cm^{-1} pode ser atribuída à deformação OH e ao estiramento C-O em grupos de ácidos orgânicos. Nas bandas entre a faixa de 1030-1001 cm^{-1} é característica do alongamento de vibrações em C-O de alcóois, fenóis, ésteres e ácidos carboxílicos.

Bandas em 1581 cm^{-1} atribuem-se a estiramentos C=C (sais orgânicos e aromáticos). Já a região de absorção em 1401 cm^{-1} e 1438 cm^{-1} são evidenciados picos de adsorção podendo ser atribuídos a estiramento C-O de ácidos orgânicos. Entre a faixa de 1009-1044 cm^{-1} é característica do alongamento de vibrações em C-O de alcóois, fenóis, ésteres e ácidos carboxílicos.

Contudo, os espectro de FTIR, HU de montículos de cupinzeiro de São Sebastião e de Feira Grande - AL. Constatou-se que, entre as bandas 1581, 1438 e 1401 cm^{-1} no espectro da humina de São Sebastião não se encontra no espectro de Feira Grande, contudo, isso evidencia uma diferença em comparação entre elas, ou seja, os compostos que geraram essa absorção incluindo esses picos possivelmente não estão presentes na humina de Feira Grande e se estiverem estarão em baixa concentração.

Na banda de OH de São Sebastião que não aparece na humina de Feira Grande, no espectro essa banda está entre 1550 a 1290 cm^{-1} que constitui-se uma banda fraca presente na humina de São Sebastião que não apresenta-se no espectro da humina de Feira Grande. Essa diferença espectral onde há sinais na humina de São Sebastião não apresenta-se na humina de Feira Grande que são exatamente as bandas próximo a 1500 cm^{-1} .

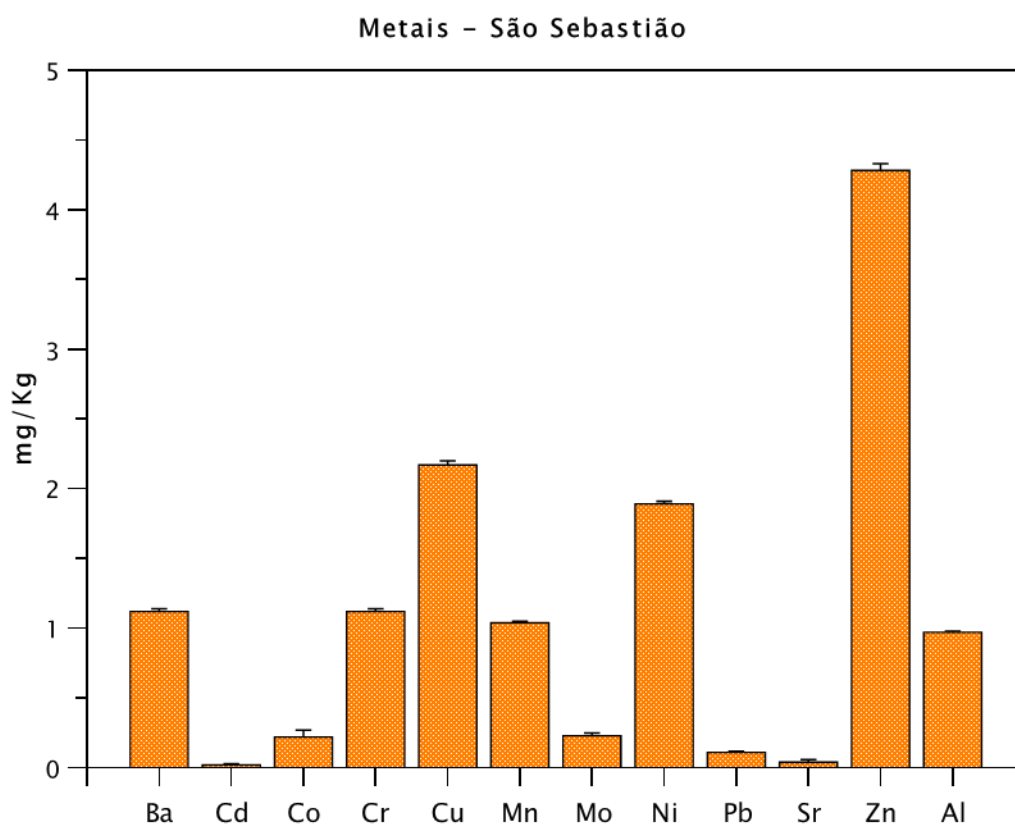
Portanto, espectro de FTIR AH-FG (preto) e AH-SS (azul) Espectro de FTIR HU-FG (preto) e HU-SS (azul), nota-se que não há diferença, isso pode estar atribuído por serem cupins de pastagem como também a forma que esses insetos se alimentam que são basicamente de material celulósico seco, como folhas e raízes mortas de gramíneas como também dejetos de animais.

