



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**HUGO FELIPE DA SILVA**

**MUDANÇAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS**  
**EM AGROECOSSISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAL**

**FORTALEZA**

**2022**

HUGO FELIPE DA SILVA

MUDANÇAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS EM  
AGROECOSSISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Teogenes Senna de Oliveira.

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Paloma Viana Ferreira de Sousa.

.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S58m Silva, Hugo Felipe da.  
Mudanças da matéria orgânica de Neossolos Quartzarênicos em agroecossistemas orgânicos e convencional / Hugo Felipe da Silva. – 2022.  
156 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Teogenes Senna de Oliveira .  
Coorientação: Profa. Dra. Paloma Viana Ferreira de Sousa.
1. ATR-FTIR. 2. TMAH-GC-MS. 3. Práticas conservacionistas. 4. Composto orgânico. 5. Solos arenosos. I. Título.

CDD 577

---

HUGO FELIPE DA SILVA

MUDANÇAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS EM  
AGROECOSSISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará (UFC), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em: 03/03/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Teogenes Senna de Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Maria Eugenia Ortiz Escobar  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

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

---

Prof. Dr. Rafael da Silva Teixeira  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar saúde, forças e oportunidades e colocar bons corações no caminho, permitindo construir esse trabalho e concluir o curso com satisfação e aprendizado.

Ao meu orientador, Professor Teogenes S. Oliveira, pela amizade e preocupação de sempre. Por me ensinar e me mostrar uma incrível área e linha de pesquisa. Pelo treinamento e acompanhamento nas coletas e na escrita. Sempre incentivou análises e aprendizados durante o curso e esteve disposto e receptivo a novas ideias.

Pela receptividade do Senhor Nazareno O. Barbosa e sua família que, com seus trabalhos desempenhados ao longo desses mais de 20 anos com produção orgânica, e todo o carinho e atenção durante as coletas, foi possível este trabalho. Também ao Senhor Ricardo O. Neto, que também me recebeu muito bem para a amostragem na sua área de cultivo.

À Professora Maria E. O. Escobar, que também com toda dedicação e atenção, me acompanhou durante meu treinamento e coletas em campo, me avaliou de projetos de pesquisa à monografia de revisão, como também às contribuições do Francisco A. S. Xavier nas minhas avaliações também da monografia de revisão.

Ao Paulo E. R. Campos, Dona Francisca R. Campos e Senhor Vicente S. Campos, por me receberem tão bem e me ajudarem tanto durante minha estadia em Fortaleza. Aos meus amigos Bruno Sampaio e sua família, pelas oportunidades; ao Pedro A. Oliveira e sua companheira, e ao Marcelo C. Cavalcante, por estarem me apoiando desde a inscrição no processo seletivo até estadias e ajuda na UFC. E aos amigos do mestrado, em especial, Cícero B. Nascimento Filho, Pablo M. Bonfim e Raul Azevedo, que me ajudaram desde disciplinas, cirurgia, até a armazenar materiais de coleta.

A todos do Laboratório de Física do Solo e Química do Solo da UFC que muito me ajudaram, bem como os do Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos: Neilson R. Silva, Carolina T. Pimentel, Jorge Cá, José F. Lustosa Filho, Fernanda P. Medeiros, Jonatas P. Silva, Paulo H. Brito, Heitor P. Palma, Katherine M. Escobar, Anaclaudia A. Primo e Keise D. B. Moraes, pela companhia e ajuda durante a estadia em Viçosa. A Paloma V. F. Sousa, que tanto conversamos e discutimos sobre química e análises, sempre me auxiliando no que fosse preciso. Às pessoas que ajudaram com receptividade e auxílio nos Laboratórios da UFV: Física do Solo,

Fertilidade do Solo e Isótopos Estáveis, no Departamento de Solos da UFV; Bioquímica e Pesquisas Interdisciplinares, no Departamento de Química da UFV.

Aos professores que muito contribuíram para minha formação e a todos do PPGERN.

A meus familiares, especialmente meus pais Roberto P. da Silva e Maria J. S. Pereira, amigos e minha doce amada Luana G. Torres, que tanto me incentivaram, apoiaram e estiveram presentes e dispostos a ajudar em tantos momentos.

A CAPES, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 com a concessão de bolsa de mestrado.

Foram muitas pessoas que me ajudaram durante esses dois anos de curso, em meio a uma pandemia que tanto machucou nosso povo. Acrescento que direta e indiretamente devido a inúmeras pessoas, esse trabalho vem a ser concluído bem como mais uma etapa na minha formação. Espero que sejam derramadas bênçãos e mais bênçãos em cada um e cada uma pelo bem enorme que me trouxeram.

A todos, agradeço de coração.

## RESUMO

A matéria orgânica do solo (MOS) é um importante reservatório de nutrientes e carbono (C) e com importante participação na estrutura e funções do ecossistema. No entanto, tal papel pode ser modificado pelos diferentes sistemas de uso do solo, como o uso convencional e orgânico. Avaliou-se quantitativa e qualitativamente, diferentes frações físicas da MOS: matéria orgânica particulada (MOP), associada a minerais (MOAM) e dissolvida (MOD) em agroecossistemas orgânicos {Banicultura orgânica - BN<sub>o</sub> (12 anos) e Horticultura orgânica - HT<sub>o</sub> (23 anos)} e convencional (Agricultura convencional - AG<sub>cv</sub>) cultivados em Neossolos Quartzarênicos. Também foi avaliada uma área de vegetação natural (VN) como referência. Comparativamente a VN, HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> reduziram os estoques de COT em 12,4%; 12,5% e 7,1% e C-MOAM em 13,3%, 10,2% e 11,8%, respectivamente. HT<sub>o</sub> apresentou maiores estoques de C e N totais e da MOAM, MOP e MOD em 0-15 cm, no entanto, há um elevado déficit de saturação de C no solo subsuperficial (35-100 cm). Os estoques de N-Total foram menores em AG<sub>cv</sub>. Os estoques totais de C e N da MOAM, encontrados no solo subsuperficial (>15 cm até 100 cm) da VN, foram decisivos para os maiores estoques de 0-100 cm frente aos sistemas agrícolas. Destaca-se em BN<sub>o</sub>, um menor estoque de N-MOP que os demais (0-100 cm). A MOD foi alterada pelos manejos quanto às diferenças em relação a absorvância no UV-Vis. Os sistemas de uso reduziram a aromaticidade pelo FTIR com o aumento da profundidade do solo em todas as frações da MOS, exceto para a MOD em VN. A análise por termoquimólise mostrou a abundância relativa de compostos orgânicos e apresentou diferenças entre sistemas de uso, predominando a presença de suberina na MOAM, especialmente em VN no subsolo (>15 cm até 100 cm). HT<sub>o</sub>, em superfície (0-15 cm) é formada por uma matéria orgânica com compostos mais diversificados tanto na MOP quanto MOAM, enquanto em BN<sub>o</sub> aumentou muito mais a proporção de *n*-alcanos na MOP com a profundidade. A abundância de ácidos graxos fosfolipídicos (PLFAs) não apresentou diferenças significantes entre sistemas de uso, mas apresentou entre profundidades em cada sistema, assim como ocorreu para fungos e bactérias, nos sistemas orgânicos. BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> apresentaram menor abundância de fungos (F) em 0-15 cm. A proporção de fungos/bactérias foi maior em AG<sub>cv</sub> (55-100 cm), enquanto G+/G- foi maior em HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> (0-15 cm), e de 15-55 cm em BN<sub>o</sub> apenas. Quanto às propriedades físicas, observou-se que BN<sub>o</sub> apresentou a menor porcentagem de macroagregados estáveis, especialmente em relação a VN. Sistemas de cultivo orgânico de hortaliças não aumentaram ou mantiveram a MOS no subsolo (>15 cm até 100 cm) em Neossolos Quartzarênicos, mesmo

com uso contínuo de compostos orgânicos, rotação de culturas e adubação verde. Porém o manejo orgânico melhorou os atributos físicos, químicos e biológicos do solo superficialmente (0-15 cm). Avaliações futuras utilizando plantas com sistemas radiculares agressivos serão importantes para aumentar o C e N no subsolo (>15 cm até 100 cm) para sistemas orgânicos.

**Palavras-chave:** ATR-FTIR; TMAH-GC-MS; práticas conservacionistas; composto orgânico; solos arenosos.



## ABSTRACT

Soil organic matter (SOM) is an important reservoir of nutrients and carbon (C) and plays an important role in the structure and functions of the ecosystem. However, this role can be modified by different land use systems, as conventional and organic use. The objective was to evaluate, quantitatively and qualitatively, different physical fractions of SOM: particulate organic matter (POM), associated with minerals (MAOM) and dissolved organic matter (DOM) in organic agroecosystems (Organic Banana Culture - BN<sub>o</sub> and Organic Horticulture - HT<sub>o</sub>) and conventional (Conventional Agriculture - AG<sub>cv</sub>) cultivated on Nossolos Quartzarênicos (Entisols (Quartzipsamments)). An area of natural vegetation (VN) was evaluated with reference. Compared to VN, HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub>, and AG<sub>cv</sub> reduced C stocks by 12.4%; 12.5%, and 7.1%, and C-MOAM by 13.3%, 10.2%, and 11.8%, respectively. HT<sub>o</sub> showed higher stocks of total C and N and of MAOM, POM, and DOM at 0-15 cm, however, there is a high C saturation deficit in the subsurface soil (35-100 cm). Total N stocks were lower in AG<sub>cv</sub>. Total C and N stocks from MAOM, found in the subsurface soil (>15 cm to 100 cm) of VN were decisive for the higher stocks at 0-100 cm compared to agricultural systems. Noteworthy in BN<sub>o</sub>, a lower N-POM stock than the others (0-100 cm). The chemical composition of DOM was altered by the management systems in terms of differences in UV-Vis absorbance. The land use systems showed a reduction of aromaticity (FTIR) with increasing soil depth in all SOM fractions, except for DOM, where only VN showed an increase of aromatic compounds at depth. The thermochemolysis analysis showed the relative abundance of organic compounds and presented their percentage differences between use systems, with suberin predominating in MAOM, especially in VN in the subsoil (>15 cm to 100 cm). HT<sub>o</sub>, at the surface (0-15 cm) is formed by an organic matter with more diversified compounds in both POM and MAOM, while in BN<sub>o</sub> increased much more the proportion of *n*-alkanes in POM with depth much more. The abundance of phospholipid fatty acids (PLFAs) did not show significant differences between use systems, but between depths did, as it occurred for fungi and bacteria, especially in the organic management systems. BN<sub>o</sub> and AG<sub>cv</sub> showed a lower abundance of fungi (F) at 0-15 cm. The proportion of fungi/bacteria was higher in AG<sub>cv</sub> (55-100 cm), while G+/G- was higher in HT<sub>o</sub> and BN<sub>o</sub> (0-15 cm), and from 15-55 cm in BN<sub>o</sub> only. As for the physical properties, it was observed that BN<sub>o</sub> showed the lowest percentage of stable macroaggregates, especially with VN. Organic vegetable growing systems did not increase or maintain SOM in the subsoil (>15 cm to 100 cm) in Entisols (Quartzipsamments), even with continuous use of organic

composts, crop rotation, and green manure. However, organic management improved the physical, chemical, and biological attributes of the topsoil (0-15 cm). Future evaluations of plants with more aggressive root systems will be important increase the C and N in the subsoil (>15 cm to 100 cm) for organic farming systems.

**Keywords:** ATR-FTIR; TMAH-GC-MS; conservation practices; organic compost; sandy soils.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1	Sistemas agrícolas e a horticultura em brejo de altitude do semiárido brasileiro.	15
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	17
2.1	Descrição das áreas de estudo.....	17
2.2	Antecedentes históricos das áreas de estudo.....	18
2.3	Amostragem de solo, composto orgânico, planta e serapilheira.....	24
2.4	Fracionamento físico da matéria orgânica do solo (MOS) .....	25
2.5	Estoques de C e N das frações MOP, MOAM e MOD e Total.....	25
2.6	Déficit de saturação de carbono.....	27
2.7	Espectrometria do infravermelho com reflectância total atenuada (ATR-FTIR)	27
2.8	Espectrometria do ultravioleta e luz visível (UV-Vis) .....	28
2.9	Composição molecular das frações MOP, MOAM, serapilheira e de planta.....	29
2.10	Análise da estrutura da comunidade microbiana pelo perfil de ácidos graxos fosfolípidios (PLFA) .....	30
2.11	Densidade aparente e textura do solo.....	32
2.12	Agregados estáveis em água.....	32
2.13	Análises estatísticas.....	33
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	34
3.1	Estoques de C orgânico e N total e das frações da matéria orgânica do solo (MOS) .....	34
3.2	Espectrometria ATR-FTIR das frações da MOS e de planta, composto orgânico e serapilheira.....	43
3.3	Espectros UV-visível da matéria orgânica dissolvida (MOD) .....	49
3.4	Composição molecular da MOS por TMAH-GC-MS.....	55
3.5	Estrutura das comunidades microbianas frente aos usos do solo orgânico e convencional.....	60
3.6	Estabilidade de agregados e densidade do solo.....	64
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	72
4.1	Estoques de C e N nas frações da MOS e as implicações dos usos do solo.....	72

4.2	Composição bioquímica da matéria orgânica nos sistemas de uso do solo.....	80
4.3	Comunidades microbianas do solo das áreas de usos orgânicos e convencional e do ecossistema natural.....	85
4.4	Estruturação do solo resultante dos manejos orgânicos e convencional.....	87
5	CONCLUSÃO.....	89
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICE A – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA SERAPILHEIRA DAS ÁREAS DE USO ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HTO), E BANANA (BNO), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AGCV), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), E FOLHAS DE <i>M. paradisiaca</i> , <i>Panicum sp.</i> E COMPOSTO ORGÂNICO, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL.....	113
	APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HTO), E BANANA (BNO), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AGCV), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL.....	118
	APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HTO), E BANANA (BNO), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AGCV), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL.....	131
	APÊNDICE D – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA SERAPILHEIRA DAS ÁREAS DE USO ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HTO), E BANANA (BNO), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AGCV), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), E FOLHAS DE <i>M. paradisiaca</i> , <i>Panicum sp.</i> E COMPOSTO ORGÂNICO, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL.....	144

<b>APÊNDICE E – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HTO), E BANANA (BNO), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AGCV), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL.....</b>	<b>145</b>
<b>APÊNDICE F – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HTO), E BANANA (BNO), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AGCV), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL.....</b>	<b>150</b>
<b>APÊNDICE G – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA (MOD) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HTO), E BANANA (BNO), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AGCV), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL.....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXO A – QUADRO DE REFERÊNCIAS PARA FAIXAS DE ABSORÇÃO DE LIGAÇÕES ORGÂNICAS PELO INFRAVERMELHO MÉDIO ATR-FTIR PARA IDENTIFICAÇÃO DE GRUPOS FUNCIONAIS NA MATÉRIA ORGÂNICA.....</b>	<b>156</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As práticas agrícolas passam por modificações no espaço e no tempo (MAZOYER; ROUDART, 2010). As mudanças climáticas condicionam alterações nos sistemas agrícolas que parecem ser imperativas, uma vez que há uma necessidade de alinhar produção de alimentos à conservação do solo para que os serviços ecossistêmicos sejam eficientes (LAL, 2004; SMITH et al., 2015).

Nesse contexto, a agroecologia é uma importante ciência com potencial de ajudar na transição para uma agricultura sustentável com ações e enfoques que equilibram as dimensões econômica, ecológica, social, cultural, política e ética (CAPORAL; COSTABEBER, 2002). A unidade de análise de sustentabilidade da produção é o agroecossistema e por meio dele muitas ações podem ser direcionadas para avançar na busca da sustentabilidade (GLIESSMAN, 2000). A transição agroecológica implica na racionalização produtiva específica do agroecossistema e na mudança ética em relação ao manejo e conservação dos recursos naturais (COSTABEBER; CAPORAL; WIZNIEWSKY, 2013). Muitas das práticas aplicadas aos sistemas de produção consideram conceitos e teorias ecológicas que podem ser adotadas, tais como: biodiversidade, sucessão vegetal e ciclagem de nutrientes, por exemplo (ALTIERI, 2012). Todos esses conceitos e teorias, além de outras, são consideradas em maior ou menor grau em diversos grupos de técnicas que recebem denominações específicas, tais como: agricultura biodinâmica, agricultura orgânica, agricultura natural, permacultura, etc (MUHIE, 2022; PASINI, 2017). As diversas condições em que estas práticas/estratégias de base ecológica são aplicadas precisam ser estudadas em diferentes ambientes, tanto para uma maior ciência dos seus efeitos como para a construção do conhecimento científico que muitas vezes subjuga determinadas ações (RIGOLOT; QUANTIN, 2022).

O fluxo de matéria e energia podem ser otimizados ao considerar a ciclagem de nutrientes nos diversos sistemas agrícolas, pois métodos podem otimizá-la especialmente aquelas ligadas ao manejo da matéria orgânica nos agroecossistemas (GLIESSMAN, 2000). Atualmente, diversas práticas que visam melhorar a qualidade do solo se baseiam em estratégias que favorecem a cobertura e o incremento de matéria orgânica, como as adubações verdes (ESPINDOLA et al., 2005), a rotação de culturas (ZHANG; MALTAIS-LANDRY; LIAO, 2021), o uso de resíduos orgânicos (DĂMĂȚÎRCĂ et al., 2023; GHIMIRE et al., 2017;

SUKITPRAPANON et al., 2020), bem como a redução do revolvimento do solo como práticas conservacionistas (CALEGARI; COSTA, 2010).

A matéria orgânica do solo (MOS) é um importante reservatório de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) para os cultivos (SARKER et al., 2018), também está associada ao aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e à disponibilidade de nutrientes, seja pelas interações com a fase mineral do solo, como P e ácidos orgânicos (ADHIKARI; PANDEY, 2019; KOUR et al., 2021), ou a complexação do Al solúvel, com consequentes repercussões para a nutrição vegetal (LI et al., 2022). Dentre outros atributos, a MOS pode favorecer a uma melhor estruturação do solo (CHANEY; SWIFT, 1984), além de poder ser fonte de energia para a microbiota (FROUZ, 2018). A MOS é um importante reservatório global de C no ambiente terrestre (LAL, 2004). Nesse contexto, o manejo adequado da MOS é fundamental para uma produção sustentável, pois favorece a conservação e a qualidade do solo.

A matéria orgânica do solo (MOS) possui uma grande heterogeneidade química e complexidade estrutural no solo, o que torna o seu estudo metodologicamente difícil (MASOOM et al., 2016). Novos métodos trouxeram grandes avanços nessa temática. Historicamente o estudo da MOS focava no fracionamento químico para compreensão de seu papel e persistência no solo (MINASNY et al., 2020). Teorias emergentes para a natureza molecular (GAO et al., 2019; KLEBER; SOLLINS; SUTTON, 2007) e formação da MOS (CHENU; RUMPEL; LEHMANN, 2015; COTRUFO et al., 2015) abriram novas perspectivas de pesquisa para o melhor manejo e representação da natureza da MOS.

Existem diversos métodos que classificam a MOS em compartimentos funcionais que podem indicar tempos de ciclagem ou funções distintas no solo (VON LÜTZOW et al., 2007). O fracionamento físico da MOS proporciona a divisão desta em componentes que diferem de maneiras contrastantes e apresentam funções distintas no solo (LAVALLEE; SOONG; COTRUFO, 2020). O tempo de ciclagem, a estrutura, a composição e tipos de grupos funcionais e sua origem (derivados predominantemente de plantas ou de microrganismos) (KÖGEL-KNABNER; RUMPEL, 2018), ou a maior mobilidade no solo (KALBITZ et al., 2000) também são propriedades pertencentes às frações físicas. As frações físicas da MOS são a matéria orgânica associada a minerais (MOAM < 0,053 mm, material de caráter mais coloidal), a matéria orgânica particulada (2 mm < MOP > 0,053 mm, a matéria macrorrgânica) e, também, a matéria orgânica dissolvida (MOD < 0,45µm) (LAVALLEE; SOONG; COTRUFO, 2020), essa última podendo fazer parte da MOAM ou MOP.

A matéria orgânica dissolvida (MOD) é conhecida por ser a fração da MOS mais sensível ao manejo do solo do agroecossistema (MARINARI et al., 2010a; SANTOS et al., 2022a), sendo as principais fontes dessa fração os compostos lixiviados no perfil sob ação das chuvas, a serrapilheira, as rizodeposições, os microrganismos e exsudatos, as moléculas orgânicas dissolvidas na água da chuva e até a própria MOS (GMACH et al., 2020; KALBITZ et al., 2000). A MOD faz parte dos processos de sorção e dessorção da matéria orgânica associada a minerais (MOAM). Com a adição de C ao solo, há a uma movimentação do C mais antigo de camadas superiores do solo para as mais profundas – processo denominado de modelo cascata (KAISER; KALBITZ, 2012). Devido a essa mobilidade/lixiviação e interação com a matriz mineral, a MOD é considerada uma das vias de aumento dos estoques de C em profundidade no solo (LEINEMANN et al., 2018; SCOTT; ROTHSTEIN, 2014; STRAHM et al., 2009). A MOD também é um importante recurso para os microrganismos do solo, considerada uma fonte prontamente disponível (MARSCHNER; KALBITZ, 2003), sendo continuamente consumida, transformada e formada no solo (ROTH et al., 2019). A qualidade da MOD envolve grande quimiodiversidade de compostos orgânicos (DING et al., 2020).

Técnicas de caracterização molecular da matéria orgânica do solo têm sido adotadas para o melhor entendimento da dinâmica da MOS e as implicações das práticas de manejo nas perdas e ganhos de C e nutrientes. Análises por espectroscopia do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) identificam grupos funcionais orgânicos bem como possibilitam comparar suas abundâncias pela absorvância desses grupos presentes na amostra (PARIKH et al., 2014). A quimólise da MOS, com posterior identificação dos fragmentos por cromatografia é outra técnica adotada, onde evita-se perdas de grupos COOH e OH durante o processo de quebra, o que diminui a produção de artefatos químicos por reações desses grupos com a própria matéria orgânica. Porém, limita-se a uma melhor recuperação de lipídios e lignina (NOVOTNY; CANELLAS; COLNAGO, 2022). Técnicas de espectroscopia, como a ultravioleta e luz visível (UV-Vis) e/ou a matriz de emissão excitação (MEE) com posterior análise fatorial paralela (PARAFAC), também são frequentemente utilizadas no estudo das frações da MOS, especialmente a MOD. Por estar dissolvida em água, é possível uma caracterização química da MOD pela espectroscopia, já que ao interagir com a radiação eletromagnética na matriz aquosa, é simples e rápida ao mostrar diferenças em sua composição em sistemas de uso do solo como mostrado em Bartos; Szymański; Klimek, (2020); Liu et al.,



(2019); Romero et al., (2017); Schmidt; Martínez, (2019). Técnicas como essas têm possibilitado a melhor compreensão de processos dos quais a MOS está envolvida.

### **1.1 Sistemas agrícolas e a horticultura em brejo de altitude do semiárido brasileiro**

O semiárido brasileiro é caracterizado por uma variabilidade espacial e temporal de chuvas, classificado pela precipitação anual inferior a 800 mm, índice de aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (BRASIL, 2017). O semiárido brasileiro está presente em nove estados do Brasil, predominantemente no nordeste brasileiro.

No entanto, na realidade semiárida brasileira há uma riqueza de solos e de paisagens com formações geológicas e vegetais diversas, inclusive áreas úmidas e mais amenas chamadas regionalmente de “brejos de altitude”. A elevada altitude proporciona um ambiente mais ameno e úmido (GOIS; CORREA; MONTEIRO, 2019), e por conseguinte, apresentam solos mais desenvolvidos, o que os tornaram historicamente áreas privilegiadas para alguns cultivos mais exigentes. Porém, em contrapartida, as áreas são levadas à degradação dos recursos naturais pelo uso inadequado (GOIS; CORREA; MONTEIRO, 2019). No município de Guaraciaba do Norte, localizado num dos brejos de altitude do estado do Ceará, Brasil, há o predomínio de atividades de horticultura e floricultura na região, sendo ambas responsáveis por 12% da atividade econômica do município (IBGE, 2017). Na atividade de horticultura, práticas intensivas no uso do solo são utilizadas, como revolvimento da camada superficial para formação dos canteiros e o aporte de insumos para suprir a manutenção da fertilidade do solo (MADEIRA et al., 2013). Esse manejo, quando realizado sem o aporte de insumos orgânicos, pode prejudicar a manutenção dos estoques de C do solo, com efeitos na diminuição da produtividade e restrição de serviços ecossistêmicos. Por isso, a adoção de práticas como as de base ecológica e que compreendem um amplo e variado espectro de alternativas, igualmente adaptáveis conforme a realidade local, e de acordo com princípios biológica e ecologicamente corretos deve ser a busca para uma agricultura sustentável (IBD, 2018).

A área de agricultura orgânica tem aumentado cada vez mais mundialmente por ser uma alternativa de alcançar a sustentabilidade (LORENZ; LAL, 2016). Porém, a busca pela dependência mínima de insumos externos é uma tarefa que demanda condições fundiárias e econômicas que geralmente estão distantes da realidade do pequeno agricultor brasileiro.(LOBO, 2019). É necessário a construção do conhecimento para a formação de agroecossistemas sustentáveis a partir da escala local e suas especificidades (MUHIE, 2022).

Assim como a área de agricultura orgânica, o uso de solos de textura arenosa também está se expandindo, haja vista o aumento de área e da disponibilidade de informações do seu uso e potencialidades (HUANG; HARTEMINK, 2020). Solos de textura arenosa são característicos por apresentarem baixos teores de matéria orgânica do solo (SALVIANO et al., 2016), e pela facilidade de sua perda frente ao revolvimento, comparativamente a solos argilosos, que possuem menor proteção química (SOUZA et al., 2017). A falta de proteção em superfície pode favorecer presença da matéria orgânica na solução do solo e sua movimentação para camadas mais profundas e posterior adsorção à fase mineral, assim podendo aumentar os estoques de C (KAISER; KALBITZ, 2012; LEINEMANN et al., 2018; MICHALZIK et al., 2001)

Nesse contexto, o presente trabalho avaliou as alterações da matéria orgânica do solo (MOS) em agroecossistemas que fizeram uma transição da agricultura convencional à orgânica, comparativamente à prática da agricultura convencional, além de um ecossistema natural, englobando o solo superficial, que é a camada de solo de 0-15 cm (OLIVEIRA; BELL, 2022), mas também o subsolo até 1 m de profundidade. Desta forma, as hipóteses levantadas para este trabalho foram: (i) O manejo orgânico, mesmo com intenso revolvimento no cultivo de hortaliças, é capaz de aumentar os estoques de C e N das frações orgânicas da MOS, no solo superficial (0-15 cm) e no subsolo (15-100 cm), em relação ao manejo convencional; (ii) as formas de uso do solo mudam a composição química da MOS para formas mais recalcitrantes em todas as frações e em profundidade; (iii) organismos decompositores de materiais orgânicos mais recalcitrantes são mais abundantes em solos sob manejo convencional. Os objetivos deste estudo foram: (i) avaliar a influência de sistemas de manejo nos estoques de C e N na matéria orgânica do solo, e (ii) avaliar a qualidade da matéria orgânica do solo em agroecossistemas de cultivo orgânicos (horticultura e bananicultura) e convencional, após 20 anos de manejo orgânico.

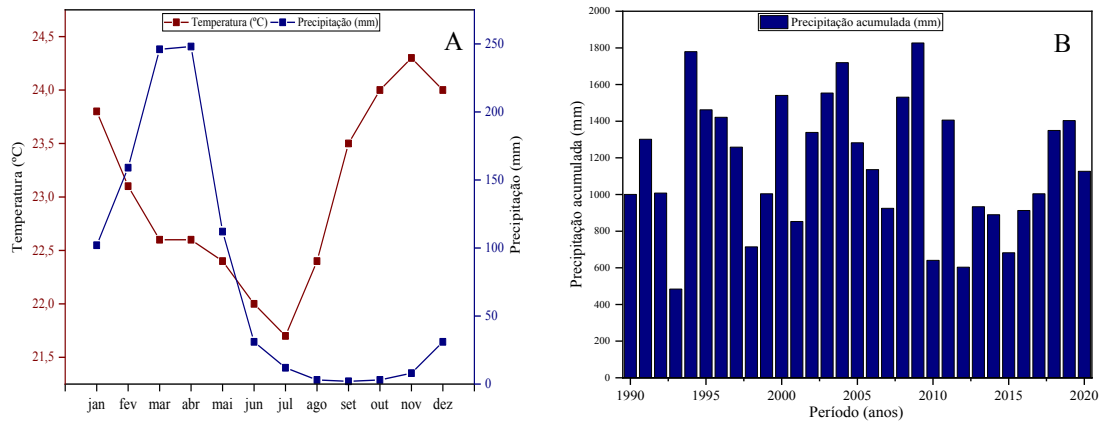
## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição das áreas de estudo**

Os sistemas de uso do solo selecionados para o presente estudo estão localizados no distrito de Limoeiro dos Pompeus, pertencente ao município de Guaraciaba do Norte – CE, Brasil. O clima é, segundo a classificação de Köppen, tropical chuvoso de verão seco (As), com precipitação e temperatura médias anuais de 1.200 mm e 24 °C (FUNCEME, 2020), respectivamente. O período do ano com maiores precipitações e temperaturas são entre janeiro

e maio e setembro e dezembro, respectivamente (Figura 1). A altitude média é de 774 m (ALVARES et al., 2013).

Figura 1 - Precipitação e temperatura médias mensais (A) e série histórica de precipitação (B) do município de Guaraciaba do Norte – CE, Brasil



Fonte: Alvares et al., (2013) e Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2020).

Dois áreas de cultivo orgânico foram selecionadas para o presente estudo: uma área com hortaliças (HT<sub>o</sub>, 5,76 ha) e outra com banana (BN<sub>o</sub>, 1,3 ha). Além dessas, uma área com práticas de agricultura convencional (AG<sub>cv</sub>, 0,35 ha) e outra com vegetação natural (VN, 10 ha) foram também avaliadas (Figura 2).

Figura 2 – Localização das áreas de estudo: a) bananicultura orgânica (BN<sub>o</sub>), b) agricultura convencional (AG<sub>cv</sub>), c) horticultura orgânica (HT<sub>o</sub>) e d) vegetação nativa (VN) no município de Guaraciaba do Norte – CE, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.2 Antecedentes históricos das áreas de estudo

O sítio São Francisco possui atualmente 17 ha destinados ao cultivo de hortaliças e frutas, nos quais adotam-se práticas agroecológicas desde 1997. A transição agroecológica dos agroecossistemas ocorreu diante da insatisfação com o modelo agrícola convencional adotado até então.

A família agricultora do sítio São Francisco participou da Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica (ADAO), criada em 1997. A ADAO é uma organização sem fins lucrativos, tendo como finalidade a fomentação da produção e do consumo de produtos orgânicos, por meio da associação de consumidores de Fortaleza (CE), que interessados na alimentação orgânica, financiam, na perspectiva do comércio justo, agricultores associados na produção orgânica nas áreas certificadas. De um lado, tem-se os produtores que ficam responsáveis em cultivar as olerícolas e frutíferas de interesse dos associados, e do outro, existem os consumidores que pagam para que a produção atenda em qualidade e numa perspectiva de base ecológica (ALENCAR et al., 2013).

A comercialização da produção orgânica do sítio São Francisco era feita inicialmente por meio da ADAO (ALENCAR et al., 2013). Posteriormente, em 2009, a comercialização dos produtos passou a ser feita diretamente na capital do Ceará, Fortaleza, por meio de ponto de venda direta e de contratos com o Serviço Social do Comércio (SESC). Também são feitas entregas de cestas de produtos em domicílio na capital do estado.

O histórico de uso da área do sítio São Francisco remonta a pelo menos 25 anos de manejo convencional, iniciado com a retirada da vegetação natural, práticas com uso do fogo, seguido de cultivos tradicionais de mandioca, milho e feijão consorciados, criação extensiva de gado e, em alguns casos, plantio da cultura de fumo. Após esse período de manejo convencional no sítio São Francisco, práticas com o intuito de melhorar a qualidade dos solos passaram a ser adotadas a partir do ano de 1997. Dentre as principais práticas de manejo adotadas, destacam-se o controle biológico, a rotação de culturas, o uso de composto orgânico, utilização de [bokashi](#) - condicionador de solo formado por farelo vegetal inoculado com microrganismos, que quando submetido a uma fermentação controlada, resulta em um produto capaz de contribuir para a melhoria do solo (SCOTTON et al., 2017) - e a adubação verde multiespécies (coquetel). Máquinas e implementos agrícolas são utilizados rotineiramente no preparo do solo, sendo a

grade de discos utilizada para incorporar a biomassa da adubação verde após a roçagem, bem como a rotoencanteiradeira para formação dos canteiros de olerícolas.

Mais detalhadamente, as práticas agroecológicas adotadas na propriedade envolveram o preparo do solo com a sua correção utilizando calcário dolomítico ( $2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), conforme análise de solo, seguido de adubação verde com uso de várias espécies de plantas (coquetel). A adubação verde adotada utilizou de 10 a 15 espécies de plantas, dentre elas: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC. 1825), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth), kudzu (*Pueraria* sp.), milho (*Zea mays* L.), milheto (*Cenchrus americanus* (L.) Morrone), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), mamona (*Ricinus communis* L. 1753), girassol (*Helianthus annuus* L.), lab-lab (*Lablab purpureus* (L.) Sweet, 1826), mucuna (*Mucuna pruriens* (L.) DC. 1825) e crotalária (*Crotalaria* L.). Após seis meses do plantio, por ocasião do florescimento de grande parte das espécies, a biomassa foi incorporada ao solo ( $45\text{-}70 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) utilizando roçadeira e, posteriormente, a grade de discos, juntamente com adição de mais  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico e composto orgânico ( $8 \text{ kg m}^{-2}$  por ciclo de 90 a 100 dias). Após 10 dias foi iniciada a formação dos canteiros para o plantio de mudas de hortaliças. A partir do quarto ano foi realizada a última incorporação de calcário dolomítico na área ( $2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Desde então a manutenção da fertilidade do solo tem sido feita com a aplicação de compostos orgânicos e adubações verdes, sempre com várias espécies, porém de composição variável dependendo da disponibilidade de sementes, ocorrendo geralmente a cada dois anos. A aplicação do composto foi sendo reduzida ao longo do tempo, passando de  $8 \text{ kg m}^{-2}$  iniciais para  $3 \text{ kg m}^{-2}$  por ciclo de 90 – 100 dias atualmente.

O composto orgânico utilizado (Tabela 1) é produzido com aproximadamente 40% de esterco (bovino e caprino) e 60% de resíduos vegetais (principalmente cana-de-açúcar e carnaúba) oriundos do próprio sítio ou adquiridos externamente. O enriquecimento do composto também é feito com adição de alguns resíduos como farinhas de pena e osso (2,5 a 5% dependendo da cultura e qualidade do solo), calcário dolomítico, fosfato de rocha e leonardita.

Tabela 1 – Composição total de nutrientes do composto utilizado no sistema de cultivo orgânico de olerícolas (HT<sub>o</sub>), no município de Guaraciaba do Norte – CE, Brasil

N	P	K	Ca	Mg	C	C/N	Fe	Zn	Mn	Cu
%						-	mg kg <sup>-1</sup>			
0,85	0,34	1,64	0,75	0,49	20,10	23,72	3394,13	48,23	85,93	7,95

Fonte: Alencar (2005, p. 26) com adaptações.

Após dois anos, ou seja, a partir de 1999 (há 21 anos), o *bokashi* passou a ser utilizado no cultivo orgânico. O *bokashi* é aplicado tanto no composto orgânico produzido no sítio, como pela sua aplicação no solo ou via foliar por meio de diluição em água, sendo as doses variáveis com o tipo de cultura. No caso do *bokashi* do sítio São Francisco, ocorre a inoculação de *eficient microorganism* (EM 4 e EM 5 Embiotic® utilizados no Sítio). Também são incluídas como substratos do *bokashi*: farinhas de osso, de peixe e de pena de aves, e resíduos de plantas oleaginosas, como tortas de mamona e algodão. Recentemente, nos últimos 2 anos, foi incluído na formulação do *bokashi*, cinzas da queima de madeira, provinda das casas de engenho, indústrias e casas de farinha da região.

O uso de irrigação pressurizada por aspersão ocorre em toda a área de cultivo, em média uma lâmina de água de cerca de 10 mm dia<sup>-1</sup> no período mais seco do ano.

O cultivo de hortaliças que compõe a produção, cerca de 15 a 20 culturas, são plantadas na área a cada três meses, ou de acordo com o ciclo da cultura, sendo a rotação de culturas realizada continuamente na área. Dentre as culturas plantadas, destacam-se principalmente: abacate, açafrão, acelga, alecrim, alface-americana, alface-crespa, alface-roxa, almeirão, arruda, aspargo, banana, batata-doce-branca, batata-doce-comum, batata-doce-laranja, batata-yacom, beterraba, brócolis, café, -santo, cebolinha, cenoura, chicória, chicória-crespa, coentro, couve-manteiga, couve-flor, erva-doce, feijão-verde, gengibre, goiaba, hortelã, inhame, laranja, limão, milho, morango, orégano, pepino comum, pepino japonês, pimenta-biquinho, pimenta-de-cheiro, pimentão-verde, quiabo, rabanete, repolho-roxo, rúcula, sálvia, tomate-cereja, tomate, tomilho, urucum, manjerição, salsinha, salsão, quiabo e berinjela.

A área de banana (*Musa paradisiaca* L., 1753) sob cultivo orgânico (BN<sub>o</sub>) está sendo cultivada em fileiras duplas no espaçamento 3 x 3 x 4 m, sendo 3 m a distância entre plantas e entre as fileiras e de 4 m entre fileiras duplas. Esta área foi implantada há 12 anos por

conta da demanda de mercado, sendo precedida de 11 anos de cultivo orgânico de hortaliças em consórcio com *M. paradisiaca*. O cultivo de hortaliças foi interrompido com o maior porte das plantas de *M. paradisiaca*, passando a ser conduzida em monocultivo e sem adubação desde seu estabelecimento. Os resíduos culturais gerados pelas plantas de *M. paradisiaca*, especialmente os oriundos da colheita, são mantidos na área, geralmente nas entrelinhas das plantas, sendo também feita a roçagem do capim (uma espécie do gênero *Panicum* L.), anualmente, pois esta planta ocupa entrelinhas. A colheita dos cachos de *M. paradisiaca* é manual, sendo a retirada da produção da área feita com trator transitando nas entrelinhas das fileiras duplas.

A área de agricultura convencional ( $AG_{cv}$ ) está sendo cultivada há décadas, com vários tipos de culturas ao longo do tempo. Inicialmente com cana-de-açúcar (até 1990), sendo também adotado o consórcio mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), um tipo de consórcio tradicional na região, sem qualquer aplicação de nutrientes externos. O consórcio consiste em linhas alternadas de plantas de mandioca com milho ou feijão, sendo a mandioca conduzida por 1,5 anos, em monocultivo após a colheita das culturas de ciclo curto (milho e feijão). O preparo do solo, até mesmo para a incorporação dos restos culturais e plantas espontâneas, sempre foi realizado com grade de discos. Após 1990 até 2009 o cultivo foi realizado apenas com o consórcio mencionado.

De 2009 a 2011, nesta área ( $AG_{cv}$ ), cultivos com olerícolas (tomate e pimentão principalmente) foram implantados, sendo a adubação orgânica (esterco de aves) utilizada em conjunto com mineral, em formulações NPK 20-10-20, ou, então mais raramente, como fontes individualizadas (uréia, cloreto de potássio e superfosfato simples). A adubação de fundação é realizada em cada cova com incorporação de 2 kg de esterco, irrigando-se por 10 dias, com adição de 50 – 100 g de fertilizante NPK. A adubação de manutenção é realizada a cada 8 – 10 dias, sendo utilizados 20 – 25 g de fertilizante na formulação NPK (ALENCAR, 2005). Não há relatos de aplicação de micronutrientes. Fungicidas e inseticidas também eram aplicados, porém de acordo com a necessidade, sendo muito variável ao longo do tempo. Após o período de cultivo com olerícolas, o consórcio de mandioca, milho e feijão foi cultivado visando o aproveitamento da adubação residual. No período de 2012 a 2014 a área foi utilizada apenas para este consórcio. Entre 2014 e 2018, a cultura da batata-doce passou a ser cultivada em monocultivo. A cultura da *M. paradisiaca* sucedeu a batata-doce, adotando-se espaçamento de 3 m x 3 m, tendo sido feita a aplicação de herbicida de contato na implantação das plantas de

*M. paradisiaca*. Com o tempo, o manejo das plantas espontâneas constitui-se de capinas e deposição de resíduos das culturas nas entrelinhas de forma alternada, permitindo que a tubulação de irrigação por microaspersão fosse implantada nas entrelinhas ausentes de resíduos.

A área sob vegetação natural da região (VN) escolhida é formada por uma vegetação primária, originalmente da fitofisionomia denominada Carrasco e Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (IPEC, 2007). Esta vegetação é caracterizada por fruticeto caducifólio alto, fechado, uniestratificado, com trepadeiras, dossel irregular e árvores emergentes esparsas (ARAÚJO; MARTINS, 1999). Nessa área não há pastejo por animais e pouquíssimos recursos madeireiros são extraídos, podendo ser considerada como uma área preservada.

Nas áreas de estudo ocorre o Neossolo Quartzarênico Órtico típico (ALENCAR, 2005), cujas propriedades químicas e físicas das áreas nas profundidades coletadas são apresentadas na Tabela 2.



Tabela 2 - Propriedades físicas e químicas de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistemas de uso orgânico com olerícolas (HT<sub>o</sub>) e banana (BN<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) no município de Guaraciaba do Norte – CE, Brasil

Usos	Horticultura orgânica - HT <sub>o</sub>				Banana orgânica-BN <sub>o</sub>				Agricultura convencional AG <sub>cv</sub>				Vegetação natural - VN			
	0-15	15-35	35-55	55-100	0-15	15-35	35-55	55-100	0-15	15-35	35-55	55-100	0-15	15-35	35-55	55-100
pH H <sub>2</sub> O	6,75	6,51	6,20	6,15	5,92	6,22	6,07	5,33	4,88	5,00	4,90	4,69	5,16	4,48	4,50	4,65
P (mg dm <sup>-3</sup> )	327,80	102,00	50,40	22,40	113,50	76,30	36,50	2,80	5,52	2,20	0,90	0,30	7,90	1,00	0,20	0,00
P-rem (mg L <sup>-1</sup> )	57,90	57,60	54,80	49,20	52,20	52,60	46,70	42,00	45,70	43,30	31,50	30,40	48,30	37,90	38,20	35,30
K (mg dm <sup>-3</sup> )	81,00	35,00	27,00	57,00	61,00	29,00	19,00	11,00	11,00	1,00	1,00	0,00	49,00	11,00	1,00	0,00
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,72	2,59	1,75	1,63	3,41	2,85	2,04	1,00	1,18	0,72	0,26	0,21	0,85	0,11	0,07	0,05
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,48	0,77	0,62	0,59	0,91	0,65	0,67	0,48	0,24	0,16	0,08	0,07	0,46	0,08	0,05	0,04
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,29	0,68	0,98	1,07	0,39	1,07	1,07	1,17
Al+H <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,00	1,00	1,30	1,10	1,60	1,30	1,60	2,60	3,20	3,70	3,90	3,40	3,80	4,30	40,00	4,50
m (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,70	16,70	43,60	74,20	79,30	21,30	82,90	89,90	92,90
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,41	3,45	2,44	2,37	4,50	3,57	2,76	1,71	1,74	1,56	1,32	1,35	1,83	1,29	1,19	1,26
T <sub>pH7</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,41	4,45	3,74	3,47	6,10	4,87	4,36	4,11	4,65	4,58	4,24	3,68	5,34	4,52	4,12	4,59
V (%)	86,50	77,50	65,20	68,30	73,80	73,30	63,30	36,70	31,20	19,20	8,00	7,60	27,00	4,90	2,90	2,00
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,41	3,45	2,44	2,37	4,50	3,57	2,76	1,51	1,45	0,88	0,34	0,28	1,44	0,22	0,12	0,09
Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )	572,95	598,19	589,88	535,04	527,77	494,22	410,57	374,61	421,34	432,89	388,75	324,16	624,12	597,73	538,15	502,02
Areia fina (g kg <sup>-1</sup> )	245,97	205,13	230,57	239,74	246,16	276,97	305,84	319,75	367,26	287,16	296,07	343,58	213,81	225,46	259,77	262,60
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	39,09	46,83	26,58	27,59	51,56	39,62	37,01	33,08	40,29	55,69	57,31	57,04	32,31	44,08	86,03	33,27
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	142,00	149,86	152,97	197,63	174,51	189,19	246,58	272,56	171,11	224,27	257,87	275,21	129,76	132,73	116,04	202,11

Nota: Potencial hidrogeniônico (pH) em água: determinado em solução 1:2,5 (solo-solução) por potenciometria; Prem: P remanescente extraído por CaCl<sub>2</sub> e determinado por absorção molecular; K e o P disponíveis: extraídos com solução de Mehlich-1, sendo o P determinado por colorimetria e o K por fotometria de emissão de chama; Ca<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> e Mg<sup>2+</sup>: extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, na proporção 1:10, com Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e determinados por espectrometria de absorção atômica e o Al<sup>3+</sup> por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>; H+Al: extraídos com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, na relação 1:15 e determinada por titulação com NaOH 0,0606 mol L<sup>-1</sup>; SB = soma de bases trocáveis (Mg<sup>2+</sup> + K + Ca<sup>2+</sup> cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0 que é soma de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup>; t = capacidade de troca catiônica efetiva que é a soma de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>; V = saturação por bases V(%) = (100\*SB) t<sup>-1</sup>; m = saturação por alumínio em que m = (100\*Al<sup>3+</sup>) (SB+Al<sup>3+</sup>)<sup>-1</sup>; Areia, silte e argila determinados por dispersão mecânica por agitação orbital por 16 horas a 140 rpm e química com NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>. P-rem e as demais análises foram determinadas segundo (Alvarez et al. (2000) e EMBRAPA (2017), respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.3 Amostragem de solo, composto orgânico, planta e serapilheira

A coleta de solo em cada uma das áreas selecionadas, HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN, foi realizada em trincheiras de 1 m x 1 m e 1 m, sendo que no caso de BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub>, elas foram abertas nas entrelinhas de *M. paradisiaca*. Em HT<sub>o</sub>, as trincheiras foram abertas nos canteiros de cultivo de hortaliças e, em VN, não houve critério pré-estabelecido para a localização das trincheiras. Os locais de abertura foram escolhidos aleatoriamente em subáreas dentro de cada área de cultivo/vegetação natural. Ressalta-se que, no momento da coleta das amostras de solo e planta, HT<sub>o</sub> estava sob pousio há 4 meses devendo ser posteriormente preparada para nova adubação verde e aplicação de insumos orgânicos. Essa área também apresentou algumas árvores de abacate (*Persea americana* Mill.), porém bem distantes umas das outras

As amostras deformadas e indeformadas de solo foram coletadas nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, sendo estas definidas após abertura de todas as trincheiras e avaliação de critérios morfopedogenéticos de cor, estrutura e resistência do solo à penetração com uso de instrumento pontiagudo (faca). Dependendo das análises a serem realizadas, as amostras de solo foram secas ao ar, peneiradas < 2 mm e armazenadas para posterior análise. Amostras deformadas também foram refrigeradas (~4 °C) ainda no campo e mantidas dessa forma para posterior análise, além de outras que precisaram de cuidados especiais de assepsia. Detalhes serão apresentados na descrição das análises específicas a seguir.

