

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ESTOQUE E QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA E
RETENÇÃO DE CARBONO EM PERFIS DE DOIS LATOSSOLOS
SUBTROPICAIS SOB DIFERENTES MANEJOS**

**Cecília Estima Sacramento dos Reis
(Tese)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ESTOQUE E QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA E
RETENÇÃO DE CARBONO EM PERFIS DE DOIS LATOSSOLOS
SUBTROPICAIS SOB DIFERENTES MANEJOS**

CECÍLIA ESTIMA SACRAMENTO DOS REIS
Licenciada e Bacharel em Química (UFPel)
M.Sc. Ciências (UFPel)

Tese de Doutorado apresentada como um dos
requisitos à obtenção do Grau de Doutor em
Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil
Maio de 2012

CIP - Catalogação na Publicação

REIS, CECÍLIA ESTIMA SACRAMENTO DOS
ESTOQUE E QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA E RETENÇÃO
DE CARBONO EM PERFIS DE DOIS LATOSSOLOS SUBTROPICAIS
SOB DIFERENTES MANEJOS / CECÍLIA ESTIMA SACRAMENTO
DOS REIS. -- 2012.
131 f.

Orientadora: DEBORAH PINHEIRO DICK.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, BR-RS,
2012.

1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA. 2. TEOR DE CARBONO. 3.
SUBSUPERFÍCIE. 4. FTIR. 5. FLUORESCÊNCIA. I. DICK,
DEBORAH PINHEIRO, orient. II. Título.

Cecília Estima Sacramento dos Reis
Bacharel e Licenciada em Química - UFPel
Mestre em Agronomia - UFPel

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

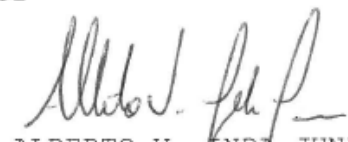
DOCTORA EM CIÊNCIA DO SOLO


Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 18.05.2012
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 04.06.2012
Por



DEBORAH PINHEIRO DICK
Orientadora


ALBERTO V. LENDA JUNIOR
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Ciência
do Solo


CIMÉLIO BAYER
Departamento de Solos/UFRGS


LADISLAU MARTIN NETO
CNPDIA/Embrapa


ROSA MARIA VARGAS CASTILHOS
Departamento de Solos/UFPel


PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade
de Agronomia

*Dedico este trabalho à minha mãe,
Vera Lúcia Goia Sacramento,
por seu amor e apoio incondicionais.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela graça da vida, repleta de alegrias e também de dificuldades que oportunizaram tanto meu crescimento intelectual como moral.

À minha mãe pelo amor, companheirismo, compreensão e imensos sacrifícios pelos quais passou para me proporcionar uma boa educação.

À minha família, em especial à minha irmã Olivia, meus avós João Sacramento e Cecília Sacramento (*in memoriam*) e padrinhos Flávio e Maria Cecília Santos Silva pelo apoio, carinho, compreensão e incentivo.

À Professora Deborah Pinheiro Dick pela amizade e orientação na realização deste trabalho.

Aos Professores Cimélio Bayer e Rosa Maria Vargas Castilhos e ao Doutor Ladislau Martin Neto pela participação na banca examinadora deste trabalho.

À Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (Guarapuava/PR) e à Cooperativa Tritícola Regional de Santo Ângelo (Santo Ângelo/RS) pela disponibilização das áreas experimentais.

A todos os professores do curso de Licenciatura e Bacharelado em Química da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Solos) da UFPel e do curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pelos ensinamentos, dedicação e colaboração em minha formação.

Às Professoras Maria do Carmo Peralba e Michèle Oberson de Souza e seus alunos pelo auxílio em análises deste trabalho e pela disponibilização dos equipamentos.

À Doutora Débora Milori e seus estudantes, em especial, ao meu amigo Cléber Hilário dos Santos, pelo auxílio nas análises de Fluorescência Induzida por Laser e agradável convivência no período em que estive em São Carlos/SP.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro durante a realização do curso.

Aos funcionários do Departamento de Solos, especialmente ao meu amigo Luiz Antônio da Silveira (Tonho), pelo auxílio, amizade e também pelos momentos de descontração dos quais compartilhamos.

A todos colegas e amigos do PPG Ciência do Solo (UFRGS) e do Laboratório K-104B, em especial à Graciele Sarante Santana, Daniela Barbosa, Rosane Martinazzo, Otávio Leal, Anderson Leite, Daniel Hanke e Mauro Hirsch, pelo auxílio, pelos momentos de questionamentos científicos e de descontração.

Às bolsistas de iniciação científica Jennifer da Silva Caldas e Vanessa dos Santos Silva pelo auxílio na realização deste trabalho e amizade.

Às minhas amigas, Rosângela Mattos e Fernanda Gonçalves, pelo incansável auxílio durante o mestrado, acolhimento, carinho, alegria e pela verdadeira amizade, a qual a distância e o tempo não puderam apagar.

Aos meus amigos e irmãos do coração, Carla Machado da Rosa, Andréa Rolim Félix Pinto e Rodrigo Félix Pinto e à minha amada afilhada, Gabrielle Rolim Félix Pinto pelo carinho, apoio e grande amizade.

Ao meu namorado, Tiago Zschornack, pelo amor, carinho, auxílio e compreensão a mim dedicados, principalmente na etapa final do doutorado.

À minha sogra, Elmira Zschornack, pelo carinho, alegria e palavras acolhedoras nos momentos difíceis.

Ao meu tio e grande amigo, Julio Portella, pelos inúmeros conselhos e por me fazer acreditar na capacidade de superar os obstáculos.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação:
Muito obrigada!