Contudo, espectro de FTIR HU-FG (preto) e HU-SS (azul) tanto na humina de São Sebastião como de Feira Grande as suas composições químicas são distintas. Ou seja, o rol de compostos que está em uma é diferente da outra. Semelhanças: poderemos ter compostos parecidos como por exemplo: nas bandas 1308 e 1008 cm^{-1} que apresenta na humina de Feira Grande e entre as bandas 1044 e 1009 cm^{-1} na humina de São Sebastião, podemos dizer que essas bandas são iguais e possivelmente são provenientes das mesmas espécies químicas e dos mesmos compostos naturais ou substâncias húmicas. Nesse caso há semelhança entre elas e isso pode indicar compostos semelhantes da mesma classe orgânica.

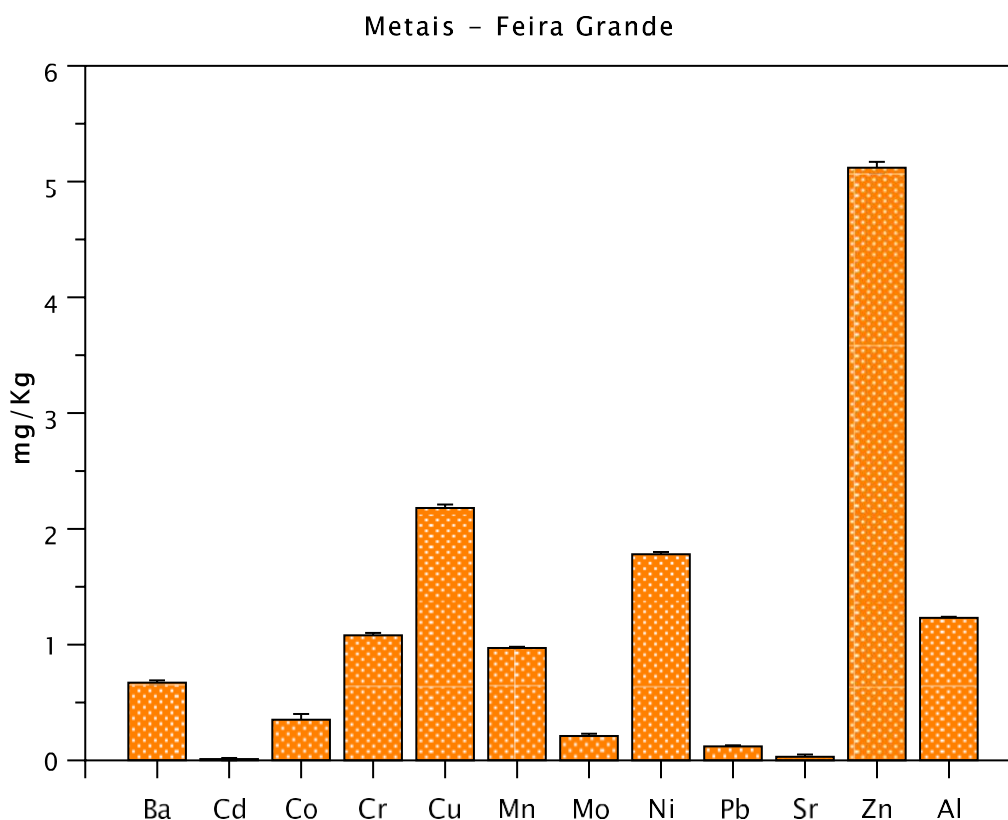
Teores de micro, macronutrientes e espécies metálicas

Por meio do sistema aberto de digestão em chapa aquecedora condicionada em capela, tornou-se permissível quantificar macro (bário (Ba), cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), molibidênio (Mo), níquel (Ni), chumbo (Pb), estrôncio (Sr), alumínio (Al)) e micronutrientes, zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e molibdênio (Mo)). Presentes nas amostras de montículos no agreste de Alagoas (Tabela).