A amostragem do composto utilizado no cultivo orgânico foi realizada coletando-se amostras de mesmo volume em vários pontos da pilha de compostagem. Posteriormente essas amostras foram misturadas para formação da amostra composta, seca em estufa de circulação forçada a 60 °C até umidade constante.

A serapilheira ocorrente nas áreas de cultivo foi coletada utilizando um quadrado de madeira de 1 m<sup>2</sup>. O material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada a 60 °C e logo em seguida determinado seu peso seco. Após essa aferição, o material foi moído em moinho de faca e, posteriormente, alíquotas compuseram uma amostra composta.

Por último, amostras compostas de plantas, sejam das culturas cultivadas ou ocorrentes nas entrelinhas, como folhas de *M. paradisiaca* e do *Panicum* sp. presentes no sistema BN<sub>o</sub>, foram coletadas em separado, especialmente por conta da dominância no sistema de cultivo. O material foi seco em estufa de circulação forçada a 60 °C. Essas amostras passaram pelo mesmo processo de moagem descrito para serapilheira.

## 2.4 Fracionamento físico da matéria orgânica do solo (MOS)

Amostras deformadas de solo ( $< 2$  mm) foram utilizadas para o fracionamento físico da matéria orgânica (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992), o qual separou as frações: matéria orgânica particulada (MOP), que está associada à fração areia ( $> 53$   $\mu\text{m}$ ); e matéria orgânica associada aos minerais (MOAM) (silte + argila,  $< 53$   $\mu\text{m}$ ). O procedimento consiste na dispersão de uma subamostra de solo (10 g) com 30 mL de solução de hexametáfosfato de sódio ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ) em uma proporção (1: 3 m: v) por 15 h em um agitador horizontal. Em seguida, realizou-se o peneiramento úmido com o auxílio de uma peneira com 53  $\mu\text{m}$  de malha. O material retido é denominado de MOP e a fração que passou pela peneira como MOAM. Essas frações foram secas em estufa com circulação forçada a uma temperatura de 60 °C até peso constante e em seguida, moídas e peneiradas com peneira de 250  $\mu\text{m}$  de malha para determinar seus teores de C e N.

Para a extração da matéria orgânica dissolvida (MOD, fração  $< 0,45$   $\mu\text{m}$ ), as amostras, refrigeradas ainda no campo e mantidas a  $\sim 4$  °C, acondicionados em sacos plásticos de cor preta (para evitar foto-oxidação), foram padronizadas pelo peneiramento em malha de 4 mm, retirando raízes grossas presentes (CHANTIGNY et al., 2007). O solo foi pesado e adicionada água deionizada na proporção 1:1 (m:v), descontando-se a umidade gravimétrica. O uso da água deionizada como extrator objetivou preservar os compostos químicos da MOD. A seguir, as amostras de solo com a água deionizada foram agitadas suavemente com o auxílio de um bastão de vidro durante 1 minuto e, em seguida centrifugadas a 3450 rpm por 10 min. O sobrenadante foi filtrado utilizando membranas de policarbonato de 0,4  $\mu\text{m}$  de diâmetro do poro, ao abrigo da luz, sendo o volume aferido, seguido do armazenamento em freezer a -18 °C. O filtrado foi armazenado em potes plásticos e posteriormente liofilizado para análise elementar. Alíquotas do filtrado também foram armazenadas em microtubos de polipropileno para análise espectrométrica.

## 2.5 Estoques de C e N das frações MOP, MOAM e MOD e Total

Os teores de C da MOP e MOAM foram determinados via úmida pelo método (WALKLEY; BLACK, 1934), tendo sido realizada a oxidação do C com solução de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$   $0,167 \text{ mol L}^{-1}$  e aquecimento externo em bloco digestor a 170 °C (YEOMANS; BREMNER, 1988), com posterior determinação por titulação com  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ . Os teores de N das mesmas frações foram determinados por oxidação com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado em

1 g de mistura digestora composta por 100 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 10 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  e 1 g de Se em bloco digestor até 250 °C, seguido de mudança de cor e posteriormente 350 °C por 30 min. Em seguida a adição de água e NaOH 10 mol  $\text{L}^{-1}$ , e destilação Kjeldahl em solução indicadora de ácido bórico (BREMNER; MULVANEY, 1982) (TEDESCO et al., 1995) e titulação com HCl 0,01 M  $\text{L}^{-1}$ . A determinação do C e N da MOD foi feita a partir do filtrado liofilizado, utilizando um analisador elementar CHNS, modelo Flash EA 1112 da marca Thermo Finnigan (Milan/Itália).

Os estoques de C e N da MOP, MOAM e MOD foram calculados com base na massa específica do solo (ELLERT; BETTANY, 1995). Esse método leva em consideração a massa de solo equivalente das áreas de uso, sendo corrigida a espessura dos agroecossistemas com as mudanças na densidade do solo ( $D_s$ ), utilizando como referência a densidade média da área de vegetação natural em sua respectiva profundidade. A massa do solo em cada profundidade de cada tratamento é determinada pela equação:

$$M_{solo} = E \times ha \times D_s \quad (1)$$

em que:  $M_{solo}$  é a massa de solo por hectare em cada camada avaliada ( $\text{Mg ha}^{-1}$ );  $D_s$  é a densidade do solo em cada camada amostrada ( $\text{g cm}^{-3}$ );  $E$  é a espessura do solo para cada camada em metro (m);  $ha$  é a área empregada (1 ha = 10000  $\text{m}^2$ ).

Em seguida, a espessura da camada a ser descontada ou acrescida nos agroecossistemas em relação a vegetação natural foi determinada pela equação:

$$E(ad | sub) = (M_{ref} - M_{solo}) \times fha / D_s \quad (2)$$

em que:  $E(ad | sub)$  é a espessura da camada de solo a ser acrescida (+) ou descontada (-) da camada do agroecossistema (m);  $M_{ref}$  é a massa equivalente média do tratamento de referência ( $\text{Mg ha}^{-1}$ );  $M_{solo}$  é a massa de solo equivalente de cada tratamento ( $\text{Mg ha}^{-1}$ );  $fha$  é o fator de conversão de ha para  $\text{m}^2$  (0,0001 ha  $\text{m}^{-2}$ );  $D_s$  é a densidade do solo para a área da camada amostrada ( $\text{Mg m}^{-3}$ ).

Após determinar a espessura os estoques de C e N foram calculados pela seguinte equação:

$$ES = \{C \times D_s \times E \pm E(ad | sub)\} \times 10 \quad (3)$$

em que:  $ES$  é o estoque de C ou N nas frações da MOS ( $\text{Mg ha}^{-1}$ );  $E$  é a espessura da camada de solo (m);  $D_s$  é a densidade do solo do sistema de cultivo na camada escolhida ( $\text{g cm}^{-3} = \text{Mg}$

$\text{m}^{-3}$ );  $C$  ou  $N$  são os teores de C ou N na fração da MOS ( $\text{g kg}^{-1}$ ); e 10 é o fator de conversão de  $\text{kg m}^{-2}$  para  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

Os estoques da área de referência foram calculados apenas pelo produto do teor, densidade e espessura da camada de solo, ou seja  $ES = C \times Ds \times E \times 10$ . Em que:  $ES$  é o estoque de C ou N nas frações da MOS ( $\text{Mg ha}^{-1}$ );  $C$  ou  $N$  são os teores de C ou N na fração da MOS ( $\text{g kg}^{-1}$ );  $Ds$  é a densidade da camada de solo;  $E$  é a espessura da camada de solo (m); e 10 é o fator de conversão de  $\text{kg m}^{-2}$  para  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

## 2.6 Déficit de saturação de carbono

O déficit de saturação de C (DSC) (SOUZA et al., 2017) foi calculado para cada profundidade dos solos das áreas de uso com base nos modelos de nível de saturação de C (NSC) de Six et al., (2002), onde NSC ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da fase mineral (silte + argila) é o valor esperado de C, calculado pelo modelo, para solos de argila 1:1 dominada por filossilicatos, argilomineral este encontrado no solo por Alencar (2005), pela equação:

$$NSC = 5,5 + 0,26 \times (\text{silte} + \text{argila}) \quad (4)$$

em que:  $NSC$  é o nível de saturação de C (g de C por  $\text{kg}^{-1}$  de MOAM); ( $\text{silte} + \text{argila}$ ) é o teor de silte + argila (%).

O valor de NSC foi utilizado no cálculo do DSC (%) pelo modelo:

$$DSC = \{(NSC - C)\}/NSC \times 100 \quad (5)$$

em que:  $DSC$  é o déficit de saturação de C (%);  $C$  é o teor de C orgânico da MOAM dos sistemas de uso ( $\text{g kg}^{-1}$ ).

## 2.7 Espectrometria do infravermelho com reflectância total atenuada (ATR-FTIR)

As absorvâncias obtidas na espectroscopia do infravermelho com reflectância total atenuada (ATR-FTIR) foi realizada em amostras das frações MOP, MAOM e MOD. No caso da fração MOP, com grande proporção de partículas da classe areia, após o fracionamento com dispersante hexametáfosfato de sódio, foi feita outra separação por densidade em água, visando a separação do material orgânico. Para tanto, a MOP foi transferida para um becker e agitada em água para suspender as partículas orgânicas e precipitar a areia. O material em suspensão foi vertido novamente na peneira de 53  $\mu\text{m}$ , procedimento esse repetido até a remoção das partículas de areia. Essa fração foi seca em estufa com circulação forçada a uma temperatura

de 60 °C até peso constante e, posteriormente, finamente moída para caracterização pela ATR-FTIR. Esse procedimento possibilitou a melhoria da qualidade dos espectros no infravermelho, pois permitiu a retirada das partículas de areia presentes na MOP, o que leva a ser denominada de matéria orgânica particulada leve em água ( $MOP_{\text{leve}} > 53 \mu\text{m}$ ) (ANDERSON; INGRAM, 1989).

As frações  $MOP_{\text{leve}}$  e MOAM foram moídas em almofariz de ágata e armazenadas em recipiente para a análise espectrométrica. Para descontar o efeito matriz da fração mineral, amostras de MOAM das primeiras camadas, assim como das últimas, foram calcinadas para descontar a fase mineral (obtida com a oxidação da matéria orgânica em mufla a 500°C colocando a amostra em cadinhos de porcelana) dos espectros, visando melhorar a qualidade dos espectros obtidos e sua interpretação (MARGENOT; PARIKH; CALDERÓN, 2019).

Amostras compostas de MOD (filtrado liofilizado) também foram analisadas por ATR-FTIR, onde o material foi coletado com o auxílio de uma espátula inox, misturado e realizada a leitura. Já as amostras do material vegetal coletado e do composto orgânico foram também moídas em moinho de bola e analisados. Os espectros de absorvância foram obtidos em um espectrofotômetro (660-IR, Varian, USA) equipado com acessório de reflectância atenuada (GladiATR, PIKE Technologies, USA) na região de 400-4000  $\text{cm}^{-1}$  com 16 varreduras e 4  $\text{cm}^{-1}$  de resolução espectral. Os espectros recolhidos foram corrigidos tendo o ar ambiente como *background* utilizando o software Resolutions Pro e, com uso do software Origin 2018, os espectros foram normalizados. Posteriormente as bandas foram corrigidas pelas linhas de base mínima e máxima (RANA et al., 2018) e, assim, identificadas as bandas correspondentes aos grupos orgânicos de interesse, conforme ANEXO A, cujos resultados constam do APÊNDICE D ao APÊNDICE G.

## 2.8 Espectrometria do ultravioleta e luz visível (UV-Vis)

Espectros das amostras de MOD (m:v, 1:1) na faixa do ultravioleta e luz visível (UV-Vis) utilizando comprimentos de onda de 200 a 800 nm foram obtidos por meio do espectrofotômetro de matriz de diodo ultravioleta visível modelo Cary 8454 (Agilent®) com uso do *software* 845 UV – *Visible System*, utilizando cubeta de quartzo de 1 ml. Utilizou-se água deionizada como amostra-referência. As amostras que apresentaram valores superiores a absorvância (A) de 1A foram diluídas para absorvâncias baixas ( $< 1A$ ), sendo, posteriormente, considerados os fatores de diluição.

Os comprimentos de onda referentes a indicadores qualitativos da MOD foram selecionados em cada espectro, sendo: 210 e 280 nm – amins e grupos funcionais CO-NH e compostos aromáticos e conjugados de C=C em solução, respectivamente (KALBITZ et al., 2003; SILVERSTEIN, 1977; WANG et al., 2021); a razão entre 253 e 203 nm (253/203) para grupos funcionais de anéis aromáticos substituídos com hidroxila, carbonila, éster e grupos carboxila (quanto maior o índice, mais grupos contém oxigênio na estrutura das cadeias laterais do anel aromático de C) (KORSHIN; LI; BENJAMIN, 1997); e o comprimento de 254 nm associado a presença de compostos aromáticos.

O índice de absorvância específica do UV ( $SUVA_{254}$ ) foi calculado, em que se normaliza o coeficiente de absorção  $a$ , em 254 nm, pela concentração de C orgânico dissolvido (COD). Esse índice indica o grau de aromaticidade da amostra (WEISHAAR et al., 2003; CONSTANTINO, 2019), sendo determinado pela equação:

$$SUVA = \{a(254 \text{ nm})\}/C \quad (6)$$

em que:  $SUVA_{254}$  é o índice de absorvância específica do UV ( $L \text{ mg}^{-1} \text{ m}^{-1}$ );  $a(254 \text{ nm})$  é o coeficiente dado pela absorvância em 254 nm dividida pelo comprimento do caminho óptico (cubeta) (m),  $C$  é o teor de C dissolvido da amostra ( $\text{mg L}^{-1}$ ).

## 2.9 Composição molecular das frações MOP, MOAM, serapilheira e de planta

Hidrólise e metilação termicamente assistida acoplado a cromatografia gasosa com espectrometria de massa (TMAH-GC-MS), ou termoquimólise, foi a técnica de quimólise utilizada para caracterização de compostos orgânicos de amostras complexas, modificado de Hatcher et al. (1995). As amostras compostas de planta e serapilheira (2 mg), MOP (200 mg) e MOAM (100 mg), finamente moídas em almofariz de ágata, passaram pelo procedimento de quebra por metilação com hidróxido de tetrametilamônio (TMAH) (200  $\mu\text{L}$ ). As amostras com a solução de TMAH em metanol (25% m:v) foram secas em concentrador de amostras sob fluxo de  $\text{N}_2$  a 38 °C e levadas à mufla em temperatura de 300 °C por 30 min. Em seguida foram ressuspendidas com 3 mL de diclorometano, coletado com seringa de vidro e filtradas com filtro hidrofílico 0,45  $\mu\text{m}$ , sendo adicionados 50  $\mu\text{L}$  de padrão interno de nonadecanoato de metila. Posteriormente, as amostras foram secas em evaporador de solventes e armazenadas a -18 °C. Para análise, as amostras foram ressuspendidas com 200  $\mu\text{L}$  de diclorometano.

Para leitura das amostras foi utilizado um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massas (GC-MS) modelo Shimadzu QP 2010SE, equipado com uma coluna

capilar Rtx – 5 MS (5% bifenil, 95% dimetilpolisiloxano) 30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$ , sendo injetado um volume de 1  $\mu\text{L}$  de amostra. As condições cromatográficas para análise foram: temperatura inicial de 60  $^{\circ}\text{C}$ , com taxa de aquecimento de 15  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  até atingir 150  $^{\circ}\text{C}$ , quando a taxa de aquecimento muda para 4  $^{\circ}\text{C}$  até a temperatura final de 300  $^{\circ}\text{C}$ , permanecendo a 300  $^{\circ}\text{C}$  por 5 minutos; temperatura do injetor de 300  $^{\circ}\text{C}$ ; temperatura da fonte de íons de 200  $^{\circ}\text{C}$ ; utilizando hélio (He) como gás de arraste. O espectrômetro de massa foi operado no modo de impacto eletrônico a 70 eV em faixa de varredura de 35-700  $m/z$ . Os compostos foram identificados com base na biblioteca *National Institute of Standards and Technology* (NIST) utilizando índice de similaridade de 85%.

No cálculo da abundância relativa dos compostos foram utilizadas as áreas dos picos identificados no espectrômetro de massas (MS) correspondentes para cada amostra. Grupos siloxanos e suas respectivas áreas de pico foram descartados da análise da abundância relativa dos compostos pois se originam da coluna Rtx.

Os compostos orgânicos foram classificados nos seguintes grupos orgânicos: (i) derivados de lignina (CLIFFORD et al., 1995; DEL RIO et al., 1998); (ii) derivados de carboidratos (FABBRI; HELLEUR, 1999); (iii) derivados de cutina - éteres e ésteres metílicos com 17 e 19 átomos de C (16:0 e 18:0) (KOLATTUKUDY, 1981); (iv) derivados de suberina - ésteres metílicos com acima de 21 átomos de C (20:0 – 30:0), diésteres e o ácido nonahexacontanóico (68:0) (KOLATTUKUDY, 1981); (v) outros fenólicos; (vi) outros lipídios - álcoois graxos e vitaminas; (vii) terpenos e terpenóides; (viii) ácidos graxos - ácidos de cadeia curta (exceto cutina); (ix) hidrocarbonetos *n*-alcanos; (x) alceno; (xi) *black carbon* (BC) - possível origem de C negro; (xii) derivados de aminoácidos; e (xiii) outros, conforme apresentado nos APÊNDICES A ao C.

## **2.10 Análise da estrutura da comunidade microbiana pelo perfil de ácidos graxos fosfolipídios (PLFA)**

As coletas de amostras para a análise do perfil de ácidos graxos fosfolipídios (PLFA) foram feitas com cuidados de assepsia dos instrumentos utilizados (espátulas e peneiras), utilizando álcool 70%, luvas de nitrila sem talco e armazenamento de amostras em tubos tipo Falcon 50 ml esterilizados, refrigeradas ainda no campo ( $\sim 4^{\circ}\text{C}$ ). Em seguida, as amostras foram liofilizadas utilizando equipamento FreeZone LABCONCO® 6 L, sendo posteriormente armazenadas em temperatura ambiente. Para análises do PLFA utilizou-se



procedimento modificado de Bligh e Dyer (1959); Fernandes e Chaer (2010); Frostegard e Baath, (1996); Quideau et al. (2016).

Subamostras de 3 g do solo liofilizado das profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm foram utilizadas para extração, sendo agitadas por 16 h a 140 rpm em recipiente contendo 3 mL de tampão fosfato  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ , 4 mL de clorofórmio e 8 mL de metanol. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas a 2500 rpm por 12 min e o sobrenadante levado a filtração. O processo de extração foi repetido por mais duas vezes. Após cada centrifugação, foi feita a filtragem com filtro de papel quantitativo, tendo sido adicionado 12 mL de NaCl  $2 \text{ mol L}^{-1}$  para separação de fases. A fase de maior densidade, aquela que contém os lipídios totais do solo, foi coletada e seca em concentrador de amostras sob fluxo de  $\text{N}_2$  a  $38^\circ\text{C}$ . Posteriormente, com a ressuspensão em 1,5 mL de clorofórmio, os lipídios foram separados em colunas de sílica ambientadas com 2 mL de clorofórmio. Os lipídios neutros eluídos em clorofórmio (6 mL adicionados) e os glicolipídios eluídos em acetona (6 mL adicionados) e que passaram pela coluna foram descartados. Os fosfolipídios foram obtidos passando o solvente metanol (6 mL adicionados) na coluna de sílica e, então, coletados em tubos limpos e, posteriormente, secos em evaporador de solventes. Em seguida, houve o processo de transesterificação por metilação alcalina branda. Os fosfolipídios secos foram ressuspensos com mistura de 1 mL de metanol e tolueno (1:1), 1 mL de KOH  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  e adicionado  $80 \mu\text{L}$  de padrão interno de nonadecanoato de metila, sendo aquecidos em seguida a  $37^\circ\text{C}$  por 15 min. Após esse tempo, foram adicionados 2 mL de água deionizada, 0,3 mL de ácido acético  $1 \text{ mol L}^{-1}$  e 1,5 mL de hexano. A fase menos densa foi coletada e seca em evaporador de solventes e, posteriormente, armazenadas a  $-18^\circ\text{C}$ . Para a leitura das amostras, os ésteres metílicos foram ressuspensos em hexano ( $250 \mu\text{L}$ ), coletados e armazenados em *vials* com *inserts* e levados ao cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas (GC-MS).

Para análise das amostras foi utilizado um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massas (GC-MS), modelo Shimadzu QP 2010SE, equipado com uma coluna capilar Rtx – 5 MS (5% bifenil, 95% dimetilpolisiloxano)  $30 \text{ m} \times 0,25 \text{ mm} \times 0,25 \mu\text{m}$ , sendo injetado um volume de  $1 \mu\text{L}$  de amostra. As condições cromatográficas para de análise foram: temperatura inicial de  $150^\circ\text{C}$  por 4 min; taxa de aquecimento de  $4^\circ\text{C}$ , indo a  $200^\circ\text{C}$ , quando, então, a taxa de aquecimento muda para  $2^\circ\text{C}$  até atingir  $220^\circ\text{C}$ , permanecendo a essa temperatura por 2 min, alterando novamente para uma taxa de aquecimento de  $35^\circ\text{C}$  até atingir a temperatura final de  $300^\circ\text{C}$ , permanecendo a essa temperatura por mais 2 min; temperatura

do injetor de 270°C; temperatura da fonte de íons de 200°C. Em todas as situações utilizou-se hélio (He) como gás de arraste. O espectrômetro de massas foi operado no modo de impacto eletrônico a 70 eV em faixa de varredura de 35-500 *m/z*. Os biomarcadores dos PLFAs dos grupos taxonômicos de microrganismos foram identificados com base na biblioteca *National Institute of Standards and Technology* (NIST 2011), utilizando índice de similaridade de 85%. O auxílio do *software Postrum*, que permite visualizar a estrutura, tempo de retenção e padrões de *Bacterial Acid Methyl Ester* (BAME, código – 47080-U) e *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME, código- 47885-U), o que possibilitou a identificação mais precisa dos compostos.

Os biomarcadores de PLFAs de bactérias foram: i14:0, a15:0, 16:1w7z, i17:0, a17:0, cy17:0, 18:0 10 Me, 18:1w8e, 19:1w9z, 19:1w9e (VEUM; LORENZ; KREMER, 2019), adicionalmente 15:0, 17:0, 18:1w7e (FROSTEGARD; BAATH, 1996), e ainda 16:0, 18:0 (LIU et al., 2022) (MYERS et al., 2001). As bactérias gram-positivas (G+) corresponderam aos compostos com ramificação iso e anti-iso; as gram-negativas (G-) aos ácidos graxos monoinsaturados e cíclicos; os actinomicetos corresponderam aos compostos com metil no C 10; e bactérias não específicas foram representadas por 15:0, 16:0, 17:0 e 18:0. Os biomarcadores de fungos estabelecidos pelo biomarcador 18:2w6,9 (FROSTEGARD; BAATH, 1996), 18:1w9e, 18:1w9z (MYERS et al., 2001), todos encontrado no *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME), conforme o Apêndice D.

## **2.11 Densidade aparente e textura do solo**

Amostras indeformadas foram coletadas para determinação da densidade aparente do solo pelo método do anel volumétrico, também permitindo a determinação da umidade do solo (EMBRAPA, 2017). Amostras deformadas compostas das camadas de cada área foram utilizadas para a determinação da granulometria do solo por separação das frações areia fina e grossa por peneiramento e argila e silte por densidade e sedimentação pelo método da pipeta (EMBRAPA, 2017).

## **2.12 Agregados estáveis em água**

Para a análise de agregados estáveis em água procedeu-se conforme Amaro Filho; Assis Júnior e Mota (2008). As amostras de solo indeformadas, coletadas em caixas plásticas, foram secas ao ar e agregados com tamanho entre 4,76-2,00 mm separados por peneiramento. Posteriormente, 25g foram colocados em um vidro de relógio, foram borrifados com água com o auxílio de uma bomba de ar a cada 10 min. Os agregados foram umedecidos até formar um

filme de água na superfície afim de evitar que a pressão osmótica rompesse o agregado quando entrasse em contato com a água no tamizamento. Os agregados úmidos foram deixados em repouso de 12-16 h para posterior tamisação em água utilizando o agitador tipo Yoder. As classes de agregados separadas foram aqueles com diâmetro entre 4,76-2,00; 2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,25 e 0,25-0,106 mm, sendo, após o peneiramento em água, secos em estufa a 105 °C, até massa constante, e, posteriormente, seus pesos aferidos. Após a aferição da massa dos agregados aparentes, eles foram dispersos quimicamente com solução de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, e vertidos em sua respectiva peneira para aferir a massa das partículas primárias de cada classe. Para determinar de umidade residual nos agregados, foram secos em estufa 25 g de agregados a 105°C.

A porcentagem de agregados em cada classe (%Ac) foi calculada de acordo com a equação:

$$\%Ac = \{(Ma - Mp)/(Mi - Mw - \sum pi)\} \times 100 \quad (7)$$

em que: %Ac é a porcentagem de agregados em cada classe (%); Ma é a massa de agregados aparentes (g); Mp é a massa das partículas primárias (g); Mi é a massa amostral (g); Mw é a massa de água dos agregados (g); e  $\sum pi$  é a soma da massa de partículas primárias (g).

A porcentagem de agregados em cada amostra (%Am) é dada pela equação:

$$\%Am = \{(\sum Ma - \sum Mp)/(Mi - Mw - \sum pi)\} \times 100 \quad (8)$$

em que: %Am é a porcentagem de agregados totais (%);  $\sum Ma$  é o somatório da massa de agregados aparentes (g);  $\sum Mp$  é o somatório das massas das partículas primárias (g); Mi é massa amostral (g); Mw é massa de água dos agregados (g); e  $\sum pi$  é o somatório da massa de partículas primárias (g).

O diâmetro médio ponderado (DMP) é dado pela equação:

$$DMP = \sum(Xi \times Wi) \quad (9)$$

em que: DMP é o diâmetro médio das partículas (mm); Xi é o centro da classe (média entre o limite superior e inferior da classe) (mm); e Wi é a fração de agregados em cada classe (g).

### 2.13 Análises estatísticas

Os resultados foram analisados estatisticamente considerando um fatorial 4 x 4 com restrições de aleatorização em que as trincheiras foram sistematicamente distribuídas dentro das áreas de cultivo (HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN), caracterizando um delineamento sistemático (ALVAREZ; ALVAREZ, 2013; CALZADA BENZA, 1964) sendo as profundidades dispostas

em faixas. Utilizou-se quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (Tabela 3) e o desdobramento das interações sistema de uso x profundidade foi realizado independentemente da significância pelo teste F, até 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos em cada profundidade foram comparadas pelo teste Tukey, até 10% de probabilidade, utilizando-se os erros apropriados para cada tipo de comparação, usando os SISVAR software (FERREIRA, 2011) e o *software* R versão 4.1.2 com o pacote *ExpDes.pt* e função *tukey* (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2021).

Tabela 3 - Quadro de análise de variância (ANOVA) do delineamento sistemático

Fontes de variação	Graus de liberdade
Sistema de cultivo	$(i-1) = 3$
Erro A	$(i-1) * (k-1) + (k-1) = (3*3) + (3) = 12$
Profundidade	$j-1 = 3$
Erro B	$(j-1) * (k-1) = 3*3 = 9$
Sistema de cultivo * profundidade	$(i-1) * (j-1) = 3*3 = 9$
Erro C	$3*3*3 = 27$
Total	$64-1 = 63$

Fonte: Elaborado pelo autor.

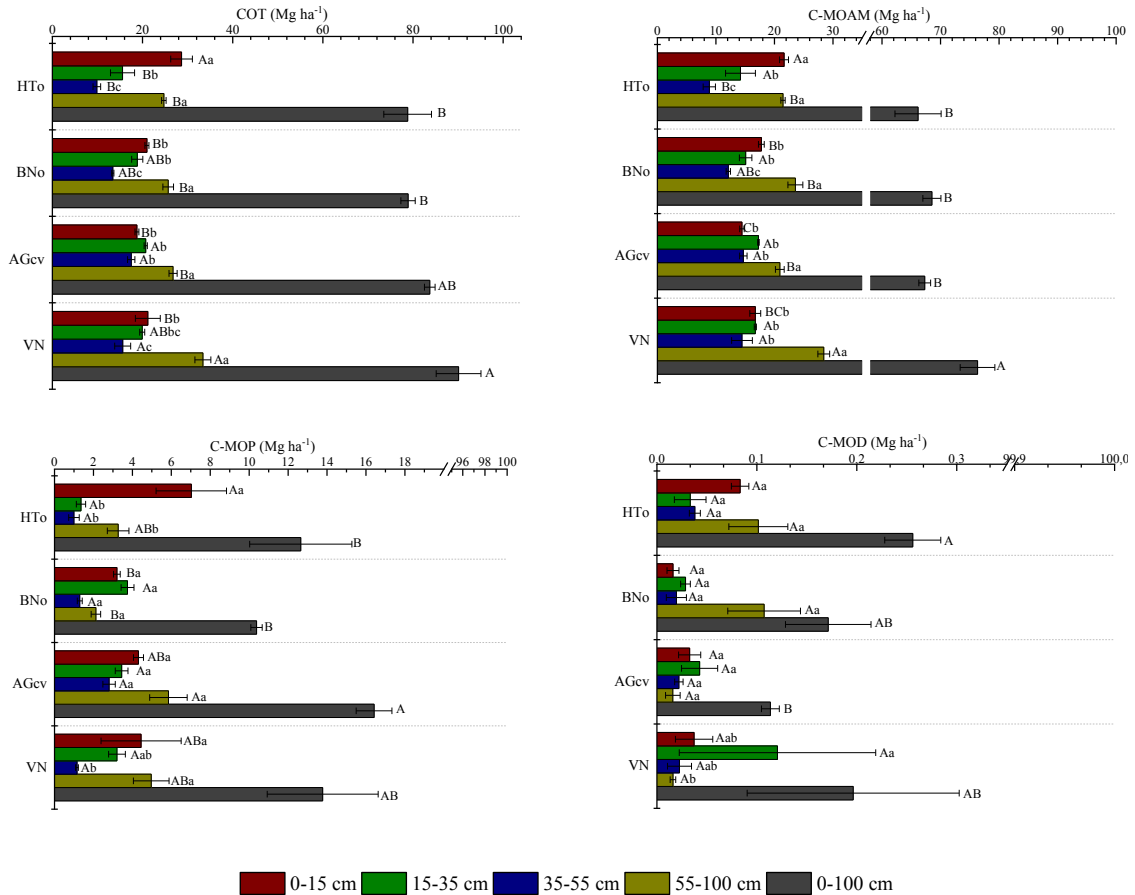
Também foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para melhor relacionar a MOAM e MOP com a agregação do solo. Para isso, os teores de C e N das frações da matéria orgânica foram convertidos em g de C ou N por kg de MOP ou MOAM. Uma correlação de Spearman também foi realizada entre variáveis qualitativas do UV-vis da MOD, C e N das frações MOP e MOAM, relacionando também com os grupos microbianos dos PLFAs no *software* R versão 4.1.2.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Estoques de C orgânico e N total e das frações da matéria orgânica do solo (MOS)

De modo geral, o C-MOAM foi a fração que apresentou os maiores estoques observados entre os sistemas de uso ( $X\_Geral = 69,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), seguido de C-MOP ( $X\_Geral = 13,31 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e C-MOD ( $X\_Geral = 0,18 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), nesse caso considerando 0-100 cm. C-MOP e C-MOD foram as frações que apresentaram médias com alto erro padrão, entre 0,29 e 2,80 para C-MOP e entre 0,04 e 0,11 para C-MOD (Figura 3).

Figura 3 - Estoques de C orgânico total (COT) e da matéria orgânica particulada (C-MOP), associada a minerais (C-MOAM) e dissolvida (C-MOD) de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistemas de uso orgânico com olerícolas (HT<sub>o</sub>) e banana (BN<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, no município de Guaraciaba do Norte CE, Brasil



Nota: Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema de uso. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No perfil de solo analisado (0-100 cm), os estoques de C foram diferenciados quanto às frações e sistemas de uso do solo. COT e C-MOAM foram maiores ( $P < 0,10$ ) em VN (90,10 e 76,32 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) comparativamente às demais situações avaliadas (HT<sub>o</sub> = 78,82 e 66,16 Mg ha<sup>-1</sup>, BN<sub>o</sub> = 78,90 e 68,52 Mg ha<sup>-1</sup> e AG<sub>cv</sub> = 83,72 e 67,30 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), as quais foram similares ( $P > 0,10$ ) entre si (Figura 3). Quanto a C-MOP, os sistemas orgânicos, HT<sub>o</sub> (12,65 Mg ha<sup>-1</sup>) e BN<sub>o</sub> (10,38 Mg ha<sup>-1</sup>), apresentaram os menores ( $P < 0,10$ ) estoques em relação a AG<sub>cv</sub> (16,42 Mg ha<sup>-1</sup>), enquanto, em VN (13,78 Mg ha<sup>-1</sup>), foi

intermediário entre os sistemas orgânicos (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>) e o convencional (AG<sub>cv</sub>). Diferente das outras frações da MOS, o C-MOD apresentou estoques similares (P>0,10) estatisticamente em todos os sistemas de uso para 0-100 cm, a exceção de AG<sub>cv</sub> (0,11 Mg ha<sup>-1</sup>), menor, frente a HT<sub>o</sub> (0,26 Mg ha<sup>-1</sup>) (P<0,10) (Figura 3).

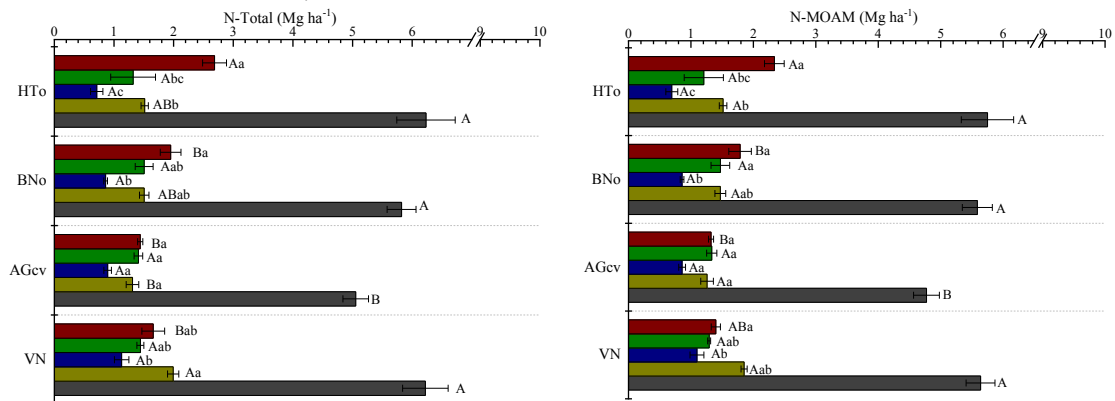
O comportamento verificado no perfil de 0-100 cm diferencia-se em todas as frações da MOS, quando os sistemas de uso são considerados em cada profundidade. Os estoques de COT e C-MOAM em VN foram maiores (P<0,10) que os sistemas de uso quando considerou-se a profundidade de 55-100 cm. Na profundidade de 35-55 cm, VN e AG<sub>cv</sub> apresentaram os maiores (P<0,10) estoques de COT e C-MOAM em relação a HT<sub>o</sub>, sendo BN<sub>o</sub> semelhante (P>0,10) a todos os sistemas. No caso da profundidade de 15-35 cm, os sistemas de uso não apresentaram diferenças (P>0,10) nos estoques de C-MOAM, porém COT foi maior (P<0,10) em AG<sub>cv</sub>, comparativamente a HT<sub>o</sub>, sendo que, em BN<sub>o</sub> e VN, os valores foram intermediários e semelhantes entre si (P>0,10). HT<sub>o</sub>, na camada superficial de 0-15 cm, apresentaram os maiores (P<0,10) estoques em relação aos demais sistemas de uso. O mesmo aconteceu com BN<sub>o</sub> em relação a AG<sub>cv</sub> (P<0,10), com VN apresentando estoques intermediários a esses dois últimos (P>0,10). Quanto ao COT, nessa mesma profundidade (0-15 cm), os estoques em HT<sub>o</sub> também foram maiores (P<0,10), no entanto, não houve diferenças (P>0,10) entre BN<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN. C-MOP apresentou estoques semelhantes (P>0,10) para todas as situações de estudo (BN<sub>o</sub>, HT<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN) nas profundidades de 15-35 cm e 35-55 cm, enquanto BN<sub>o</sub>, em 0-15 cm e 55-100 cm, foi o sistema agrícola com os menores (P<0,10) estoques. Os estoques de C-MOD não apresentaram diferenças significativas (P<0,10) entre sistemas de uso, quaisquer que sejam as profundidades avaliadas, a exceção dos comentários iniciais feitos para 0-100 cm.

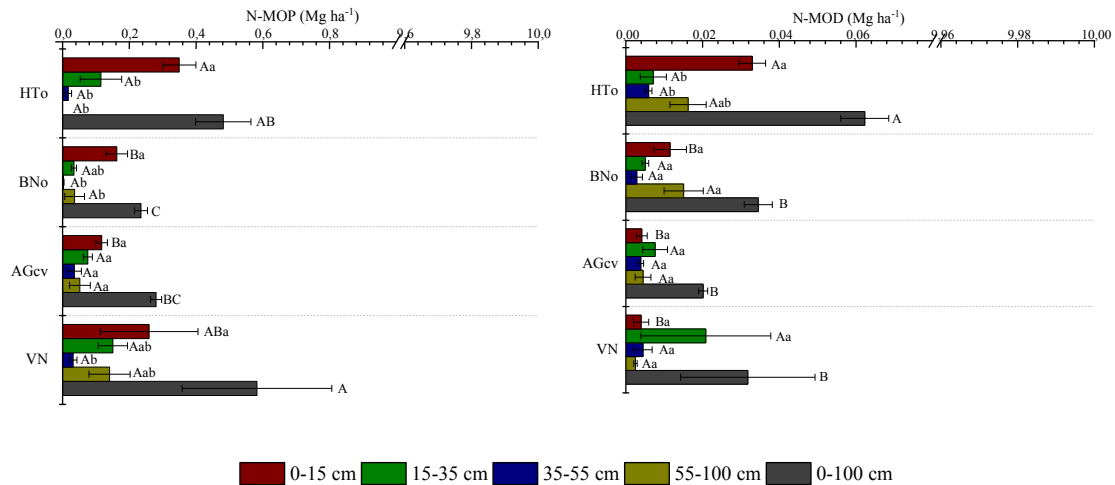
Ao avaliar os estoques entre profundidades em cada um dos sistemas, constatou-se que COT e C-MOAM apresentaram os maiores (P<0,10) estoques em 55-100 cm. A exceção ocorreu com HT<sub>o</sub>, quando a primeira profundidade (0-15 cm) apresentou estoques semelhantes (P>0,10) à última profundidade (55-100 cm). Em relação a 0-15 cm, 15-35 cm e 35-55 cm, observaram-se semelhanças estatísticas (P>0,10) entre estas três profundidades para COT e C-MOAM em VN e AG<sub>cv</sub>, exceto em relação a 0-15 cm em VN (COT). Nas demais situações, HT<sub>o</sub> possui estoques maiores em superfície, diminuindo com a profundidade (P<0,10), até 35-55 cm. BN<sub>o</sub> apresentou diferenças apenas em 35-55 cm em relação as camadas superficiais (P<0,10) tanto para COT como C-MOAM. A semelhança estatística (P>0,10) foi o resultado

comum a praticamente todas as comparações feitas entre os estoques de C-MOP e C-MOD para  $BN_o$  e  $AG_{cv}$ , nas diferentes profundidades. Tal condição não se repetiu para  $HT_o$ , quando os maiores ( $P<0,10$ ) estoques de C-MOP observados ocorreram na superfície (0-15 cm), sendo as demais semelhantes entre si. Nessa mesma situação de estudo, C-MOD apresentou-se semelhante entre todas as profundidades. Já VN apresentou os maiores ( $P<0,10$ ) estoques de C-MOP em 0-15 e 55-100 cm frente a 35-55 cm. VN também foi o único sistema a apresentar diferenças nos estoques de C-MOD entre as profundidades, sendo os estoques em 15-35 cm, maiores ( $P<0,10$ ) que 55-100 cm, com as demais camadas com estoques semelhantes entre si ( $P>0,10$ ) nas profundidades de 15-35 cm e 55-100 cm.

Os estoques de N-Total ou em frações da MOS (N-MOAM, N-MOP ou N-MOD), observados na camada de 0-100 cm dos sistemas de uso do solo, apresentaram comportamentos distintos.  $HT_o$ ,  $BN_o$  e VN foram semelhantes entre si, mas maiores que  $AG_{cv}$ , quanto a N-Total e N-MAOM ( $P<0,10$ ). Os estoques de N-MOP de  $HT_o$  e VN foram semelhantes entre si e maiores ( $P<0,10$ ) que  $BN_o$ , sendo  $AG_{cv}$  semelhante a  $BN_o$  e  $HT_o$ . Já N-MOD, os maiores estoques estão associados a  $HT_o$  frente às demais situações de uso, com a seguinte sequência:  $HT_o > VN = BN_o = AG_{cv}$  (Figura 4,  $P<0,10$ ).

Figura 4 - Estoques de N-Total e da matéria orgânica particulada (N-MOP), associada a minerais (N-MOAM), dissolvida (N-MOD) de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com olerícolas ( $HT_o$ ), banana ( $BN_o$ ) e convencional ( $AG_{cv}$ ) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, no município de Guaraciaba do Norte CE, Brasil





Nota: Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema de uso. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao avaliar o comportamento dos sistemas de uso em cada profundidade, constatou-se que somente em 0-15 cm, N-Total apresentou os maiores estoques em HT<sub>o</sub>, comparativamente aos demais sistemas de uso ( $P < 0,10$ ). Nas demais profundidades (15-35 cm, 35-55 cm e 55-100 cm), os sistemas de uso apresentaram estoques similares ( $P > 0,10$ ), com exceção de VN com os maiores estoques ( $P < 0,10$ ) na camada de 55-100 cm em relação a AG<sub>cv</sub>, sendo nesse caso, os sistemas orgânicos intermediários ( $P > 0,10$ ). N-MOAM apresentou praticamente o mesmo comportamento de N-Total, esperado, pois, esta é a fração de maior participação no N-Total (5,44 de 5,83 Mg ha<sup>-1</sup>, valores médios para todos os sistemas, equivalendo a 93%). As únicas diferenças em relação a N-Total é que HT<sub>o</sub> apresentou estoques de N-MOAM maiores ( $P < 0,10$ ) em 0-15 cm que os demais usos do solo. N-MOP e N-MOD também apresentaram diferenças estatísticas somente na profundidade de 0-15 cm. BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> foram as situações com menores ( $P < 0,10$ ) estoques de N-MOP em relação a HT<sub>o</sub>, enquanto VN intermediário e semelhante ( $P > 0,10$ ). HT<sub>o</sub> foi o sistema com maiores estoques N-MOD ( $P < 0,10$ ) em relação a todos os sistemas de uso em 0-15 cm.

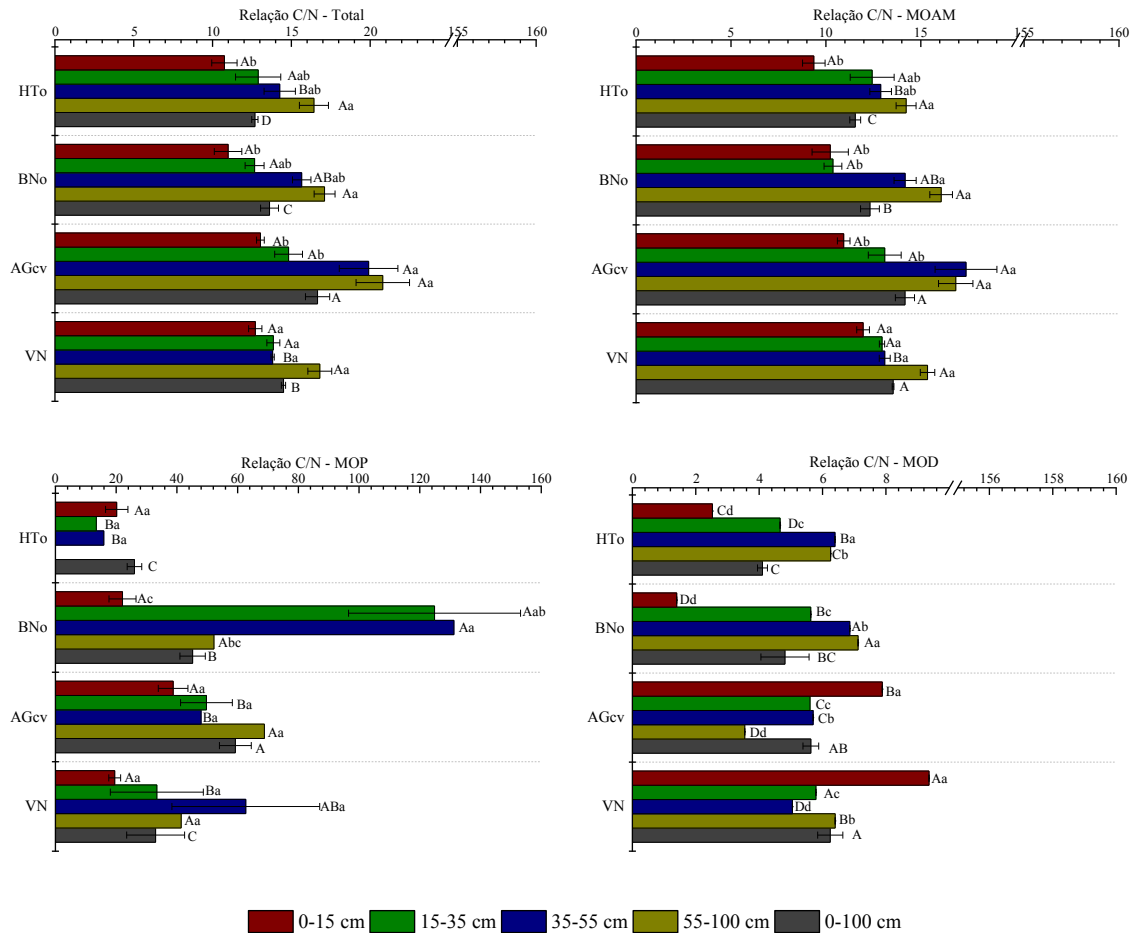
Entre profundidades, para cada sistema de uso, não houve diferenças em nenhuma variável analisada em AG<sub>cv</sub> ( $P > 0,10$ ). VN, por outro lado, apresentou menores ( $P < 0,10$ ) estoques de N-Total e N-MOAM na profundidade 35-55 cm, em relação a 55-100 cm e a 0-15 cm, respectivamente. HT<sub>o</sub> apresentou menores ( $P < 0,10$ ) estoques de N-Total em 35-55 cm em relação a 0-15 cm e 55-100 cm. A camada de 15-35 cm foi intermediária ( $P > 0,10$ ) a 35-55 cm



e 55-100 cm. HT<sub>o</sub> também apresentou os maiores ( $P < 0,10$ ) estoques de N-Total na camada superficial (0-15 cm). Os estoques de N-MOAM mantiveram o comportamento semelhante a N-Total. BN<sub>o</sub> também possui menores ( $P < 0,10$ ) estoques de N-Total e N-MOAM em 35-55 cm em relação a 0-15 cm, sendo as demais camadas intermediárias ( $P > 0,10$ ) em N-Total, e em N-MOAM a camada 15-35 cm foi semelhante a 0-15 cm ( $P > 0,10$ ) enquanto 55-100 cm foram semelhantes entre 35-55 cm e as demais ( $P > 0,10$ ). Os estoques de N-MOP em HT<sub>o</sub> foram maiores ( $P < 0,10$ ) em 0-15 cm comparativamente às demais profundidades, mas em N-MOD não foram maiores ( $P > 0,10$ ) que 55-100 cm, sendo esta intermediária entre todas as camadas ( $P > 0,10$ ). BN<sub>o</sub> foi maior ( $P < 0,10$ ) na profundidade 0-15 cm para N-MOP que 35-55 cm e 55-100 cm, sendo 15-35 cm semelhante a todas ( $P > 0,10$ ). VN também mostrou maiores ( $P < 0,10$ ) estoques de N-MOP em 0-15 cm em comparação com 35-55 cm, enquanto as demais camadas foram intermediárias ( $P > 0,10$ ). Tanto BN<sub>o</sub> quanto VN não apresentaram diferenças para as mudanças de N-MOD em profundidade.

As magnitudes das relações C/N-Total do solo e MOAM foram semelhantes (14,37 e de 12,89, respectivamente) com tendência de estarem próximas em termos gerais. Já para as relações C/N da MOP e da MOD, observaram-se amplas faixas de variação entre os diferentes sistemas e profundidades, repercutindo inclusive em um maior número de diferenças estatísticas significativas. As relações estimadas para todo o perfil de solo analisado (0-100 cm) apontam os maiores valores de C/N de AG<sub>cv</sub> (C/N-Total e C/N MOP) ou VN (C/N MOAM – nesse caso com valores similares a AG<sub>cv</sub>;  $P > 0,10$ ; e C/N MOD) enquanto BN<sub>o</sub> e HT<sub>o</sub> apresentam os menores valores. Somente na MOP, as relações C/N são similares estatisticamente em HT<sub>o</sub> e VN, onde BN<sub>o</sub> apresenta-se intermediário a esses sistemas e AG<sub>cv</sub> ( $P < 0,1$ ; Figura 5).

Figura 5 - Relações C/N do solo (C/N-Total) e da matéria orgânica particulada (C/N -MOP), associada a minerais (C/N -MOAM) e dissolvida (C/N -MOD) de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com olerícolas (HT<sub>o</sub>) e banana (BN<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, no município de Guaraciaba do Norte CE, Brasil



Nota: Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema de uso. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As diferenças estatísticas das relações C/N do solo (C/N-Total) e da MAOM ocorreram quando se compararam os sistemas de uso na profundidade de 35-55 cm. Destaca-se que AG<sub>cv</sub> foi maior (P<0,10) frente a VN e HT<sub>o</sub>, mas BN<sub>o</sub> semelhante a todos. Na MOP, as relações C/N são todas semelhantes estatisticamente em 0-15 cm e 55-100 cm (obs.: em HT<sub>o</sub> os teores de N estavam abaixo do limite de detecção do método em 55-100 cm). Nas demais situações, como em 15-35 cm, VN, HT<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> (semelhantes entre si, P>0,10) foram inferiores a BN<sub>o</sub>, enquanto em 35-55 cm, HT<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> apresentaram os menores (P<0,10) valores de

relação C/N. Na MOD, as relações C/N (C/N MOD) apresentaram comportamento variável quanto aos sistemas de uso e com a profundidade. As maiores relações C/N são observadas em VN nas duas primeiras profundidades, enquanto as menores estão associadas aos sistemas orgânicos, BN<sub>o</sub> (0-15 cm) ou HT<sub>o</sub> (15-35 cm), com os demais sistemas de uso com valores intermediários. Já nas profundidades de 35-55 cm e 55-100 cm, BN<sub>o</sub> passa a ter os maiores valores de relação C/N, com VN e AG<sub>cv</sub> apresentando os menores em 35-55 cm e AG<sub>cv</sub> e HT<sub>o</sub> em 55-100 cm, respectivamente.

As relações C/N do solo (C/N-Total) e da MOAM (C/N- MOAM) apresentam valores crescentes ( $P < 0,10$ ) com a profundidade em HT<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e BN<sub>o</sub>, com a exceção de VN, a qual apresentou valores semelhantes em todas as profundidades. Nos sistemas agrícolas AG<sub>cv</sub> e BN<sub>o</sub>, apesar do aumento em profundidade, houve valores semelhantes ( $P > 0,10$ ) entre as duas primeiras e as duas últimas profundidades, 35-55 cm e 55-100 cm. O sistema BN<sub>o</sub> foi o único a ter apresentado menores relações: C/N- MOP menores ( $P < 0,10$ ) em 0-15 cm que 15-35 cm e 35-55 cm. Na profundidade de 55-100 cm de HT<sub>o</sub>, não foi possível estimar a relação C/N por conta dos baixos teores de N. Quanto a MOD, observou-se comportamentos distintos quanto as relações C/N em profundidade: HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> apresentaram aumento crescente dos valores das relações C/N com a profundidade, sendo os menores e maiores valores observados em 0-15 cm e 55-100 cm (exceto em HT<sub>o</sub>, em que 35-55 cm foi significativamente maior, mas com valores próximos). Em VN e AG<sub>cv</sub>, por outro lado, ocorreu o contrário, ou seja, os valores das relações C/N da MOD tenderam a ser decrescentes com a profundidade, sendo maiores em 55-100 cm, porém, com certa alternância entre maiores ou menores valores na terceira profundidade em relação a profundidade de 55-100 cm.

O percentual de déficit de saturação de C (DSC) do solo foi menor em HT<sub>o</sub>, na profundidade de 0-15 cm ( $P < 0,10$ ), em relação aos demais usos, atingindo o valor de  $1,44 \pm 3,48$ , o que indica que nesta esta camada e com esse tipo de uso atingiu-se a saturação de C. BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> apresentaram 33,48 e 38,93% de DSC, respectivamente, valores esses, maiores que o DSC da VN ( $P < 0,10$ ), o qual esteve em torno de 20%. A camada de solo de 35-55 cm mostrou maior déficit de saturação de C nos sistemas orgânicos em relação a VN ( $P < 0,10$ ), sendo AG<sub>cv</sub> semelhante a todos os usos. Em 55-100 cm, AG<sub>cv</sub> foi o sistema de maior DSC, significativamente maior que VN ( $P < 0,10$ ), enquanto os usos com manejo orgânico não diferiram significativamente dos demais.

Tabela 4 – Déficit de saturação de C (DSC) de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com olerícolas (HT<sub>o</sub>) e banana (BN<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, no município de Guaraciaba do Norte CE, Brasil

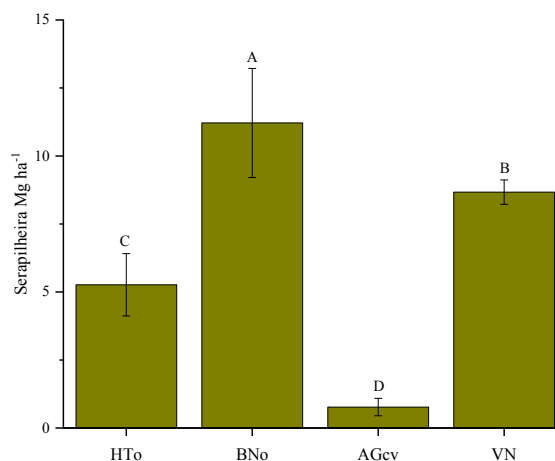
Sistema de uso	Profundidade do solo (cm)			
	0-15	15-35	35-55	55-100
HT <sub>o</sub>	01,44±3,48 Cc	55,44±8,01 Ab	70,23±3,54 Aa	71,74±0,48 ABa
BN <sub>o</sub>	33,48±1,86 Ac	56,14±3,11 Ab	67,87±0,98 Aa	73,78±1,42 ABa
AG <sub>cv</sub>	38,93±1,63 Ac	55,01±0,35 Ab	63,39±1,58 ABb	77,87±0,79 Aa
VN	20,03±4,08 Bc	44,80±0,99 Ab	53,82±6,37 Bb	63,41±1,24 Ba

Nota: Valor médio do déficit de saturação de C (DSC) em %, seguido do erro padrão da média (EP). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema de uso.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As quantidades de serapilheira apresentaram diferenças significantes, sendo BN<sub>o</sub>>VN>HT<sub>o</sub>>AG<sub>cv</sub> (11,21; 8,67; 5,26 e 0,77 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Adicionalmente, o tempo de pousio no sistema de HT<sub>o</sub> possibilitou uma formação de mais de 5 Mg ha<sup>-1</sup> de serapilheira.

Figura 6 – Quantidade de serapilheira (Mg ha<sup>-1</sup>) sobre um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com olerícolas (HT<sub>o</sub>) e banana (BN<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) no município de Guaraciaba do Norte CE, Brasil



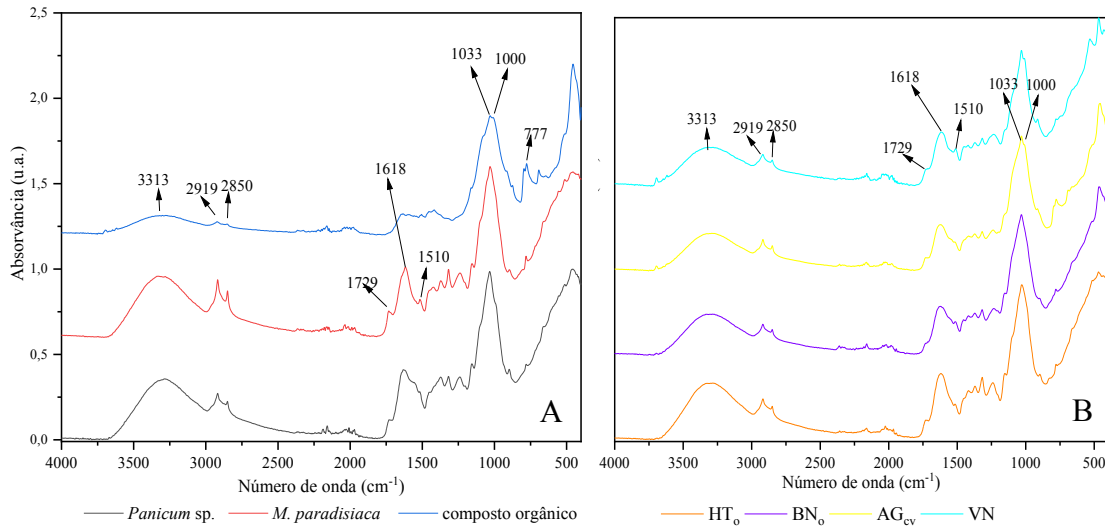
Nota: Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema de uso. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2 Espectrometria ATR-FTIR das frações da MOS e de planta, composto orgânico e serapilheira

Os espectros de ATR-FTIR das folhas de bananeira (*M. paradisiaca*) e *Panicum* sp. apresentaram bandas semelhantes, porém com diferenças nas intensidades, sendo que, em relação ao composto orgânico, essas foram menos intensas. A banda larga com pico próximo a  $3313\text{ cm}^{-1}$ , correspondente a grupos das aminas (N-H) e hidroxilas (O-H), apresentou forte diminuição de intensidade no composto orgânico. As bandas dos compostos alifáticos (C-H,  $2929\text{ cm}^{-1}$  e  $2850\text{ cm}^{-1}$ ) foram mais conspícuas nas folhas de *M. paradisiaca* e menos intensas nas de *Panicum* sp., exibindo a diminuição da intensidade dessas bandas, as quais representam abundância reduzida de compostos alifáticos no composto orgânico. A banda  $1729\text{ cm}^{-1}$ , correspondente às ligações C=O, comuns a amostras de material vegetal, mostrou-se mais fraca na serapilheira em relação as folhas das culturas, desaparecendo completamente no composto orgânico. Tanto as folhas de *M. paradisiaca* quanto de *Panicum* sp. apresentaram bandas bem evidentes em  $1618\text{ cm}^{-1}$ , o que corresponde a presença de grupos aromáticos de C (C=C). O composto orgânico também apresentou uma redução da intensidade desta banda ( $1618\text{ cm}^{-1}$ ), ou seja, menor presença desses grupos orgânicos em sua composição em relação aos materiais vegetais. A banda em  $1510\text{ cm}^{-1}$ , também associada a função aromática (C=C), mostrou-se pequena nas amostras de folhas de *M. paradisiaca*, não aparecendo nas folhas de *Panicum* sp., como também no composto orgânico. As bandas de  $1033\text{ cm}^{-1}$  e  $1000\text{ cm}^{-1}$ , do estiramento ( $\nu$ ) C-O, associado a presença de polissacarídeos, apresentaram forte intensidade em todos os materiais vegetais e no composto orgânico. Por fim, a banda  $777\text{ cm}^{-1}$ , a qual pode estar relacionada tanto às aminas (N-H) como a compostos aromáticos (C-H) com deformação angular ( $\delta$ ) fora do plano bidimensional, mostrou-se bem evidente no composto orgânico, sendo que, nas amostras de material vegetal, não foram observadas bandas nessa faixa (Figura 7).

Figura 7 - Espectros ATR-FTIR de amostras vegetais *Panicum sp.*, *M. paradisiaca* e composto orgânico (A); e serapilheira (B) de sistema de cultivo orgânico com olerícolas (HT<sub>o</sub>) e banana (BN<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN), sobre um Neossolo Quartzarênico Órtico típico, no município de Guaraciaba do Norte - CE, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor.

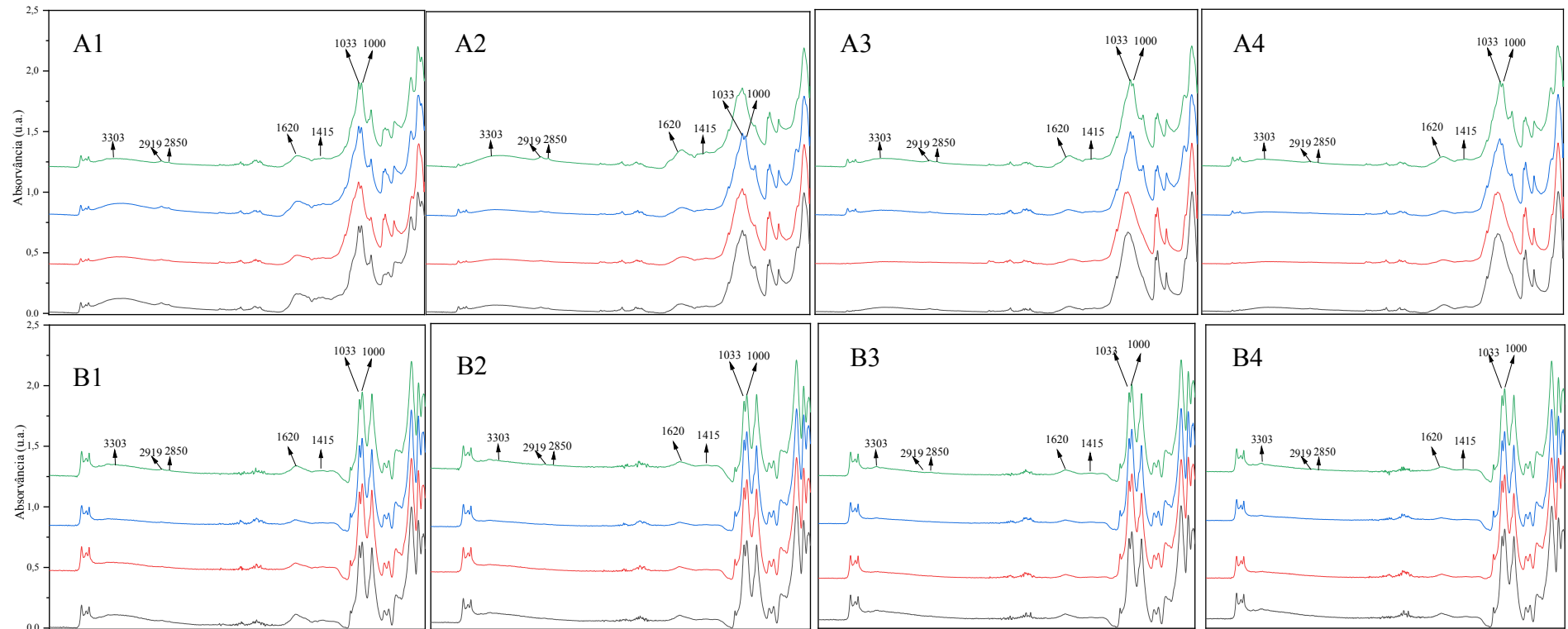
Os espectros de ATR-FTIR da serapilheira das áreas dos sistemas de uso do solo apresentaram poucas diferenças entre si, tanto em intensidade de bandas de absorvância quanto dos tipos de ligações dos grupos funcionais. Constataram-se bandas referentes aos grupos funcionais de aminas em  $3313\text{ cm}^{-1}$ , mas com menor intensidade que as folhas de *Panicum sp.* e *M. paradisiaca*. Comportamento semelhante ocorreu quanto as bandas de compostos alifáticos em  $2929\text{ cm}^{-1}$  e  $2850\text{ cm}^{-1}$ , onde todas as amostras apresentaram essas bandas, contudo com menor intensidade que as folhas. As demais intensidades das bandas identificadas em  $1729\text{ cm}^{-1}$ ,  $1618\text{ cm}^{-1}$ ,  $1510\text{ cm}^{-1}$ ,  $1033\text{ cm}^{-1}$  e  $1000\text{ cm}^{-1}$  foram semelhantes às folhas de plantas descritas anteriormente.

As frações da matéria orgânica do solo, MOP e MOAM, passaram por tratamentos específicos para melhorar a qualidade dos espectros. A primeira passou por um fracionamento densimétrico, enquanto a segunda teve seu espectro mineral descontado do espectro orgânico por meio da calcinação (MOAM<sub>calci</sub>). Os espectros de MOAM não expressaram grandes diferenças entre ser calcinado ou não, apenas algumas bandas ficaram levemente mais fortes em intensidade. Outro ponto relevante foi o surgimento de bandas negativas na MOAM após o desconto do espectro mineral resultante da calcinação, nas regiões entre  $1100\text{ cm}^{-1}$  e  $1200\text{ cm}^{-1}$

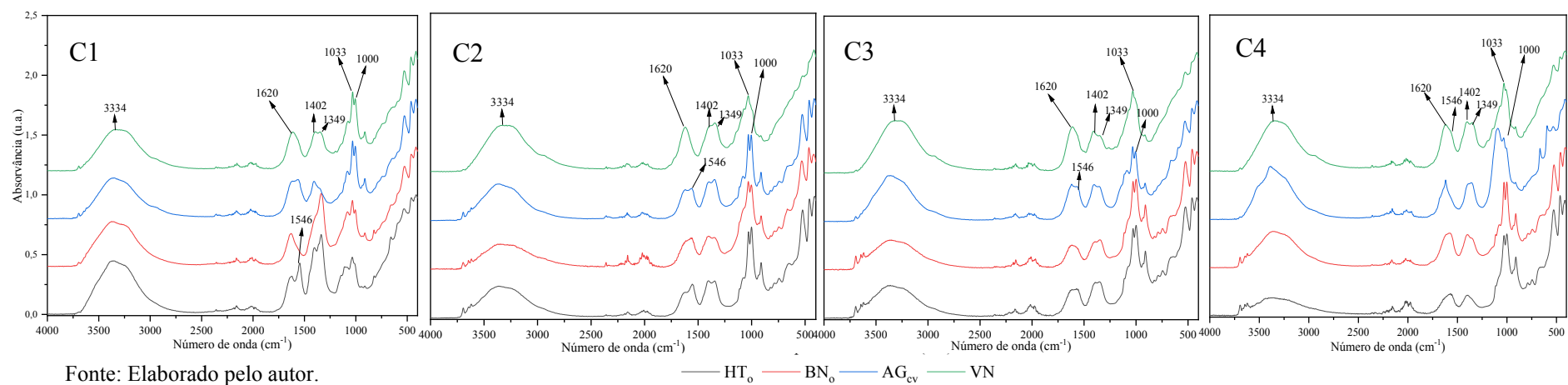
e de  $800\text{ cm}^{-1}$  a  $900\text{ cm}^{-1}$ , provavelmente devido a formação de óxidos com a calcinação, gerando artefatos. Deve-se ter, então, cautela com a interpretação do espectro nessas regiões. Sendo assim, os espectros de MOAM que passaram pela calcinação são aqui apresentados, pois há melhor qualidade de algumas bandas e poucas diferenças em relação a amostra natural. A MOD liofilizada, por sua vez, foi utilizada sem tratamento adicional no ATR-FTIR (Figura 8).

A matéria orgânica particulada (MOP) e a MAOM apresentaram espectros relativamente semelhantes, tendo em comum, as bandas em baixas intensidades na região de  $3303\text{ cm}^{-1}$  (N-H e O-H),  $2919\text{ cm}^{-1}$  e  $2850\text{ cm}^{-1}$  (C-H alifático),  $1620\text{ cm}^{-1}$  (C=C),  $1415\text{ cm}^{-1}$  (C-H alifático),  $1033\text{ cm}^{-1}$  e  $1000\text{ cm}^{-1}$  (C-O e C-H, respectivamente). Diferenças existem apenas em intensidades de bandas sendo a MOP mais distinta em  $1620\text{ cm}^{-1}$  que a MOAM.

Figura 8 – Espectros ATR-FTIR da matéria orgânica particulada (MOP) (A), associada a minerais (MOAM) (B) e dissolvida (MOD) (C), em Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com olerícolas (HT<sub>o</sub>) e banana (BN<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN), nas profundidades de 0-15 (1), 15-35 (2), 35-55 (3) e 55-100 (4) cm, município de Guaraciaba do Norte - CE, Brasil





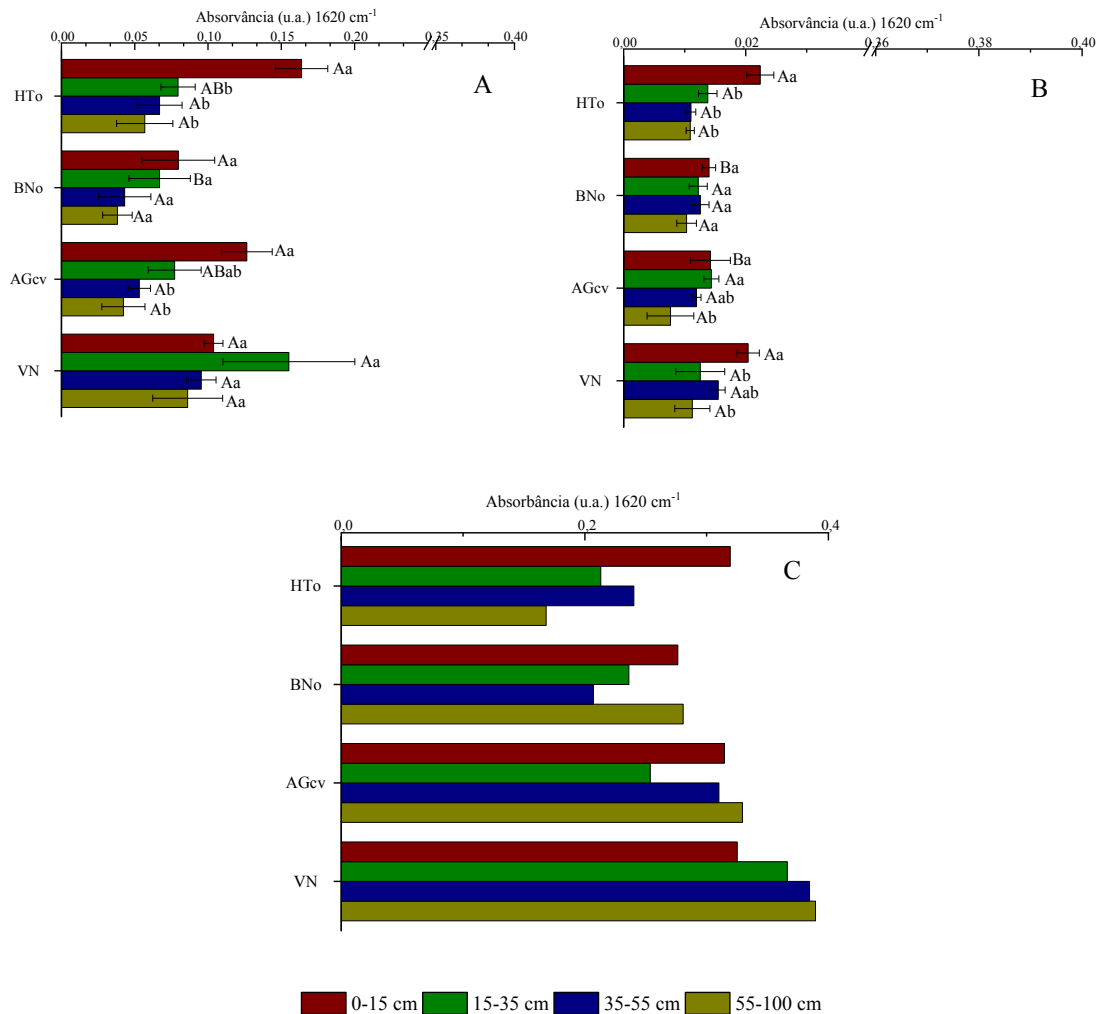


As mudanças dessas frações, em profundidade, são marcadas pela diminuição da intensidade das bandas  $3303\text{ cm}^{-1}$  (N-H e O-H),  $2919\text{ cm}^{-1}$  e  $2850\text{ cm}^{-1}$  (C-H alifático) na MOP. Na MOAM. Tais mudanças não seguem um padrão entre os sistemas de uso. A banda de compostos aromáticos em  $1620\text{ cm}^{-1}$  também não apresentou um padrão nas frações, mudando sua intensidade, dependendo da sua profundidade e uso. As bandas em  $1425\text{ cm}^{-1}$ ,  $1033\text{ cm}^{-1}$  e  $1000\text{ cm}^{-1}$ , na MOP e MOAM, não sofreram mudanças, a exceção de  $1425\text{ cm}^{-1}$  na MOAM, praticamente ausente em 0-15, 35-55 e 55-100 cm em  $AG_{cv}$ , bem como em 15-35 cm em  $HT_o$  e 55-100 cm em  $BN_o$ .

A matéria orgânica dissolvida (MOD) apresentou bandas muito fortes em  $3334\text{ cm}^{-1}$  (N-H e O-H). Essa fração, no entanto, não apresentou bandas de compostos alifáticos em  $2919\text{ cm}^{-1}$  e  $2850\text{ cm}^{-1}$ , como as demais frações da MOS. Houve maior intensidade das demais bandas, como em  $1620\text{ cm}^{-1}$  e a formação de bandas adjacentes, e em  $1546\text{ cm}^{-1}$  (aminas e amidas) e em  $1402\text{ cm}^{-1}$  (C-H alifático e grupos O-H, C-O, C-H e  $O=CO^-$ ) e  $1349\text{ cm}^{-1}$  (N-O,  $O=C-O^-$ , C-H e nitrocomposto). As bandas de  $1546\text{ cm}^{-1}$  e  $1349\text{ cm}^{-1}$  são encontradas exclusivamente nessa fração. As bandas em  $1033\text{ cm}^{-1}$  e  $1000\text{ cm}^{-1}$  também esteve presente na MOD, assim como os demais tipos de resíduos orgânicos e matéria orgânica do solo.

O estiramento aromático em  $1618\text{ cm}^{-1}$  é uma banda importante para identificação de grupos aromáticos e aqui destaca-se a sua intensidade nas frações da MOS dos diferentes usos (Figura 9). Há uma clara tendência de diminuição da aromaticidade com o aumento da profundidade do solo nas frações MOP e MOAM. VN foi o único uso que apresentou maior absorvância de compostos aromáticos da MOP em 15-35 em relação a  $BN_o$  ( $P<0,10$ ) e em relação às demais profundidades, embora não significativa ( $P>0,10$ ). Apenas  $AG_{cv}$  e  $HT_o$  apresentaram diferenças significativas na MOP em profundidade, sendo 0-15 cm maior que 35-55 e 55-100 cm em ambos, e maior que 15-35 cm em  $HT_o$ . A MOAM dos sistemas  $BN_o$  e  $AG_{cv}$  em 0-15 cm tiveram menos absorvância de compostos aromáticos em relação a VN e  $HT_o$  ( $P<0,10$ ). A diferença de compostos aromáticos na MOAM diminuindo com a profundidade do solo ocorreu em  $HT_o$  e  $AG_{cv}$ , sendo exceção em VN, a camada de 35-55cm que não diferiu de 0-15 cm ( $P<0,10$ ). A MOD, em VN, aumentou gradualmente com a profundidade, enquanto os sistemas agrícolas apresentam uma diminuição em relação a 0-15 cm com 15-55 cm. Outro aspecto é o aumento da absorvância em 35-55 cm nos sistemas  $BN_o$  e  $HT_o$ .

Figura 9 – Absorvâncias de ATR-FTIR em  $1620\text{ cm}^{-1}$  das frações da MOS: matéria orgânica particulada (MOP) (A), associada a minerais (MOAM) (B) e dissolvida (MOD) (C) em Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com olerícolas (HT<sub>o</sub>) e banana (BN<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN), nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, município de Guaraciaba do Norte - CE, Brasil



Nota: Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema de uso. Barras verticais indicam o erro padrão da média. A MOD não dispunha de repetições para teste estatístico.

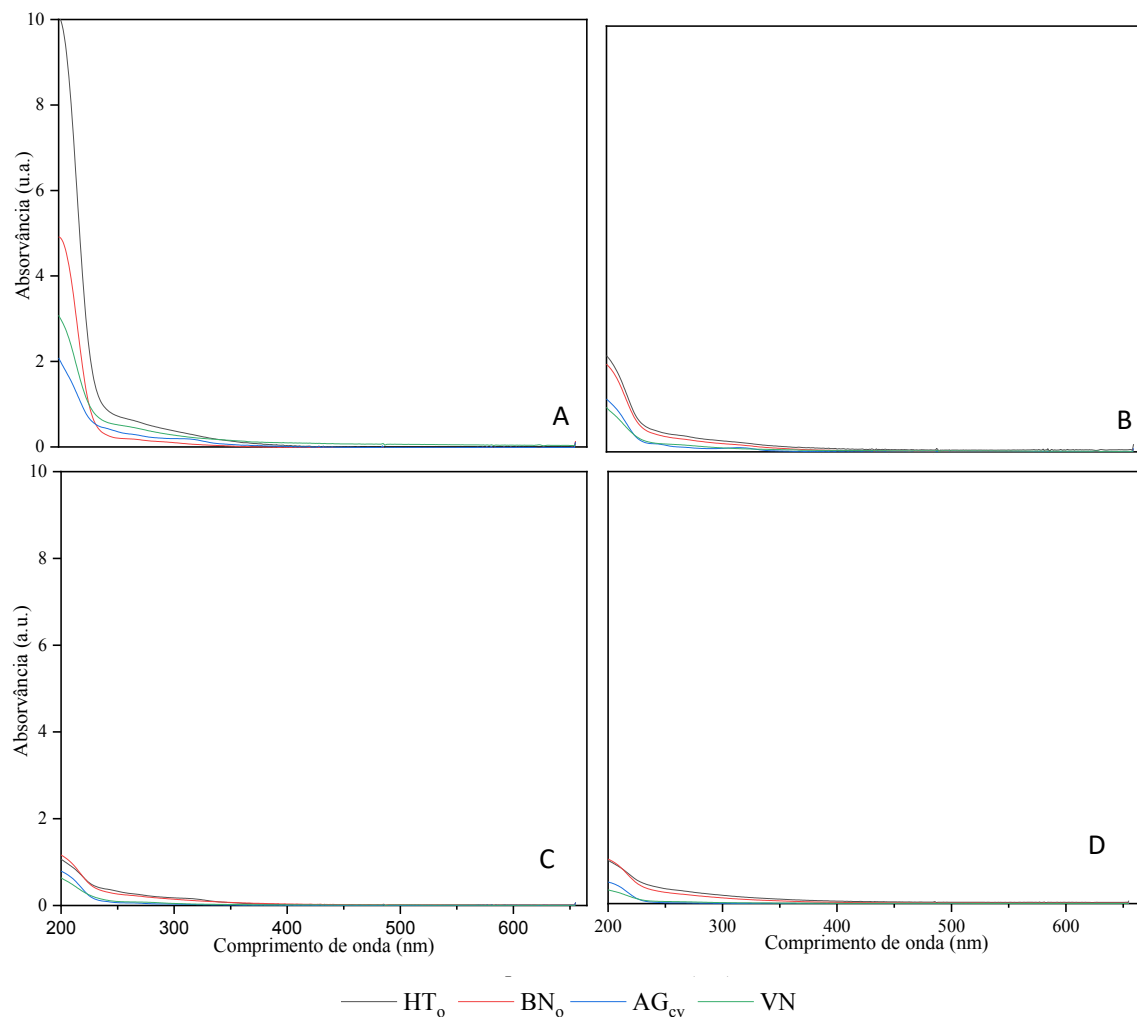
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3 Espectros UV-visível da matéria orgânica dissolvida (MOD)

Os espectros de absorvâncias no ultravioleta e visível (UV-visível) da MOD apresentaram diferenças tanto entre situações de uso, quanto em profundidade, especialmente

na faixa de 200 a 400 nm (Figura 10). Apesar do comportamento dos espectros semelhantes, notou-se que, com o aumento da profundidade, há uma nítida separação entre os sistemas orgânicos, HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>, e os demais, AG<sub>cv</sub> e VN. Os espectros de UV-vis de HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> apresentam absorvâncias maiores que AG<sub>cv</sub> e VN em todas as profundidades.

Figura 10 – Espectros de absorção da radiação ultravioleta e do visível (UV-vis) da fração da matéria orgânica dissolvida (MOD), de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com banana (BN<sub>o</sub>) e olerícolas e (HT<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15 cm (A), 15-35 cm (B), 35-55 cm (C) e 55-100 cm (D), no município de Guaraciaba do Norte CE, Brasil

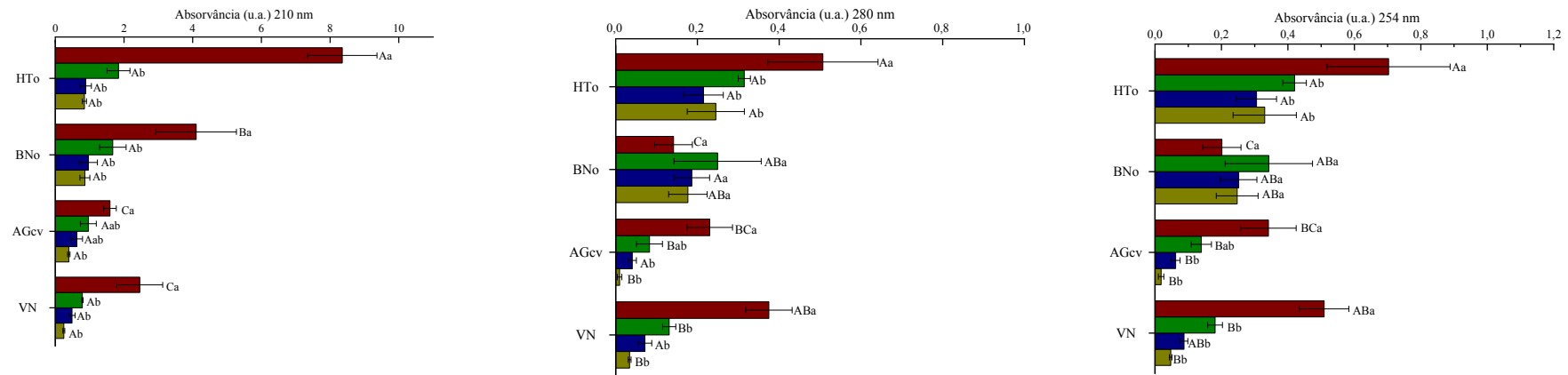


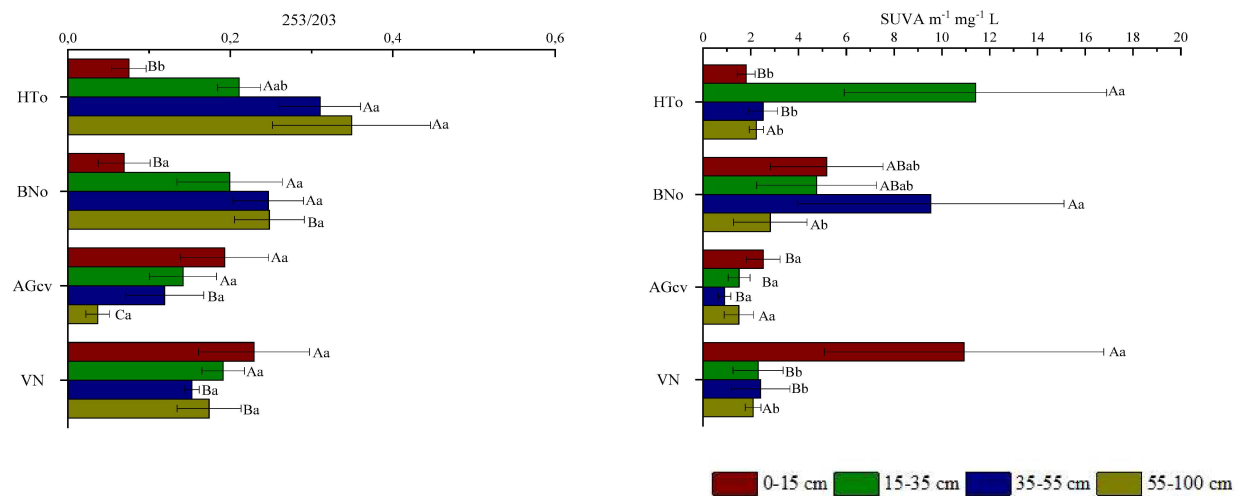
Fonte: Elaborado pelo autor.

Aminas e amidas da MOD representadas pela absorvância em 210 nm, na profundidade 0-15 cm, são maiores ( $P < 0,10$ ) em HT<sub>o</sub>, seguido de BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub>, sendo este último

semelhante a VN ( $P > 0,10$ ). Nas demais profundidades, os sistemas de uso não foram estatisticamente diferentes ( $P > 0,10$ ) para 210 nm. Porém, ao comparar as profundidades entre si, nos diferentes sistemas de uso, constatou-se as maiores absorvâncias na primeira camada (0-15 cm) frente a segunda camada (15-35 cm), para, então, serem semelhantes com as demais camadas de solo (35-55 e 55-100 cm) (Figura 11,  $P > 0,10$ ).

Figura 11 – Valores de absorvância em unidade de área (u. a.) dos comprimentos de onda 210 nm, 280 nm, e 254 nm; índice de oxigenação do anel benzênico (Razão 253/203) e grau de aromaticidade pela absorção específica na região do UV (SUVA) da matéria orgânica dissolvida (MOD) de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com banana (BN<sub>o</sub>) e olerícolas e (HT<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, no município de Guaraciaba do Norte CE, Brasil





Nota: Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema de uso. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Fonte: Dados da pesquisa.

A absorvância em 280 nm, indicadora da presença de compostos aromáticos (C=C), apresentou valores que refletem comportamento diferenciado da superfície (0-15 cm) em relação às demais profundidades. Nessa profundidade (0-15 cm) em VN, observou-se valores similares a HT<sub>o</sub>, ambos maiores que AG<sub>cv</sub>, o qual, por sua vez, foram superiores a BN<sub>o</sub>. Nas demais profundidades constatou-se, porém, que HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> foram semelhantes estatisticamente e superiores (P<0,10) a AG<sub>cv</sub> e VN. A exceção é a profundidade de 35-55 cm, quando todos os sistemas de uso são similares (P>0,10). Na profundidade de 15-35 cm e 55-100 cm, HT<sub>o</sub> apresentou-se significativamente mais compostos aromáticos (280 nm) que os sistemas AG<sub>cv</sub> e VN (Figura 11, P<0,1). Quando as profundidades são avaliadas em cada sistema de uso, constatou-se que, em BN<sub>o</sub>, a absorvância em 280 nm não teve diferenças estatísticas com a profundidade, enquanto em VN e HT<sub>o</sub>, a profundidade de 0-15 cm apresentou absorvâncias maiores (P<0,10) em relação as demais profundidades, sendo estas semelhantes (P>0,10). No caso de AG<sub>cv</sub>, em 0-15 cm, observou-se os maiores valores em relação a 35-55 e 55-100 cm. Adicionalmente, a profundidade de 15-35 cm foi semelhante (P>0,10) tanto em relação a camada superficial quanto as duas mais profundas.