Segundo Melo e Silva (2008), diversos são os métodos empregados para a realização da digestão do material, dentre eles são mais empregados a digestão realizada com o uso de micro-ondas e os sistemas abertos de digestão, ambos são os mais eficientes, destacando este último, por possibilitar que uma maior quantidade de amostras sejam analisadas simultaneamente, além de favorecer na evaporação do ácido, na secagem do extrato digerido e na diminuição de erros analíticos nas demais etapas do processo da digestão.



Fonte: Autor, 2023.



Fonte: Autor, 2023.

De acordo com os gráficos, constata-se que dentre os metais (mg/Kg) avaliados, enfatiza-se Zn e Cu por expressarem teores médios superiores nas amostras de montículos de cupinzeiros em pastagem. Desse modo, por se tratar de solos ácidos, consequentemente há uma maior liberação de zinco e cobre, o que justifica a expressividade desses elementos nas amostras de montículos de cupinzeiros. Entre as amostras, observa-se que não houve diferenças expressivas nos montículos para os metais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de todo o estudo feito e com as devidas informações obtidas, pode-se concluir que os cupins podem alterar a composição química e física do solo.

Os resultados da determinação do teor de matéria orgânica mostraram que os montículos de cupinzeiros tanto nas cidades de São Sebastião e Feira Grade possui elevado teor de matéria orgânica. Indicando um ótimo potencial, como aditivo agrícola. Assim, as perspectivas futuras serão: aplicação em culturas agrícolas, avaliar o estado nutricional da cultura e observar o comportamento das substâncias húmicas extraídas dos montículos de cupinzeiros.

Portanto, pode-se concluir que os montículos de cupinzeiros possuem melhor estrutura física por apresentarem maior quantidade de matéria orgânica, pois a presença de M.O aumenta a porosidade do solo e conseqüentemente a absorção de água, bem como solos com maiores teores de matéria orgânica tendem a ser mais estruturados, apresentando maior grau de floculação.

PERSPECTIVAS...

- Aplicar o produto em diferentes culturas, preferencialmente, em sistemas radiculares distintos;
- Avaliar o estado nutricional das culturas.
- Fazer estudo da aplicação e capacidade de complexação.

REFERÊNCIAS

- APORI, Samuel Obeng et al. Papel dos cupins militares (*Pseudocanthotermes militaris*) na melhoria da produtividade do solo em agroecossistemas tropicais. **Pesquisa e Revisão Anual em Biologia** , p. 14-19, 2020.
- ARAÚJO, E. A. *et al.* Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research and Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012
- ARAUJO, R. L., 1970. Termites of the Neotropical Region. Pp. 527-576 in Krishna, K. & Weesner, F. M. (eds. , *Biology of Termites*, vol. 2. Academic Press 9(3): 481-499.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. *In*: DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141.
- BANDEIRA, A. G., 1979. Ecologia de cupins (Insecta: Isoptera) da Amazônia Central: efeitos do desmatamento sobre as populações. *Acta Amazônica* 9(3): 481-499. biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. **Plant signaling & behavior**, v. 5, n. 6, p. 635-643, 2010.
- BATEY, T.; MCKENZIE, D.C. Soil compaction: identification directly in the field. **Soil Use and Management**, v.22, n.2, p.123-131, 2006.
- BOTERO, W. G. et al. Peat humic substances enriched with nutrients for agricultural applications: Competition between nutrients and non-essential metals present in tropical soils. **J. Haz. Mat.** v. 177, p. 307–311, 2010.
- BRAIDA, J.A; BAYER, C; ALBUQUERQUE, J.A; REICHERF, J.M. **Materia Organica e seu efeito na Física do solo**. 2011. Disponível em:< http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Disciplinas/FisicaSolo/Braida_J.
- ACALLOVI, Daniel S. et al. A curvatura da superfície orienta a atividade de construção inicial em cupins construtores de montículos. **Philosophical Transactions of the Royal Society B** , v. 374, n. 1774, pág. 20180374, 2019.
- CANCELLO, E. M.; 1989. Revisão de Cornitermes Wasmann (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). Tese de Doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 136pp.

CANELLAS L.P., e SANTOS G. de A. Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, UENF, 2005.

CANELLAS, L. P. et al. 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, n. 4, p. 1951-1957, 2002.