Nas profundidades de 0-15 cm e 55-100 cm, a absorvância em 254 nm, também utilizada para indicar a aromaticidade dos compostos orgânicos presentes na MOD, apresentaram o mesmo comportamento dos sistemas de uso observados a 280 nm. As diferenças entre os comportamentos dos sistemas de uso nos comprimentos de onda 254 nm e 280 nm ocorreram nas profundidades de 15-35 cm e 35-55 cm. No primeiro caso (15-35 cm), HT<sub>o</sub>, VN e BN<sub>o</sub>, semelhantes entre si, foram superiores a AG<sub>cv</sub> (P<0,10), enquanto na segunda profundidade (35-55 cm) observou-se a seguinte ordem decrescente de absorvâncias: HT<sub>o</sub> > AG<sub>cv</sub> = VN todas semelhantes a BN<sub>o</sub>. Quando as profundidades são avaliadas em cada sistema de uso, também constatou-se comportamentos semelhantes dos valores de absorvância a 254 nm, em relação 280 nm, para BN<sub>o</sub>, HT<sub>o</sub> e VN. Em AG<sub>cv</sub>, a profundidade de 0-15 cm os valores foram superiores (P<0,10) às demais profundidades, sendo estas semelhantes entre si (P>0,10).

A substituição das cadeias carbônicas laterais em anéis aromáticos por grupos oxigenados, representado pelo índice 253/203 nm, foi avaliado comparativamente entre sistemas. VN foi similar estatisticamente a AG<sub>cv</sub> em 0-15 cm, reduzindo até 55-100 cm, quando ambos apresentaram os maiores índices 253/203 nm na MOD. A diminuição de compostos aromáticos de C mais reduzidos e maior oxidação das cadeias laterais de anéis aromáticos (contendo grupos funcionais oxigenados) ocorreu em AG<sub>cv</sub>, frente aos sistemas agrícolas



orgânicos (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>), também similares entre si (P>0,10). Na profundidade de 15-35 cm não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre sistemas de uso, enquanto em 35-55 cm, o comportamento observado foi exatamente o oposto daquele em 0-15 cm. BN<sub>o</sub> e HT<sub>o</sub>, semelhantes (P>0,10) entre si, foram superiores (P<0,10) aos também similares AG<sub>cv</sub> e VN (P>0,10). HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>, na profundidade de 55-100 cm, apresentaram valores de índices maiores que a AG<sub>cv</sub> e VN (P<0,10).

Ao avaliar as profundidades em cada sistema de uso, verificou-se a não existência de diferenças estatísticas entre profundidades em BN<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN (P>0,10). Por outro lado, HT<sub>o</sub> mostrou diferenças de ordem decrescente de valores de índices da superfície do solo (0-15 cm) em relação às profundidades de 35-55 e 55-100 cm (P<0,10).

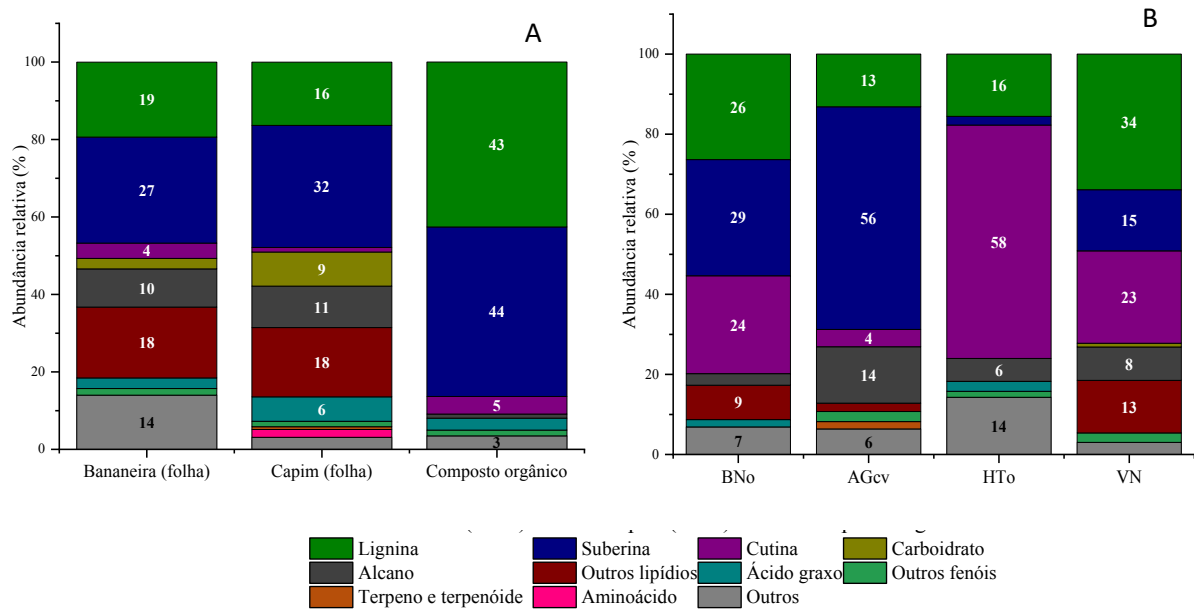
O grau de aromaticidade da MOD avaliada pelo SUVA<sub>254</sub> mostrou que em 15-35 cm e 55-100 cm não houve diferenças estatísticas entre as situações de uso, o que não ocorreu com as demais (0-15 cm e 35-55 cm), as quais também não apresentaram comportamento similar. Na primeira camada (0-15 cm), constatou-se a seguinte sequência crescente, numérica e estatística, de valores de índices: VN>BN<sub>o</sub>>AG<sub>cv</sub>=HT<sub>o</sub>, enquanto em 35-55 cm BN<sub>o</sub> foi maior que os demais, os quais foram semelhantes (P>0,10) entre si. BN<sub>o</sub> apresentou índices SUVA<sub>254</sub> nas profundidades avaliadas que expressam diferenças estatísticas das três primeiras, semelhantes estatisticamente (P>0,10), em relação a última delas (55-100 cm). AG<sub>cv</sub> não apresentou diferenças entre profundidades e para HT<sub>o</sub>, a profundidade 15-35 cm foi a que apresentou os maiores valores dos índices assim como 0-15 cm em VN. Nesses dois últimos sistemas de uso, as demais profundidades não foram diferentes estatisticamente entre si (P>0,10).

### 3.4 Composição molecular da MOS por TMAH-GC-MS

A composição molecular por TMAH-GC-MS foi avaliada não somente para a MOS, mas também para materiais de planta dominantes na BN<sub>o</sub>, o composto orgânico, produzido na propriedade como insumo para HT<sub>o</sub>, e a serapilheira coletada em cada sistema de uso. Constatou-se que as folhas das plantas (*Panicum* sp e *M. paradisiaca*) apresentaram semelhança bioquímica quantitativa e qualitativa. A maior proporção foi de ésteres metílicos de cadeias longas, classificados como suberina, outros lipídios e lignina, os quais apresentam proporções para *Panicum* sp e *M. paradisiaca* de 32% e 27%, 18% e 18% e 16% e 19%, respectivamente. Quanto ao composto orgânico utilizado no cultivo orgânico, observou-se que

87% da composição molecular desse material está associada a lignina (43%) e suberina (44%), não sendo constatada em sua composição a presença de derivados de carboidratos e outros lipídios (Figura 12), comparativamente aos resíduos de plantas comentados.

Figura 12 – Distribuição porcentual da composição molecular identificados por TMAH-GC-MS de amostras de *Panicum* sp. e *M. paradisiaca*, composto orgânico (A), serrapilheira dos sistemas de cultivo orgânico com banana (BN<sub>o</sub>) e olerícolas e (HT<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) (B), sobre um Neossolo Quartzarênico Órtico típico, no município de Guaraciaba do Norte - CE, Brasil

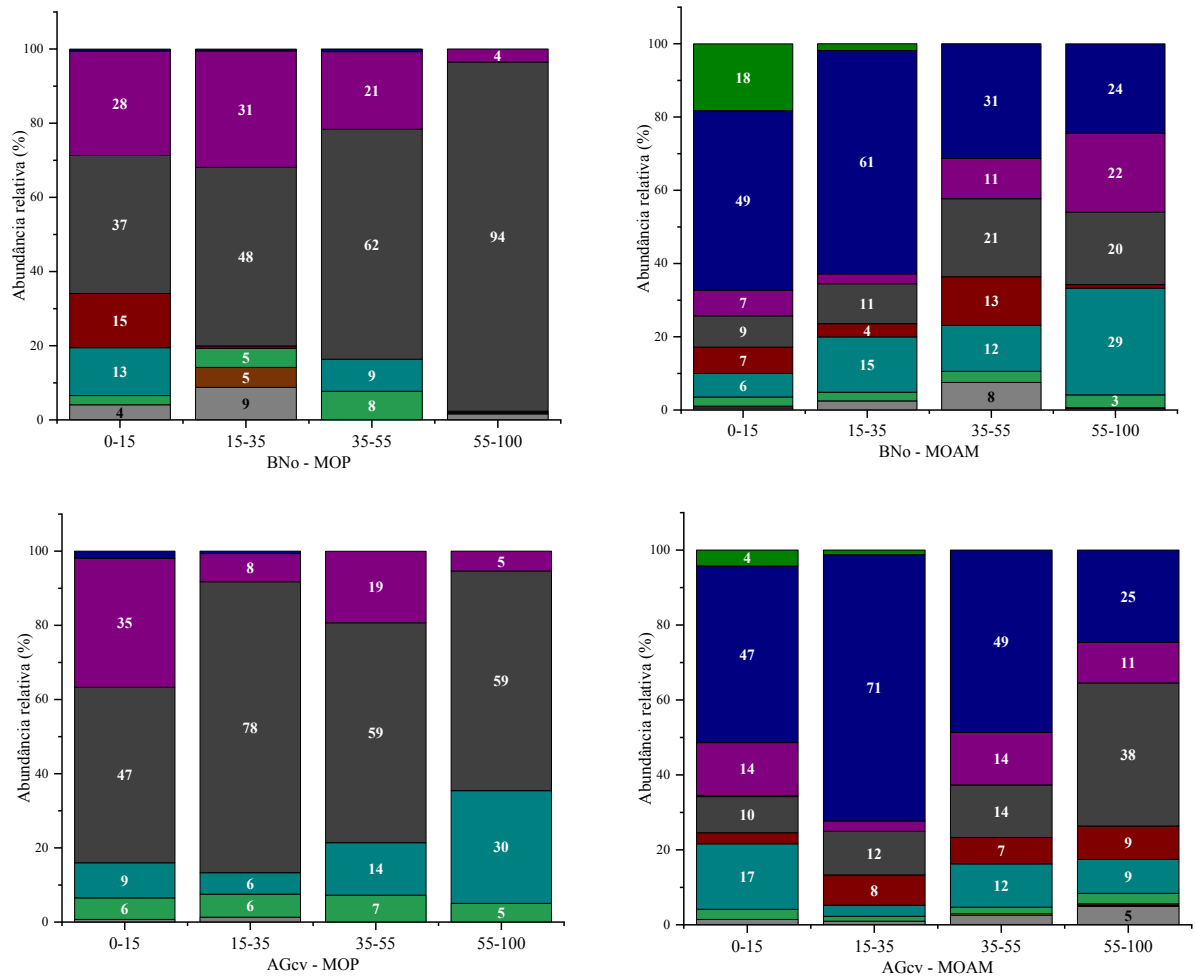


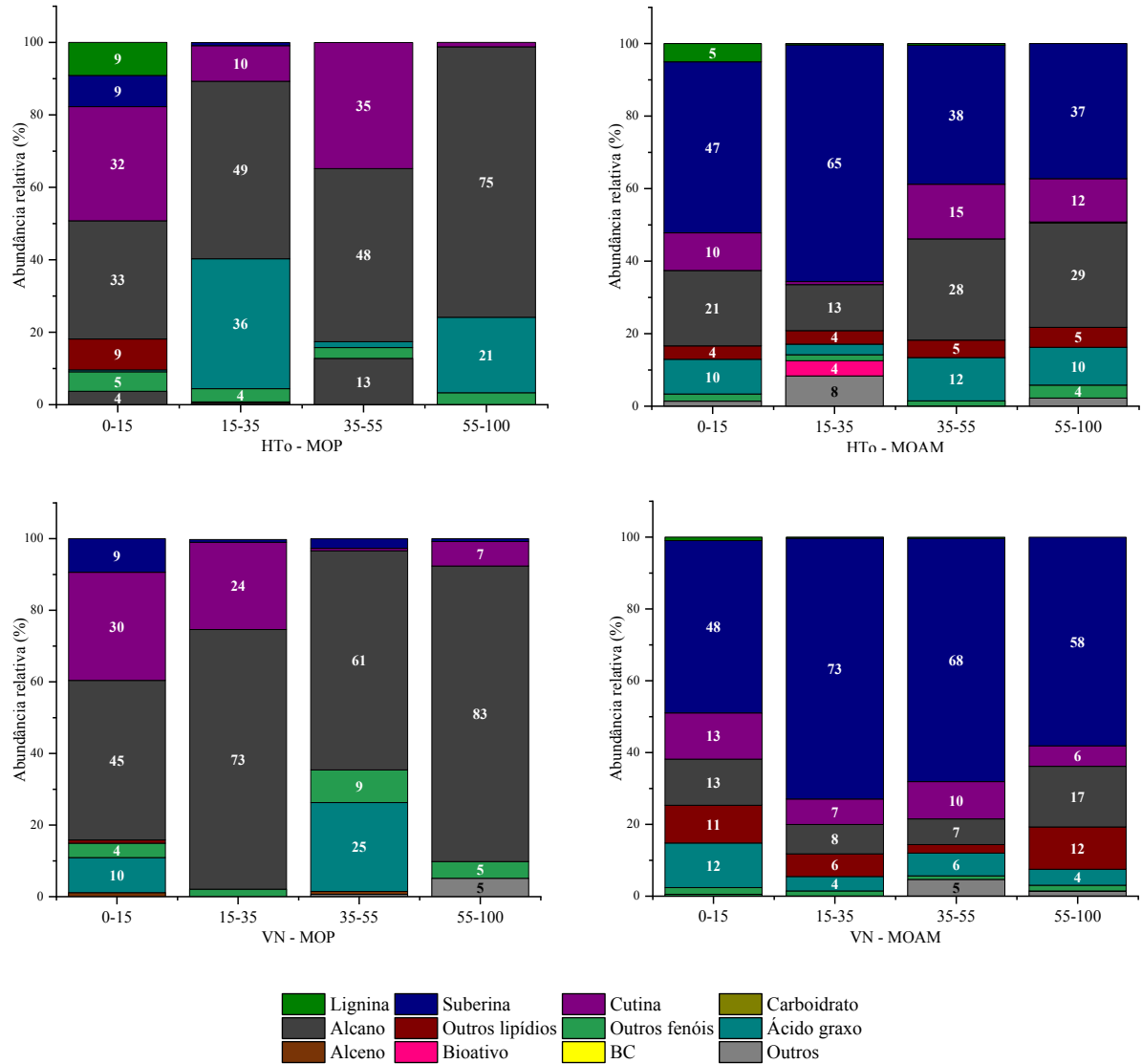
A serrapilheira dos sistemas de uso do solo apresentou composição molecular distinta quanto a presença e distribuição relativa de certos grupamentos bioquímicos frente aos materiais de planta e composto orgânico (Figura 12). BN<sub>o</sub> apresentou predominantemente suberina (29%), lignina (26%) e cutina (24%), o que correspondeu a 79% dos grupos de compostos identificados. Estes mesmos três compostos dominam na composição molecular da serrapilheira de VN, porém totalizando 72%, sendo as maiores proporções de lignina (34%) e as menores de suberina (15%). Um pequeno percentual de ácidos graxos presentes em BN<sub>o</sub> não ocorreu em VN que, por sua vez, apresentou pequenas proporções de carboidratos e outros fenóis, os quais foram ausentes em BN<sub>o</sub>. HT<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> apresentaram proporções de cutina e suberina, respectivamente, maiores que 50% nas serrapilheiras coletadas nesses sistemas agrícolas, proporções essas maiores (2,4 a 3,7 vezes menos) que as ocorridas em BN<sub>o</sub> e VN. Quanto aos demais grupamentos bioquímicos observou-se certa semelhança entre a

composições moleculares da serapilheira das situações estudadas, apesar das diferenças proporcionais, a exceção da não ocorrência de ácidos graxos em AG<sub>cv</sub> e VN e a presença de terpeno e terpenóides em AG<sub>cv</sub> e de alcanos em BN<sub>o</sub> e VN (Figura 12).

Na matéria orgânica particulada (MOP) constatou-se o maior porcentual de alcanos na composição molecular avaliada em todos os sistemas de uso do solo, os quais aumentam com a profundidade chegando a mais de 90% (BN<sub>o</sub>). Os valores crescentes com a profundidade são mais evidentes com BN<sub>o</sub> e HT<sub>o</sub>, pois, apesar de aumentarem em AG<sub>cv</sub> e VN, tal comportamento é quebrado pelos maiores valores na segunda profundidade (15-35 cm) em relação a 35-55 cm. Cutina é o segundo grupo de compostos moleculares presentes em todas os sistemas de uso e profundidades, também com tendência de diminuir em profundidade, assim como os alcanos. Tal comportamento é evidente também em BN<sub>o</sub>, porém podendo ter valores menores nas duas camadas intermediárias, a mais superficial (0-15cm) e a mais profunda (55-100 cm), comparativamente aos demais sistemas de uso (AG<sub>cv</sub>, HT<sub>o</sub> e VN). Os ácidos graxos estão presentes em proporções consideráveis em AG<sub>cv</sub> e HT<sub>o</sub>, onde ocorreram em todas as profundidades, o que não aconteceu com BN<sub>o</sub> e VN. As proporções variam consideravelmente nas diferentes profundidades, sem ser possível associar um comportamento geral. Da mesma forma dos ácidos graxos, deve-se destacar também a ocorrência de outros fenóis em todas as profundidades dos sistemas de uso avaliados, exceto 55-100 cm de BN<sub>o</sub>, os alcenos em BN<sub>o</sub>, HT<sub>o</sub> e VN e, outros lipídeos em BN<sub>o</sub> (0-15 cm) e HT<sub>o</sub> (0-15 cm). Os demais compostos moleculares apresentam proporções muito pequenas que permitam indicar algum tipo de tendência/comportamento (Figura 13)

Figura 13 – Distribuição porcentual da composição molecular identificados por TMAH-GC-MS de amostras das frações da matéria orgânica particulada (MOP) e associada a minerais (MOAM) em Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com banana (BN<sub>o</sub>) e olerícolas e (HT<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, município de Guaraciaba do Norte - CE, Brasil





Fonte: Elaborado pelo autor.

Os compostos predominantes na MOAM diferenciam-se dos observados na MOP. Suberina é o composto que passou a predominar proporcionalmente (24 a 72%) nas camadas dos sistemas de uso, geralmente com maiores percentuais na segunda camada (15-35 cm), tendendo a diminuir com a profundidade, no caso de 35-55 cm para 55-100 cm. Os ácidos graxos, alcanos e cutinas são o segundo e/ou terceiro e/ou quarto grupos de compostos com maiores proporções, dependendo do sistema de uso e da profundidade. Em BN<sub>o</sub>, as maiores porcentagens de ácidos graxos ocorreram nas camadas 15-35 cm e 55-100 cm ou, então, em AG<sub>cv</sub> de 0-15 cm. Os alcanos apresentam maiores percentuais em BN<sub>o</sub>, nas profundidades de 35-55 cm (exceto em VN) para 55-100 cm, sendo maiores e crescentes, ou seja: alcanos maiores em 55-100 cm comparativamente a 35-55 cm. Cutinas também ocorreram em todos os sistemas

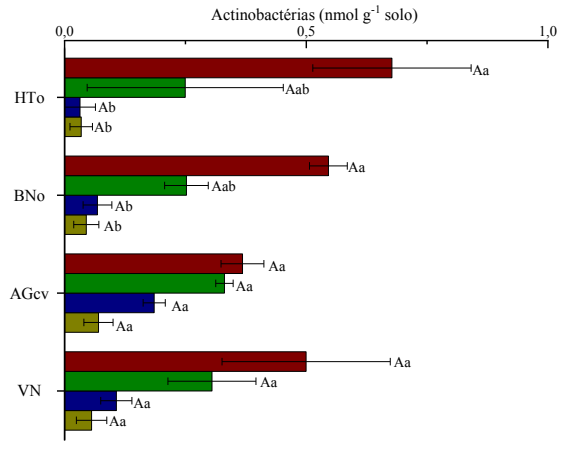
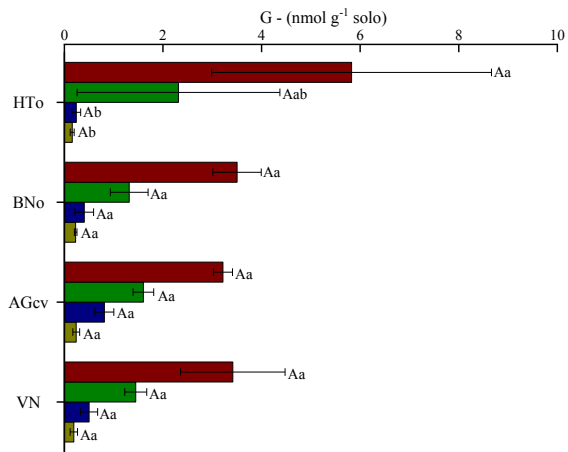
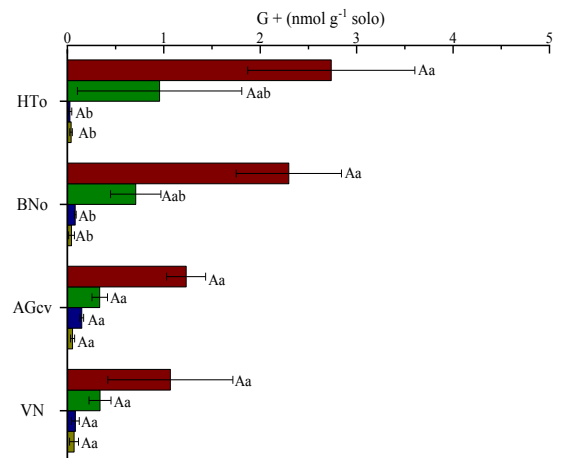
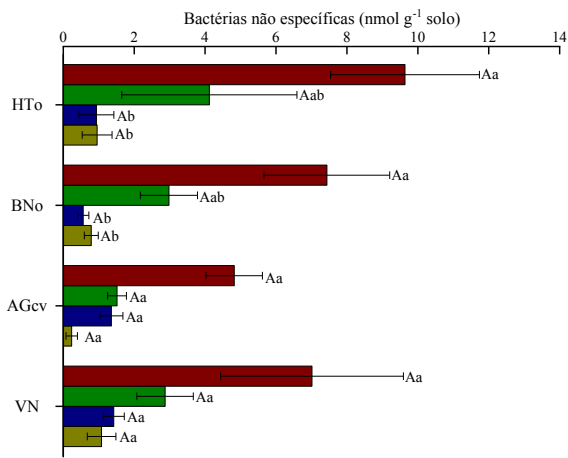
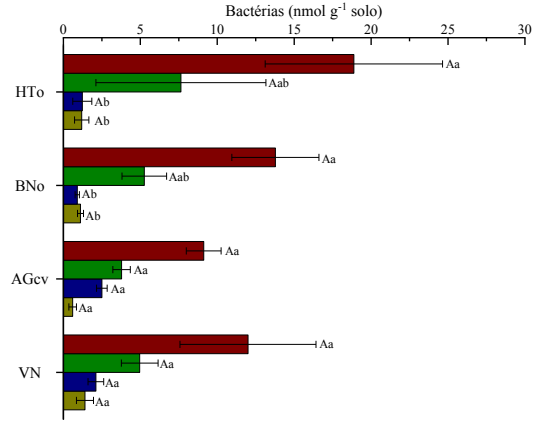
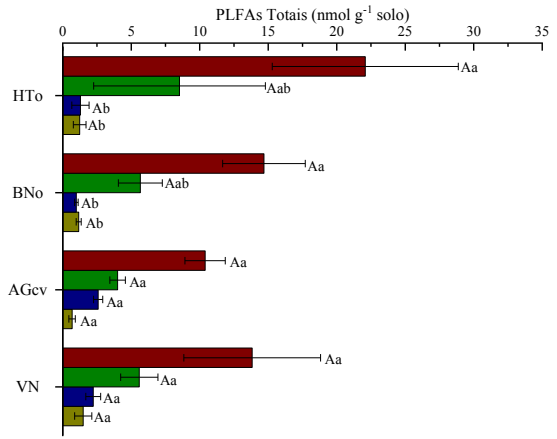
de uso, sendo superiores porcentualmente a ácidos graxos em HT<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN nas profundidades 35-55 e 55-100 cm, enquanto, em relação alcanos, estes são menores nas mesmas situações. VN foi o sistema de uso com menores percentuais de ácidos graxos e alcanos de todos os sistemas de uso, especialmente nas profundidades de 15-35 cm, 35-55 cm e 55-100 cm). Compostos de menores proporções foram os alcenos e outros fenóis (com predominância do composto Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)), os quais ocorreram em todos os sistemas de uso e profundidades, com a única exceção de alcenos em VN em 35-55 cm.

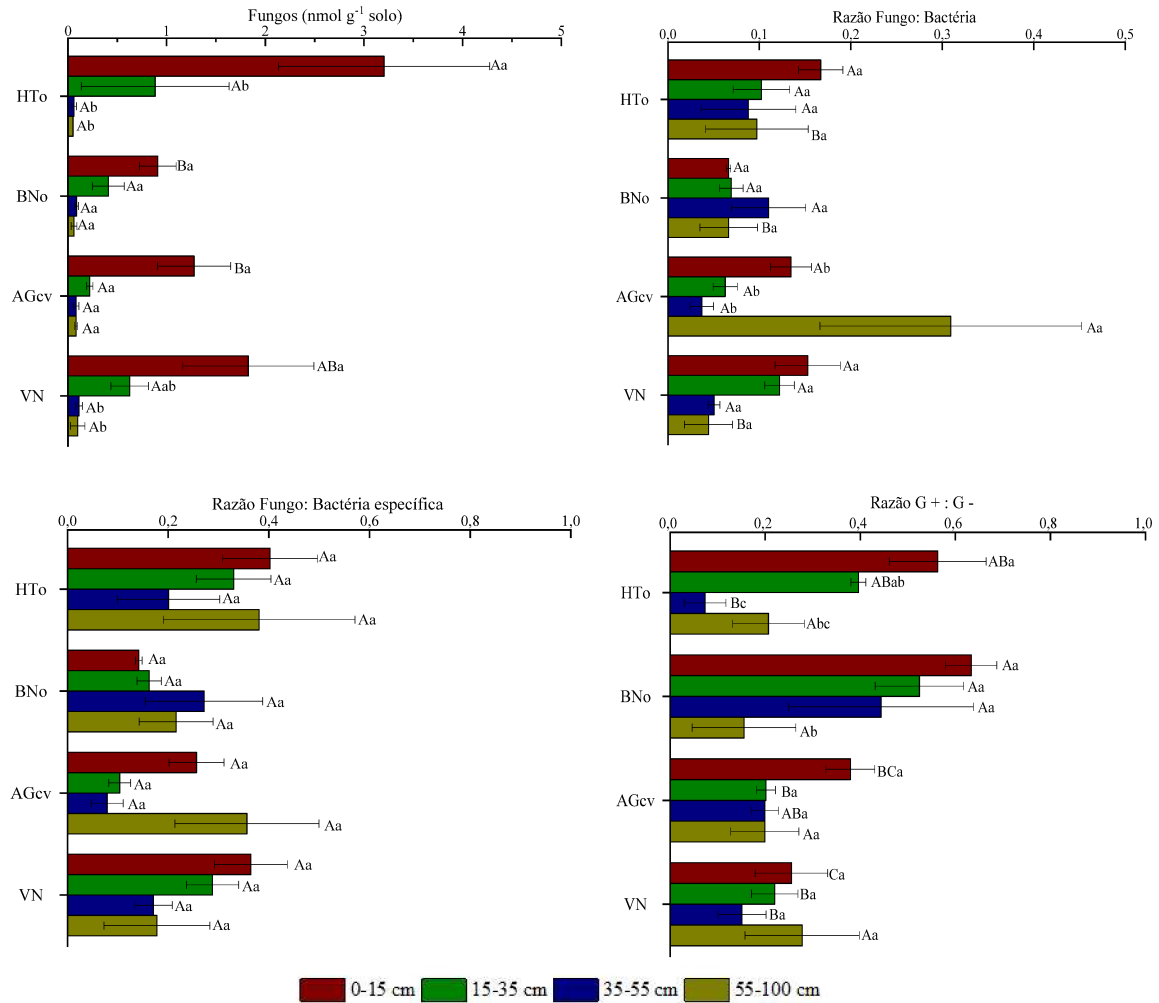
Comparativamente, as frações MOP e MAOM apresentaram composições moleculares distintas entre si, sendo a composição variada da MOAM mais semelhante aos resíduos e a serapilheira, com exceção de pequenas proporções de compostos como terpenos e terpenóides, BC (anel benzênico policíclico) na MOAM.

### **3.5 Estrutura das comunidades microbianas frente aos usos do solo orgânico e convencional**

Entre as comunidades microbianas avaliadas pelo PLFA constatou-se que grande parte foi composta por bactérias (B), correspondendo em média a 5,40 nmol g<sup>-1</sup>, ou 89,63%, dos PLFAs totais (6,03 nmol g<sup>-1</sup> em média). Deste total, 11,82% foram de bactérias gram positivas (G<sup>+</sup>), 29,40% de bactérias gram negativas (G<sup>-</sup>), 4,42% de actinobactérias (Act) e 55,20% de bactérias não específicas (B<sub>NE</sub>). Fungos (F) apresentaram valores em torno de 10,36% dos PLFAs totais (Figura 14).

Figura 14 - Ésteres metílicos de ácidos graxos fosfolípidios (PLFA) de origem microbiana extraídos de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com banana (BN<sub>o</sub>) e olerícolas e (HT<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, no município de Guaraciaba do Norte CE, Brasil





Nota: Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema de uso. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Praticamente não existem diferenças estatísticas significativas entre os sistemas de uso e, em menor número de casos, entre profundidades do solo avaliadas, o que levou a análise de resultados considerando essa realidade, mas também os valores numéricos. Mesmo assim foram observadas a existência de diferenças estatísticas entre sistemas de uso para fungos (F) e razões G+/G- e F/B, o que pode ressaltar as consequências dos diferentes sistemas de uso. Também foram observadas diferenças significativas entre profundidades em um ou outro sistema, predominando, no entanto, a similaridade ( $P > 0,10$ ) entre elas. Quando existiram, as variáveis avaliadas apontam os maiores valores ( $P < 0,10$ ) nas primeiras profundidades (0-15 cm e 15-35 cm) e em menor número de casos em 35-55 cm. Uma única exceção ao comportamento geral citado anteriormente refere-se a razão F/B, a qual foi maior ( $P < 0,10$ ) na profundidade de



55-100 cm em relação a todas as outras profundidades subjacentes, todas similares entre si ( $P > 0,10$ ).

Considerando os PLFAs totais das diferentes situações, constatou-se os maiores valores das áreas de cultivo orgânico ( $BN_o$  e  $HT_o$ ), em 0-15 cm e 15-35 cm, seguido de VN. Em 55-100 cm, VN apresentou valores entre  $HT_o$  e  $BN_o$ , todos superiores a  $AG_{cv}$ . Contudo, em 35-55 cm, houve uma inversão entre os maiores e menores valores observados, pois  $AG_{cv}$  passa a ser o maior deles, enquanto  $HT_o$  e  $BN_o$  os menores, novamente com VN com valores intermediários. Esse comportamento se repete com outras variáveis, porém, os menores valores de  $AG_{cv}$  em 0-15 cm e 15-35 cm, passam a ser maiores em 55-100 cm e em alguns casos também em 35-55 cm. Esse comportamento foi observado para os PLFAs de B, F, Act, G+ e G- e a razão F/B. As razões estimadas fungos/bactérias específicas (F/Be) e G+/G- já não se comportam da forma identificada anteriormente. Apesar da similaridade parcial com o comportamento comentado anteriormente, especificamente quanto aos maiores valores de  $HT_o$  ou  $BN_o$  nas duas primeiras profundidades,  $AG_{cv}$  passa a apresentar os maiores valores em maior número de profundidades, como para F/B (55-100 cm) ou, então, os menores como F/Be (35-55 cm).

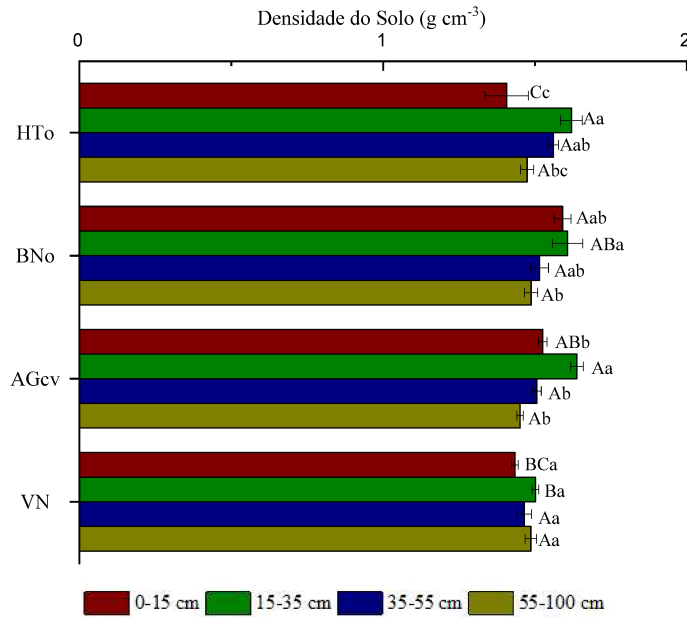
Entre as profundidades, os PLFAs totais apresentaram valores decrescentes em todos os sistemas de uso, sendo que no caso de  $BN_o$  e  $HT_o$ , os sistemas orgânicos, essas diferenças foram significativas ( $P < 0,10$ ) para as duas primeiras profundidades, a exceção das duas últimas profundidades (55-100 cm e 35-55 cm), nesses casos similares ( $P > 0,10$ ).  $AG_{cv}$  e VN, apesar de não apresentarem diferenças estatísticas, numericamente os valores de PLFAs totais apresentaram o mesmo comportamento de  $BN_o$  e  $AG_o$ . Quanto às demais variáveis, o mesmo comportamento (valores numéricos decrescentes com a profundidade), observado para PLFAs totais, foi constatado em  $BN_o$  para todas variáveis (com algumas variáveis com diferenças estatísticas,  $P < 0,10$ : B, Act, G+ e  $B_{NE}$ ) e, também, em  $HT_o$  (diferenças estatísticas,  $P < 0,10$ , em: F, Act, G-, G+/G-, e  $B_{NE}$ ), também com algumas exceções, como as razões F/B, F/Be e G+/G-. Nesses casos, em comum, essas variáveis apresentaram menores valores na terceira profundidade, 35-55 cm. VN também apresentou o mesmo comportamento observado com PLFAs totais, ou seja, não houve diferenças significativas entre valores de todas as variáveis, porém estes decrescem com a profundidade, a exceção dos maiores ( $P < 0,10$ ) valores de F em 0-15 cm.  $AG_{cv}$ , por outro lado, foi o que apresentou comportamento diferenciado frente ao observado em PLFAs totais e mesmo em relação aos demais sistemas de uso do solo. Ao

invés dos menores valores da razão F/B na profundidade 55-100 cm, observou-se os maiores. Deve-se ressaltar que as magnitudes das reduções ou aumentos em  $AG_{cv}$  não são tão acentuadas assim, especialmente entre as profundidades, tais como: 15-35 cm, 35-55 cm e 55-100 cm. As relações F/B e F/Be, por outro lado, apresentaram menores valores nas profundidades intermediárias (35-55 cm ou 35-55 cm).

### **3.6 Estabilidade de agregados e densidade do solo**

Na camada de 0-15 cm, as áreas VN e HT<sub>o</sub> apresentaram as menores densidades do solo, sendo semelhantes entre si, enquanto em  $AG_{cv}$  foi menor que BN<sub>o</sub> ( $P < 0,10$ ) (Figura 15). Nas demais profundidades, observou-se a semelhança estatística ( $P > 0,10$ ) entre as situações de estudo, tendo como única exceção a segunda camada (15-35 cm), quando todos os sistemas agrícolas apresentaram valores de densidade do solo maiores que VN. Em cada sistema de uso, as diferenças entre profundidades ( $P < 0,10$ ) não ocorreram para VN e em BN<sub>o</sub>, exceto os menores valores de densidade do solo da última camada em BN<sub>o</sub>.  $AG_{cv}$  apresentou os maiores valores de densidade do solo na segunda profundidade (15-35 cm), enquanto 0-15 cm, 35-55 cm e 55-100 cm foram semelhantes estatisticamente entre si. Já em HT<sub>o</sub>, houve uma ordem crescente dos valores de densidade do solo até a terceira profundidade (0-15 cm, 15-35 cm e 35-55 cm,  $P < 0,10$ ), quando, então, passam a ser semelhantes à última camada (55-100 cm) (Figura 15,  $P > 0,10$ ).

Figura 15 – Densidade de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com banana (BN<sub>o</sub>) e olerícolas e HT<sub>o</sub>), convencional ( $AG_{cv}$ ) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm de profundidade no município de Guaraciaba do Norte – CE, Brasil

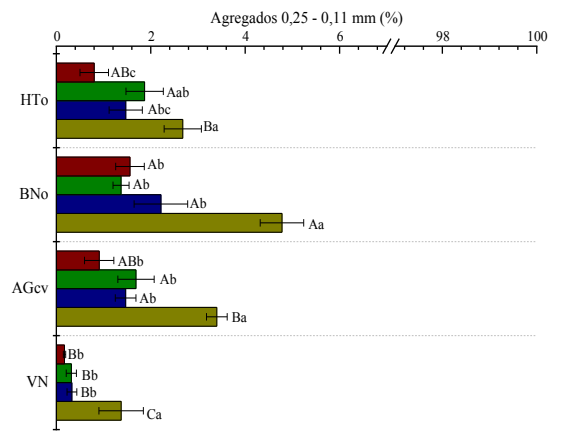
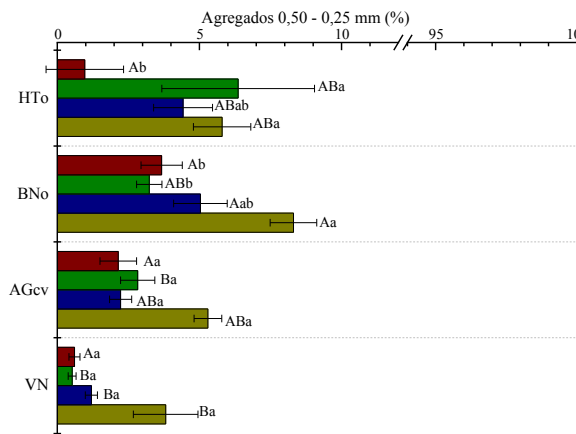
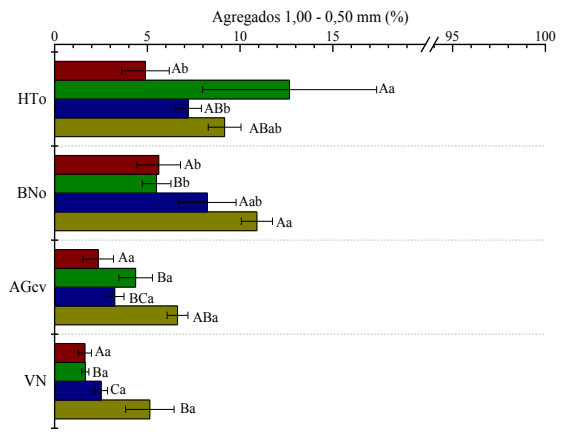
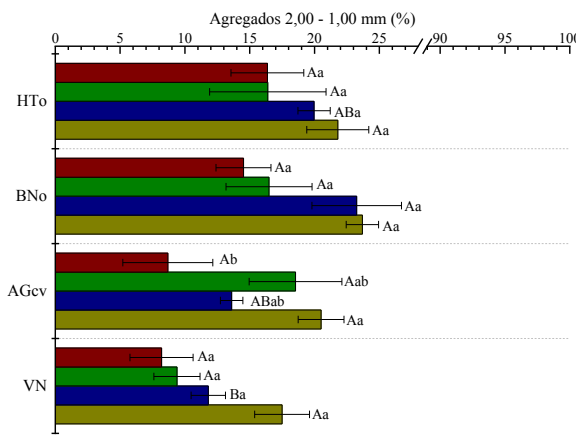
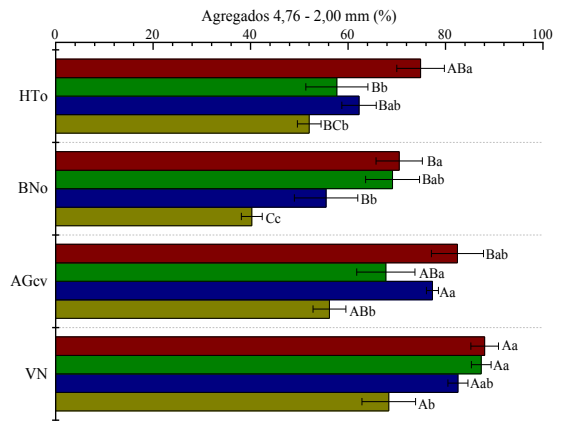
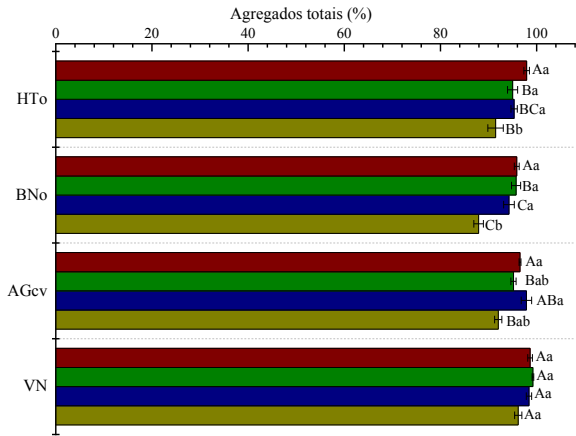


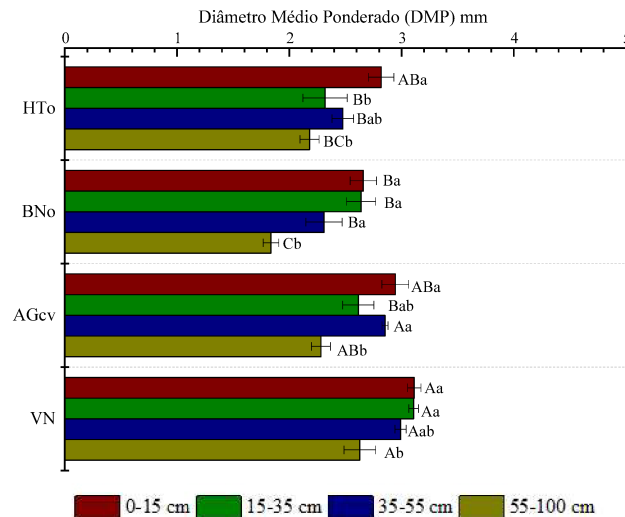
Nota: Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema de uso. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os agregados totais estáveis em água foram maiores em VN em 15-35 cm que os demais sistemas de uso ( $P < 0,10$ ), onde nessa profundidade todos os sistemas agrícolas foram iguais entre si ( $P > 0,10$ ). Na profundidade de 35-55 cm VN foi maior que HT<sub>0</sub> e BN<sub>0</sub>, sendo BN<sub>0</sub> o sistema com menor porcentagem de agregados totais nessa profundidade ( $P < 0,10$ ), enquanto AG<sub>cv</sub> foi semelhante a todos os usos ( $P > 0,10$ ). Na profundidade de 55-100 cm BN<sub>0</sub> apresentou menor porcentual de agregados que os demais usos ( $P < 0,10$ ), enquanto HT<sub>0</sub> e AG<sub>cv</sub> foram semelhantes entre si ( $P > 0,10$ ), e VN o uso com maior porcentagem de agregados totais ( $P < 0,10$ ) (Figura 16). Ao avaliar os agregados totais em a profundidade dentro de cada uso, VN não apresentou diferenças, mas a profundidade de 55-100 cm foi a menor nos sistemas agrícolas em relação às demais ( $P < 0,10$ ).