CANELLAS, L; GURIDI, F; VELLOSO, A.C.X; SANTOS, G.A.S. **Isolamento, purificação e métodos químicos de análise de substâncias húmicas**. Cap 1. Disponível em: http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LSOL_2727_1154716116.pdf. Acessado 20 de maio de 2020.

COLES DE NEGRET, H. & REDFORD, K. H., 1982. The biology of nine termite species (Isoptera: Termitidae) from the cerrado of Central Brasil. *Psyche* 89: 81-106.

COLLINS, M. S., 1969. Water relations in termites. Pp. 433-458 in Krishna, K. & Weesner, F. M. (eds.) *Biology of Termites*, vol.1 Academic Press, 643 pp.

COTTA, J.A. de O., 2019. Ácidos húmicos: A dinâmica de mineralização durante biorremediação por vermicompostagem de solos contaminados por diesel. **Rev. Soc. Dev.** 8, 1-20.

COULIBALY, Tenon et al. Mudança nas comunidades de cupins ao longo de uma cronossequência de pomares de mangueira no norte da Costa do Marfim. **Revista de conservação de insetos**, v. 20, n. 6, pág. 1011-1019, 2016.

COUTO, L.; ZANUNCIO, J. C.; ALVES, J.; CAMPINHOS JÚNIOR, E.; SORESINI, L.; VARGAS, J.A. Avaliação da eficiência e custo e controle de *Atta sexdens rubropilosa* através do sistema termonebulizador na região de Aracruz, ES. *Revista*, v. 1, n. 1, p. 9-16, 1977.

DARLINGTON, J. P. E. C., 1984. Two types of mound built by termite *Macrotermes sudhyalinus* in Kenya. *Insect Sci. Applic.* 5(6); 481-492.

DIAS FILHO; N. L.; ROSA; A. H. Adsorption and release of micronutrients by humin extracted from peat samples. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, n. 5, p. 721-730, 2013. Effect of humic substances on nutrient uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass pastures. **Grass and Forage Science**, v. 65, n. 1, p. 133- 144, 2010.

ENAGBONMA, Ben Jesuorsemwon; BABALOLA, Olubukola Oluranti. Sustentabilidade ambiental: Uma revisão do material do solo do cupinzeiro e suas bactérias. **Sustentabilidade**, v. 11, n. 14, pág. 3847, 2019.

FARIAS, T.S. Avaliação da interação de Huminas e torta de filtro com íons Pb (II), Ca (II) e Mg (II). **Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia (PPGQB) da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências**. Maceió- AL, 2018.

FERNANDES, P. M., & ALVES, S.B., 1992. Preferência alimentar e danos de *Cornitermes cumulans* (Kollar, 1832) (Isoptera: Termitidae) às plantas cultivadas em laboratório. *An. Soc. Ent. Brasil* 21(2): 125-132.

FERREIRA, M. R. R.; TAVARES FILHO, J.; MARTINS FERREIRA V. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

GAO, Y. Z.; HE, J.; LING, W.; HU, H.; LIU, F. Effects of organic acids on copper and cadmium desorption from contaminated soils. **Environment International**, New York, v. 29, n. 5, p. 613-618, 2003.

FOOKEN, U.; et al. Distinction of marine and terrestrial origin of humic acids in North Sea surface sediments by absorption spectroscopy. **Marine Geology**, v. 164, n. 3-4, p. 173-181, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(99\)00133-4](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(99)00133-4)>. Acesso em: 08 de mar. de 2021.

Gonçalves, D.A. **Solos tropicais sob pastagem**: características e técnicas para correção e adubação/D.A Gonçalves, Círio Costa, Lindinalva de Campos, - São Paulo: Icone, 1992.

GOVEIA; D.; MELO; C. D. A.; OLIVEIRA; L. K. D.; FRACETO; L. F.; ROCHA; J. C.;

GRASSÉ, P.-P., 1958. Sur le nid et la biologie de *Coritermes cumulans* (Kollar) termite brésilien. *Insectes Sociaux* 5: 189-200.

IHSS. International Humic Substances Society: natural organic matter research, c2019. **What are humic substances?**.Disponível em: <<http://humic-substances.org/>>. Acesso em 17 de jan. de 2020.

KELLY, B.; ALLAN, C.; WILSON, B.P. Soil indicators and their use by farmers in the Billabong Catchment, southern New South Wales. **Australian Journal of Soil Research** v. 47, p.234-242, 2009.