Figura 16 – Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados e percentuais de agregados estáveis total e das classes de diâmetro de 4,76-2,00 mm, 2,00-1,00 mm, 1,00-0,50 mm, 0,50-0,25 mm, 0,25-1,00 mm de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com banana (BN<sub>0</sub>) e olerícolas e (HT<sub>0</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, no município de Guaraciaba do Norte – CE, Brasil





Nota: Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso para uma mesma profundidade e minúsculas comparam profundidades em um mesmo sistema. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

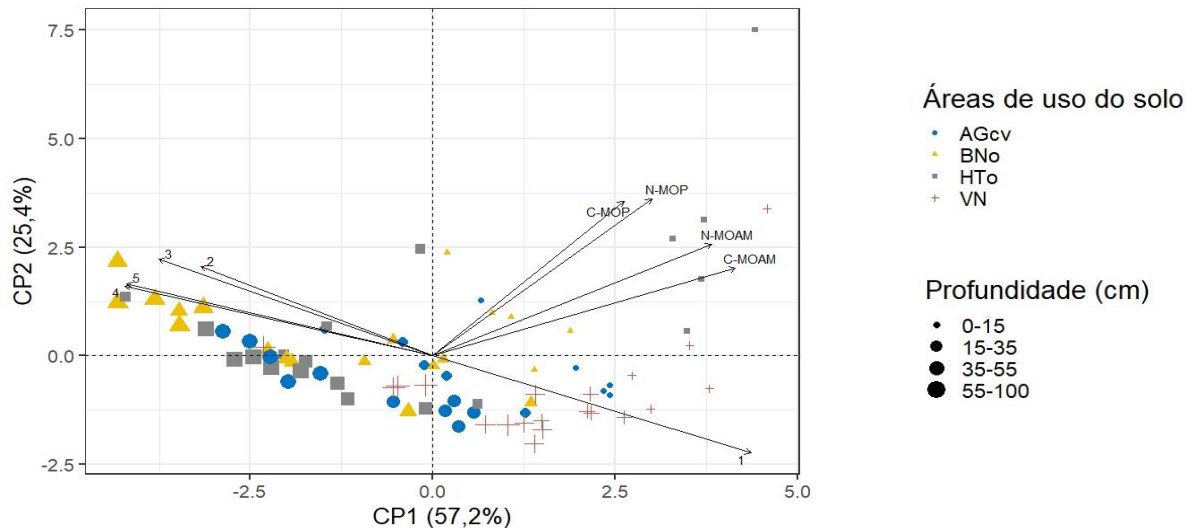
A classe de agregados com diâmetro entre 4,76-2,00 mm predominou percentualmente em relação às demais classes, equivalendo, em média a 68%. Tal condição favoreceu o comportamento semelhante ao observado para a agregação total quando os sistemas agrícolas foram comparados entre si. VN e BN<sub>o</sub> se destacam pelos valores extremos, constatando-se os maiores e as menores porcentagens de agregados estáveis, respectivamente. VN apresentou as maiores porcentagens quando se avaliou o somatório de agregados estáveis em cada classe de diâmetro (4,76-0,106 mm). Na profundidade de 0-15 cm, na classe de agregados 4,76-2,00 mm, HT<sub>o</sub> foi o único sistema semelhante a VN ( $P > 0,10$ ), mas em 15-35 cm, apenas AG<sub>cv</sub> apresentou porcentagens de agregados estáveis semelhantes a VN ( $P > 0,10$ ). Na profundidade de 35-55 cm, as porcentagens de agregados estáveis de HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> foram menores que VN ( $P < 0,10$ ), sendo AG<sub>cv</sub> semelhante a VN ( $P > 0,10$ ), semelhança esta que se repetiu em 55-100 cm ( $P > 0,10$ ), enquanto BN<sub>o</sub> apresentou menor percentual de agregados estáveis, diferindo significativamente de AG<sub>cv</sub>. Na classe de agregados estáveis de 2,00-1,00 mm, VN na profundidade de 35-55 cm foi menor que BN<sub>o</sub> ( $P < 0,10$ ). Apenas AG<sub>cv</sub> apresentou menos agregados em 0-15 cm ( $P < 0,10$ ) em comparação com as suas demais camadas de solo. As diferenças também foram observadas na classe de agregados estáveis de 1-0,5 mm, nas profundidades 35-55 cm (HT<sub>o</sub> > BN<sub>o</sub> = AG<sub>cv</sub> = VN) ( $P < 0,10$ ) e 55-100 cm com VN menor que BN<sub>o</sub> ( $P < 0,10$ ). Apenas os sistemas com manejo orgânico (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>) apresentaram diferenças entre profundidades, sendo a maior em 15-35 cm em HT<sub>o</sub> e em 55-100 cm em BN<sub>o</sub>.

As classes de agregados estáveis de 0,5-0,25 mm e 0,25-0,11 mm obtiveram comportamentos mais semelhantes. Entre os sistemas há diferenças entre o maior porcentual de agregados estáveis em BN<sub>0</sub> em relação a VN a partir de 15 cm no primeiro caso, e em todas as profundidades no segundo (P<0,10). Destacou-se que na classe de 0,25-0,11 mm VN teve menor porcentual que todos os sistemas agrícolas a partir de 15 cm de profundidade (P<0,10). Quanto a diferenças entre as profundidades, nos agregados de 0,5-0,25 mm, HT<sub>0</sub> e BN<sub>0</sub> foram os únicos a apresentar menores percentuais em 0-15 cm, enquanto na classe de 0,25-0,11 mm o maior porcentual em 55-100 cm ocorreu em todos os usos (P<0,10).

O diâmetro médio ponderado (DMP) também apontou VN com maiores valores em relação aos sistemas de uso nas duas primeiras profundidades, quando todos os demais foram semelhantes (P<0,10), o que não aconteceu com as profundidades subsequentes, quando diferenças ocorreram. AG<sub>cv</sub> foi maior que HT<sub>0</sub> em 35-55 cm (P<0,10) e semelhante em 55-100 cm (P>0,10). BN<sub>0</sub> apresentou os menores valores de DMP dentre as situações avaliadas na última camada, comparado com AG<sub>cv</sub> e VN, sendo essas semelhantes entre si, mas HT<sub>0</sub> diferindo de VN.

A análise dos componentes principais (PCA) da matéria orgânica particulada (MOP) e associada a minerais (MOAM) junto com a agregação o solo, em diferentes profundidades do solo das áreas de uso, revelou que a macroagregação (agregados > 2 mm) do solo esteve mais relacionada com a matéria orgânica associada a minerais, e em menor grau com a MOP. Meso (2,0-0,25 mm) e microagregados (0,25-0,106 mm) foram menos relacionados com a matéria orgânica e exerceram mais influência em maiores profundidades do solo de todas as áreas de uso, especialmente em BN<sub>0</sub> (Figura 17). Os componentes principais 1 e 2 explicaram 82,6% da variância total dos dados, sendo o componente 1 com 57,2%, enquanto o componente 2 comportou 25,4% da variância. Os teores de C e N da MOAM (autovetores: 0,836 e 0,772 do componente 1) e a classe de agregados de 4,76-2 mm (1) (autovetor 0,880 do componente 1), estiveram positivamente correlacionados entre si, enquanto C e N da MOP (autovetores: 0,720 e 0,730 do componente 2) também o foram, embora em menor grau que C-MOAM. As classes de agregados 2-1 mm (2), 1-0,5 mm (3), 0,5-0,25 mm (4), 0,25-0,11 mm (5) (autovetores: -0,641; -0,758 -0,851, -0,847 do componente 1, respectivamente), estiveram positivamente correlacionadas entre si, mas negativamente correlacionadas com o C e N da MOP e MOAM, e com a macroagregação (Figura 17).

Figura 17 – Dispersão gráfica com as variáveis: classes de agregados do solo : 4,76-2 mm (1), 2-1 mm (2), 1-0,5 mm (3), 0,5-0,25 mm (4), 0,25-0,11 mm (5); estoques de C e N das frações da matéria orgânica particulada (MOP) e associada a minerais (MOAM), de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob sistema de cultivo orgânico com olerícolas (HT<sub>o</sub>) e banana (BN<sub>o</sub>), convencional (AG<sub>cv</sub>) e sob vegetação natural (VN) nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm, no município de Guaraciaba do Norte CE, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor.

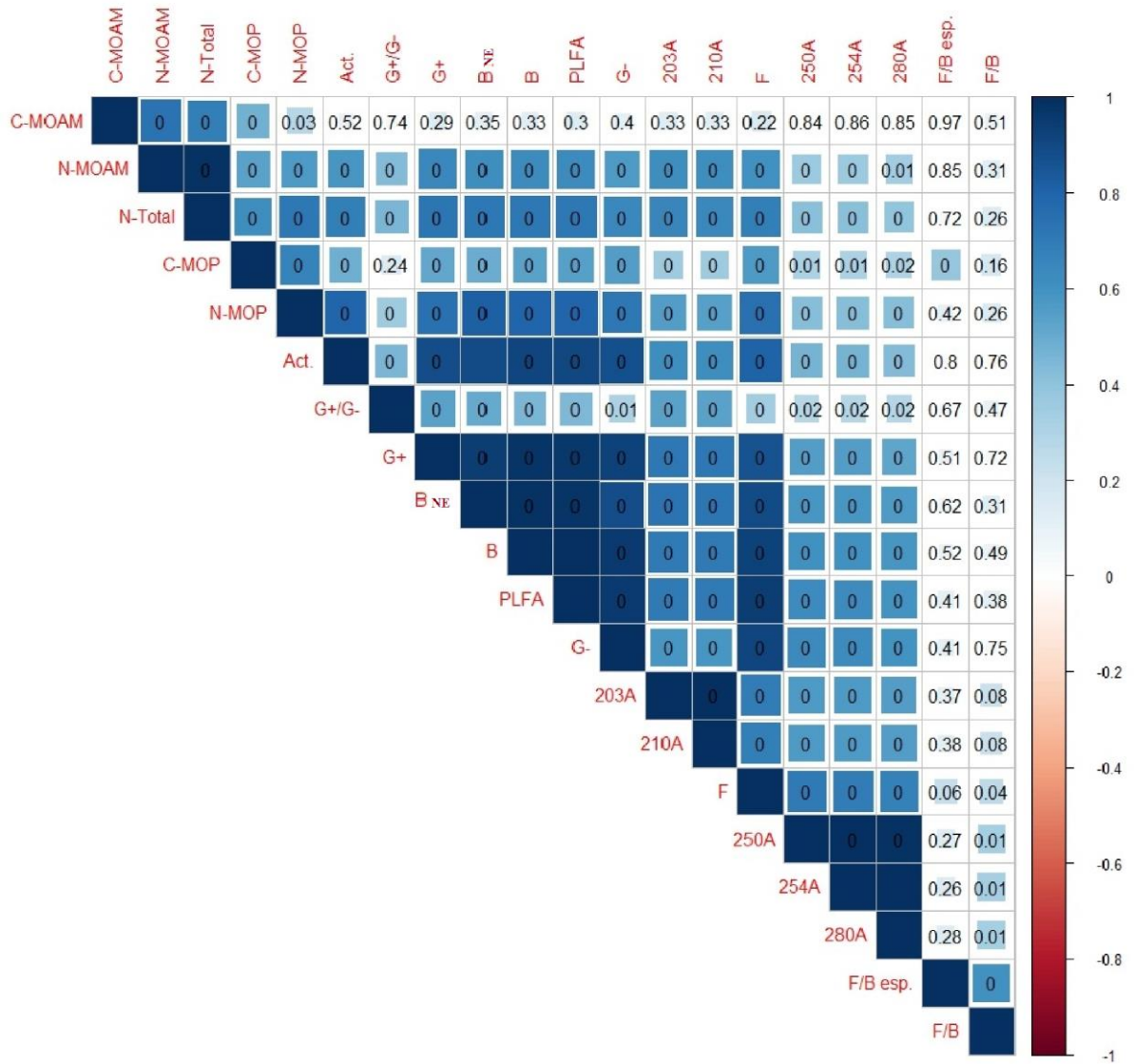
Todos os pontos superficiais (0-15 cm) das áreas de uso foram mais influenciados pela macroagregação e pelo C e N da MOAM e MOP, sendo VN o uso que comportou pontos de 0-15 cm tanto para a macroagregação quanto para C e N da MOAM e MOP, porém, BN<sub>o</sub> apresentou menor associação com estas variáveis. BN<sub>o</sub> (35-100 cm), HT<sub>o</sub> (35-100 cm) e AG<sub>cv</sub> (55-100 cm) estiveram negativamente relacionadas ao componente 1, não sendo fortemente influenciadas pela macroagregação e frações da MOS. Quanto ao componente 2, BN<sub>o</sub> (55-100 cm) foi positivamente relacionado com sua variância, sendo todos os pontos fortemente influenciados por meso e microagregados. VN até a profundidade de 55 cm, por outro lado, foi negativamente relacionado, mostrando menor influência das menores classes de agregados nessa profundidade (Figura 17).

Correlações positivas significativas ( $P < 0,05$ ) ocorreram entre C-MOAM e os estoques de N-MOAM, N-Total, C-MOP e N-MOP (Figura 18). N-MOAM e N-Total foram positivamente correlacionados com as mesmas variáveis, incluindo os grupos microbianos compostos de Actinobactérias, G+, G-, B e F, incluindo também PLFA e razão G+/G- ( $P < 0,01$ ). C-MOP e N-MOP também foram positivamente correlacionados, exceto por G+/G- para C-

MOP, mas foram com  $B_{NE}$  e F/B apenas com N-MOP ( $P < 0,05$ ). Todos os grupos microbianos foram positivamente correlacionados entre si, inclusive com a razão G+/G- ( $P < 0,01$ ). No entanto, não houve correlação de nenhum grupo microbiano ou índice com F/B ou F/B específicas, sendo estes positivamente correlacionados entre si ( $P < 0,01$ ). As absorvâncias da MOD em 203 e 210 nm foram positivamente correlacionadas com todos os grupos microbianos e com N-MOAM e N-Total ( $P < 0,05$ ). Correlações positivas, embora mais fracas, mas significativas ( $P < 0,01$ ) também ocorreram entre os grupos microbianos e 250, 254 e 280 nm da MOD (Figura 18).

Figura 18 – Coeficientes de correlação e significâncias do teste de Spearman entre as absorvâncias do UV-Vis da MOD, estoques de C e N da MOP e MOAM e PLFAs dos grupos microbianos, nas profundidades de 0-15, 15-35, 35-55 e 55-100 cm de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico com cultivo de olerícolas ( $HT_o$ ), banana ( $BN_o$ ), agricultura convencional ( $AG_{cv}$ ) e vegetação natural (VN), no município de Guaraciaba do Norte – CE, Brasil





Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Estoques de C e N nas frações da MOS e as implicações dos usos do solo

Os maiores estoques de COT e C-MOAM nas áreas de VN em Neossolos Quartzarênicos ocorrem devido à ausência de ação antrópica e ao constante aporte de resíduos orgânicos (MEDEIROS; SOARES; MAIA, 2022). Em média, os estoques de C e N do solo (0-35 cm) de VN apresentam-se 23% e 30% superiores a áreas de regiões de menor altitude e mesma classe de solo (0-40 cm) no semiárido do Brasil (BERNARDI et al., 2007). As áreas, do presente estudo se encontram em um enclave úmido (Brejos de Altitude), caracteristicamente de maior pluviosidade e menores temperaturas que seu entorno (BASTOS; CORDEIRO; SILVA, 2017), o que favoreceu a produtividade primária e o acúmulo de C no solo e na vegetação (DU et al., 2014; OLIVEIRA FILHO et al., 2022; TASHI et al., 2016). Neossolos Quartzarênicos podem perder a MOS devido ao aumento de temperatura, facilitando a mineralização do C (MAIA et al., 2019).

A hipótese de que os estoques de C seriam maiores em áreas sobre manejo orgânico (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>) não foi confirmada, pois foram semelhantes ao manejo convencional (AG<sub>cv</sub>) em 0-100 cm (Figura 3). Todos os sistemas agrícolas orgânicos apresentaram menores estoques de C que VN, o que geralmente ocorre com a conversão da floresta em cultivos (MENEZES et al., 2021), com destaque para solos de textura arenosa como é o caso deste trabalho (YOST; HARTEMINK, 2019). Nos solos de textura arenosa, o componente arbóreo e arbustivo contribui para maiores estoques de C em superfície e em profundidade (LI et al., 2019a), o que explica os valores em VN. Em sistemas intensivos de uso do solo, o uso de insumos orgânicos, adubação verde e rotação de culturas têm se mostrado capaz de aumentar os estoques de C e N frente ao convencional, especialmente em camadas superficiais (REN et al., 2014; SÁNCHEZ-NAVARRO et al., 2019). No entanto, sistemas de manejo orgânico, em um longo prazo, podem reduzir os estoques de C em profundidades abaixo de 30 cm, quando não há aporte adicional de esterco e composto (BELL et al., 2012), sendo destacada por Bell et al. (2012), a necessidade de aporte desses insumos orgânicos para o aumento do estoque de C nesses sistemas. Destaca-se, então, que em HT<sub>o</sub>, mesmo com incrementos de composto, o manejo orgânico aumentou os estoques de N mas foi incapaz de aumentar os estoques de C em maiores profundidades, sendo necessárias estratégias para o aporte de C no subsolo. Embora AG<sub>cv</sub> não apresente diferenças significantes em relação aos demais usos, outras comparações com manejo intensivo do solo mostraram que, em longo prazo, há redução dos estoques de C até 100 cm em manejo

convencional (FIGUERÊDO et al., 2020). Como os estoques de C-MOAM foram semelhantes aos sistemas de uso orgânico, mas C-MOP foi superior em  $AG_{cv}$  (e muito menor em  $BN_o$ ). O saldo de C em C-MOP compensou a diferença necessária para os estoques totais desta fração se assemelharem a VN em 0-100 cm, ao mesmo tempo que possibilita a diferenciação em relação a  $BN_o$  (Figura 3).

Os maiores estoques de C na camada superficial (0-15 cm) em  $HT_o$  em relação aos demais usos não supriram o déficit de C do subsolo nesse sistema (Tabela 4). Conclusões insuficientes seriam formadas, caso se avaliassem apenas camadas superficiais do solo, como ocorre frequentemente em avaliações nessa classe de solo (BERNARDI; TAVARES; MACHADO, 2004; BERNARDI et al., 2007; FRAZÃO et al., 2010; LUCA et al., 2008; OLIVEIRA FILHO; PEREIRA; AQUINO, 2017; SILVA et al., 2020), evidenciando a necessidade de investigar os estoques até 100 cm para avaliação dos serviços ecossistêmicos (DON; SCHUMACHER; FREIBAUER, 2011; OTTOY et al., 2017). Em uma avaliação de conversão do cultivo de cereais para hortaliças, sob manejo intensivo do solo, a olericultura aumentou os estoques de C solo em um período médio de 8 anos, em 0-30 cm, devido ao uso de esterco (YAN et al., 2012) o que resultou em um aumento significativo em 0-90 cm. Mas Yan et al. (2012) não encontraram diferenças significantes dos estoques de C em 30-90 cm, ou seja, o aporte de esterco repercutiu apenas no solo superficial nesse período. Como a taxa de mineralização do C no subsolo é lenta (BALESDENT et al., 2018; CHABBI; KÖGEL-KNABNER; RUMPEL, 2009), a avaliação após 23 anos de uso (longo prazo) em  $HT_o$  e  $BN_o$  permitiu evidenciar a diminuição do COT do subsolo (Figura 3). Além disso, em  $HT_o$ , a reposição do COT no subsolo ficou comprometida pela baixa contribuição que as raízes das hortaliças apresentam e pelo estímulo a mineralização da MOS nativa, conforme destacado por Kuzyakov et al. (2002). A diminuição não ocorreu em VN, devido ao aporte de C pelas raízes da flora nativa, como ocorreu outros solos de textura arenosa, conforme Li et al. (2019a). Adicionalmente, o manejo em  $HT_o$  utilizando insumos e uso a cada 2 anos com plantas de cobertura multiespécies (ver histórico), não tem suprido ou aumentado os estoques de C em maiores profundidades (Figura 3). Relatos semelhantes em estudos sobre agricultura de conservação (manejo semelhante ao orgânico) mostram diferenças significantes em 0-30 cm, mas não em 0-90 cm (espessura total) para o aumento do estoque de C (YANG; WANDER, 1999).

Os estoques de C da área de olericultura ( $HT_o$ ) mantiveram-se elevados na camada superficial (0-15cm) (Figura 3), quando comparado a uma avaliação das mesmas áreas em 2003 (ALENCAR, 2005), porém o cultivo com banana  $BN_o$ , posterior a olericultura orgânica (ver histórico), levou a uma redução quando avaliado o mesmo período (2003 e 2021). Alencar (2005) também observou que a área de cultivo convencional ( $AG_{cv}$ ) apresentou maiores estoques de C que as áreas orgânicas no ano de 2003 quando avaliou-se a profundidade de 30-40 cm de (ALENCAR, 2005), comportamento também observado em 2021 (Figura 3). Avaliações entre agroecossistemas orgânico e convencional, ambos de cultivo de hortaliças, mostraram que o manejo orgânico aumenta os estoques de C no solo superficial (0-30 cm) (BAIANO; MORRA, 2017; CAMPANELLI; CANALI, 2012), o que também está de acordo com o comportamento em  $HT_o$ . Os maiores estoques em  $AG_{cv}$ , nas profundidades de 15-35 e 35-55 cm (Figura 3), que se mantiveram ao longo do tempo, supostamente decorreram do C advindo dos resíduos do cultivo de milho, de alta relação C/N (TRINSOUTROT et al., 2000), produzindo uma MOP mais recalcitrante (MARRIOTT; WANDER, 2006). Como a área convencional, assim como VN, possuem baixos teores de nutrientes (Tabela 2), como P e K, a atividade biológica nessa condição fica limitada, minimizando a perda de C (DENARDIN et al., 2022). Os maiores estoques de C no subsolo de VN também devem estar associados a diversidade de espécies arbóreas e variedade de raízes de difícil degradação (NAIR et al., 2009) de algumas espécies, o que favorece o aumento dos estoques de C em profundidade (Figura 3) (LORENZ; LAL, 2005), especialmente para solos arenosos em profundidades abaixo de 20 cm, como destacado por Li et al. (2019b).

É sabido que o intenso revolvimento do solo rompe os agregados expondo matéria orgânica e promove a perda de C pela emissão de  $CO_2$  com a mineralização, favorecendo menores estoques de C (JASTROW, 1996; LI et al., 2020). No entanto, no presente estudo, observou-se que, mesmo com intenso revolvimento do solo em  $HT_o$ , o manejo e adição de resíduos orgânicos manteve elevados os estoques de C e N, porém somente em superfície (0-15 cm) (Figura 3, Figura 4). Por outro lado, em  $BN_o$  não houve revolvimento do solo nos últimos 12 anos e os estoques de C também foram reduzidos, mas o mesmo não aconteceu com o N. Quanto ao C nesse sistema, pode ser associado ao menor aporte de insumos orgânicos uma vez que não houve aporte adicional de insumos orgânicos externos (ver histórico). Já, em relação a N, houve uma estabilização desse elemento MOAM (Figura 4) mantendo os seus maiores estoques. Esse resultado levanta a necessidade de estratégias para manutenção de C em

BN<sub>o</sub>, como o aporte de composto orgânico. Outros aspectos seriam o fato de, mesmo com um grande aporte de resíduos de *M. paradisiaca* e *Panicum* sp. (Figura 6), a pouca diversificação de plantas na área nos últimos anos, especialmente leguminosas, como destacado por Bohoussou et al. (2022) e Zhang et al. (2022), e a falta de utilização de composto orgânico, acabam por reduzir os estoques de C e N.

Para um detalhamento dos efeitos das ações humanas sobre a ciclagem de C e N no ambiente, a avaliação das frações físicas da MOS também permitiu observar diferenças que não seriam possíveis caso fosse apenas dos estoques de C e N totais. Diferenças significativas nos estoques de C e N das frações da MOS, tanto entre os usos do solo quanto em profundidade (Figuras 3 e 4) foram encontradas. Em todos os sistemas agrícolas houve redução dos estoques de C-MOAM em relação ao ambiente natural (VN), o que se deve a mudanças causadas em um longo prazo pelo uso agrícola, já que se trata de uma fração mais estável em termos de mudanças com a forma de uso do solo (COTRUFO et al., 2015).

Os sistemas orgânicos de produção (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>) possuem menores estoques de C-MOP que AG<sub>cv</sub> (Figura 3), o que se deve ao aporte de insumos ricos em N que ocasiona maior mineralização do componente menos protegido (MARRIOTT; WANDER, 2006). Não só houve maiores estoques de N nos sistemas orgânicos (Figura 4), como também maiores teores de outros nutrientes (Tabela 2), o que permite que a microbiota mineralize mais matéria orgânica (COTRUFO et al., 2013; KIRKBY et al., 2014). Uma baixa variedade de tipos de resíduos não proporciona aumentos nos estoques de C-MOP (ZHANG et al., 2022). Esse aspecto é estritamente importante em BN<sub>o</sub>, pois os resíduos aportados são apenas de duas espécies de plantas não-leguminosas há quase 10 anos (ver histórico), não havendo variabilidade de recursos para a microbiota. Se os resíduos formam MOP com altas relações C/N-MOP e há pouco N no sistema, há preservação pela recalcitrância (MENDHAM et al., 2004). Os estoques de N em AG<sub>cv</sub>, diferentemente de BN<sub>o</sub>, foram muito baixos, o que proporcionou altas relações C/N, especialmente na MOP (Figura 5), o que levou a sua maior preservação e maiores estoques (Figura 3).

A matéria orgânica particulada (MOP) possui características bioquímicas que refletem o material original relativamente decomposto, sejam fragmentos de plantas, de carvão, exoesqueletos de artrópodes e demais compostos orgânicos particulados no solo (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992). Essa fração, mesmo que não possua uma composição bioquímica QUE A TORNA susceptível à degradação devido à alta relação C/N, é ausente de

proteção química por não estar ligada a minerais, predominando a proteção física por oclusão em agregados, persistindo por menos tempo no solo que a MOAM (LAVALLEE; SOONG; COTRUFO, 2020). Nesse sentido, é plausível que HT<sub>o</sub> tenha proporcionado uma MOP mais rica em N facilitando sua ciclagem e redução dos estoques em profundidade, comprometendo os estoques totais (NIU et al., 2022). Os menores estoques de C-MOP em BN<sub>o</sub> (0-15 cm) (Figura 3) ocorreram pelo fato dessa fração, nessa profundidade, apresentar menores relações C/N-MOP (Figura 5) facilitando sua mineralização (KIM et al., 2022). Mas houve algumas profundidades com estoques baixos de C-MOP nesse sistema de uso (BN<sub>o</sub>), o que coincide com os menores estoques de N-MOP (Figura 4) e elevada relação C/N devido a mineralização das partículas ricas em N resultando em estoques remanescentes com baixos teores de N (AVERILL; WARING, 2018). A necessidade de N das culturas não-leguminosas em BN<sub>o</sub> levou-as a adquirir a maior parte do N necessário ao seu crescimento e desenvolvimento a partir da reserva desse elemento quando realizado o manejo orgânico de hortaliças, reciclando-o na camada superficial (0-15 cm). Nessa camada, há maiores estoques de C-MOP de baixa relação C/N. Os processos de decomposição no solo superficial com disponibilidade de N para a comunidade microbiana também permitiram maiores estoques de C e N na MOAM em HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>, visto que a disponibilidade desses nutrientes, especialmente na MOP, proporciona maior eficiência na formação da MOAM (MOSIER et al., 2021). Esses resultados reforçam a necessidade de estratégias de cultivo que incluam leguminosas, visando o aumento de C na MOAM e MOP (LI et al., 2023) em profundidade.

Os maiores e menores estoques de C-MOD observados em HT<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub>, respectivamente (Figura 3), são relatados em outras situações semelhantes como as observadas por Marinari et al. (2010) e Martínez-García et al. (2021). O incremento de insumos orgânicos em HT<sub>o</sub>, a partir da aplicação de composto orgânico, rotação de culturas e adubação verde, acarreta aumento de C-MOD no solo (BARTOS; SZYMAŃSKI; KLIMEK, 2020; ZHAO et al., 2021), especialmente na camada superficial (0-15 cm). Sendo o COT uma das fontes de C-MOD, seu aumento também se mostrou em HT<sub>o</sub> (GMACH et al., 2020; KALBITZ et al., 2000). Como no sistema de manejo de AG<sub>cv</sub> não estão previstas práticas que aumentem a quantidade de compostos orgânicos dissolvidos, os estoques de C-MOD foram menores. O aporte de resíduos orgânicos em HT<sub>o</sub> aumentou numericamente os estoques de C-MOD em maiores profundidades. O uso de composto orgânico foi relatado como fonte de C-MOD para aumentar os estoques de C em solos arenosos em maiores profundidades devido à natureza aromática de

compostos dissolvidos (SEDDAIU et al., 2023). No entanto, HT<sub>o</sub> não aumentou a aromaticidade de C-MOAM e C-MOD em profundidade, ao contrário, reduziu (Figuras 9 e 11). Não ocorreu diferenças entre as profundidades de cada agroecossistema, mas em VN houve maiores estoques de C-MOD em 15-35 cm. Esse resultado está em acordo ao encontrado em plantações de *Acacia auriculiformis* A.Cunn. ex Benth., nos quais foram observados aumentos de estoques de C-MOD a partir de 20 cm em relação às demais profundidades. Provavelmente os maiores estoques nessa profundidade estejam associados a maior dominância de exsudados radiculares e a fixação de N nessa camada (YE et al., 2020).

Os sistemas agrícolas orgânicos (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>), assim como a vegetação nativa (VN), possuem mais N-total que AG<sub>cv</sub> (Figura 4). Campanelli e Canali (2012) mostraram que o uso de insumos orgânicos e adubação verde em cultivo de hortaliças orgânicas são eficientes em aumentar os teores de N orgânico em longo prazo comparando com a fertilização mineral, pois, há um acúmulo de N orgânico devido a adição contínua e menor perda de N na forma orgânica. Embora os sistemas agrícolas orgânicos tenham aumentado os estoques de N, semelhante a VN em 55-100 cm (Figura 4), o mesmo não aconteceu com os estoques de C nessa profundidade (Figura 3). Este resultado difere dos encontrados por Bohoussou et al. (2022) e Pullens et al. (2021), onde relatam que as práticas com o mínimo de revolvimento, rotação e diversificação de culturas, incluindo leguminosas e cobertura permanente do solo aumentam ambos os estoques de C e N no solo, ou seja, há exceções para camadas mais profundas do solo quanto a esse comportamento de aumento.

Os estoques de N-Total e N-MOAM em VN e nos sistemas orgânicos (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>) foram maiores (Figura 4). A vegetação natural (VN) possui leguminosas capazes de realizar a fixação biológica do N<sub>2</sub> a partir da simbiose com bactérias fixadoras de N. Além disso, algumas espécies que compunham a adubação verde, praticada durante o uso com olerícolas, também realizam esse processo, aliado ao aporte de insumos orgânicos (Tabela 1), favorecendo o aumento dos estoques, levando a construção de uma reserva de N pré-instalação de BN<sub>o</sub>. A fertilidade construída em sistemas orgânicos pode se estender por décadas (PULLENS et al., 2021). No entanto, os estoques N-MOP em BN<sub>o</sub> foram reduzidos em cerca de 2/3. Provavelmente a ciclagem de N foi favorecida, pois não houve aporte de N desde o estabelecimento da cultura da banana na área. A *M. paradisiaca* e *Panicum* sp. não são fixadoras de nitrogênio como as leguminosas, e suas demandas por este nutriente levaram a ciclagem do N na MOP (menos estável), mantendo elevados os estoques de N-MOAM (fração

mais estável) em relação ao uso convencional ( $AG_{cv}$ ), como ocorreu nos sistemas avaliados por Kim et al. (2022). Como a MOP não possui mecanismos de persistência mais fortes, seu tempo de residência é menor que a da MOAM (COTRUFO et al., 2013; WITZGALL et al., 2021).

A matéria orgânica dissolvida (MOD) também apresentou maiores estoques de N no sistema de olericultura orgânica ( $HT_o$ ) (Figura 4) devido a contribuição do manejo para o aporte de N em formas orgânicas em superfície (ver histórico). Sistemas orgânicos têm aumentado N-MOD comparativamente aos sistemas de manejo convencional (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2021). Os teores de N tanto dessa fração, quanto da MOAM estiveram fortemente correlacionados (Figura 18) com os resultados da absorvância 210 do UV-Vis, as quais estão associadas com compostos amins e amidas (funções nitrogenadas). Tal condição pode ser indicativo da interdependência entre a MOD e a MOAM com processos de sorção e dessorção (KAISER; KALBITZ, 2012), tanto de compostos de C quanto N (Figura 11, Figura 18), tamponando o N dissolvido retirado da solução.

A relação C/N aumentou com a profundidade do solo para todos os usos do solo avaliados (Figura 5). Esse resultado é incomum, pois a tendência geral é que a relação C/N do solo diminua com a profundidade, refletindo em uma MOS mais decomposta e mais antiga em maiores profundidades do solo em relação a superfície (BATJES, 1996). No entanto, a razão C/N pode aumentar em profundidade, mas as respostas ainda não são claras, havendo a justificativa de que compostos solúveis de alta relação C/N são lixiviados para maiores profundidades, sendo adsorvidos nos argilominerais (DIEKOW et al., 2005), passível de acontecer em Espodossolos (SCHNEIDER; AMELUNG; DON, 2021). Mas essa explicação, no entanto, não é coerente com os resultados do presente estudo, pois a C/N-MOD aumentou com a profundidade apenas em  $HT_o$  e  $BN_o$ , diminuindo em  $AG_{cv}$  e VN. Também é sugerido que o aumento da relação C/N é reflexo da composição da vegetação, com razões C/N aumentando com a profundidade em solos com gramíneas em relação aos arbustivos (PETRENKO et al., 2016). No caso do presente estudo, a cobertura vegetal é distinta em todos os usos, predominando *M. paradisiaca* e gramíneas nas entrelinhas em  $BN_o$  e árvores e arbustos em VN. Por fim, o que pode ser mais provável é que a disponibilidade de N nas camadas superficiais é maior do que em profundidade, levando a ciclagem desse nutriente nas camadas superficiais do solo. (SÁ et al., 2001).

As maiores relações C/N-Total de  $AG_{cv}$  (Figura 5) ocorreram pelo baixo aporte de N nesse sistema, no caso há 9 anos (ver histórico), enquanto nos sistemas orgânicos ( $HT_o$  e



AG<sub>cv</sub>) tiveram um aporte de N via composto orgânico e adubos verdes que permitiu que a relação C/N fosse menor, especialmente devido ao N da MOAM, mais estável a longo prazo (COTRUFO et al., 2013). A relação C/N-MOAM assim como a C/N-Total aumentou em profundidade, C/N-MOP era variável, especialmente em BN<sub>o</sub>, a qual possuía camadas de solo intermediárias com alta relação C/N, enquanto as superficiais apresentavam menores relações C/N (Figura 5). Devido ao aporte de material orgânico recente sobre o solo (Figura 6) havia um material mais rico em N, ou seja, abundância relativa de aminoácidos em *Panicum* sp. (Figura 12). A relação C/N-MOD aumentou nos sistemas orgânicos em profundidade, enquanto em VN e AG<sub>cv</sub> diminuíram (Figura 5). Provavelmente o aumento de C/N-MOD ocorreu tanto com os insumos orgânicos ricos em N na superfície, no caso de HT<sub>o</sub>, quanto com a serapilheira recentemente depositada no caso de BN<sub>o</sub>, mantendo maiores teores de N-MOD na superfície. O contrário ocorre em AG<sub>cv</sub>, visto que a diminuição da razão C/N-MOD ocorreu pelo baixo aporte de resíduos e a limpeza das plantas espontâneas (ver histórico), o que limitou o C-MOD. Em VN há uma grande deposição de material orgânico sobre o solo, o que efetivamente contribui com o aumento dos compostos de C dissolvidos e sua maior relação C/N em superfície, similar ao que acontece em solos sob plantio direto (SCHMIDT; MARTÍNEZ, 2019). Porém, como N-MOD apresenta uma maior mobilidade no perfil comparativamente a C-MOD (SCOTT; ROTHSTEIN, 2014), a lixiviação preferencial reduziu a razão C/N dessa fração nesse uso. Esse comportamento mostra que a dinâmica da relação C/N – MOD não depende apenas da presença ou quantidade de cobertura adicionada ao solo, mas também da qualidade dos resíduos que são aportados.

Um dos objetivos do trabalho foi investigar as contribuições da MOD para os estoques de C em maiores profundidades do solo arenoso, visto ser uma das vias (LEINEMANN et al., 2018; SCOTT; ROTHSTEIN, 2014; STRAHM et al., 2009), especialmente quando compostos orgânicos são adicionados na superfície (KAISER; KALBITZ, 2012). Os solos das áreas de uso (HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN) possuem menos de 15% de argila na camada superficial, sendo que este aumenta paulatinamente em maiores profundidades, mas não atinge 30% (Tabela 2). A caulinita é o argilomineral predominante nesse solo (ALENCAR, 2005), sendo possível estimar o DSC para todas as profundidades. Em HT<sub>o</sub>, na camada de 0-15 cm, praticamente todos os sítios de ligação dos argilominerais estavam saturados. A saturação de C ocasiona potencial lixiviação do C dissolvido e sua adsorção em maiores profundidades. No entanto, na segunda profundidade (15-35 cm), houve 55% de

déficit, o que demonstra que em maiores profundidades o potencial das argilas em adsorver C aumenta devido a disponibilidade de sítios de ligação dos argilominerais, conforme demonstrado em diferentes solos a partir de 25 cm de profundidade (SCOTT; ROTHSTEIN, 2014) e potencial formação de MOAM (COTRUFO et al., 2022). Mesmo com C-MOD numericamente superior em HT<sub>o</sub> nas profundidades 15-100 cm, provavelmente a sua natureza mais hidrofílica (grupos carboxílicos em 1402 cm<sup>-1</sup>) (Figura 8 C) não ocasionou uma associação forte com argilominerais. Por outro lado, VN apresentou menor DSC em profundidade, sendo os compostos de caráter hidrofóbico em maior abundância relativa em profundidade (Figura 13), aqueles que se associam fortemente a fase mineral (SCOTT; ROTHSTEIN, 2014). Como a suberina dominou porcentualmente. Avaliando a contribuição de MOD para a saturação das camadas de solo mais profundas Seddaiu et al. (2023) mostraram subsaturação em todas as profundidades avaliadas, resultados que diferem de HT<sub>o</sub>, mas que corrobora com a disponibilidade de sítios para associações organominerais..

As menores quantidades de serapilheira ocorreram em AG<sub>cv</sub>, pois, não são aportados resíduos da parte aérea das culturas nas entrelinhas da tubulação de irrigação (apenas em entrelinhas adjacentes), caracterizando o menor aporte de serapilheira nas faixas analisadas (Figura 6), sendo algumas ervas adventícias responsáveis pela pequena quantidade de serapilheira nesse sistema. O sistema (BN<sub>o</sub>) possui maior abundância de serapilheira devido à alta produção de restos culturais da bananeira e sua manutenção em toda área, além de gramínea (*Panicum sp.*) que ocupa o sistema. A vegetação nativa tem o menor erro padrão, possuindo abundância e uniformidade nas quantidades de serapilheira pelo seu aporte constante.

#### **4.2 Composição bioquímica da matéria orgânica nos sistemas de uso do solo**

Os valores de absorvância pela espectrometria do infravermelho permitem inferir sobre a abundância de grupos funcionais presentes na matéria orgânica (PARIKH et al., 2014). Os cuidados tomados na obtenção dos dados de ATR-FTIR (espectro da fase mineral da MOAM, separação com agitação em água da MOP e liofilização da MOD) permitiram obter bandas de absorvância mais evidentes. Além da MOS, também foi importante a caracterização da serapilheira coletada nas diferentes situações de uso (HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN), pois apresentaram diferenças na intensidade das bandas e complementaram a avaliação da dinâmica da MOS. A análise de ATR-FTIR também complementou a análise qualitativa pela

termoquimólise, já que a espectrometria do infravermelho consegue dados de toda a amostra orgânica, embora com menor número de informações.

As bandas de absorvância ATR-FTIR do composto orgânico apresentaram menor intensidade em 3313, 2919, 2850 e 1618  $\text{cm}^{-1}$  quando comparado com o espectro de esterco equino/suíno (CAPORALE et al., 2023). O composto orgânico também não apresentou bandas bem evidentes em 1414  $\text{cm}^{-1}$  (carboidratos) em relação ao espectro de esterco equino/suíno, mas manteve a banda intensa em 1033  $\text{cm}^{-1}$  (CAPORALE et al., 2023). O processo de compostagem levou então a uma redução relativa de compostos O-H, N-H, alifáticos e aromáticos, e reduziu fortemente grupos C-H<sub>2</sub> e C-H (1414  $\text{cm}^{-1}$ ) de celulose (MARÉCHAL; CHANZY, 2000). No entanto a compostagem manteve a maior abundância relativa de polissacarídeos (1033  $\text{cm}^{-1}$ ), o que também se evidencia quando comparado aos espectros das folhas de *M. paradisiaca* e *Panicum* sp. e serapilheira (Figura 7). Também os espectros de ATR-FTIR permitiram constatar a diminuição da intensidade das bandas da serapilheira, pela sua parcial de decomposição.

As folhas de *Musa paradisiaca* e *Panicum* sp. apresentaram diferenças sutis quanto a intensidade de bandas do ATR-FTIR, sendo, no primeiro caso, as bandas de compostos alifáticos (2919 e 2850  $\text{cm}^{-1}$ ) mais intensas, enquanto no segundo estas o foram em 1510  $\text{cm}^{-1}$  (Figura 7). As espécies de plantas (*Musa paradisiaca* e *Panicum* sp.) apresentaram diferenças em intensidades de bandas, nos espectros ATR-FTIR, por conta das diferenças bioquímicas que as plantas apresentaram (RANA et al., 2018). Esses resultados sugerem uma maior abundância de compostos alifáticos presentes nas folhas de bananeiras, e maior abundância de compostos de N-H e C-N (1510  $\text{cm}^{-1}$ ) de proteínas (KONG; YU, 2007) nas folhas de *Panicum* sp., o que também ficou evidente quando se avaliou a abundância de aminoácidos na análise de TMAH-GC-MS (Figura 12).

A hipótese, levantada para este trabalho, de que os diferentes sistemas de uso do solo mudam a composição química da MOS para formas mais recalcitrantes em todas as frações e em profundidade não foi confirmada pelo ATR-FTIR. O número de onda em 1620  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a compostos constituídos por ligações duplas de C (C=C) que formam estruturas aromáticas, como também preditiva de biomassa carbonizada (DE LA ROSA et al., 2019). Apenas a MOD de VN aumentou a absorvância em 1620  $\text{cm}^{-1}$  em profundidade, enquanto HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> apresentaram redução em alguma profundidade (Figura 8). A MOP e MOAM tenderam a reduzir a absorvância em 1620  $\text{cm}^{-1}$ , em profundidade, em todos os usos de solo.

Discussões questionam a importância da recalcitrância bioquímica para a persistência da MOS a longo prazo (MARSCHNER et al., 2008), atribuindo a propriedades do ecossistema (controles ambientais e biológicos) como os maiores responsáveis pela sua persistência (SCHMIDT et al., 2011). O maior tempo médio de residência dos compostos aromáticos é um indicativo de que sua composição exerce influência sobre sua decomposição. Na MOP, VN foi o uso que apresentou a maior absorvância de  $1620\text{ cm}^{-1}$ , em maiores profundidades que os demais, o que indica que há uma reposição de compostos dessa natureza (não necessariamente pirogênica) em profundidade. Esta reposição de compostos aromáticos também é corroborada pelo aumento da MOD com a profundidade do solo em VN e com maior absorvância de  $1620\text{ cm}^{-1}$  em 35-100 cm na MOAM, provavelmente devido a sorção de compostos aromáticos dissolvidos que se encontram na solução do solo nessa camada (KALBITZ et al., 2005).

A matéria orgânica dissolvida (MOD) não apresentou bandas de compostos alifáticos como a MOAM e MOP em  $2919$  e  $1349\text{ cm}^{-1}$ , mas uma banda de alifáticos em  $1402\text{ cm}^{-1}$  (Figura 8), revelando que os compostos alifáticos da MOD apresentam naturezas distintas das outras frações, o que também aconteceu com as bandas de compostos alifáticos dos materiais vegetais (serapilheira e folhas de *M. paradisiaca* e *Panicum* sp.). A banda em  $1620\text{ cm}^{-1}$  também foi maior na MOD do que nas outras frações, mostrando uma proporção relativa de compostos de natureza aromática em relação a MOP e MOAM. As bandas conspícuas na MOD em  $1546\text{ cm}^{-1}$  indicam a maior abundância de compostos nitrogenados, o que corrobora com sua baixa relação C/N e a absorvância em 210 nm.

As diferenças entre o grau de aromaticidade mensurada pela absorvância específica do UV (SUVA) da MOD (Figura 11) entre os sistemas de uso não ocorreu devido aos maiores teores de areia e maior aeração como destacado por Tong et al. (2021). Devido ao baixo aporte de insumos orgânicos em  $AG_{cv}$ , houve maior grau de decomposição da MOD, perdendo o caráter aromático e redução da sua relação C/N em profundidade, como ocorreu em áreas de uso do solo conforme Liu et al. (2019b); Rinot et al. (2021) e Santos et al. (2022b). O aporte de serapilheira na superfície do solo ocasionou a liberação de compostos aromáticos como a lignina, que podem despolimerizar e ficam dissolvidos na camada superficial do solo, como ocorre em ecossistemas florestais, aumentando a aromaticidade nessa camada (ASSUNÇÃO et al., 2019) como em VN (0-15 cm). Os agroecossistemas orgânicos apresentaram um aumento substancial da aromaticidade SUVA em maiores profundidades, o que indica que a MOD em HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> apresenta menor grau de decomposição em maiores profundidades, corroborando

com a relação C/N-MOD, maior com a profundidade nos sistemas orgânicos (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>). Alta relação C/N indica menor decomposição dos componentes orgânicos (SANTOS et al., 2022b). Quando se avalia o SUVA em sistemas de manejo, pode-se observar uma relação inversa com a profundidade do solo (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2018a; ROMERO et al., 2017; SCHMIDT; MARTÍNEZ, 2019). No presente estudo, somente VN e AG<sub>cv</sub> apresentaram tal comportamento. Também é relatado que práticas que aumentam a quantidade de compostos alifáticos de pouca mobilidade na superfície do solo, podem aumentar o SUVA em profundidade, comparativamente a superfície (LI et al., 2019c; SHARMA et al., 2017). Tal condição pode ter contribuído para que HT<sub>o</sub> apresentasse menores valores de SUVA na profundidade de 0-15 cm.

A razão de absorvância 253/203 aumentou com a profundidade em HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>, mas diminuiu em AG<sub>cv</sub> e VN (Figura 11). Este parâmetro está associado ao grupo orgânico ligado a anéis aromáticos de C. A presença de grupos funcionais polares como carbonila, carboxila e grupos éster em anéis aromáticos aumenta a proporção com o aumento desse índice e diminui quando grupos alifáticos apolares estão ligados lateralmente no anel aromático (KORSHIN; LI; BENJAMIN, 1997). He et al. (2014), avaliaram a razão 253/203 ao longo do processo de compostagem e concluíram que o aumento do valor do índice estava relacionado ao grau de oxidação das cadeias laterais dos anéis aromáticos da matéria orgânica dissolvida dos resíduos orgânicos. Tais resultados indicam que o processo de decomposição da MOD, nos sistemas agrícolas orgânicos (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>), tem levado a um aumento da oxidação das cadeias laterais dos compostos aromáticos dissolvidos, enquanto VN e AG<sub>cv</sub> apresentam anéis laterais com cadeias laterais alifáticas em profundidade. Cabe destacar que o comportamento de aumento de transformação da MOD como um todo, representado pela C/N-MOD, foi contrário a decomposição das cadeias laterais de aromáticos, sugerindo vias de degradação distintas de componentes específicos sendo alteradas pelo manejo e que podem ser mascaradas na observação geral.

Os resíduos vegetais de *Panicum* sp. e *M. paradisiaca* e a serapilheira das áreas de uso, bem como MOP e MOAM, foram analisadas por TMAH-GC-MS (Figura 12). A termoquimólise é uma técnica com boa recuperação de lipídeos, biopoliésteres e lignina devido às ligações de alguns grupos oxigenados criando produtos menos polares e mais voláteis pela derivatização (SHADKAMI; HELLEUR, 2010), mas de baixa eficiência em recuperar derivados de carboidratos e proteínas (NOVOTNY; CANELLAS; COLNAGO, 2022). A maior

recuperação dos compostos de lignina, cutina, suberina e ácidos graxos de todos os materiais analisados revela um conjunto rico de informações, mas uma variedade de outros compostos que não são totalmente recuperados, como no caso dos aminoácidos, recuperados em um pequeno percentual em *Panicum* sp., indicando uma abundância real de aminoácidos e N nesse material. Além dessa limitação, a reação no processo de termoquimólise gera produtos *n*-alcanos que não se conhece o mecanismo químico da reação para sua origem (CHALLINOR, 2001), além do fato do ajuste de temperatura e do reagente para metilação recuperarem preferencialmente determinados compostos (NOVOTNY; CANELLAS; COLNAGO, 2022). Há limitações em conhecer sobre os *n*-alcanos gerados na reação daqueles que compõem a amostra, conforme mostrado na dominância desse composto nas amostras de MOP. Mesmo assim é uma técnica poderosa para caracterização da avaliação de amostras orgânicas complexas, especialmente em solos arenosos que possuem baixa proteção química das argilas (SPACCINI et al., 2013).

Os compostos de lignina eram relativamente altos na serapilheira oriunda dos diferentes tipos de usos do solo (HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN), mas a abundância relativa foi reduzida, apresentando baixos percentuais na MOAM, especialmente nas camadas superficiais de HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub>, e na MOP apenas em HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> nas camadas superficiais (Figura 13). Essa rápida degradação da lignina provavelmente se deve ao fato de que em solos arenosos há a maior aeração e baixa proteção química (SONG et al., 2013). Em solos mais argilosos e oxídicos por exemplo, proporções de lignina são relativamente altas na MOP e MOAM sob cultivo intensivo de hortaliças (FIGUERÊDO et al., 2020). Mesmo em baixos teores em Neossolo Quartzarênico, as argilas protegeram um pouco da lignina aportada aos solos na MOAM nos agroecossistemas em 0-15 cm. No sistema HT<sub>o</sub>, a presença de lignina na MOP se deve ao fato de um grande percentual desta estar presente no composto orgânico, insumo este utilizado na adubação desse sistema.

A baixa proporção de *n*-alcanos na serapilheira e nos resíduos (folhas de *Panicum* sp. e *M. paradisiaca* e composto orgânico) aportados aos solos das áreas de uso não ocorreu com MOP e MOAM, aumentando sua proporção, especialmente na MOP, com clara tendência de aumento em profundidade (Figura 13). Como a MOP é predominantemente composta por resíduos de origem vegetal (COTRUFO et al., 2022), uma proporção alta de *n*-alcanos como esta é esperada na MOP (WIESENBERG et al., 2004). No sistema BN<sub>o</sub>, com uma MOP formada predominantemente por *n*-alcanos em 55-100 cm, observou-se, que, em maiores

profundidades, houve uma decomposição preferencial de outros compostos. Nas camadas subsuperficiais há uma menor disponibilidade de O<sub>2</sub>, limitando a atividade de enzimas oxigenases que degradam *n*-alcanos (VAN BEILEN; FUNHOFF, 2007) aumentando sua abundância relativa.

Na matéria orgânica associada a minerais (MOAM), os ácidos graxos, cutinas e alcanos foram mais abundantes nos sistemas agrícolas (HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub>) do que em VN, especialmente a partir de 35 cm (Figura 13). Por outro lado, VN apresentou dominância de suberina em relação aos demais entre 15 e 100 cm de profundidade. Ácidos graxos de cadeia curta aumentam com a decomposição da MOS devido a contribuição microbiana (YANG et al., 2022), o que está relacionado com baixo aporte de C no subsolo de HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> e aumento do percentual de ácidos graxos de cadeia curta, resultado da degradação. Suberina é um componente orgânico estrutural das raízes (NIEROP, 1998) e, de modo geral, tanto a suberina quanto cutina, alcanos e ácidos graxos são moléculas menos recalcitrantes que os aromáticos (LORENZ; LAL, 2005), porém desenvolvem associações com os minerais do solo (SONG et al., 2013) e persistem por um longo prazo (KLEBER; SOLLINS; SUTTON, 2007; PICCOLO; MBAGWU, 1999). Devido a essas interações, moléculas derivadas de plantas podem ser preferencialmente protegidas em solos como já observado em experimentos de incubação (ANGST et al., 2017) e em condições de campo, como no presente estudo e o caso da suberina presente em maiores proporções no subsolo de VN. Ácidos graxos de cadeia curta são relatados como dominantes na MOAM (YANG et al., 2020) e em maiores profundidades em áreas que passaram por mudanças de uso (NADAL-ROMERO et al., 2021). O presente estudo reforça que, para maiores estoques de COT no subsolo (em VN especialmente, Figura 3), é importante a utilização de plantas com enraizamento mais profundo e que contribuam com rizodeposições (SOKOL; SANDERMAN; BRADFORD, 2019), cuja a composição rica em suberina favorece uma maior associação com a fração mineral do Neossolo Quartzarênico, aumentando os estoques em profundidade, como visto em VN.

### **4.3 Comunidades microbianas do solo das áreas de usos orgânicos e convencional e do ecossistema natural**

Houve mudanças dos PLFAs totais em profundidade, assim como de bactérias e fungos, nos sistemas de cultivo orgânicos: HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> (Figura 14). Como foram os sistemas que apresentaram os menores estoques de C no solo subsuperficial (>15 cm de profundidade), a menor disponibilidade de recursos exerceu um efeito redutor dos grupamentos microbianos,

diminuindo a abundância e conseqüente baixa abundância de ácidos graxos desses grupos, havendo inclusive diferenças significativas entre profundidades. Mesmo que práticas de aporte de insumos orgânicos como compostos orgânicos, adubação verde e a rotação de culturas, o que favorece a atividade microbiana do solo em superfície (DICK, 1992), em profundidade constatou-se a redução da população microbiana com a menor disponibilidade de recursos orgânicos (FIERER; SCHIMEL; HOLDEN, 2003).

A hipótese de que decompositores de materiais mais recalcitrantes são mais abundantes sob manejo convencional em solos arenosos e irrigados não foi confirmada. As bactérias G<sup>-</sup> são decompositoras de compostos recentemente adicionados ao sistema, mais lábeis, enquanto as G<sup>+</sup> são decompositoras de materiais mais processados (FANIN et al., 2019; KRAMER; GLEIXNER, 2008). A razão de bactérias G<sup>+</sup>/G<sup>-</sup>, um indicador da prevalência de um grupo ou outro, foi menor em AG<sub>cv</sub> e VN, e maior nos sistemas de cultivo orgânicos, destacando na superfície em HT<sub>o</sub> (0-15 cm) e nas três profundidades até 55 cm em BN<sub>o</sub> (Figura 14). Como maiores valores desse índice representam maiores proporções de decompositores de materiais mais recalcitrantes, evidencia-se que manejos orgânicos podem contribuir para a abundância de grupos bacterianos G<sup>+</sup> em superfície com o manejo orgânico, diferentemente dos orgânicos avaliados por Ge et al. (2013). Outro ponto é que a razão G<sup>+</sup>/G<sup>-</sup> aumenta com a profundidade (FIERER; SCHIMEL; HOLDEN, 2003), porém esse padrão não foi confirmado nessa situação de estudo, pois os sistemas de uso do solo diminuíram as proporções de bactérias G<sup>+</sup> em relação às G<sup>-</sup> com o aumento da profundidade do solo. Destaca-se que a relação C/N do solo e C/N-MOAM aumentou com a profundidade, incomum para a maioria dos solos, isso sugere ter contribuído para a diminuição das proporções de G<sup>+</sup> com a profundidade.

Baixas proporções de biomassa estimada de fungos (F) nos sistemas de cultivo BN<sub>o</sub> e AG<sub>cv</sub> na camada superficial foram apresentadas (Figura 14). BN<sub>o</sub> se caracteriza por um aporte elevado de serapilheira, mas baixo teor de lignina em comparação a serapilheira de VN e o composto orgânico, por exemplo. AG<sub>cv</sub> possui um pequeno aporte de serapilheira nas entrelinhas avaliadas (Figura 6) e raramente incrementa insumos orgânicos (ver histórico), diferentemente de HT<sub>o</sub> que aporta o composto orgânico com alto teores de lignina (Figura 13). Alguns tipos de fungos são responsáveis pela decomposição da lignina aportada ao solo (THEVENOT; DIGNAC; RUMPEL, 2010). Van Beneden et al. (2010) mostraram um aumento de PLFAs de fungos ao aumentar o aporte de lignina no solo. Como os resíduos em BN<sub>o</sub> são relativamente pobres em lignina (Figura 12), não ocasionou em um aumento dos ácidos graxos



de fungos (Figura 14). De modo semelhante, o pequeno aporte de serapilheira com pouca abundância de lignina, e o reduzido aporte de insumos orgânicos em AG<sub>cv</sub>, promoveu a diminuição significativa dos PLFAs de fungos, e reduziu numericamente os PLFAs dos demais microrganismos. A adição de insumos orgânicos, de modo geral, leva ao aumento de fungos (FANIN et al., 2019; ZHANG et al., 2012) e bactérias (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2018b). Tal condição explica as maiores proporções de fungos em HT<sub>o</sub> em superfície (0-15 cm), pois é um sistema com grande aporte de C via composto orgânico (com elevada abundância relativa de lignina) e adubação verde (ver histórico).

Desse modo, o menor estoque de C em maiores profundidades em HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> (Figura 3) reduziram os grupos microbianos (Figura 14). Além da quantidade, a qualidade da matéria orgânica nos sistemas, aumento da relação C/N com a profundidade (Figura 5) e abundância de lignina nos resíduos aportados (Figura 12), aumentaram decompositores de materiais recalcitrantes (G+) e reduziram a abundância de fungos, respectivamente (Figura 14). Ou seja, os manejos orgânicos levaram a diferentes mudanças na estrutura da comunidade microbiana especialmente devido a qualidade distinta de resíduos aportados, mas reduziram de modo semelhante os grupos microbianos no subsolo pois ambos apresentaram maior diferença de C com VN. Essa alteração na estrutura da comunidade microbiana pelo manejo orgânico, no sistema com hortaliça e com banana, deixa evidente a importância de aportar C não só na superfície do solo, mas também estratégias para o aumento no subsolo para a manutenção das comunidades microbianas. Além disso, o aporte de resíduos que contribuam com o aumento de lignina no sistema com banana deve ser considerado para não reduzir a abundância de fungos no sistema.

#### **4.4 Estruturação do solo resultante dos manejos orgânicos e convencional**

O elevado porcentual de macroagregados em HT<sub>o</sub> em 0-15 cm ocorreu frente a um manejo com intenso revolvimento do solo (Figura 16, ver histórico). O revolvimento do solo diminui os agregados estáveis do solo (SIX et al., 2004) e aumenta o porcentual de microagregados (XU et al., 2021). Na camada de HT<sub>o</sub> há elevados estoques de C na MOAM, MOP e MOD (Figura 3), assim como mais PLFAs (Figura 14). Em solos arenosos, a matéria orgânica do solo é o agente cimentante mais importante (ŠIMANSKÝ et al., 2019), especialmente os compostos liberados por bactérias e fungos (GUHRA; STOLZE; TOTSCHKE, 2022). Desse modo, o manejo orgânico em HT<sub>o</sub> favoreceu a agregação do solo na camada superficial (0-15 cm), como é destacado por (BAIANO; MORRA, 2017; KUMAR; NATH,

2019), em que práticas de rotação de culturas, adubação verde e aporte de composto orgânico aumentam a agregação do solo. Assim, HT<sub>o</sub> apresentou um estado de agregação semelhante a VN (uso sem revolvimento) em 0-15 cm, devido a um alto estoque de C-MOP nessa camada, além de uma elevada abundância de biomassa bacteriana e fúngica (Figura 14) e compostos de C dissolvidos (Figura 3), que atuam como agentes estabilizantes dos agregados do solo (GUHRA; STOLZE; TOTSCH, 2022; GUPTA; GERMIDA, 2015; REDMILE-GORDON et al., 2020; TANG et al., 2011).

A matéria orgânica participa efetivamente da maior agregação em superfície, haja vista que os maiores teores de argila observados em profundidade não implicaram em maiores porcentagens de agregados estáveis (Tabela 2). A constituição argilomineral 1:1 dominante (ALENCAR, 2005), não favorece esta condição como é sabido ocorrer nos solos oxidicos (HUANG et al., 2016; THOMAZ et al., 2022). Como as camadas mais profundas possuem menos matéria orgânica (Figura 3), a macroagregação também diminuiu com a profundidade (Figura 16), o que, entretanto, não é tão evidente em VN. Este foi o sistema que possui mais matéria orgânica nas camadas mais profundas e, conseqüentemente, também maior percentual de macroagregados (Figura 3, Figura 16).

A macroagregação dos solos das áreas de uso avaliadas (HT<sub>o</sub>, BN<sub>o</sub>, AG<sub>cv</sub> e VN) foi mais influenciada pela MOAM, embora a MOP também estivesse associada em menor grau (Figura 17). Sistemas de uso reduzem os estoques de C e a agregação por práticas de revolvimento do solo, rompendo os agregados e oxidando a matéria orgânica (BARRETO et al., 2009). Solos arenosos apresentam maior sensibilidade às perdas de COT e diminuição dos agregados estáveis com as mudanças de uso do solo, sendo o manejo da matéria orgânica, especialmente o aumento da MOP, importantes para a estabilidade agregada do solo (MAHMOODABADI; AHMADBEIGI, 2013). Estudos têm mostrado que o uso da palhada de culturas tem aumentado a agregação do solo (LIU et al., 2023; ZHAO et al., 2018). Em BN<sub>o</sub>, todos os resíduos da cultura e da gramínea das entrelinhas são depositados sobre o solo (ver histórico), no entanto não levou ao aumento da agregação (Figura 16). Como BN<sub>o</sub> passou por intenso revolvimento no uso anterior (ver histórico) e não houve aumento do COT, e em especial da MOP (Figura 3), os macroagregados estáveis não puderam se formar (Figura 16). Comparativamente, AG<sub>cv</sub> apresentou mais macroagregados estáveis (Figura 16) e mostrou maiores estoques de C-MOP (Figura 3). Esse resultado reforça a hipótese de que a MOP atua como um núcleo para formação de macroagregados, onde os microrganismos decompõem

parcialmente a MOP, produzindo polissacarídeos extracelulares e ligando os microagregados em torno da partícula orgânica (BRONICK; LAL, 2005; BUCKA et al., 2021).

## 5 CONCLUSÃO

Esse estudo forneceu informações sobre a quantidade e a qualidade da MOS por meio das avaliações das frações físicas da MOS, no caso MOAM, MOP e MOD em sistemas de cultivos de hortaliças (HT<sub>o</sub>) e bananicultura (BN<sub>o</sub>) orgânicas e agricultura convencional (AG<sub>cv</sub>) em um Neossolo Quartzarênico após 23 anos de uso. Também apresentou respostas das comunidades microbianas, por PLFAs, e a estrutura do solo, pela estabilidade de agregados do solo.

Após 23 anos de uso, os sistemas orgânicos reduziram os estoques de C mas não o de N (0-100 cm). O manejo adotado na horticultura (HT<sub>o</sub>) levou a um aumento dos estoques de C e N, incluindo das demais frações da MOS, além de aumento de PLFAs e agregação no solo superficial (0-15 cm).

Os benefícios para a saúde do solo pelo manejo orgânico não se mantiveram em profundidades >15 cm. O sistema orgânico com banana (BN<sub>o</sub>) não favoreceu melhor estrutura do solo e não aumentou os estoques de C, especialmente na MOP. O manejo em BN<sub>o</sub> também reduziu a biomassa de fungos, assim como a diminuição dos estoques de N em frações particulada e dissolvida da MOS, mas semelhante ao que ocorreu em HT<sub>o</sub>, contribuiu para os estoques de C e N na superfície do solo.

Nesse sentido, estratégias de manejo para o aumento da matéria orgânica em maiores profundidades são extremamente importantes para os sistemas orgânicos, como também é relevante o aporte de resíduos de qualidade variada e que aportem N no sistema com banana orgânica para formas menos protegidas, como na MOP.

O manejo convencional do solo em (AG<sub>cv</sub>) demonstrou uma melhor estruturação devido a maior macroagregação, no entanto, apresentou limitações de ordem biológica (redução da abundância dos ácidos graxos fosfolipídicos), orgânica (redução do C de MOAM e MOD) e nutricional (redução do N na MOP, MOAM e MOD). Diante desse cenário, a hipótese (*i*) de que o manejo em HT<sub>o</sub> aumentaria os estoques de C e N da MOP, MOAM e MOD em relação a AG<sub>cv</sub> se confirmou apenas para o solo superficial (0-15 cm), sendo que abaixo dessa profundidade, apenas os estoques de N-MOAM (55-100 cm) foram maiores que o convencional.

Encontrou-se uma grande variedade de compostos orgânicos nos sistemas de uso, gerando informações inéditas sobre os efeitos dos manejos orgânicos e convencional para a qualidade da MOS e suas frações. A partir dessas observações a hipótese (ii) não se confirmou, pois as formas de uso do solo mudaram a composição química da MOS para formas mais recalcitrantes em profundidade apenas em na MOD em VN (aumento da absorvância  $1620\text{ cm}^{-1}$  por ATR-FTIR), aumento da relação C/N com a profundidade na MOAM para todos os sistemas e na MOD apenas nos sistemas orgânicos (HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub>). Além disso, os compostos aromáticos da MOD nos sistemas orgânicos aumentaram o índice 253/203 nm com o aumento da profundidade. VN e AG<sub>cv</sub> o reduziam com a profundidade do solo, indicando que a atividade biológica em HT<sub>o</sub> e BN<sub>o</sub> oxidou determinadas estruturas de anéis aromáticos modificando a qualidade da MOD.

Por meio da análise TMHA-GC-MS, houve baixíssimos percentuais de lignina em maiores profundidades, sendo os compostos derivados dessa molécula mais abundantes no solo superficial. Em maiores profundidades, grandes cadeias alifáticas (suberina) dominaram percentualmente em relação aos demais compostos na MOAM, indicando um mecanismo de persistência da MOS para o Neossolo Quartzarênico que difere de outros tipos de solo. Adicionalmente, a maior abundância relativa de suberina em maiores profundidades em VN condiz com seu maior estoque de C nessas profundidades, revelando que para este tipo de solo, o aumento da matéria orgânica mais estável (MOAM) deve estar aliada ao enraizamento profundo e a essa classe de compostos em maiores profundidades de solo.

Contrariamente às expectativas da hipótese (iii), a abundância de organismos decompositores de compostos orgânicos mais recalcitrantes (G+) não apresentou diferenças significantes entre os manejos. No entanto, a razão G+/G- foi especialmente maior em BN<sub>o</sub> em muitas camadas de solo, mostrando que a comunidade bacteriana foi mais afetada sob nesse sistema em relação ao convencional (AG<sub>cv</sub>). Junto a essa mudança, a biomassa de fungos foi reduzida tanto em AG<sub>cv</sub> quanto em BN<sub>o</sub>, fato que reforça a necessidade de que, além da quantidade de resíduos aportados ao solo (baixa em AG<sub>cv</sub> e alta em BN<sub>o</sub>), qualidade (baixo percentual de lignina em BN<sub>o</sub>) ocasiona em redução dos fungos no sistema.

Estudos futuros para avaliação de outras técnicas para aumento da MOS no subsolo em sistemas orgânicos (consórcios e uso de plantas de sistema radicular agressivo por exemplo) serão necessários para o melhor manejo da matéria orgânica do solo.

## REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, Priyanka; PANDEY, Anita. Phosphate solubilization potential of endophytic fungi isolated from *Taxus wallichiana* Zucc. roots. **Rhizosphere**, [S. l.], v. 9, n. September 2018, p. 2–9, 2019. DOI: 10.1016/j.rhisph.2018.11.002.
- ALENCAR, Guilherme Viana De. **Caracterização sócio-ambiental de sistemas de cultivo orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba, Ceará**. 2005. Tese - Universidade Federal de Viçosa - UFV, [S. l.], 2005.
- ALENCAR, Guilherme Viana De; MENDONÇA, Eduardo de Sá; OLIVEIRA, Téogenes Senna De; JUCKSCH, Ivo; CECON, Paulo Roberto. Percepção ambiental e uso do solo por agricultores de sistemas orgânicos e convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S. l.], v. 51, n. 2, p. 217–236, 2013. DOI: 10.1590/S0103-20032013000200001.
- ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. Rio de Janeiro: Expressão Popular, 2012.
- ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; DE MORAES GONÇALVES, José Leonardo; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ALVAREZ, V. H. V.; NOVAISS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 25, 2000.
- ALVAREZ, V. V. H.; ALVAREZ, G. A. M. Reflexões sobre a utilização de estatística para pesquisa em ciência do solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira Ciência do Solo**, [S. l.], v. 38, p. 28 – 35, 2013.
- AMARO FILHO, Joaquim; ASSIS JÚNIOR, Raimundo Nonato; MOTA, Jaedson Cláudio Anunciato. **Física do solo: conceitos e aplicações**. 1. ed. Fortaleza.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility : a handbook of methods**. 1. ed. [s.l.] : CAB Internacional, 1989.
- ANGST, Gerrit; MUELLER, Kevin E.; KÖGEL-KNABNER, Ingrid; FREEMAN, Katherine H.; MUELLER, Carsten W. Aggregation controls the stability of lignin and lipids in clay-sized particulate and mineral associated organic matter. **Biogeochemistry**, [S. l.], v. 132, n. 3, p. 307–324, 2017. DOI: 10.1007/s10533-017-0304-2.
- ARAÚJO, Francisca Soares; MARTINS, Fernando Roberto. Physiognomy and organization of the “carrasco” vegetation on the Ibiapaba plateau, Northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 01–13, 1999. DOI: 10.1590/S0102-33061999000100002.
- ASSUNÇÃO, Shirlei Almeida; PEREIRA, Marcos Gervasio; ROSSET, Jean Sérgio; BERBARA, Ricardo Luiz Louro; GARCÍA, Andrés Calderín. Carbon input and the structural

quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 658, p. 901–911, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.271.

AVERILL, Colin; WARING, Bonnie. Nitrogen limitation of decomposition and decay: How can it occur? **Global Change Biology**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 1417–1427, 2018. DOI: 10.1111/gcb.13980.

BAIANO, Salvatore; MORRA, Luigi. Changes in Soil Organic Carbon After Five Years of Biowaste Compost Application in a Mediterranean Vegetable Cropping System. **Pedosphere**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 328–337, 2017. DOI: 10.1016/S1002-0160(17)60320-5.

BARRETO, Renata C.; MADARI, Beata E.; MADDOCK, John E. L.; MACHADO, Pedro L. O. A.; TORRES, Eleno; FRANCHINI, Julio; COSTA, Adriana R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO<sub>2</sub> in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 132, n. 3–4, p. 243–251, 2009. DOI: 10.1016/j.agee.2009.04.008.

BARTOS, Anna; SZYMAŃSKI, Wojciech; KLIMEK, Mariusz. Impact of conventional agriculture on the concentration and quality of water-extractable organic matter (WEOM) in the surface horizons of Retisols—A case study from the Carpathian Foothills in Poland. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 204, n. May, 2020. DOI: 10.1016/j.still.2020.104750.

BASTOS, Frederico de Holanda; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes; SILVA, Edson Vicente Da. Aspectos geoambientais e contribuições para estratégias de planejamento ambiental da Serra de Baturité/CE. **Revista da Anpege**, [S. l.], v. 13, n. 21, p. 163–198, 2017. DOI: 10.5418/ra2017.1321.0007.

BATJES, N. H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**, [S. l.], v. 47, n. 2, p. 151–163, 1996. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x.

BELL, L. W.; SPARLING, B.; TENUTA, M.; ENTZ, M. H. Soil profile carbon and nutrient stocks under long-term conventional and organic crop and alfalfa-crop rotations and re-established grassland. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 158, p. 156–163, 2012. DOI: 10.1016/j.agee.2012.06.006.

BERNARDI, Alberto C. De Campos; TAVARES, Silvio; MACHADO, Pedro. **Carbono e Nitrogênio de um Neossolo Quartzarênico sob Cultivo de Fruteiras Irrigadas na Região Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro EMBRAPA Solos, 2004.

BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; MACHADO, Pedro Luiz Oliveira de Almeida; MADARI, Beata E. M.; TAVARES, Silvio Roberto de Lucena; CAMPOS, David Vilas Boas De; CRISÓSTOMO, Lindbergue de Araújo. Carbon and nitrogen stocks of an Arenosol under irrigated fruit orchards in semiarid Brazil. **Scientia Agricola**, [S. l.], v. 64, n. 2, p. 169–175, 2007. DOI: 10.1590/S0103-90162007000200010.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, [S. l.], v. 37, p. 911–917, 1959.

BOHOUSSOU, Yves N. Dri; KOU, Yi Hong; YU, Wei Bao; LIN, Bai jian; VIRK, Ahmad Latif; ZHAO, Xin; DANG, Yash Pal; ZHANG, Hai Lin. Impacts of the components of conservation agriculture on soil organic carbon and total nitrogen storage: A global meta-analysis. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 842, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156822.

BRASIL. **RESOLUÇÃO. Nº 107, de 27 de JULHO**, 2017. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19287874/do1-2017-09-13-resolucao-n-107-de-27-de-julho-de-2017-19287788](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19287874/do1-2017-09-13-resolucao-n-107-de-27-de-julho-de-2017-19287788). Acesso em: 20/01/20.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Total nitrogen. *Em*: PAGE, A. L. (org.). **Methods of soil analysis**. 1. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595–624.

BRONICK, C. J.; LAL, R. **Soil structure and management: A review**. **Geoderma**, 2005. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.03.005.

BUCKA, Franziska B.; FELDE, Vincent J. M. N. L.; PETH, Stephan; KÖGEL-KNABNER, Ingrid. Disentangling the effects of OM quality and soil texture on microbially mediated structure formation in artificial model soils. **Geoderma**, [S. l.], v. 403, n. May, p. 115213, 2021. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115213.

CALEGARI, Ademir; COSTA, Antônio. Sistemas conservacionistas de uso do solo. *Em*: PRADO, Rachel Bardy; TURETTA, Ana Paula Dias; ANDRADE, Aluísio Granato De (org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 491.

CALZADA BENZA, J. **Metodos estadisticos para la investigacion**. 1. ed. Lima.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. **Soil Science Society of America Journal**, [S. l.], v. 56, n. 3, p. 777–783, 1992. DOI: 10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x.

CAMPANELLI, G.; CANALI, S. Crop Production and Environmental Effects in Conventional and Organic Vegetable Farming Systems: The Case of a Long-Term Experiment in Mediterranean Conditions (Central Italy). **Journal of Sustainable Agriculture**, [S. l.], v. 36, n. 6, p. 599–619, 2012. DOI: 10.1080/10440046.2011.646351

CAPORAL, Francisco Roberto; COSTABEBER, José Antônio. Análise Multidimensional da Sustentabilidade Uma proposta metodológica a partir da Agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 70–85, 2002.

CAPORALE, Antonio G.; PALLADINO, Mario; DE PASCALE, Stefania; DURÌ, Luigi G.; ROUPHAEL, Youssef; ADAMO, Paola. How to make the Lunar and Martian soils suitable for food production - Assessing the changes after manure addition and implications for plant

growth. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 325, 2023. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116455.

CHABBI, A.; KÖGEL-KNABNER, I.; RUMPEL, C. Stabilised carbon in subsoil horizons is located in spatially distinct parts of the soil profile. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 41, n. 2, p. 256–261, 2009. DOI: 10.1016/j.soilbio.2008.10.033.

CHALLINOR, J. M. Review: The development and applications of thermally assisted hydrolysis and methylation reactions. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [S. l.], v. 61, n. 1–2, p. 3–34, 2001. DOI: 10.1016/S0165-2370(01)00146-2.

CHANEY, K.; SWIFT, R. S. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. **Journal of Soil Science**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 223–230, 1984. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1984.tb00278.x.

CHANTIGNY, Martin H.; ANGERS, Denis A.; KAISER, Klaus; KALBITZ, Karsten. Extraction and Characterization of Dissolved Organic Matter. *Em*: M.R., Carter; E.G., Gregorich (org.). **Soil Sampling and Methods of Analysis**. 2. ed. [s.l.] : CRC Press, 2007. p. 1264. DOI: 10.1201/9781420005271.ch48.

CHENU, Claire; RUMPEL, Cornelia; LEHMANN, Johannes. **Methods for Studying Soil Organic Matter**. 4. ed. [s.l.] : Elsevier Inc., 2015. DOI: 10.1016/b978-0-12-415955-6.00013-x.

CLIFFORD, David J.; CARSON, Daniel M.; MCKINNEY, Daniel E.; BORTIATYNSKI, Jacqueline M.; HATCHER, Patrick G. A new rapid technique for the characterization of lignin in vascular plants: thermochemolysis with tetramethylammonium hydroxide (TMAH). **Organic Geochemistry**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 169–175, 1995. DOI: 10.1016/0146-6380(94)00109-E.

CONSTANTINO, Isabela Carreira. **Caracterização da matéria orgânica de rios da Amazônia : Black Carbon , substâncias húmicas e labilidade**. 2019. Universidades Estadual Paulista, [S. l.], 2019.

COSTABEBER, J. A.; CAPORAL, F. R.; WIZNIEWSKY, J. G. O conceito de transição agroecológica: contribuições para o redesenho de agroecossistemas em bases sustentáveis. *Em*: COSTA GOMES, JC; ASSIS, WS (org.). **Agroecologia: princípios e reflexões conceituais**. 2. ed. Brasília - DF: EMBRAPA, 2013. p. 262.

COTRUFO, M. Francesca; HADDIX, Michelle L.; KROEGER, Marie E.; STEWART, Catherine E. The role of plant input physical-chemical properties, and microbial and soil chemical diversity on the formation of particulate and mineral-associated organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 168, n. March, p. 108648, 2022. DOI: 10.1016/j.soilbio.2022.108648

COTRUFO, M. Francesca; SOONG, Jennifer L.; HORTON, Andrew J.; CAMPBELL, Eleanor E.; HADDIX, Michelle L.; WALL, Diana H.; PARTON, William J. Formation of soil



organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. **Nature Geoscience**, [S. l.], v. 8, n. 10, p. 776–779, 2015. DOI: 10.1038/ngeo2520.

COTRUFO, M. Francesca; WALLENSTEIN, Matthew D.; BOOT, Claudia M.; DENEFF, Karolien; PAUL, Eldor. The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: Do labile plant inputs form stable soil organic matter? **Global Change Biology**, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 988–995, 2013. DOI: 10.1111/gcb.12113.

DĂMĂȚÎRCĂ, Claudia; MORETTI, Barbara; BERTORA, Chiara; FERRARINI, Andrea; LERDA, Cristina; MANIA, Ilaria; CELI, Luisella; GORRA, Roberta; ZAVATTARO, Laura. Residue incorporation and organic fertilisation improve carbon and nitrogen turnover and stabilisation in maize monocropping. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 342, p. 108255, 2023. DOI: 10.1016/j.agee.2022.108255.

DE LA ROSA, José M.; JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, Marco A.; JIMÉNEZ-MORILLO, Nicasio T.; KNICKER, Heike; ALMENDROS, Gonzalo. Quantitative forecasting black (pyrogenic) carbon in soils by chemometric analysis of infrared spectra. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 251, n. August, p. 109567, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109567.

DEL RIO, J. C.; MCKINNEY, D. E.; KNICKER, H.; NANNY, M. A.; MINARD, R. D.; HATCHER, P. G. Structural characterization of bio- and geo-macromolecules by off-line thermochemolysis with tetramethylammonium hydroxide. **Journal of Chromatography A**, [S. l.], v. 823, n. 1–2, p. 433–448, 1998. DOI: 10.1016/S0021-9673(98)00268-4.

DENARDIN, Luiz Gustavo de O. et al. Fertilization effects on soil microbial composition and nutrient availability in integrated rice-livestock production systems. **Applied Soil Ecology**, [S. l.], v. 174, 2022. DOI: 10.1016/j.apsoil.2022.104420.

DICK, Richard P. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 40, n. 1–4, p. 25–36, 1992. DOI: 10.1016/0167-8809(92)90081-L.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D. P.; KÖGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilisation in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 81, n. 1, p. 87–95, 2005. DOI: 10.1016/j.still.2004.05.003.

DING, Yang; SHI, Zhenqing; YE, Qianting; LIANG, Yuzhen; LIU, Minqin; DANG, Zhi; WANG, Yujun; LIU, Chongxuan. Chemodiversity of Soil Dissolved Organic Matter. **Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 54, n. 10, p. 6174–6184, 2020. DOI: 10.1021/acs.est.0c01136.

DON, Axel; SCHUMACHER, Jens; FREIBAUER, Annette. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks - a meta-analysis. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 1658–1670, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x.

DU, Baoming; KANG, Hongzhang; PUMPANEN, Jukka; ZHU, Penghua; YIN, Shan; ZOU, Qin; WANG, Zhe; KONG, Fanqian; LIU, Chunjiang. Soil organic carbon stock and chemical composition along an altitude gradient in the Lushan Mountain, subtropical China. **Ecological Research**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 433–439, 2014. DOI: 10.1007/s11284-014-1135-4.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, [S. l.], v. 75, n. 4, p. 529–538, 1995.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília - DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2017.

ESPINDOLA, José Antonio Azevedo; GUERRA, JOSÉ GUILHERME MARINHO DE-POLLI, Helvécio; ALMEIDA, Dejair Lopes De; ABBOUD, Antonio Carlos de Souza. **Adução Verde com Leguminosas**. 1. ed. Brasília - DF: Embrapa Agrobiologia, 2005.

FABBRI, D.; HELLEUR, R. Characterization of the tetramethylammonium hydroxide thermochemolysis products of carbohydrates. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [S. l.], v. 49, n. 1–2, p. 277–293, 1999. DOI: 10.1016/S0165-2370(98)00085-0.

FANIN, Nicolas; KARDOL, Paul; FARRELL, Mark; NILSSON, Marie Charlotte; GUNDALE, Michael J.; WARDLE, David A. The ratio of Gram-positive to Gram-negative bacterial PLFA markers as an indicator of carbon availability in organic soils. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 128, n. June 2018, p. 111–114, 2019. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.10.010.

FERNANDES, Marcelo Ferreira; CHAER, Guilherme M. **Ácidos Graxos como Ferramenta para Estudos Ácidos Graxos como Ferramenta para Estudos em Microbiologia do Solo**. 1. ed. Aracaju: EMBRAPA, 2010.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.

FERREIRA, Eric Batista; CAVALCANTI, Portya Piscitelli; NOGUEIRA, Denismar Alves. **Pacote Experimental Designs (Português)**, 2021.

FIERER, Noah; SCHIMEL, Joshua P.; HOLDEN, Patricia A. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 35, n. 1, p. 167–176, 2003. DOI: 10.1016/S0038-0717(02)00251-1.

FIGUERÊDO, Karolline S.; PEREIRA, Marcel T. J.; NICK, Carlos; SILVA, Ivo R.; OLIVEIRA, Teogenes S. Long-term changes in organic matter stocks and quality in an Oxisol under intensive vegetable cultivation. **Catena**, [S. l.], v. 188, n. May 2019, p. 104442, 2020. DOI: 10.1016/j.catena.2019.104442.

FRAZÃO, Leidivan Almeida; SANTANA, Ingrid Kely da Silva; CAMPOS, David Vilas Boas De; FEIGL, Brigitte Josefina; CERRI, Carlos Clemente. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S. l.], v. 45, n. 10, p. 1198–1204, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010001000020.

FROSTEGARD, A.; BAATH, E. The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. **Biology and Fertility of Soils**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 59–65, 1996. DOI: 10.1007/s003740050076.

FROUZ, Jan. Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization. **Geoderma**, [S. l.], v. 332, n. September 2017, p. 161–172, 2018. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.08.039.

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. 2020.

GAO, Jiajia; MIKUTTA, Robert; JANSEN, Boris; GUGGENBERGER, Georg; VOGEL, Cordula; KALBITZ, Karsten. The multilayer model of soil mineral-organic interfaces-a review. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [S. l.], v. 183, n. 1, p. 27–41, 2019. DOI: 10.1002/jpln.201900530.

GE, Tida; CHEN, Xiaojuan; YUAN, Hongzhao; LI, Baozhen; ZHU, Hanhua; PENG, Peiqin; LI, Kelin; JONES, Davey L.; WU, Jinshui. Microbial biomass, activity, and community structure in horticultural soils under conventional and organic management strategies. **European Journal of Soil Biology**, [S. l.], v. 58, p. 122–128, 2013. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2013.07.005.

GHIMIRE, Rajan; LAMICHHANE, Sushil; ACHARYA, Bharat Sharma; BISTA, Prakriti; SAINJU, Upendra Man. **Tillage, crop residue, and nutrient management effects on soil organic carbon in rice-based cropping systems: A review**. **Journal of Integrative Agriculture** Chinese Academy of Agricultural Sciences, , 2017. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61337-0.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 1. ed. Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 2000.

GMACH, Maria Regina; CHERUBIN, Maurício Roberto; KAISER, Klaus; CERRI, Carlos Eduardo Pellegrino. Processes that influence dissolved organic matter in the soil: A review. **Scientia Agricola**, [S. l.], v. 77, n. 3, 2020. DOI: 10.1590/1678-992x-2018-0164.

GUHRA, Tom; STOLZE, Katharina; TOTSCHKE, Kai Uwe. Pathways of biogenically excreted organic matter into soil aggregates. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 164, n. April 2021, p. 108483, 2022. DOI: 10.1016/j.soilbio.2021.108483.

GÜNZLER, Helmut; GREMLICH, Hans-Ulrich. **IR-Spektroskopie: Eine Einführung**. 4. ed. Weinheim: John Wiley & Sons, 2003.

GUPTA, Vadakattu V. S. R.; GERMIDA, James J. Soil aggregation: Influence on microbial biomass and implications for biological processes. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 80, p. A3–A9, 2015. DOI: 10.1016/j.soilbio.2014.09.002.

HATCHER, Patrick G.; NANNY, Mark A.; MINARD, Robert D.; DIBLE, Scott D.; CARSON, Daniel M. Comparison of two thermochemolytic methods for the analysis of lignin in decomposing gymnosperm wood: the CuO oxidation method and the method of thermochemolysis with tetramethylammonium hydroxide (TMAH). **Organic Geochemistry**, [S. l.], v. 23, n. 10, p. 881–888, 1995. DOI: 10.1016/0146-6380(95)00087-9.

HE, Xiao-Song; XI, Bei-Dou; PAN, Hong-Wei; LI, Xiang; LI, Dan; CUI, Dong-Yu; TANG, Wen-Bin; YUAN, Ying. Characterizing the heavy metal-complexing potential of fluorescent water-extractable organic matter from composted municipal solid wastes using fluorescence excitation–emission matrix spectra coupled with parallel factor analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 21, n. 13, p. 7973–7984, 2014. DOI: 10.1007/s11356-014-2751-9.

HUANG, Jingyi; HARTEMINK, Alfred E. Soil and environmental issues in sandy soils. **Earth-Science Reviews**, [S. l.], v. 208, n. September 2019, p. 103295, 2020. DOI: 10.1016/j.earscirev.2020.103295.

HUANG, Xiaolei; JIANG, Hong; LI, Yong; MA, Yucui; TANG, Haiyan; RAN, Wei; SHEN, Qirong. The role of poorly crystalline iron oxides in the stability of soil aggregate-associated organic carbon in a rice-wheat cropping system. **Geoderma**, [S. l.], v. 279, p. 1–10, 2016. DOI: 10.1016/j.geoderma.2016.05.011.

IBD, Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural. **Diretrizes para o Padrão de Qualidade Orgânico IBD. 27ª Edição**São PauloIBD CERTIFICAÇÕES, 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Guaraciaba do Norte, característica dos estabelecimentos**. 2017.

IPEC, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico municipal: Guaraciaba do Norte. GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**. FortalezaSECRETARIA DO PLANEJAMENTO E GESTÃO (SEPLAG), 2007.

JASTROW, J. D. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 28, n. 4–5, p. 665–676, 1996. DOI: 10.1016/0038-0717(95)00159-X.

KAISER, Klaus; KALBITZ, Karsten. Cycling downwards - dissolved organic matter in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 52, p. 29–32, 2012. DOI: 10.1016/j.soilbio.2012.04.002.

KALBITZ, K.; SCHMERWITZ, J.; SCHWESIG, D.; MATZNER, E. Biodegradation of soil-derived dissolved organic matter as related to its properties. **Geoderma**, [S. l.], v. 113, n. 3–4, p. 273–291, 2003. DOI: 10.1016/S0016-7061(02)00365-8.

KALBITZ, K.; SOLINGER, S.; PARK, J. H.; MICHALZIK, B.; MATZNER, E. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. **SOIL SCIENCE**, Bayreuth, Germany, v. 165, n. 4, p. 32, 2000.

KALBITZ, Karsten; SCHWESIG, David; RETHEMEYER, Janet; MATZNER, Egbert. Stabilization of dissolved organic matter by sorption to the mineral soil. **Soil Biology and Biochemistry**, [*S. l.*], v. 37, n. 7, p. 1319–1331, 2005. DOI: 10.1016/j.soilbio.2004.11.028.

KIM, Keunbae; DALY, Erin J.; GORZELAK, Monika; HERNANDEZ-RAMIREZ, Guillermo. Soil organic matter pools response to perennial grain cropping and nitrogen fertilizer. **Soil and Tillage Research**, [*S. l.*], v. 220, 2022. DOI: 10.1016/j.still.2022.105376.

KIRKBY, Clive A.; RICHARDSON, Alan E.; WADE, Len J.; PASSIOURA, John B.; BATTEN, Graeme D.; BLANCHARD, Chris; KIRKEGAARD, John A. Nutrient availability limits carbon sequestration in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, [*S. l.*], v. 68, p. 402–409, 2014. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.09.032.

KLEBER, M.; SOLLINS, P.; SUTTON, R. A conceptual model of organo-mineral interactions in soils: Self-assembly of organic molecular fragments into zonal structures on mineral surfaces. **Biogeochemistry**, [*S. l.*], v. 85, n. 1, p. 9–24, 2007. DOI: 10.1007/s10533-007-9103-5.

KÖGEL-KNABNER, Ingrid; RUMPEL, Cornelia. Advances in Molecular Approaches for Understanding Soil Organic Matter Composition, Origin, and Turnover: A Historical Overview. *Em: Advances in Agronomy*. 1. ed. [s.l.] : Elsevier Inc., 2018. v. 149p. 1–48. DOI: 10.1016/bs.agron.2018.01.003.

KOLATTUKUDY, P. E. Structure, Biosynthesis, and Biodegradation of Cutin and Suberin. **Annual Review of Plant Physiology**, [*S. l.*], v. 32, n. 1, p. 539–567, 1981. DOI: 10.1146/annurev.pp.32.060181.002543.