LEPAGE, Michel; DARLINGTON, Johanna PEC. Dinâmica populacional de cupins. In: **Cupins: evolução, sociabilidade, simbioses, ecologia** . Springer, Dordrecht, 2000. p. 333-361.

LOKO, Yêyinou Laura et al. Conhecimento e percepção dos agricultores sobre os cupins como pragas do inhame (*Dioscorea* spp.) no Benin Central. **International Journal of Pest Management** , v. 62, n. 1, pág. 75-84, 2016.

MAIA, CMB de F. et al. EPR and DRIFT spectroscopic characterization of humic fractions during composting of sawdust and paper mill sludge. Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2012. Disponível: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/930545/1/2012APIMaiaEPRandDRIFT.pdf>>. Acesso em; 08 de mar. de 2021.

McBRIDE, M.B. Reactions controlling heavy metal solubility in soils. **Soil Science**, New Brunswick, v. 10, p. 1-56, 1989.

MELLO, F.M; MENDONÇA, L.P.C. Avaliação da disponibilidade de fósforo em solo argiloso com diferentes teores de matéria orgânica. **Revista Humanidades & Tecnologia (finom)** - ISSN: 1809-1628. Ano XIII, vol. 18,2019. Disponível em:< http://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/794/567>. Acessado em 22 de dezembro de 2020.

MENDONÇA, Eduardo de Sá; MATOS Eduardo da Silva. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**/Editores:– Viçosa: UFV, 2005.107p, : il, ; 23cm.

MOTA, J. C. A.; FREIRE, A. G.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Qualidade física de um Cambissolo sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1196- 1206, 2013.

MOTA, J. C. A.; FREIRE, A. G.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Qualidade física de um Cambissolo sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1196- 1206, 2013.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, n. 11, p. 1527-1536, 2002.

NIROT, C. H., 1970. The nests of termites. Pp. 73-125 in Krishna, K. & Weesner, F. M. (eds.) *Biology of termites*, vol. 2. Academic Press, 643 pp.

NITHYATHARANI, R. et al. Solo de cupins como bioindicador de fertilidade dosolo. **Revista Internacional de Pesquisa em Ciência Aplicada e Tecnologia de Engenharia**, v. 6, n. 1, pág. 659-661, 2018.

OLIVEIRA, H. S.; LOURENÇO, S. R. OLIVEIRA, A. F. Caracterização das substâncias húmicas aquáticas com uso de espectroscopia de UV-Vis. **Revista Tecnológica**, v. 17, p. 29-38, 2008.

OLIVEIRA, E. A. B. **Avaliação de método alternativo para extração e fracionamento de substâncias húmicas em fertilizantes orgânicos**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, 2011.

PICCOLO, A. Humus and soil conservation. In: **Humic substances in terrestrial ecosystems**. Elsevier Science BV, 1996. p. 225-264.

PICCOLO, A. Humus and soil conservation. In: **Humic substances in terrestrial ecosystems**. Elsevier Science BV, 1996. p. 225-264.

PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. **Soil Science**, v. 166, n. 11, p. 810-832, 2001.

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

PRIMO, D.C; MENEZES, R.S.C; SILVA, T.O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Rev. Scientia Plena**, v.7, n.5, 2011. Publ., Dordrecht, the Netherlands: Interactions at the soil colloid-soil solution interface. 1991. cap. 9, p. 257-292.

ROSA, A. H. et al., . Substâncias húmicas de turfa: estudo dos parâmetros que influenciam no processo de extração alcalina. **Quim. Nova**, v. 23, 472-476, 2000.

ROSA, C.M; CASTILHOS, R.M.V; VAHL, L.C; CASTILHOS, D.D; PINTO, L.F. S; OLIVEIRA, E.S; LEAL, O.A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 33:959-967, 2009. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n4/20.pdf>>. Acessado em 23 de Março de 2020.

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

SANTOS, C. H. **Análises espectroscópicas da matéria orgânica de solos sob aplicação de águas residuárias**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências – Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2008.

SANTOS , G. P.; GOMES, J. C.; BRADI, R. Controle de saúvas pelo sistema de termonebulização na região de Timóteo, MG. *Brasil Floretal*, v9, n.38, p. 18-20,1979.