KONG, Jilie; YU, Shaoning. Fourier Transform Infrared Spectroscopic Analysis of Protein Secondary Structures. **Acta Biochimica et Biophysica Sinica**, [*S. l.*], v. 39, n. 8, p. 549–559, 2007. DOI: 10.1111/j.1745-7270.2007.00320.x

KORSHIN, Gregory V; LI, Chi-wang; BENJAMIN, Mark M. Monitoring the properties of natural organic matter through UV spectroscopy: A consistent theory. **Water Research**, [*S. l.*], v. 31, n. 7, p. 1787–1795, 1997. DOI: 10.1016/S0043-1354(97)00006-7.

KOUR, Divjot; RANA, Kusam Lata; KAUR, Tanvir; YADAV, Neelam; YADAV, Ajar Nath; KUMAR, Manish; KUMAR, Vinod; DHALIWAL, Harcharan Singh; SAXENA, Anil Kumar. Biodiversity, current developments and potential biotechnological applications of phosphorus-solubilizing and -mobilizing microbes: A review. **Pedosphere**, [*S. l.*], v. 31, n. 1, p. 43–75, 2021. DOI: 10.1016/S1002-0160(20)60057-1.

KRAMER, Christiane; GLEIXNER, Gerd. Soil organic matter in soil depth profiles: Distinct carbon preferences of microbial groups during carbon transformation. **Soil Biology and Biochemistry**, [*S. l.*], v. 40, n. 2, p. 425–433, 2008. DOI: 10.1016/j.soilbio.2007.09.016.

KUMAR, Narendra; NATH, Chaitanya Prasad. Impact of zero-till residue management and crop diversification with legumes on soil aggregation and carbon sequestration. **Soil and Tillage Research**, [*S. l.*], v. 189, p. 158–167, 2019. DOI: 10.1016/j.still.2019.02.001.

KUZYAKOV, Y.; SINIAKINA, S. V.; RUEHLMANN, J.; DOMANSKI, G.; STAHR, K. Effect of nitrogen fertilisation on below-ground carbon allocation in lettuce. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S. l.], v. 82, n. 13, p. 1432–1441, 2002. DOI: 10.1002/jsfa.1202.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, [S. l.], v. 123, n. 1–2, p. 1–22, 2004. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.01.032.

LAVALLEE, Jocelyn M.; SOONG, Jennifer L.; COTRUFO, M. Francesca. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 261–273, 2020. DOI: 10.1111/gcb.14859.

LEINEMANN, T.; PREUSSER, S.; MIKUTTA, R.; KALBITZ, K.; CERLI, C.; HÖSCHEN, C.; MUELLER, C. W.; KANDELER, E.; GUGGENBERGER, G. Multiple exchange processes on mineral surfaces control the transport of dissolved organic matter through soil profiles. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 118, n. September 2017, p. 79–90, 2018. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.12.006.

LI, Guorui; TANG, Xueqin; HOU, Quanming; LI, Tong; XIE, Huanxin; LU, Zhiqiang; ZHANG, Tishuo; LIAO, Yuncheng; WEN, Xiaoxia. Response of soil organic carbon fractions to legume incorporation into cropping system and the factors affecting it: A global meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S. l.], v. 342, 2023. DOI: 10.1016/j.agee.2022.108231.

LI, Ke-wei; LU, Hai-long; NKOH, Jackson Nkoh; HONG, Zhi-neng; XU, Ren-kou. Aluminum mobilization as influenced by soil organic matter during soil and mineral acidification: A constant pH study. **Geoderma**, [S. l.], v. 418, n. January, p. 115853, 2022. DOI: 10.1016/j.geoderma.2022.115853.

LI, Qingxue et al. Changes in soil organic carbon and total nitrogen stocks along a chronosequence of Caragana intermedia plantations in alpine sandy land. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 133, p. 53–59, 2019. a. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2019.03.003.

LI, Qingxue et al. Changes in soil organic carbon and total nitrogen stocks along a chronosequence of Caragana intermedia plantations in alpine sandy land. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 133, p. 53–59, 2019. b. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2019.03.003.

LI, Wen; JIA, Xiaoxu; LI, Ming; WU, Haiming. Insight into the vertical characteristics of dissolved organic matter in 5-m soil profiles under different land-use types on the Loess Plateau. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 692, p. 613–621, 2019. c. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.339.

LI, Yuan; LI, Zhou; CHANG, Scott X.; CUI, Song; JAGADAMMA, Sindhu; ZHANG, Qingping; CAI, Yanjiang. Residue retention promotes soil carbon accumulation in minimum tillage systems: Implications for conservation agriculture. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 740, p. 140147, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140147.

LIU, Chun; LI, Zhongwu; BERHE, Asmeret Asefaw; XIAO, Haibing; LIU, Lin; WANG, Danyang; PENG, Hao; ZENG, Guangming. Characterizing dissolved organic matter in eroded sediments from a loess hilly catchment using fluorescence EEM-PARAFAC and UV–Visible absorption: Insights from source identification and carbon cycling. *Geoderma*, [S. l.], v. 334, n. July 2018, p. 37–48, 2019. a. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.07.029.

LIU, Chun; LI, Zhongwu; BERHE, Asmeret Asefaw; XIAO, Haibing; LIU, Lin; WANG, Danyang; PENG, Hao; ZENG, Guangming. Characterizing dissolved organic matter in eroded sediments from a loess hilly catchment using fluorescence EEM-PARAFAC and UV–Visible absorption: Insights from source identification and carbon cycling. *Geoderma*, [S. l.], v. 334, p. 37–48, 2019. b. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.07.029.

LIU, Xu; PENG, Chang; ZHANG, Weijun; LI, Shuangyi; AN, Tingting; XU, Yingde; GE, Zhuang; XIE, Ninghui; WANG, Jingkuan. Subsoiling tillage with straw incorporation improves soil microbial community characteristics in the whole cultivated layers: A one-year study. *Soil and Tillage Research*, [S. l.], v. 215, n. November 2020, p. 105188, 2022. DOI: 10.1016/j.still.2021.105188.

LIU, Zhanjun; WANG, Mingda; ZHOU, Jianbin; CHEN, Zhujun; XU, Xinpeng; ZHU, Yuanjun. Soil aggregation is more important than mulching and nitrogen application in regulating soil organic carbon and total nitrogen in a semiarid calcareous soil. *Science of the Total Environment*, [S. l.], v. 854, 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158790.

LOBO, Carlos Eduardo de Souza. **Do pensar ao fazer: perspectivas filosóficas, conceituais e práticas acerca da agricultura biodinâmica no Brasil**. 2019. Dissertação - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

LORENZ, K.; LAL, R. Environmental Impact of Organic Agriculture. *Em: Advances in Agronomy*. [s.l.] : Academic Press Inc., 2016. v. 139p. 99–152. DOI: 10.1016/bs.agron.2016.05.003

LORENZ, Klaus; LAL, Rattan. The Depth Distribution of Soil Organic Carbon in Relation to Land Use and Management and the Potential of Carbon Sequestration in Subsoil Horizons. *Em: Advances in Agronomy*. [s.l.: s.n.]. v. 88p. 35–66. DOI: 10.1016/S0065-2113(05)88002-2.

LUCA, Edgar Fernando De; FELLER, Christian; CERRI, Carlos Clemente; BARTHÈS, Bernard; CHAPLOT, Vicente; CAMPOS, Dinailson Correa; MANECHINI, Célio. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 789–800, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000200033.

MADEIRA, Nuno Rodrigo; SILVA, Paula Cristina; BOTREL, Neide; MENDONÇA, José Lindorico; SILVEIRA, Georgeton Soares Ribeiro; PEDROZA, Marinalva Woods. **Manual de produção de hortaliças tradicionais**. 1. ed. Brasília: Embrapa - DF, 2013. v. 1

MAHMOODABADI, Majid; AHMADBEIGI, Bahareh. Dry and water-stable aggregates in different cultivation systems of arid region soils. **Arabian Journal of Geosciences**, [S. l.], v. 6, n. 8, p. 2997–3002, 2013. DOI: 10.1007/s12517-012-0566-x.

MAIA, Stoécio Malta Ferreira; GONZAGA, Giordano Bruno Medeiros; SILVA, Leilane Kristine dos Santos; LYRA, Guilherme Bastos; GOMES, Tâmara Cláudia de Araújo. Soil organic carbon temperature sensitivity of different soil types and land use systems in the Brazilian semi-arid region. **Soil Use and Management**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 433–442, 2019. DOI: 10.1111/sum.12508.

MARÉCHAL, Y.; CHANZY, H. The hydrogen bond network in I  $\beta$  cellulose as observed by infrared spectrometry. **Journal of Molecular Structure**, [S. l.], v. 523, n. 1–3, p. 183–196, 2000. DOI: 10.1016/S0022-2860(99)00389-0.

MARGENOT, Andrew J.; PARIKH, Sanjai J.; CALDERÓN, Francisco J. Improving Infrared Spectroscopy Characterization of Soil Organic Matter with Spectral Subtractions. **Journal of Visualized Experiments**, [S. l.], v. 2019, n. 143, p. 1–15, 2019. DOI: 10.3791/57464.

MARINARI, S.; LIBURDI, K.; FLIESSBACH, A.; KALBITZ, K. Effects of organic management on water-extractable organic matter and C mineralization in European arable soils. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 106, n. 2, p. 211–217, 2010. a. DOI: 10.1016/j.still.2009.12.010.

MARINARI, S.; LIBURDI, K.; FLIESSBACH, A.; KALBITZ, K. Effects of organic management on water-extractable organic matter and C mineralization in European arable soils. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 106, n. 2, p. 211–217, 2010. b. DOI: 10.1016/j.still.2009.12.010.

MARRIOTT, Emily E.; WANDER, Michelle. Qualitative and quantitative differences in particulate organic matter fractions in organic and conventional farming systems. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 38, n. 7, p. 1527–1536, 2006. DOI: 10.1016/j.soilbio.2005.11.009.

MARSCHNER, Bernd et al. **How relevant is recalcitrance for the stabilization of organic matter in soils?** **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 2008. DOI: 10.1002/jpln.200700049.

MARSCHNER, Bernd; KALBITZ, Karsten. Controls of bioavailability and biodegradability of dissolved organic matter in soils. **Geoderma**, [S. l.], v. 113, n. 3–4, p. 211–235, 2003. DOI: 10.1016/S0016-7061(02)00362-2.

MARTÍNEZ-GARCÍA, L. B.; KORTHALS, G. W.; BRUSSAARD, L.; MAINARDI, G.; DE DEYN, G. B. Litter quality drives nitrogen release, and agricultural management (organic vs. conventional) drives carbon loss during litter decomposition in agro-ecosystems. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 153, 2021. DOI: 10.1016/j.soilbio.2020.108115.

MARTÍNEZ-GARCÍA, Laura B.; KORTHALS, Gerard; BRUSSAARD, Lijbert; JØRGENSEN, Helene Bracht; DE DEYN, Gerlinde B. Organic management and cover crop



species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 263, n. January, p. 7–17, 2018. a. DOI: 10.1016/j.agee.2018.04.018.

MARTÍNEZ-GARCÍA, Laura B.; KORTHALS, Gerard; BRUSSAARD, Lijbert; JØRGENSEN, Helene Bracht; DE DEYN, Gerlinde B. Organic management and cover crop species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S. l.], v. 263, p. 7–17, 2018. b. DOI: 10.1016/j.agee.2018.04.018.

MASOOM, Hussain et al. Soil Organic Matter in Its Native State: Unravelling the Most Complex Biomaterial on Earth. **Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 50, n. 4, p. 1670–1680, 2016. DOI: 10.1021/acs.est.5b03410.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. 3. ed. São Paulo: UNESP, 2010.

MEDEIROS, Aldair de Souza; SOARES, Antônio Adolfo Silva; MAIA, Stoécio Malta Ferreira. Soil carbon stocks and compartments of organic matter under conventional systems in brazilian semi-arid region. **Revista Caatinga**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 697–710, 2022. DOI: 10.1590/1983-21252022v35n321rc.

MENDHAM, D. S.; HEAGNEY, E. C.; CORBEELS, M.; O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S.; MCMURTRIE, R. E. Soil particulate organic matter effects on nitrogen availability after afforestation with Eucalyptus globulus. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 36, n. 7, p. 1067–1074, 2004. DOI: 10.1016/j.soilbio.2004.02.018.

MENEZES, Rômulo Simões Cezar et al. Soil and vegetation carbon stocks after land-use changes in a seasonally dry tropical forest. **Geoderma**, [S. l.], v. 390, 2021. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.114943.

MICHALZIK, B.; KALBITZ, K.; PARK, J. H.; SOLINGER, S.; MATZNER, E. Fluxes and concentrations of dissolved organic carbon and nitrogen - A synthesis for temperate forests. **Biogeochemistry**, [S. l.], v. 52, n. 2, p. 173–205, 2001. DOI: 10.1023/A:1006441620810.

MINASNY, Budiman; MCBRATNEY, Alex B.; WADOUX, Alexandre M. J. C.; AKOEB, Erwin Nyak; SABRINA, Tengku. Precocious 19th century soil carbon science. **Geoderma Regional**, [S. l.], v. 22, p. e00306, 2020. DOI: 10.1016/j.geodrs.2020.e00306.

MOSIER, Samantha; APFELBAUM, Steven; BYCK, Peter; CALDERON, Francisco; TEAGUE, Richard; THOMPSON, Ry; COTRUFO, M. Francesca. Adaptive multi-paddock grazing enhances soil carbon and nitrogen stocks and stabilization through mineral association in southeastern U.S. grazing lands. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 288, n. April, p. 112409, 2021. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112409.

MUHIE, Seid Hussen. Novel approaches and practices to sustainable agriculture. **Journal of Agriculture and Food Research**, [S. l.], v. 10, p. 100446, 2022. DOI: 10.1016/j.jafr.2022.100446.

MYERS, Rachel T.; ZAK, Donald R.; WHITE, David C.; PEACOCK, Aaron. Landscape-Level Patterns of Microbial Community Composition and Substrate Use in Upland Forest Ecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, [*S. l.*], v. 65, n. 2, p. 359–367, 2001. DOI: 10.2136/sssaj2001.652359x.

NADAL-ROMERO, Estela; RUBIO, Pablo; KREMYDA, Vasiliki; ABSALAH, Samira; CAMMERAAT, Erik; JANSEN, Boris; LASANTA, Teodoro. Effects of agricultural land abandonment on soil organic carbon stocks and composition of soil organic matter in the Central Spanish Pyrenees. **Catena**, [*S. l.*], v. 205, 2021. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105441.

NAIR, P. K. Ramachandran; NAIR, Vimala D.; KUMAR, B. Mohan; HAILE, Solomon G. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. **Environmental Science & Policy**, [*S. l.*], v. 12, n. 8, p. 1099–1111, 2009. DOI: 10.1016/j.envsci.2009.01.010.

NIEROP, K. G. J. Origin of aliphatic compounds in a forest soil. **Organic Geochemistry**, [*S. l.*], v. 29, n. 4, p. 1009–1016, 1998. DOI: 10.1016/S0146-6380(98)00165-X.

NIU, Guoxiang et al. Original Articles Effects of decadal nitrogen addition on carbon and nitrogen stocks in different organic matter fractions of typical steppe soils. **Ecological Indicators**, [*S. l.*], v. 144, p. 1470–160, 2022. DOI: 10.6084/m9.

NOVOTNY, Etelvino Henrique; CANELLAS, Luciano Pasqualoto; COLNAGO, Luiz Alberto. Caracterização da matéria orgânica do solo. *Em: REZENDE, Ramom Rachide Nunes; OLIVEIRA, Maria Olímpia (org.). O solo: estrutura e composição*. 1. ed. São Carlos: Editora Cubo, 2022. p. 153–196.

OLIVEIRA FILHO, José de Souza; DE OLIVEIRA LOPES, Renata; DE OLIVEIRA ARAÚJO, Mariana; SILVA MAGALHÃES, Matheus; DAYSON DE SOUSA VASCONCELOS, Matheus; RAYSSA LEITE LIMA, Ana; DE HOLANDA BASTOS, Frederico; GERVASIO PEREIRA, Marcos. How does increasing humidity in the environment affect soil carbon and nitrogen stocks and the C/N ratio in tropical drylands? Evidence from northeastern Brazil. **Catena**, [*S. l.*], v. 213, 2022. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106208.

OLIVEIRA FILHO, José de Souza; PEREIRA, Marcos Gervasio; AQUINO, Boanerges Freire De. organic matter labile fractions and carbon stocks in a typic Quartzipsamment cultivated with sugarcane harvested without burning. **Revista Caatinga**, [*S. l.*], v. 30, n. 1, p. 24–31, 2017. DOI: 10.1590/1983-21252017v30n103rc.

OLIVEIRA, Teogenes Senna; BELL, Richard Willian. Introduction to Subsoil Constraints for Crop Production. *Em: Subsoil Constraints for Crop Production*. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 1–10. DOI: 10.1007/978-3-031-00317-2\_1.

OTTOY, Sam; VAN MEERBEEK, Koenraad; SINDAYIHEBURA, Anicet; HERMY, Martin; VAN ORSHOVEN, Jos. Assessing top- and subsoil organic carbon stocks of Low-

Input High-Diversity systems using soil and vegetation characteristics. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 589, p. 153–164, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.116.

PARIKH, Sanjai J.; GOYNE, Keith W.; MARGENOT, Andrew J.; MUKOME, Fungai N. D.; CALDERÓN, Francisco J. Soil Chemical Insights Provided through Vibrational Spectroscopy. *Em: Advances in Agronomy*. [s.l.] : Elsevier, 2014. v. 126p. 1–148. DOI: 10.1016/B978-0-12-800132-5.00001-8.

PASINI, Felipe dos Santos. **Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. 2017. Tese - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2017.

PETRENKO, Chelsea L.; BRADLEY-COOK, Julia; LACROIX, Emily M.; FRIEDLAND, Andrew J.; VIRGINIA, Ross A. Comparison of carbon and nitrogen storage in mineral soils of graminoid and shrub tundra sites, western Greenland. **Arctic Science**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 165–182, 2016. DOI: 10.1139/as-2015-0023.

PICCOLO, Alessandro; MBAGWU, Joe S. C. Role of Hydrophobic Components of Soil Organic Matter in Soil Aggregate Stability. **Soil Science Society of America Journal**, [S. l.], v. 63, n. 6, p. 1801–1810, 1999. DOI: 10.2136/sssaj1999.6361801x.

PULLENS, Johannes Wilhelmus Maria; SØRENSEN, Peter; MELANDER, Bo; OLESEN, Jørgen Eivind. Legacy effects of soil fertility management on cereal dry matter and nitrogen grain yield of organic arable cropping systems. **European Journal of Agronomy**, [S. l.], v. 122, 2021. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126169.

QUIDEAU, Sylvie A.; MCINTOSH, Anne C. S.; NORRIS, Charlotte E.; LLORET, Emily; SWALLOW, Mathew J. B.; HANNAM, Kirsten. Extraction and Analysis of Microbial Phospholipid Fatty Acids in Soils. **Journal of Visualized Experiments**, [S. l.], v. 18, n. 114, p. 22280, 2016. DOI: 10.3791/54360.

RANA, Rumana; HERZ, Katharina; BRUELHEIDE, Helge; DIETZ, Sophie; HAIDER, Sylvia; JANDT, Ute; PENA, Rodica. Leaf Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) biochemical profile of grassland plant species related to land-use intensity. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 84, n. October 2017, p. 803–810, 2018. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.09.047.

REDMILE-GORDON, M.; GREGORY, A. S.; WHITE, R. P.; WATTS, C. W. Soil organic carbon, extracellular polymeric substances (EPS), and soil structural stability as affected by previous and current land-use. **Geoderma**, [S. l.], v. 363, n. January, p. 114143, 2020. DOI: 10.1016/j.geoderma.2019.114143.

REN, Tao; WANG, Jingguo; CHEN, Qing; ZHANG, Fusuo; LU, Shuchang. The Effects of Manure and Nitrogen Fertilizer Applications on Soil Organic Carbon and Nitrogen in a High-Input Cropping System. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. e97732, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0097732.

RIGOLOT, C.; QUANTIN, M. **Biodynamic farming as a resource for sustainability transformations: Potential and challenges**. *Agricultural Systems* Elsevier Ltd, , 2022. DOI: 10.1016/j.agsy.2022.103424.

RINOT, Oshri; BORISOVER, Mikhail; LEVY, Guy J.; ESHEL, Gil. Fluorescence spectroscopy: A sensitive tool for identifying land-use and climatic region effects on the characteristics of water-extractable soil organic matter. *Ecological Indicators*, [S. l.], v. 121, 2021. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107103.

ROMERO, Carlos M.; ENGEL, Richard E.; D'ANDRILLI, Juliana; CHEN, Chengci; ZABINSKI, Catherine; MILLER, Perry R.; WALLANDER, Roseann. Bulk optical characterization of dissolved organic matter from semiarid wheat-based cropping systems. *Geoderma*, [S. l.], v. 306, n. May, p. 40–49, 2017. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.06.029.

ROTH, Vanessa Nina et al. Persistence of dissolved organic matter explained by molecular changes during its passage through soil. *Nature Geoscience*, [S. l.], v. 12, n. 9, p. 755–761, 2019. DOI: 10.1038/s41561-019-0417-4.

SÁ, João Carlos M.; CERRI, Carlos C.; DICK, Warren A.; LAL, Rattan; FILHO, Solismar P. Venske; PICCOLO, Marisa C.; FEIGL, Brigitte E. Organic Matter Dynamics and Carbon Sequestration Rates for a Tillage Chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal*, [S. l.], v. 65, n. 5, p. 1486–1499, 2001. DOI: 10.2136/sssaj2001.6551486x.

SALVIANO, Alessandra Monteiro; JARBAS, Tony; CUNHA, Ferreira; OLSZEWSKI, Nelci; BATISTA DE OLIVEIRA NETO, Manoel; GIONGO, Vanderlise; FERNADES DE QUEIROZ, Alexsandra; JUSSARA, Flávia; MENEZES, Santana. Potencialidades e limitações para o uso agrícola de solos arenosos na região semiárida da Bahia. *Magistra*, Cruz das Almas, v. 28, n. 2, p. 137–148, 2016.

SÁNCHEZ-NAVARRO, Virginia; ZORNOZA, Raúl; FAZ, Ángel; FERNÁNDEZ, Juan A. Comparing legumes for use in multiple cropping to enhance soil organic carbon, soil fertility, aggregates stability and vegetables yields under semi-arid conditions. *Scientia Horticulturae*, [S. l.], v. 246, p. 835–841, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.065.

SANTOS, Rafael S.; WIESMEIER, Martin; OLIVEIRA, Dener M. S.; LOCATELLI, Jorge L.; BARRETO, Matheus S. C.; DEMATTÊ, José A. M.; CERRI, Carlos E. P. Conversion of Brazilian savannah to agricultural land affects quantity and quality of labile soil organic matter. *Geoderma*, [S. l.], v. 406, n. October 2021, 2022. a. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115509.

SANTOS, Rafael S.; WIESMEIER, Martin; OLIVEIRA, Dener M. S.; LOCATELLI, Jorge L.; BARRETO, Matheus S. C.; DEMATTÊ, José A. M.; CERRI, Carlos E. P. Conversion of Brazilian savannah to agricultural land affects quantity and quality of labile soil organic matter. *Geoderma*, [S. l.], v. 406, 2022. b. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115509.

SARKER, Jharna Rani; SINGH, Bhupinder Pal; DOUGHERTY, Warwick J.; FANG, Yunying; BADGERY, Warwick; HOYLE, Frances C.; DALAL, Ram C.; COWIE, Annette L.

Impact of agricultural management practices on the nutrient supply potential of soil organic matter under long-term farming systems. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 175, n. August 2017, p. 71–81, 2018. DOI: 10.1016/j.still.2017.08.005

SCHMIDT, Michael P.; MARTÍNEZ, Carmen Enid. The influence of tillage on dissolved organic matter dynamics in a Mid-Atlantic agroecosystem. **Geoderma**, [S. l.], v. 344, n. October 2018, p. 63–73, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2019.03.001.

SCHMIDT, Michael W. I. et al. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**, [S. l.], v. 478, n. 7367, p. 49–56, 2011. DOI: 10.1038/nature10386.

SCHNEIDER, Florian; AMELUNG, Wulf; DON, Axel. Origin of carbon in agricultural soil profiles deduced from depth gradients of C:N ratios, carbon fractions,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values. **Plant and Soil**, [S. l.], v. 460, n. 1–2, p. 123–148, 2021. DOI: 10.1007/s11104-020-04769-w.

SCOTT, Emily E.; ROTHSTEIN, David E. The dynamic exchange of dissolved organic matter percolating through six diverse soils. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 69, p. 83–92, 2014. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.10.052.

SCOTTON, Juliana Cristina; PEREIRA, Juliana Da Silva; CAMPOS, Amália Aparecida Busoni; PINTO, Diego Fontebasso Pelizari; COSTA, Wesley Luiz Fialho; HOMMA, Sérgio Kenji. DIFFERENT SOURCES OF INOCULUM TO THE BOKASHI PROVIDES DISTINCT EFFECTS ON THE SOIL QUALITY. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 1–14, 2017. DOI: 10.21206/rbas.v7i3.411.

SEDDAIU, Giovanna; PINNA, Maria Vittoria; AGNELLI, Alberto; CAPPAL, Chiara; CORTI, Giuseppe; DEMURTAS, Clara Ella; PULINA, Antonio; ROGGERO, Pier Paolo. Dynamics of soluble soil organic matter in Mediterranean maize-based forage system under organic and mineral fertilization. **CATENA**, [S. l.], v. 220, p. 106730, 2023. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106730.

SHADKAMI, Farzad; HELLEUR, Robert. Recent applications in analytical thermochemolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [S. l.], v. 89, n. 1, p. 2–16, 2010. DOI: 10.1016/j.jaap.2010.05.007.

SHARMA, Peeyush et al. Green manure as part of organic management cycle: Effects on changes in organic matter characteristics across the soil profile. **Geoderma**, [S. l.], v. 305, p. 197–207, 2017. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.06.003.

SILVA, Paulo Claudeir Gomes Da; TIRITAN, Carlos Sérgio; ECHER, Fábio Rafael; CORDEIRO, Carlos Felipe dos Santos; REBONATTI, Melina Daniel; SANTOS, Carlos Henrique Dos. No-tillage and crop rotation increase crop yields and nitrogen stocks in sandy soils under agroclimatic risk. **Field Crops Research**, [S. l.], v. 258, p. 107947, 2020. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107947.

SILVERSTEIN, R. M. Organic electron spectral data. Vol. XI. **Microchemical Journal**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 269, 1977. DOI: 10.1016/0026-265X(77)90104-7.

ŠIMANSKÝ, Vladimír; JURIGA, Martin; JONCZAK, Jerzy; UZAROWICZ, Łukasz; STEPIEŃ, Wojciech. How relationships between soil organic matter parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil. **Geoderma**, [S. l.], v. 342, p. 75–84, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2019.02.020.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 79, n. 1, p. 7–31, 2004. DOI: 10.1016/j.still.2004.03.008.

SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil**, [S. l.], v. 241, n. 2, p. 155–176, 2002. DOI: <http://www.jstor.org/stable/24122556>.

SMITH, P. et al. Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. **Soil**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 665–685, 2015. DOI: 10.5194/soil-1-665-2015.

SOKOL, Noah W.; SANDERMAN, Jonathan; BRADFORD, Mark A. Pathways of mineral-associated soil organic matter formation: Integrating the role of plant carbon source, chemistry, and point of entry. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 12–24, 2019. DOI: 10.1111/gcb.14482.

SONG, X. Y.; SPACCINI, R.; PAN, G.; PICCOLO, A. Stabilization by hydrophobic protection as a molecular mechanism for organic carbon sequestration in maize-amended rice paddy soils. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 458–460, p. 319–330, 2013. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.04.052.

SOUZA, I. F.; ALMEIDA, L. F. J.; JESUS, G. L.; KLEBER, M.; SILVA, I. R. The mechanisms of organic carbon protection and dynamics of C-saturation in Oxisols vary with particle-size distribution. **European Journal of Soil Science**, [S. l.], v. 68, n. 5, p. 726–739, 2017. DOI: 10.1111/ejss.12463.

SPACCINI, Riccardo; SONG, Xiang Yun; COZZOLINO, Vincenza; PICCOLO, Alessandro. Molecular evaluation of soil organic matter characteristics in three agricultural soils by improved off-line thermochemolysis: The effect of hydrofluoric acid demineralisation treatment. **Analytica Chimica Acta**, [S. l.], v. 802, p. 46–55, 2013. DOI: 10.1016/j.aca.2013.09.031.

STRAHM, Brian D.; HARRISON, Robert B.; TERRY, Thomas A.; HARRINGTON, Timothy B.; ADAMS, A. B.; FOOTEN, Paul W. Changes in dissolved organic matter with depth suggest the potential for postharvest organic matter retention to increase subsurface soil carbon pools. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 258, n. 10, p. 2347–2352, 2009. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.03.014.

SUKITPRAPANON, Tanabhat Sakorn; JANTAMENCHAI, Metawee; TULAPHITAK, Duangsamorn; VITYAKON, Patma. Nutrient composition of diverse organic residues and their long-term effects on available nutrients in a tropical sandy soil. **Heliyon**, [S. l.], v. 6, n. 11, 2020. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05601.

SZYMAŃSKI, Wojciech. Chemistry and spectroscopic properties of surface horizons of Arctic soils under different types of tundra vegetation – A case study from the Fuglebergsletta coastal plain (SW Spitsbergen). *CATENA*, [S. l.], v. 156, n. April, p. 325–337, 2017. DOI: 10.1016/j.catena.2017.04.024.

TANG, Jia; MO, Yanhua; ZHANG, Jiaying; ZHANG, Renduo. Influence of biological aggregating agents associated with microbial population on soil aggregate stability. *Applied Soil Ecology*, [S. l.], v. 47, n. 3, p. 153–159, 2011. DOI: 10.1016/j.apsoil.2011.01.001.

TASHI, Sonam; SINGH, Balwant; KEITEL, Claudia; ADAMS, Mark. Soil carbon and nitrogen stocks in forests along an altitudinal gradient in the eastern Himalayas and a meta-analysis of global data. *Global Change Biology*, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 2255–2268, 2016. DOI: 10.1111/gcb.13234.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 1. ed. Porto Alegre.

THEVENOT, Mathieu; DIGNAC, Marie France; RUMPEL, Cornelia. **Fate of lignins in soils: A review**. *Soil Biology and Biochemistry*, 2010. DOI: 10.1016/j.soilbio.2010.03.017.

THOMAZ, Edivaldo L.; ARAUJO-JUNIOR, Cezar F.; R. S. VENDRAMÉ, Pedro; DE MELO, Thadeu R. Mechanisms of aggregate breakdown in (sub) tropical soils: Effects of the hierarchical resistance. *Catena*, [S. l.], v. 216, 2022. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106377.

TIVET, Florent; DE MORAES SÁ, João Carlos; LAL, Rattan; MILORI, Débora Marcondes Bastos Pereira; BRIEDIS, Clever; LETOURMY, Philippe; PINHEIRO, Luís Antonio; BORSZOWSKI, Paulo Rogério; DA CRUZ HARTMAN, Daiani. Assessing humification and organic C compounds by laser-induced fluorescence and FTIR spectroscopies under conventional and no-till management in Brazilian Oxisols. *Geoderma*, [S. l.], v. 207–208, n. 1, p. 71–81, 2013. DOI: 10.1016/j.geoderma.2013.05.001.

TONG, Huan; SIMPSON, Andre J.; PAUL, Eldor A.; SIMPSON, Myrna J. Land-Use Change and Environmental Properties Alter the Quantity and Molecular Composition of Soil-Derived Dissolved Organic Matter. *ACS Earth and Space Chemistry*, [S. l.], v. 5, n. 6, p. 1395–1406, 2021. DOI: 10.1021/acsearthspacechem.1c00033.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, M.; CHÈNEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical Quality of Crop Residues and Carbon and Nitrogen Mineralization Kinetics under Nonlimiting Nitrogen Conditions. *Soil Science Society of America Journal*, [S. l.], v. 64, n. 3, p. 918–926, 2000. DOI: 10.2136/sssaj2000.643918x.

VAN BEILEN, Jan B.; FUNHOFF, Enrico G. **Alkane hydroxylases involved in microbial alkane degradation**. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2007. DOI: 10.1007/s00253-006-0748-0.

VAN BENEDEN, Sarah; ROOBROECK, Dries; FRANÇA, Soraya C.; DE NEVE, Stefaan; BOECKX, Pascal; HÖFTE, Monica. Microbial populations involved in the suppression of

Rhizoctonia solani AG1-1B by lignin incorporation in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 42, n. 8, p. 1268–1274, 2010. DOI: 10.1016/j.soilbio.2010.04.007.

VEUM, Kristen S.; LORENZ, Todd; KREMER, Robert J. Phospholipid Fatty Acid Profiles of Soils under Variable Handling and Storage Conditions. **Agronomy Journal**, [S. l.], v. 111, n. 3, p. 1090–1096, 2019. DOI: 10.2134/agronj2018.09.0628.

VON LÜTZOW, Margit; KÖGEL-KNABNER, Ingrid; EKSCHMITT, Klemens; FLESSA, Heinz; GUGGENBERGER, Georg; MATZNER, Egbert; MARSCHNER, Bernd. SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 39, n. 9, p. 2183–2207, 2007. DOI: 10.1016/j.soilbio.2007.03.007.

WALKLEY, A.; BLACK, I. Armstrong. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, [S. l.], v. 37, p. 29–38, 1934. DOI: 10.1097/00010694-193401000-00003.

WANG, Ding; YI, Wenbo; ZHOU, Yanli; HE, Shuran; TANG, Li; YIN, Xinhua; ZHAO, Ping; LONG, Guangqiang. Intercropping and N application enhance soil dissolved organic carbon concentration with complicated chemical composition. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 210, n. February, p. 104979, 2021. DOI: 10.1016/j.still.2021.104979.

WEISHAAR, James L.; AIKEN, George R.; BERGAMASCHI, Brian A.; FRAM, Miranda S.; FUJII, Roger; MOPPER, Kenneth. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon. **Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 37, n. 20, p. 4702–4708, 2003. DOI: 10.1021/es030360x.

WIESENBERG, Guido L. B.; SCHWARZBAUER, Jan; SCHMIDT, Michael W. I.; SCHWARK, Lorenz. Source and turnover of organic matter in agricultural soils derived from n-alkane/n-carboxylic acid compositions and C-isotope signatures. **Organic Geochemistry**, [S. l.], v. 35, n. 11–12, p. 1371–1393, 2004. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2004.03.009.

WITZGALL, Kristina; VIDAL, Alix; SCHUBERT, David I.; HÖSCHEN, Carmen; SCHWEIZER, Steffen A.; BUEGGER, Franz; POUTEAU, Valérie; CHENU, Claire; MUELLER, Carsten W. Particulate organic matter as a functional soil component for persistent soil organic carbon. **Nature Communications**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 1–10, 2021. DOI: 10.1038/s41467-021-24192-8.

XU, Lingying et al. Sensitivity of soil aggregation to soil organic carbon fractions under land-use conversion from rice to organic vegetable cultivation. **Catena**, [S. l.], v. 207, 2021. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105661.

YAN, Yun et al. Soil organic carbon and total nitrogen in intensively managed arable soils. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S. l.], v. 150, p. 102–110, 2012. DOI: 10.1016/j.agee.2012.01.024.



YANG, Songyu; JANSEN, Boris; ABSALAH, Samira; KALBITZ, Karsten; CAMMERAAT, Erik L. H. Selective stabilization of soil fatty acids related to their carbon chain length and presence of double bonds in the Peruvian Andes. **Geoderma**, [S. l.], v. 373, n. August 2019, p. 114414, 2020. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114414.

YANG, Songyu; JANSEN, Boris; ABSALAH, Samira; KALBITZ, Karsten; CHUNGA CASTRO, Fresia O.; CAMMERAAT, Erik L. H. Soil organic carbon content and mineralization controlled by the composition, origin and molecular diversity of organic matter: A study in tropical alpine grasslands. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 215, 2022. DOI: 10.1016/j.still.2021.105203.

YANG, Xue-Ming; WANDER, Michelle M. Tillage effects on soil organic carbon distribution and storage in a silt loam soil in Illinois. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 52, n. 1–2, p. 1–9, 1999. DOI: 10.1016/S0167-1987(99)00051-3.

YE, Quanhui et al. Dissolved organic matter characteristics in soils of tropical legume and non-legume tree plantations. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 148, n. May, p. 107880, 2020. DOI: 10.1016/j.soilbio.2020.107880.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. N. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. **Commun. In Soil Sci. Plant Anal .**, [S. l.], v. 19, p. 1467–1476, 1988.

YOST, Jenifer L.; HARTEMINK, Alfred E. Soil organic carbon in sandy soils: A review. *Em: Advances in Agronomy*. [s.l.] : Academic Press Inc., 2019. v. 158p. 217–310. DOI: 10.1016/bs.agron.2019.07.004.

ZHANG, Kaile; MALTAIS-LANDRY, Gabriel; LIAO, Hui-Ling. How soil biota regulate C cycling and soil C pools in diversified crop rotations. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 156, p. 108219, 2021. DOI: 10.1016/j.soilbio.2021.108219.

ZHANG, Qi Chun; SHAMSI, Imran Haider; XU, Dan Ting; WANG, Guang Huo; LIN, Xian Yong; JILANI, Ghulam; HUSSAIN, Nazim; CHAUDHRY, Arshad Nawaz. Chemical fertilizer and organic manure inputs in soil exhibit a vice versa pattern of microbial community structure. **Applied Soil Ecology**, [S. l.], v. 57, p. 1–8, 2012. DOI: 10.1016/j.apsoil.2012.02.012.

ZHANG, Ziliang; KAYE, Jason P.; BRADLEY, Brosi A.; AMSILI, Joseph P.; SUSEELA, Vidya. Cover crop functional types differentially alter the content and composition of soil organic carbon in particulate and mineral-associated fractions. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 28, n. 19, p. 5831–5848, 2022. DOI: 10.1111/gcb.16296.

ZHAO, Huili; SHAR, Abdul Ghaffar; LI, Shuo; CHEN, Yanlong; SHI, Jianglan; ZHANG, Xiaoyuan; TIAN, Xiaohong. Effect of straw return mode on soil aggregation and aggregate carbon content in an annual maize-wheat double cropping system. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v. 175, p. 178–186, 2018. DOI: 10.1016/j.still.2017.09.012.

ZHAO, Zhanhui; GAO, Songfeng; LU, Chunyang; LI, Xiaoyu; LI, Fang; WANG, Tingyun. Effects of different tillage and fertilization management practices on soil organic carbon and

aggregates under the rice–wheat rotation system. **Soil and Tillage Research**, [*S. l.*], v. 212, p. 105071, 2021. DOI: 10.1016/j.still.2021.105071.

**APÊNDICE A – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA SERAPILHEIRA DAS ÁREAS DE USO ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), E FOLHAS DE *M. paradisiaca*, *Panicum sp.* E COMPOSTO ORGÂNICO, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	Resíduos			Serapilheira			
	<i>M. paradisiaca</i>	<i>Panicum sp.</i>	Composto	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
<b>Lignina</b>							
2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, methyl ester, (E)-	11,548	11,541	*	11,554	11,544	11,569	*
1,2-Dimethoxy-4-(1,2-dimethoxyethyl)benzene	*	8,89	13,72	*	*	*	*
2-Propenoic acid, 3-(3,4-dimethoxyphenyl)-, methyl ester	15,647	15,607	15,525	15,62	15,601	15,648	*
Benzaldehyde, 3,4,5-trimethoxy-	10,328	10,31	10,235	10,311	10,307	10,332	10,324
Benzaldehyde, 3,4-dimethoxy-	*	8,502	8,43	8,502	8,494	*	8,524
Benzene, 1-ethenyl-4-methoxy-	8,495	*	4,987	*	7,047	*	*
Benzene, 4-ethenyl-1,2-dimethoxy-	*	7,061	6,985	7,044	*	*	*
Benzeneacetic acid, 3,4-dimethoxy-, methyl ester	10,653	10,64	10,57	10,65	*	10,669	10,664
Benzoic acid, 3,4,5-trimethoxy-, methyl ester	12,357	12,336	12,263	12,346	12,343	12,378	12,357
Benzoic acid, 3,4-dimethoxy-, methyl ester	10,099	10,08	10,008	10,084	10,08	10,105	10,092
Ethanone, 1-(3,4,5-trimethoxyphenyl)-	11,64	11,621	11,553	11,631	11,624	11,655	*
<b>Suberina</b>							
1-Docosanol, methyl ether	35,517	43,232	41,5625	*	43,131	38,60775	*
Docosanoic acid, methyl ester	*	28,444	*	*	28,46	28,508	*
Eicosanoic acid, methyl ester	*	16,229	16,13	*	*	24,6	*
Hexacosanoic acid, methyl ester	*	35,528	35,434	*	35,547	35,592	35,551

Continua

Continuação

**APÊNDICE A – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA SERAPILHEIRA DAS ÁREAS DE USO ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), E FOLHAS DE *M. paradisiaca*, *Panicum sp.* E COMPOSTO ORGÂNICO, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	Resíduos			Serapilheira			
	<i>M. paradisiaca</i>	<i>Panicum sp.</i>	Composto	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Nonanedioic acid, dimethyl ester	9,258	9,26	*	*	*	9,27	38,76
Octacosanoic acid, methyl ester	*	44,708	38,653	*	38,757	38,81	32,121
Tetracosanoic acid, methyl ester	*	32,1	32,011	*	32,125	32,166	*
Triacontanedioic acid, dimethyl ester	37,782	*	*	*	*	*	*
Triacotanoic acid, methyl ester	41,915	41,769	44,9615	41,783	41,778	41,828	41,775
Tricosanoic acid, methyl ester	30,345	*	*	*	*	*	*
Hexadecanedioic acid, dimethyl ester	*	*	23,029	*	*	*	*
<b>Cutina</b>							
7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	25,19	*	*	*	*	*	*
8,11-Octadecadienoic acid, methyl ester	*	21,722	*	*	*	*	*
9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	19,89	*	19,782	*	*	19,912	*
Hexadecanoic acid, methyl ester	*	*	*	16,218	16,218	*	16,216
Octadecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester, (R)-	*	*	*	22,573	*	*	*
Oleyl alcohol, methyl ether	*	*	*	*	30,864	30,896	*
17-Octadecynoic acid, methyl ester	*	*	24,468	*	*	*	*
<b>Carboidrato</b>							
.alpha.-D-Glucopyranoside, phenyl 2,3,4,6-tetra-O-methyl-	*	23,567	*	*	*	*	*

Continua

Continuação

**APÊNDICE A – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA SERAPILHEIRA DAS ÁREAS DE USO ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), E FOLHAS DE *M. paradisiaca*, *Panicum sp.* E COMPOSTO ORGÂNICO, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	Resíduos			Serapilheira			
	<i>M. paradisiaca</i>	<i>Panicum sp.</i>	Composto	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
2,4,5,6,7-Pentamethoxyheptanoic acid, methyl ester	8,314	8,316	*	*	*	*	*
Benzene, 1,3,5-trimethoxy-	7,55	*	*	*	*	*	7,563
<b>n-alcanos</b>							
2-methylhexacosane	*	38,14	*	*	29,695	*	11,859
Eicosane	*	*	*	*	*	15,524	34,934
Heneicosane	30,83667	28,71125	29,579	30,25467	*	29,186	8,444
Heptadecane	8,446	*	*	*	*	8,446	29,691
Hexacosane	*	*	*	25,899	*	*	*
Hexadecane	*	*	*	*	*	*	9,062
Nonane, 5-(2-methylpropyl)-	*	*	*	*	*	6,074	6,07
Tetratetracontane	*	36,4555	*	34,934	*	34,954	*
Docosane	33,268	*	*	*	*	*	*
<b>Outros lipídios</b>							
(+)-.alpha.-Tocopherol, O-methyl-	37,439	*	*	*	*	*	*
1,30-Triacontanediol	45,41	*	*	*	*	*	*
1-Heptacosanol	46,355	43,179	*	*	40,21	*	40,213
1-Octadecanol	*	19,525	*	*	*	*	*
Continua							

Continuação

**APÊNDICE A – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA SERAPILHEIRA DAS ÁREAS DE USO ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), E FOLHAS DE *M. paradisiaca*, *Panicum* sp. E COMPOSTO ORGÂNICO, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	Resíduos			Serapilheira			
	<i>M. paradisiaca</i>	<i>Panicum</i> sp.	Composto	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Stigmasta-5,22-diene, 3-methoxy-, (3.beta.,22E)-	39,92	39,864	*	*	*	39,921	*
1-Hentetracontanol	*	*	*	*	*	*	37,106
<b>Ácido graxo</b>							
6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	*	19,871	*	19,889	*	*	*
Methyl 18-methylnonadecanoate	24,588	*	*	*	*	*	*
Methyl stearate	*	20,426	*	*	*	*	*
n-Hexadecanoic acid	*	17,133	17,043	17,137	17,126	*	*
<b>Outros fenóis</b>							
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	*	8,834	8,763	8,842	*	8,871	8,846
Phenol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-	8,846	*	*	*	*	*	*
<b>Terpenos e terpenoides</b>							
.alpha.-Amyrin	*	41,319	*	*	*	*	*
.psi.,.psi.-Carotene, 7,7',8,8',11,11',12,12',15,15'-decahydro-	*	*	*	*	*	47,544	*
9,19-Cyclolanost-24-en-3-ol, (3.beta.)-	*	*	*	*	*	41,446	*
<b>Aminoácidos</b>							
l-Proline, N-methoxycarbonyl-, isohexyl ester	*	7,292	*	*	*	*	*
<b>Outros</b>							

Continua

Conclusão

**APÊNDICE A – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA SERAPILHEIRA DAS ÁREAS DE USO ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), E FOLHAS DE *M. paradisiaca*, *Panicum sp.* E COMPOSTO ORGÂNICO, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	Resíduos			Serapilheira			
	<i>M. paradisiaca</i>	<i>Panicum sp.</i>	Composto	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
2',4'-Dimethoxyacetophenone	9,704	9,706	9,636	*	*	9,72	9,735
2-Pyrrolidone-5-carboxylic acid, N-methyl, methyl ester	*	6,857	6,801	6,85	6,849	*	6,872
4-Methoxycarbonyl-4-butanolide	8,571	*	*	*	*	5,855	*
Benzoic acid, 3-methoxy-, methyl ester	*	6,82	*	6,803	*	*	*
Olean-12-en-28-oic acid, 2.beta.,3.beta.,23-trihydroxy-, methyl ester	*	*	*	45,484	*	*	*
Oxirane, hexadecyl-	30,962	*	*	*	*	43,67	*
Pyrrolin-2-one-5-methanol, N-methyl-	6,851	*	*	*	*	6,863	*
Tetrahydro-3,4,5-trimethoxy-6-methoxymethyl-2H-pyran-2-one	*	*	*	*	*	9,97	*
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	*	28,851	*	*	*	*	*

Nota: Valores correspondentes ao tempo médio de retenção da molécula. HT<sub>o</sub>: horticultura orgânica, BN<sub>o</sub>: bananicultura orgânica, AG<sub>cv</sub>: agricultura convencional, VN: vegetação natural. \* indica ausência da molécula na composição.

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
<b>0-15 cm</b>				
<b>Lignina</b>				
Benzaldehyde, 3,4,5-trimethoxy-	10,315	*	*	*
Benzaldehyde, 3,4-dimethoxy-	8,525	*	*	*
Benzoic acid, 3,4,5-trimethoxy-, methyl ester	12,339	*	*	*
Benzoic acid, 3,4-dimethoxy-, methyl ester	10,082	*	*	*
<b>Suberina</b>				
13-Docosanoic acid, methyl ester, (Z)-	*	*	*	27,858
1-Docosanol, methyl ether	*	*	36,994	35,325
Docosanoic acid, methyl ester	*	*	*	28,339
Eicosanoic acid, methyl ester	*	24,546	*	*
Octacosanoic acid, methyl ester	38,74	*	*	38,629
Tetracosanoic acid, methyl ester	32,115	*	*	32,003
<b>Cutina</b>				
14,17-Octadecadienoic acid, methyl ester	*	*	*	24,471
1-Octadecanol, methyl ether	*	*	18,225	*
9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	*	19,941	19,785	*
Hexadecanoic acid, methyl ester	16,219	15,8235	16,122	16,11
<b>Carboidrato (*)</b>				

Continua



Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
<b>0-15 cm</b>				
<b>n-alcenos</b>				
2-methylhexacosane	15,24933333	12,5065	16,514	23,163
2-methyloctacosane	36,522	30,2285	29,64	36,429
2-methyltetracosane	*	*	21,854	25,7805
Eicosane	14,017	13,99028571	13,55471429	14,164
Heneicosane	*	*	26,39771429	29,15742857
Heptacosane	*	*	*	27,82
Heptadecane	9,063	*	12,9775	14,3325
Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-	9,954	*	11,59	*
Hexacosane	24,895	24,498	23,904	25,892
Hexadecane	7,031	9,959	8,989	8,1945
Hexatriacontane	*	*	*	23,904
Nonadecane	*	11,669	*	10,082
Nonane, 5-(1-methylpropyl)-	*	*	6,028	*
Octadecane	*	*	13,483	*
Pentacosane	*	*	34,816	*
Pentadecane	*	8,495	*	*
Continua				

Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
<b>0-15 cm</b>				
Pentatriacontane	36,55	38,131	35,725	*
Tetracosane	8,481	21,404	20,425	21,276
Tetradecane, 4-methyl-	6,508	*	*	*
Tetratetracontane	30,55175	32,332	33,51325	38,014
Tritetracontane	19,784	*	25,885	*
<b>Outros lipídios</b>				
1-Eicosanol	*	*	*	19,446
1-Heptacosanol	40,133	*	*	*
1-Octadecanol	*	19,541	*	*
<b>Outros fenóis</b>				
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	8,811	8,819	8,773	8,792
<b>Ácido graxo</b>				
11-Octadecenoic acid, methyl ester	*	*	*	19,778
6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	19,876	*	*	*
Heptadecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	*	18,381	*	*
<b>Alceno</b>				
9-Tricosene, (Z)-	*	*	*	15,197
Continua				

Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
	<b>0-15 cm</b>			
*	*	*	*	*
	<b>BC</b>			
*	*	*	*	*
	<b>Outros</b>			
2',4'-Dimethoxyacetophenone	9,734	*	*	*
Butanenitrile	*	5,072	*	5,2595
Diisooctyl phthalate	*	28,868	*	*
Dodecanal	*	7,452	*	*
1-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate	17,11	*	*	*
Oxalic acid, diallyl ester	*	5,636	*	*
Oxirane, hexadecyl-	43,605	*	*	*
Sulfurous acid, dodecyl pentyl ester	*	*	*	8,566
Undecanal, 2-methyl-	*	8,576	*	*
	<b>15-35 cm</b>			
	<b>Lignina</b>			
*	*	*	*	*
	<b>Suberina (*)</b>			

Continua

Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
<b>0-15 cm</b>				
<b>Cutina</b>				
1-Octadecanol, methyl ether	18,212	*	*	*
Hexadecanoic acid, methyl ester	16,111	16,21	16,206	*
Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	*	*	*	16,227
1-Octadecanol, methyl ether	*	18,219	*	18,223
Hexadecanoic acid, methyl ester	*	16,11	16,119	*
Octadecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester, (R)-	*	*	22,447	*
<b>Carboidrato (*)</b>				
<b>n-alcanos</b>				
2-methylhexacosane	18,20375	20,7072	19,2198	27,54778
2-methyloctacosane	33,221	23,901	*	*
2-methyltetracosane	23,902	*	*	23,844
Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	9,88	*	*	*
Dodecane, 4,6-dimethyl-	8,985	*	*	*
Eicosane	17,311	12,1467	15,25377	13,8245
Heneicosane	27,57914	*	21,3925	28,7255
Heptacosane	*	*	17,685	*
Continua				

Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Heptadecane	11,7525	*	8,4555	*
Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-	19,669	*	*	*
Hexacosane	27,811	18,749	24,899	16,33
Hexadecane	8,7155	9,94	9,21	9,209
Hexadecane, 2,6,11,15-tetramethyl-	*	*	8,979	*
Nonadecane	*	8,466	9,9155	*
Octacosane	13,484	*	9,508	*
Pentadecane	*	*	*	8,488
Pentatriacontane	*	*	38,134	39,669
Tetracosane	19,57133	*	*	25,692
Tetradecane	*	*	7,27	*
Tetrapentacontane	*	21,394	*	*
Tetratetracontane	33,143	29,8238	29,22543	35,0848
Tritetracontane	27,7845	*	19,777	*
Z-5-Nonadecene	*	9,833	*	*
	<b>Outros lipídios</b>			
1-Dodecanol	*	5,239	*	*
	<b>Outros fenóis</b>			
Continua				

Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	8,816	8,794	8,812	8,814
<b>Ácido graxo</b>				
n-Hexadecanoic acid	17,044	*	17,161	*
Octadecanoic acid	21,248	*	*	*
<b>Alceno</b>				
1-Heptadecene	*	11,532	*	*
1-Pentadecene	*	7,161	*	*
1-Tetradecene	7,136	*	*	*
9-Tricosene, (Z)-	*	19,529	*	*
<b>Bioativos (*)</b>				
<b>BC (*)</b>				
<b>Outros</b>				
9-Octadecenal, (Z)-	*	15,27	*	*
Butanenitrile	5,2555	*	*	*
Dodecanal	*	*	7,445	*
1-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate	*	17,146	*	*
Octatriacontyl pentafluoropropionate	*	*	16,712	*
Oxalic acid, diallyl ester	*	*	*	5,418
Continua				

Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Tetrapentacontane, 1,54-dibromo-	*	*	37,066	*
Triacontane, 1-bromo-	*	38,119	*	*
	<b>35-55 cm</b>			
	<b>Lignina</b>			
*	*	*	*	*
	<b>Suberina</b>			
1-Docosanol, methyl ether	*	*	*	35,331
Nonahexacontanoic acid	*	16,6	*	*
	<b>Cutina</b>			
1-Octadecanol, methyl ether	*	18,219	*	18,223
Hexadecanoic acid, methyl ester	*	16,11	16,119	*
Octadecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester, (R)-	*	*	22,447	*
	<b>Carboidrato (*)</b>			
	<b>n-alcanos</b>			
2-methylhexacosane	22,023	*	16,44675	*
2-methyloctacosane	27,821	*	31,484	*
2-methyltetracosane	21,869	*	19,781	*
Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	*	*	9,06	*

Continua

Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Dodecane, 4,6-dimethyl-	*	*	*	8,364
Eicosane	12,896	14,91083	14,76013	14,64657
Heneicosane	*	24,71233	28,08343	25,66914
Hentriacontane	31,491	*	*	*
Heptadecane	*	10,28	*	*
Heptadecane, 8-methyl-	*	9,123	*	*
Hexacosane	24,901	*	21,868	*
Hexadecane	*	8,4225	*	10,146
Nonacosane	*	36,439	*	*
Nonadecane	*	17,58	*	*
Nonane, 5-methyl-5-propyl-	*	12,916	*	*
Pentatriacontane	*	*	34,0685	*
Tetracontane	*	31,385	*	*
Tetratetracontane	29,2126	33,955	28,7638	33,965
Undecane	*	8,409	*	*
	<b>Outros lipídios</b>			
*	*	*	*	*
	<b>Outros fenóis (*)</b>			
Continua				



Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
	<b>Ácido graxo</b>			
n-Hexadecanoic acid	*	17,035	17,039	17,03
Octadecanoic acid	*	*	21,245	21,279
	<b>Alceno</b>			
1-Tetradecene	*	*	*	9,765
1-Tridecene	*	*	*	7,122
	<b>Bioativos</b>			
*	*	*	*	*
	<b>BC (*)</b>			
	<b>Outros</b>			
9-Octadecenal, (Z)-	15,285	*	*	*
Acetonitrile	5,207	*	*	*
Butanenitrile	4,903	*	*	3,65
1-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate	17,125	*	*	*
Oxalic acid, diallyl ester	4,915	*	*	*
Oxirane, tetradecyl-	19,547	*	*	*
	<b>55-100 cm</b>			
	<b>Lignina</b>			

Continua

Continuação

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
*	*	*	*	*
	<b>Suberina</b>			
*	*	*	*	*
	<b>Cutina</b>			
1-Octadecanol, methyl ether	18,218	*	*	*
Hexadecanoic acid, methyl ester	*	16,202	16,116	16,206
	<b>Carboidrato (*)</b>			
	<b>n-alcanos</b>			
2-methylhexacosane	11,86	28,101	25,1518	19,82557
2-methyloctacosane	*	32,5495	27,816	*
2-methyltetracosane	29,679	27,1915	20,8295	31,69
Eicosane	14,0929	14,9668	13,897	14,791
Heneicosane	26,60225	27,7622	26,60175	28,7515
Heptadecane	*	*	*	8,447
Hexacosane	*	19,774	25,891	24,901
Nonacosane	*	*	20,423	21,714
Nonadecane	*	*	*	10,8215
Octadecane	17,58	*	*	*
Continua				

Conclusão

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Pentadecane, 8-hexyl-	*	*	11,772	*
Pentatriacontane	*	38,42667	*	*
Tetracosane	*	*	*	25,68
Tetratetracontane	34,812	32,845	33,772	30,85243
Triacontane, 11,20-didecyl-	*	27,1625	*	*
	<b>Outros lipídios</b>			
*	*	*	*	*
	<b>Outros fenóis</b>			
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	8,765	8,818	8,786	*
	<b>Ácido graxo</b>			
n-Hexadecanoic acid	17,03	*	17,049	*
Octadecanoic acid	21,249	21,298	21,24	*
	<b>Bioativos</b>			
*	*	*	*	*
	<b>BC (*)</b>			
	<b>Outros</b>			
Acetonitrile	4,185	*	*	*
l-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate	*	17,118	*	17,139
Continua				

Conclusão

**APÊNDICE B – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Oxalic acid, diallyl ester	*	*	*	3,86
Tetrapentacontane, 1,54-dibromo-	*	*	3,904	16,706

Nota: Nota: Valores correspondentes ao tempo médio de retenção da molécula. HT<sub>o</sub>: horticultura orgânica, BN<sub>o</sub>: bananicultura orgânica, AG<sub>cv</sub>: agricultura convencional, VN: vegetação natural. \* indica ausência da molécula na composição.

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
<b>0-15 cm</b>				
<b>Lignina</b>				
2-Propenoic acid, 3-(3,4-dimethoxyphenyl)-, methyl ester	*	15,595	*	*
2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, methyl ester	*	11,537	*	*
Benzaldehyde, 3,4-dimethoxy-	*	8,494	*	*
Benzeneacetic acid, 3,4-dimethoxy-, methyl ester	*	10,642	*	*
Benzoic acid, 3,4,5-trimethoxy-, methyl ester	12,323	12,365	12,338	*
Benzoic acid, 3,4-dimethoxy-, methyl ester	10,062	10,097	10,084	10,087
Benzoic acid, 4-methoxy-, methyl ester	*	*	7,225	*
Ethanone, 1-(3,4,5-trimethoxyphenyl)-	11,612	11,627	*	*
Ethanone, 1-(3,4-dimethoxyphenyl)-	*	9,701	*	*
<b>Suberina</b>				
13-Docosenoic acid, methyl ester, (Z)-	27,963	27,971	27,961	27,964
1-Docosanol, methyl ether	37,023	37,04567	39,33325	36,8545
Docosanoic acid, methyl ester	28,45	28,462	28,448	28,451
Eicosanoic acid, methyl ester	*	*	24,549	*
Hexacosanoic acid, methyl ester	35,532	35,559	35,531	35,536
Hexadecanedioic acid, dimethyl ester	*	*	23,122	*
Nonanedioic acid, dimethyl ester	*	9,262	9,259	*

Continua

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Octacosanoic acid, methyl ester	38,737	38,767	38,74	38,738
Tetracosanoic acid, methyl ester	32,109	32,133	32,105	32,11
Triacantanedioic acid, dimethyl ester	*	40,794	*	*
Triacotanoic acid, methyl ester	43,2245	44,11	43,2205	43,217
Tricosanoic acid, methyl ester	30,292	30,307	*	*
<b>Cutina</b>				
9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	*	*	19,875	*
Hexadecanoic acid, methyl ester	16,203	16,224	16,212	16,208
<b>Carboidrato</b>				
1,2,4-Trimethoxybenzene	*	*	7,109	*
<b>n-alcanos</b>				
2-methylhexacosane	32,941	*	11,855	16,597
2-methyloctacosane	27,814	*	34,902	*
Dodecane, 4,6-dimethyl-	*	*	6,073	*
Eicosane	13,48075	13,9745	15,185	18,80875
Heneicosane	33,1085	24,6686	28,564	33,227
Heptadecane	8,42	*	*	*
Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-	*	*	7,99	23,904
Continua				

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Heptadecane, 8-methyl-	*	*	*	8,432
Hexacosane	24,8945	*	21,856	19,7225
Hexadecane	6,041	*	*	6,065
Nonacosane	17,0265	36,537	16,959	*
Nonadecane, 9-methyl-	*	*	25,884	*
Tetradecane, 4-methyl-	6,473	*	*	*
Tetratetracontane	35,7784	37,206	34,637	33,86083
<b>Outros lipídios</b>				
1-Heptacosanol	43,112	44,7135	43,114	41,6485
Ethanol, 2-(9,12-octadecadienyloxy)-, (Z,Z)-	*	*	*	20,665
Oxacycloheptadec-8-en-2-one, (8Z)	*	*	*	16,5815
<b>Outros fenóis</b>				
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	8,792	8,845	8,805	8,803
<b>Bioativos</b>				
13-Docosenamida, (Z)-	*	33,08	*	*
13-Heptadecyn-1-ol	*	*	*	16,559
<b>BC (*)</b>				
<b>Outros</b>				

Continua

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
1H-Isoindole-1,3(2H)-dione, 2-methyl-	*	7,848	*	*
2',4'-Dimethoxyacetophenone	9,693	*	*	*
2-Pyrrolidone-5-carboxylic acid, N-methyl, methyl ester	6,826	*	6,874	*
Butanenitrile	*	*	3,745	*
Oxalic acid, diallyl ester	*	*	3,592	*
<b>15-35 cm</b>				
<b>Lignina</b>				
1,2,3-Trimethoxybenzene	*	6,48	*	*
Benzoic acid, 3,4,5-trimethoxy-, methyl ester	*	12,327	*	*
Benzoic acid, 3,4-dimethoxy-, methyl ester	10,059	10,069	10,075	10,107
<b>Suberina</b>				
13-Docosanoic acid, methyl ester, (Z)-	28,042	27,969	27,97	*
1-Docosanol, methyl ether	32,77086	36,186	31,93525	33,5708
Docosanoic acid, methyl ester	28,454	28,455	28,459	28,447
Eicosanoic acid, methyl ester	*	16,229	*	*
Hexacosanoic acid, methyl ester	35,547	35,543	35,554	35,533
Hexadecanedioic acid, dimethyl ester	*	*	23,122	*
Octacosanoic acid, methyl ester	41,737	41,73	38,761	38,74

Continua



Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Tetracosanoic acid, methyl ester	32,123	32,121	32,126	32,109
Triacontanedioic acid, dimethyl ester	*	43,767	40,7475	*
Triacotanoic acid, methyl ester	41,79	41,778	38,3365	43,215
<b>Cutina</b>				
7-Octadecenoic acid, methyl ester	*	*	19,877	*
9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	19,873	19,874	*	*
Hexadecanoic acid, methyl ester	*	*	*	16,203
Oleyl alcohol, methyl ether	30,846	35,7865	39,179	*
<b>Carboidrato</b>				
*	*	*	*	*
<b>n-alcanos</b>				
2-methylhexacosane	11,846	*	11,864	13,9615
2-methyloctacosane	*	*	*	33,224
5,5-Diethylpentadecane	*	*	21,4	*
Docosane	33,239	28,57	23,912	*
Dodecane, 2-methyl-6-propyl-	*	*	8,484	*
Dodecane, 4,6-dimethyl-	*	6,291	*	6,07
Eicosane	14,62775	12,513	12,6446	11,78025
Continua				

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Nonacosane	*	*	*	34,911
Tetratetracontane	37,575	35,50925	38,073	35,1085
Heneicosane	28,17071	29,0948	29,50886	*
Heptadecane, 8-methyl-	*	21,4	*	*
Hexadecane	*	*	6,511	6,502
<b>Outros lipídios</b>				
1,30-Triacontanediol	43,619	*	43,616	40,707
1-Heptacosanol	46,274	40,21	43,198	43,107
<b>Outros fenóis</b>				
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	8,802	8,814	8,814	*
<b>Bioativos</b>				
13-Docosenamide, (Z)-	33,134	*	*	*
<b>BC</b>				
*	*	*	*	*
<b>Outros</b>				
1H-Isoindole-1,3(2H)-dione, 2-methyl-	*	7,853	*	*
2-Pyrrolidone-5-carboxylic acid, N-methyl, methyl ester	*	6,846	6,854	*
N-Methyldodecanamide	33,622	*	*	*
Continua				

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Oxirane, hexadecyl-	40,727	*	*	*
Pentadecanal-	*	37,642	30,865	*
<b>35-55 cm</b>				
<b>Lignina</b>				
Benzoic acid, 3,4-dimethoxy-, methyl ester	10,1	*	*	*
<b>Suberina</b>				
13-Docosanoic acid, methyl ester, (Z)-	27,964	*	27,866	27,865
1-Docosanol, methyl ether	36,85225	33,715	35,99514	32,65671
Docosanoic acid, methyl ester	28,451	*	28,345	28,351
Hexacosanoic acid, methyl ester	35,536	35,52	35,436	35,44
Hexadecanedioic acid, dimethyl ester	*	*	*	23,034
Octacosanoic acid, methyl ester	41,7055	41,6955	38,641	38,65
Tetracosanoic acid, methyl ester	32,107	32,102	32,011	32,016
Triacotanedioic acid, dimethyl ester	43,759	*	*	42,334
Triacotanoic acid, methyl ester	41,752	41,744	43,11	44,16733
<b>Cutina</b>				
1-Octadecanol, methyl ether	*	*	38,57	*
9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	*	*	19,774	19,779
Continua				

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Hexadecanoic acid, methyl ester	16,21	16,21	16,113	16,113
Oleyl alcohol, methyl ether	40,71	*	35,78475	36,29533
<b>Carboidrato</b>				
*	*	*	*	*
<b>n-alcanos</b>				
2,4-Dimethyldodecane	*	5,936	*	*
2-methylhexacosane	*	8,577	21,397	36,5985
2-methyloctacosane	41,154	30,577	31,3655	28,7045
Docosane	*	*	36,448	25,787
Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	*	6,4185	*	*
Dodecane, 4,6-dimethyl-	6,073	6,185	*	6,017
Eicosane	13,3955	12,51633	13,39954	19,1295
Heneicosane	28,7465	*	26,44729	30,21488
Heptadecane	*	*	23,249	*
Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-	*	21,4565	*	*
Hexacosane	24,898	18,0725	27,705	*
Hexadecane	6,504	6,525	8,122167	8,673
Hexatriacontane	*	25,884	34,889	*
Continua				

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Nonacosane	*	*	*	34,812
Nonane, 5-butyl-	*	*	6,021	*
Pentatriacontane	39,664	*	*	*
Tetradecane	*	7,893	*	*
Tetratetracontane	30,32257	35,67	34,27208	33,6815
Triacontane, 11,20-didecyl-	*	*	25,894	*
<b>Outros lipídios</b>				
1,30-Triacontanediol	*	*	43,5	*
1-Heptacosanol	41,652	43,182	40,195	43,501
Behenic alcohol	*	26,498	*	46,122
n-Pentadecanol	*	7,212	*	*
<b>Outros fenois</b>				
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	8,809	8,823	8,806	8,761
<b>Bioativos (*)</b>				
<b>BC (*)</b>				
<b>Outros</b>				
2-Pyrrolidone-5-carboxylic acid, N-methyl, methyl ester	*	*	*	6,855

Continuação

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
9-Octadecenamide, (Z)-	*	*	*	33,001
Butanenitrile	*	3,71	*	*
Diisooctyl phthalate	*	28,854	*	*
N-Methyldodecanamide	*	*	33,491	33,492
Oxalic acid, diallyl ester	*	3,615	*	*
Oxirane, hexadecyl-	*	40,704	*	*
<b>55-100 cm</b>				
<b>Lignina (*)</b>				
<b>Suberina</b>				
13-Docosanoic acid, methyl ester, (Z)-	27,974	27,969	27,869	*
1-Docosanol, methyl ether	32,126	36,46567	35,05517	34,785
Docosanoic acid, methyl ester	28,455	*	28,358	28,445
Hexacosanoic acid, methyl ester	35,542	35,532	*	35,528
Octacosanoic acid, methyl ester	38,742	38,741	38,631	41,7085
Tetracosanoic acid, methyl ester	32,111	32,115	32,005	32,111
Triacontanoic acid, methyl ester	43,2245	41,758	41,641	41,76
<b>Cutina</b>				
1-Octadecanol, methyl ether	*	*	28,393	*
Continua				

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Hexadecanoic acid, methyl ester	16,215	16,212	16,116	16,204
Oleyl alcohol, methyl ether	40,716	*	37,528	40,713
<b>Carboidrato</b>				
1,2,4-Trimethoxybenzene	7,094	*	*	*
<b>n-alcenos</b>				
2-methylhexacosane	*	*	16,079	11,856
2-methyltetracosane	*	*	21,864	*
Docosane	*	*	36,447	*
Eicosane	13,8587	18,3048	14,52363	11,78175
Heneicosane	25,8235	23,902	27,51533	*
Heptadecane	8,48	11,668	16,1685	*
Heptadecane, 8-methyl-	*	*	11,766	*
Hexacosane	32,34933	22,891	27,792	25,86633
Hexadecane	6,2855	*	17,586	6,504
Nonacosane	*	34,92	*	*
Nonadecane	*	13,569	8,48	*
Nonane, 5-(1-methylpropyl)-	*	*	*	6,15
Nonane, 5-butyl-	*	*	*	6,072
Continua				

Continuação

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Octane, 2,6-dimethyl-	4,07	*	*	*
Tetradecane, 5-methyl-	5,919	*	*	*
Tetrapentacontane	*	21,4	*	*
Tetratetracontane	34,951	33,75767	36,03538	35,01814
<b>Outros lipídios</b>				
1,30-Triacontanediol	*	*	43,504	*
1-Heptacosanol	44,699	*	46,115	41,6555
Octacosanol	*	30,28	*	*
<b>Outros fenois</b>				
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	8,807	8,807	8,806	*
<b>Bioativos</b>				
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	*	*	15,055	*
<b>BC</b>				
*	*	*	*	*
<b>Outros</b>				
1,3,5-Triazine-2,4,6(1H,3H,5H)-trione, 1,3,5-trimethyl-	7,297	*	*	*
9-Octadecenamide, N,N-dimethyl-	*	*	26,584	*
Acetic acid, chloro-, octadecyl ester	*	*	33,796	*

Continua



Conclusão

**APÊNDICE C – PRODUTOS DA ANÁLISE DE TERMOQUIMÓLISE (TMAH-GC-MS) DA MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Nome da molécula	HT <sub>o</sub>	BN <sub>o</sub>	AG <sub>cv</sub>	VN
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	*	*	28,765	*
Butanenitrile	*	*	5,23	*
N,N-Dimethyldodecanamide	*	*	23,063	*
N-Methyldodecanamide	*	*	33,504	*
Oxirane, heptadecyl-	43,612	*	*	37,643
Sulfurous acid, hexyl octyl ester	*	*	*	*
trans-2-Dodecen-1-ol, trifluoroacetate	*	15,278	*	*
Triacotane, 1-bromo-	*	*	38,13	*

Nota: Nota: Valores correspondentes ao tempo médio de retenção da molécula. HT<sub>o</sub>: horticultura orgânica, BN<sub>o</sub>: bananicultura orgânica, AG<sub>cv</sub>: agricultura convencional, VN: vegetação natural. \* indica ausência da molécula na composição.

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE D – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA  
SERAPILHEIRA DAS ÁREAS DE USO ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>),  
E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO  
NATURAL (VN), E FOLHAS DE *M. paradisiaca*, *Panicum* sp. E COMPOSTO  
ORGÂNICO, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Serapi- lheira	3313 cm <sup>-1</sup>	2929 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	1729 cm <sup>-1</sup>	1618 cm <sup>-1</sup>	1510 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1000 cm <sup>-1</sup>	777 cm <sup>-1</sup>
HT <sub>o</sub>	0.18	0.25	0.21	0.11	0.35	0.23	0.92	0.87	0.43
HT <sub>o</sub>	0.17	0.22	0.18	0.11	0.39	0.19	0.89	0.85	0.44
HT <sub>o</sub>	0.16	0.24	0.20	0.12	0.31	0.20	1.00	0.88	0.41
HT <sub>o</sub>	0.19	0.25	0.20	0.13	0.52	0.23	0.87	0.82	0.51
<b>Média</b>	<b>0.17</b>	<b>0.24</b>	<b>0.20</b>	<b>0.12</b>	<b>0.39</b>	<b>0.21</b>	<b>0.92</b>	<b>0.86</b>	<b>0.45</b>
BN <sub>o</sub>	0.13	0.18	0.15	0.06	0.31	0.23	0.80	0.72	0.40
BN <sub>o</sub>	0.15	0.22	0.18	0.10	0.33	0.22	0.90	0.80	0.42
BN <sub>o</sub>	0.13	0.19	0.16	0.08	0.29	0.19	0.82	0.73	0.39
BN <sub>o</sub>	0.11	0.15	0.13	0.05	0.23	0.16	0.82	0.72	0.35
<b>Média</b>	<b>0.13</b>	<b>0.18</b>	<b>0.15</b>	<b>0.07</b>	<b>0.29</b>	<b>0.20</b>	<b>0.83</b>	<b>0.74</b>	<b>0.39</b>
AG <sub>cv</sub>	0.15	0.24	0.19	0.11	0.35	0.22	0.86	0.80	0.43
AG <sub>cv</sub>	0.08	0.12	0.10	0.05	0.18	0.12	0.71	0.67	0.45
AG <sub>cv</sub>	0.09	0.13	0.10	0.06	0.21	0.13	0.72	0.68	0.41
AG <sub>cv</sub>	0.16	0.26	0.21	0.11	0.36	0.21	0.91	0.82	0.42
<b>Média</b>	<b>0.12</b>	<b>0.19</b>	<b>0.15</b>	<b>0.08</b>	<b>0.27</b>	<b>0.17</b>	<b>0.80</b>	<b>0.74</b>	<b>0.43</b>
VN	0.14	0.20	0.16	0.10	0.32	0.20	0.81	0.76	0.39
VN	0.15	0.22	0.18	0.13	0.35	0.25	0.88	0.80	0.42
VN	0.16	0.22	0.18	0.13	0.38	0.28	0.77	0.70	0.45
VN	0.10	0.12	0.10	0.06	0.24	0.16	0.77	0.75	0.33
<b>Média</b>	<b>0.14</b>	<b>0.19</b>	<b>0.16</b>	<b>0.10</b>	<b>0.32</b>	<b>0.22</b>	<b>0.81</b>	<b>0.75</b>	<b>0.40</b>
<i>Panicum</i> sp.	0.19	0.27	0.23	0.12	0.41	0.28	0.99	0.84	0.44
Compos- to	0.06	0.08	0.06	0.01	0.12	0.12	0.70	0.69	0.42
<i>Musa</i> <i>paradisia</i> <i>ca</i>	0.17	0.34	0.27	0.15	0.41	0.22	1.00	0.90	0.48

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE E – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
0-15 cm							
HT <sub>o</sub>	0.73	0.73	0.15	0.19	0.09	0.11	0.15
HT <sub>o</sub>	0.75	0.74	0.08	0.11	0.05	0.06	0.10
HT <sub>o</sub>	0.70	0.70	0.14	0.17	0.08	0.09	0.13
HT <sub>o</sub>	0.71	0.71	0.16	0.18	0.08	0.09	0.12
<b>Média</b>	<b>0.72</b>	<b>0.72</b>	<b>0.13</b>	<b>0.16</b>	<b>0.07</b>	<b>0.09</b>	<b>0.12</b>
BN <sub>o</sub>	0.71	0.73	0.12	0.15	0.07	0.08	0.12
BN <sub>o</sub>	0.61	0.66	0.04	0.05	0.03	0.03	0.05
BN <sub>o</sub>	0.72	0.73	0.04	0.06	0.03	0.04	0.06
BN <sub>o</sub>	0.55	0.61	0.03	0.05	0.03	0.03	0.04
<b>Média</b>	<b>0.65</b>	<b>0.68</b>	<b>0.06</b>	<b>0.08</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>
AG <sub>cv</sub>	0.76	0.76	0.06	0.09	0.05	0.06	0.08
AG <sub>cv</sub>	0.73	0.75	0.09	0.11	0.07	0.08	0.10
AG <sub>cv</sub>	0.73	0.74	0.10	0.13	0.08	0.09	0.11
AG <sub>cv</sub>	0.71	0.73	0.14	0.17	0.10	0.11	0.14
<b>Média</b>	<b>0.73</b>	<b>0.74</b>	<b>0.10</b>	<b>0.13</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.11</b>
VN	0.72	0.71	0.07	0.09	0.04	0.04	0.07
VN	0.61	0.64	0.10	0.12	0.06	0.07	0.08
VN	0.69	0.70	0.08	0.10	0.05	0.06	0.08

Contiua

Continuação

**APÊNDICE E – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
VN	0.78	0.75	0.06	0.09	0.05	0.06	0.10
<b>Média</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.08</b>	<b>0.10</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.08</b>
<b>15-35 cm</b>							
HT <sub>o</sub>	0.76	0.74	0.06	0.10	0.04	0.05	0.09
HT <sub>o</sub>	0.62	0.67	0.07	0.09	0.05	0.05	0.07
HT <sub>o</sub>	0.56	0.64	0.03	0.05	0.02	0.03	0.04
HT <sub>o</sub>	0.64	0.68	0.06	0.08	0.06	0.07	0.08
<b>Média</b>	<b>0.65</b>	<b>0.68</b>	<b>0.06</b>	<b>0.08</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>
BN <sub>o</sub>	0.64	0.67	0.10	0.12	0.06	0.06	0.09
BN <sub>o</sub>	0.67	0.70	0.07	0.08	0.04	0.04	0.05
BN <sub>o</sub>	0.50	0.57	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
BN <sub>o</sub>	0.53	0.59	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03
<b>Média</b>	<b>0.59</b>	<b>0.63</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>
AG <sub>cv</sub>	0.75	0.76	0.05	0.07	0.04	0.05	0.07
AG <sub>cv</sub>	0.63	0.66	0.05	0.07	0.04	0.04	0.05
AG <sub>cv</sub>	0.72	0.73	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05
AG <sub>cv</sub>	0.58	0.63	0.10	0.13	0.06	0.07	0.08
<b>Média</b>	<b>0.67</b>	<b>0.69</b>	<b>0.06</b>	<b>0.08</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>

Continua

Continuação

**APÊNDICE E – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
VN	0.65	0.70	0.15	0.18	0.10	0.11	0.13
VN	0.63	0.67	0.11	0.14	0.07	0.08	0.09
VN	0.53	0.60	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04
VN	0.64	0.70	0.21	0.26	0.14	0.17	0.17
<b>Média</b>	<b>0.61</b>	<b>0.67</b>	<b>0.12</b>	<b>0.16</b>	<b>0.09</b>	<b>0.10</b>	<b>0.11</b>
<b>35-55 cm</b>							
HT <sub>o</sub>	0.50	0.56	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
HT <sub>o</sub>	0.57	0.65	0.02	0.04	0.02	0.03	0.04
HT <sub>o</sub>	0.63	0.70	0.05	0.07	0.04	0.04	0.06
HT <sub>o</sub>	0.62	0.70	0.07	0.09	0.05	0.07	0.08
<b>Média</b>	<b>0.58</b>	<b>0.65</b>	<b>0.04</b>	<b>0.06</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>
BN <sub>o</sub>	0.46	0.53	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
BN <sub>o</sub>	0.57	0.65	0.07	0.09	0.04	0.04	0.05
BN <sub>o</sub>	0.48	0.57	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
BN <sub>o</sub>	0.42	0.51	0.04	0.05	0.02	0.02	0.03
<b>Média</b>	<b>0.48</b>	<b>0.57</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>
AG <sub>cv</sub>	0.77	0.75	0.04	0.07	0.03	0.04	0.07
AG <sub>cv</sub>	0.67	0.67	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04

Continua

Continuação

**APÊNDICE E – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
AG <sub>cv</sub>	0.57	0.62	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03
AG <sub>cv</sub>	0.61	0.70	0.05	0.07	0.04	0.05	0.06
<b>Média</b>	<b>0.65</b>	<b>0.69</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>
VN	0.61	0.70	0.08	0.11	0.06	0.07	0.09
VN	0.71	0.73	0.06	0.08	0.04	0.05	0.06
VN	0.66	0.70	0.08	0.11	0.06	0.06	0.08
VN	0.76	0.75	0.05	0.08	0.04	0.05	0.08
<b>Média</b>	<b>0.68</b>	<b>0.72</b>	<b>0.07</b>	<b>0.10</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.08</b>
<b>55-100 cm</b>							
HT <sub>o</sub>	0.48	0.54	0.09	0.11	0.05	0.05	0.06
HT <sub>o</sub>	0.56	0.64	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
HT <sub>o</sub>	0.67	0.74	0.06	0.09	0.04	0.05	0.07
HT <sub>o</sub>	0.60	0.65	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03
<b>Média</b>	<b>0.58</b>	<b>0.64</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>
BN <sub>o</sub>	0.49	0.58	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
BN <sub>o</sub>	0.45	0.53	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
BN <sub>o</sub>	0.61	0.66	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03
BN <sub>o</sub>	0.48	0.55	0.05	0.07	0.03	0.03	0.04

Continua

Conclusão

**APÊNDICE E – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
<b>Média</b>	<b>0.51</b>	<b>0.58</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>
AG <sub>cv</sub>	0.71	0.73	0.02	0.04	0.02	0.03	0.05
AG <sub>cv</sub>	0.46	0.53	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
AG <sub>cv</sub>	0.53	0.59	0.07	0.08	0.04	0.04	0.05
AG <sub>cv</sub>	0.67	0.69	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03
<b>Média</b>	<b>0.59</b>	<b>0.64</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>
VN	0.79	0.78	0.03	0.05	0.02	0.03	0.06
VN	0.80	0.77	0.03	0.04	0.02	0.02	0.07
VN	0.58	0.66	0.10	0.14	0.06	0.07	0.08
VN	0.55	0.61	0.09	0.11	0.06	0.07	0.07
<b>Média</b>	<b>0.68</b>	<b>0.70</b>	<b>0.06</b>	<b>0.09</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE F – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
<b>0-15 cm</b>							
HT <sub>o</sub>	0.15	0.14	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03
HT <sub>o</sub>	0.14	0.13	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
HT <sub>o</sub>	0.12	0.11	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
HT <sub>o</sub>	0.09	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.13	0.12	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.09	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
BN <sub>o</sub>	0.13	0.12	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.11	0.10	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.19	0.18	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.13	0.12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AG <sub>cv</sub>	0.21	0.19	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.20	0.18	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.25	0.23	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
<b>Média</b>	0.18	0.16	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
VN	0.10	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
VN	0.11	0.10	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
VN	0.16	0.15	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02

Continua



Continuação

**APÊNDICE F – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
VN	0.16	0.15	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
<b>Média</b>	0.13	0.12	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
<b>15-35 cm</b>							
HT <sub>o</sub>	0.15	0.14	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
HT <sub>o</sub>	0.14	0.14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
HT <sub>o</sub>	0.13	0.13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
HT <sub>o</sub>	0.11	0.11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.14	0.13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.11	0.10	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
BN <sub>o</sub>	0.13	0.12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.22	0.20	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.25	0.23	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.18	0.16	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.26	0.24	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.24	0.22	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.21	0.20	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.28	0.26	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.25	0.23	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02

Continua

Continuação

**APÊNDICE F – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
VN	0.16	0.15	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
VN	0.15	0.14	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
VN	-0.03	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VN	0.15	0.14	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.11	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
<b>35-55 cm</b>							
HT <sub>o</sub>	0.16	0.15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
HT <sub>o</sub>	0.12	0.11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
HT <sub>o</sub>	0.14	0.13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
HT <sub>o</sub>	0.14	0.12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.14	0.13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.15	0.14	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
BN <sub>o</sub>	0.22	0.20	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.22	0.20	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.34	0.32	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.23	0.22	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.25	0.23	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.22	0.20	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Continua

Continuação

**APÊNDICE F – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
AG <sub>cv</sub>	0.23	0.21	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.28	0.25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.25	0.22	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
VN	0.16	0.15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
VN	0.20	0.18	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
VN	0.17	0.16	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
VN	0.20	0.18	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.19	0.17	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<b>55-100 cm</b>							
HT <sub>o</sub>	0.18	0.17	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
HT <sub>o</sub>	0.13	0.11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
HT <sub>o</sub>	0.14	0.13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
HT <sub>o</sub>	0.14	0.13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
<b>Média</b>	0.15	0.14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.18	0.17	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.19	0.19	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
BN <sub>o</sub>	0.22	0.21	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
BN <sub>o</sub>	0.20	0.19	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Continua

Conclusão

**APÊNDICE F – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA ASSOCIADA A MINERAIS (MOAM) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1415 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
<b>Média</b>	0.20	0.19	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
AG <sub>cv</sub>	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AG <sub>cv</sub>	0.28	0.25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.27	0.24	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
AG <sub>cv</sub>	0.22	0.20	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>Média</b>	0.21	0.19	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
VN	0.17	0.15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
VN	0.20	0.18	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
VN	0.18	0.17	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
VN	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Média</b>	0.15	0.14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE G – ABSORVÂNCIAS DE BANDAS DE ATR-FTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA (MOD) DOS USOS ORGÂNICOS COM OLERÍCOLAS (HT<sub>o</sub>), E BANANA (BN<sub>o</sub>), AGRICULTURA CONVENCIONAL (AG<sub>cv</sub>), VEGETAÇÃO NATURAL (VN), SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO, NAS PROFUNDIDADES 0-15, 15-35, 35-55 E 55-100 CM, NO MUNICÍPIO DE GUARACIABA DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

Usos	prof. (cm)	1000 cm <sup>-1</sup>	1033 cm <sup>-1</sup>	1349 cm <sup>-1</sup>	1402 cm <sup>-1</sup>	1546 cm <sup>-1</sup>	1620 cm <sup>-1</sup>	2850 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>	3303 cm <sup>-1</sup>
HT <sub>o</sub>	0-15	0.41	0.48	0.67	0.56	0.43	0.32	0.06	0.08	0.45
HT <sub>o</sub>	15-35	0.75	0.71	0.31	0.31	0.28	0.21	0.05	0.07	0.26
HT <sub>o</sub>	35-55	0.77	0.74	0.30	0.29	0.24	0.24	0.06	0.08	0.27
HT <sub>o</sub>	55-100	0.68	0.67	0.15	0.17	0.18	0.16	0.04	0.06	0.15
BN <sub>o</sub>	0-15	0.47	0.55	0.61	0.41	0.14	0.28	0.05	0.07	0.38
BN <sub>o</sub>	15-35	0.69	0.72	0.26	0.27	0.25	0.24	0.07	0.09	0.21
BN <sub>o</sub>	35-55	0.75	0.73	0.25	0.23	0.17	0.21	0.06	0.07	0.25
BN <sub>o</sub>	55-100	0.71	0.71	0.25	0.28	0.26	0.28	0.05	0.07	0.30
AG <sub>cv</sub>	0-15	0.61	0.65	0.26	0.31	0.32	0.31	0.06	0.09	0.34
AG <sub>cv</sub>	15-35	0.70	0.70	0.34	0.32	0.26	0.25	0.05	0.07	0.30
AG <sub>cv</sub>	35-55	0.58	0.62	0.29	0.31	0.28	0.31	0.05	0.08	0.38
AG <sub>cv</sub>	55-100	0.59	0.68	0.31	0.29	0.16	0.33	0.05	0.07	0.44
VN	0-15	0.60	0.66	0.33	0.33	0.23	0.33	0.07	0.09	0.35
VN	15-35	0.54	0.62	0.40	0.37	0.20	0.37	0.10	0.13	0.38
VN	35-55	0.61	0.68	0.31	0.35	0.29	0.38	0.10	0.14	0.44
VN	55-100	0.68	0.73	0.41	0.41	0.30	0.39	0.09	0.13	0.42

Fonte: Elaborado pelo autor.

**ANEXO A – QUADRO DE REFERÊNCIAS PARA FAIXAS DE ABSORÇÃO DE LIGAÇÕES ORGÂNICAS PELO INFRAVERMELHO MÉDIO ATR-FTIR PARA IDENTIFICAÇÃO DE GRUPOS FUNCIONAIS NA MATÉRIA ORGÂNICA.**

Faixa de absorção	Ligação	Composto ou grupo funcional	Referências
3400-3200 (m,l) 3400, 2500 (m,l)	vO-H	Álcoois e fenóis associados por ligação de hidrogênio; Ácido carboxílico	
3500-3100 (m), 1640-1550 (F,m), 900-650 (f)	vN-H $\delta$ N-H $\gamma$ N-H	Aminas primárias e secundárias, amidas	
3300 (F, a)	v $\equiv$ C-H	Apenas no caso de alquino terminal	
3100-3000 (m,a), 1000-650 (F,m)	v=CH $\gamma$ C-H	Estiramento de ligação C-H do C sp <sup>2</sup> . $\gamma$ =deformação angular fora do plano.	Barbosa (2017)
1350	N-O, COO- e CH	Nitrocomposto	
1400-1390	O-H C-O C-H COO-	Deformação O-H e estiramento de O-H fenólico, C-H deformação de C-H <sub>2</sub> e grupos C-H <sub>3</sub> , estiramento COO- de estiramento assimétrico	
1610	N-H	Estiramento de amina	
1620-1600	C=C; COO	C=C aromático, estiramento COO	
1404	C-H	C-alifático	
1632		C-aromático	Tivet et al. (2013)
2852 e 2922		C-Alifático	
1160-1000	Estiramento Ester, fenol, C-O- C, C-O	Estiramento de grupos polissacarídeos	Parikh et al. (2014)
975-700	C-H	Aromático fora do plano	
1698 - 1740	C-O		Günzler e Gremlich (2003)
1518	C=C	Aromático de C	Szymański (2017)