SANTOS, C. A. dos. **Substância húmica e seu efeito em atributos químicos e biológicos do solo e na produção vegetal**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

SANTOS, D. C.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A.; LIMA, C. L. R.; CARDOSO, E. M. C.; PEREIRA, B. F.; MANGRICH, A. F. Agregação e frações físicas da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso no bioma Pampa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1735-1744, 2011.

SANTOS, C.H. Estudo da Matéria Orgânica e composição elementar de solos arenososde regiões próximas a São Gabriel da cachoeira no Amazonas. 2014.

SANCHES, S. M. et al., Caracterização das frações das substâncias húmicas de diferentes tamanhos moleculares. **Eclética Química**, v. 32, n.1, 49-56, 2007.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L.

SILVA, Luís Cláudio Vieira et al. Cupinzeiro como substrato alternativo no crescimento inicial de plantas de mostarda. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 84059-84068, 2020.

SLOBODA, E. et al., Influência das características das substâncias húmicas aquáticas na eficiência da coagulação com o cloreto férrico. **Quim. Nova**, v. 32, 976-982, 2009.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition and reaction**, 2^aed. New York: John Wiley, 1994b. 496 p.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York: J. Wiley, 1994. 496p.

SUBI, S.; SHEELA, A. Merline. Revisão das características do solo do cupinzeiro e importância agrícola. **J Agric Eco Res Intl** , v. 21, n. 7, pág. 1-12, 2020.

SWIFT, R.S., R.G. McLAREN. Micronutrient adsorption by soils and soil colloids. In BOLT,G.H.; DE BOODT, M.F.; HAYES, M.H.B.; McBRIDE, M.B. (Ed.). Kluwer Academic

TREVISAN, S.; FRANCISCO, O.; QUAGGIOTTI, S.; NARDI, S. Humic substances

TADINI, A.M. **Substâncias húmicas aquáticas**: caracterização e interação com íons crômio e proposta de um indicador de matéria orgânica lábil. 2013. Dissertação (Mestrado em Química – Química Ambiental) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, SP, 2013.

TAUK, S.M. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 20, 1990.

TUFENKCI, S.; ERMAN, M.; SONMEZ, F. Effects of phosphorus and nitrogen applications and Rhizobium inoculation on the yield and nutrient uptake of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* L.) under irrigated conditions in Turkey. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 49, n. 1, p. 101-105, 2006. Universidade de São Paulo, 2014.

VASANTHI, E.; RAJAVEL, DS Efeito da sesamina sobre cupins, *Odontotermes wallonensis* (wasmann) em amendoim. **Journal of Entomological Research** , v. 40, n. 1, pág. 17-20, 2016.

VERLINDEN, G., COUSSENS, T., DE VLIEGHER, A., BAERT, G. e HAESAERT, G.

VINHAL-FREITAS, I. C. et al. Adsorção e dessorção de metais no solo e coeficientes de isotermas de Freundlich e Langmuir. **Agropecuária técnica**, v. 31, n. 2, p. 153-163, 2010.

WERSHAW, R. Model for humus in soils and sediments. **Environmental Science & Technology**, v. 27, n. 5, p. 814-816, 1993.

WOOD, T. G., 1975. The effects of clearing and woodlands. Pp. 409-418 in Vaner, J. (Ed.) *Oregress in tropical savannas and woodlands*. Pp. 409-418 in Vaner, J. (Ed.), *Progress in soil zoology*. Prague, Academia.

WOOD, TG et al. Estudos de danos por cupins e perda de colheita na Nigéria – perdas pré-colheita de inhame devido a cupins e outras pragas do solo. **International Journal of Pest Management** , v. 26, n. 4, pág. 355-370, 1980.

ZANDONADI, D.B; SANTOS, M.P; MEDICI, L.O; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Rev. Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 14-20. 2014. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/hb/v32n1/0102-0536-hb-32-01-00014.pdf>>. Acessado em 24 de Março de 2020.

ZANETTI, R.; VILELA, E. F;ZANUNCIO, C.; LEITE, H.; FREITAS, G. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saueiros em eucaliptais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n. 10, p. 1911-1918,2000.

ZANUNCIO, José Cola. **Controle de formigas cortadeiras e cupins em pastagem** / José Cola Zanuncio, Terezinha Vinha Zanuncio, Alicio Nunes Domingues, Antônio Almeida Rios. -2. Ed.Brasilia (DF):LK Editora, 2012. 64 p. il; 21 cm (coleção tecnologia Fácil, ,ISSN 1809-6735; Bovinocultura).