ESTOQUE E QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA E RETENÇÃO DE CARBONO EM PERFIS DE DOIS LATOSSOLOS SUBTROPICAIS SOB DIFERENTES MANEJOS¹

Autora: Lic. Bach., M.Sc. Cecília Estima Sacramento dos Reis
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Deborah Pinheiro Dick

RESUMO

Para investigar o efeito de diferentes sistemas de manejo do solo no estoque de carbono e na composição química da matéria orgânica ao longo do perfil do solo e sobre sua capacidade de retenção de carbono, foram desenvolvidos dois estudos em Latossolos subtropicais. No primeiro estudo, foi investigada a influência do sistema de plantio direto (PD) e do sistema de preparo convencional (PC) do solo sobre o estoque de carbono e qualidade da matéria no perfil do solo e nas frações leve livre (FLL), leve oclusa (FLO) e pesada (FP) até 20 cm de profundidade de um Latossolo Bruno (LB) e de um Latossolo Vermelho (LV). No segundo, foi estudado o efeito de sistema de manejo do solo (PD e PC) sobre a capacidade de retenção de carbono nas frações silte e argila dos mesmos Latossolos do estudo I. Para tais finalidades, foram coletadas amostras deformadas de solo nas camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm e indeformadas nas profundidades 0-5; 5-10 e 10-20 cm. O teor de carbono do solo e das frações foi determinado por combustão seca e a composição química da matéria orgânica foi analisada por técnicas espectroscópicas. Sob PD, o estoque de C foi superior (9,7 e 12,2 Mg ha⁻¹ nas camadas de 0-2,5 cm e de 2,5-5 cm respectivamente) ao observado sob PC até 5 cm de profundidade (6,4 e 8,5 Mg ha⁻¹ nas camadas de 0-2,5 cm e de 2,5-5 cm respectivamente) no LB e até 2,5 cm no LV (5,6 Mg ha⁻¹ sob PD e 4,7 Mg ha⁻¹ sob PC). A subsuperfície do solo armazenou 69% (no LB) e 75% (no LV) do carbono aportado anualmente ao perfil do solo em virtude do manejo do solo sob PD. Tanto no solo inteiro quanto nas frações (FLL, FLO e FP), o PD favoreceu a preservação de estruturas orgânicas lábeis e tal efeito foi mais pronunciado no LB em comparação ao LV. O LB apresentou maior retenção de C nas frações silte (52 g kg⁻¹ sob PD e 41 g kg⁻¹ sob PC) e argila (61 g kg⁻¹ sob PD e 54 g kg⁻¹ sob PC) do que o LV (C_{silte} = 32 g kg⁻¹ sob PD e 31 g kg⁻¹ sob PC e C_{argila} = 25 g kg⁻¹ sob PD e sob PC), independente do manejo de solo. No LB, o sistema PD promoveu maior retenção de C nas frações comparativamente ao PC, enquanto no LV, a capacidade de retenção de C das frações não diferiu em função do manejo. Em ambos os Latossolos, a retenção de C pode ser explicada por dois processos principais de sorção; interação organo-mineral e auto-associação da matéria orgânica em estruturas tipo micelares. No LV, este último processo parece ser predominante, ao passo que no LB, ambos os mecanismos contribuem igualmente para o sequestro de carbono.

¹ Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (131p.) Maio, 2012. Trabalho realizado com apoio financeiro da CAPES.

STOCK AND QUALITY OF ORGANIC MATTER AND CARBON RETENTION IN PROFILES OF TWO SUBTROPICAL OXISOLS UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS²

Author: Lic. Bach., M.Sc. Cecília Estima Sacramento dos Reis
Adviser: Prof. Dr. Deborah Pinheiro Dick

Abstract

Two studies were developed in Oxisols for investigating the effect of different management systems on soil C stocks and on chemical composition of organic matter along the profile, and on the carbon retention capacity. In the first study, we investigated the the effect of no-tillage (NT) and conventional tillage (CT) on C stocks and composition of organic matter of the soil profile and of the free light fraction (FLF), occluded light fraction (OLF) and heavy fraction (HF) to 20 cm depth of a Brown Oxisol (BO) and a Red Oxisol (RO). In the second study, we investigated the C retention capacity in the silt and clay fractions of the Oxisols used in the first study. For these purposes, soil samples were collected in soil layers of 0-2.5, 2.5 to 5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 and 80 - 100 cm and undisturbed soil samples in the depth of 0-5, 5-10, 10-20 cm. The C content in soil and fractions was determined by dry combustion and chemical composition of organic matter was analyzed by spectroscopic techniques. Under NT, C stock was greater (9.7 e 12.2 Mg ha⁻¹ in surface layers 0-2.5 cm and 2.5-5 cm respectively) than that found under CT (6.4 e 8.5 Mg ha⁻¹ in surface layers 0-2.5 cm and 2.5-5 cm respectively) in the BO and up to 2.5 cm in the RO (5.6 Mg ha⁻¹ under NT and 4.7 Mg ha⁻¹ under CT). The subsoil stored 69% (in BO) and 75% (in RO) of carbon added annually to the soil profile due to soil management under NT system. In bulk soil and in the fractions (FLF, OLF and HF) as well, the NT promoted the preservation of labile organic structures. Such effect was more pronounced in BO in comparison to RO. The BO showed a greater C retention in silt (52 g kg⁻¹ under NT and 41 g kg⁻¹ under CT) and clay fractions (61 g kg⁻¹ under NT and 54 g kg⁻¹ under CT) than RO (C_{silt} = 32 g kg⁻¹ under NT and 31 g kg⁻¹ under CT and C_{clay} = 25 g kg⁻¹ under NT and CT), regardless the soil management. Furthermore, in BO, the NT system promoted a greater C retention in the two fractions compared to CT, while in RO, the C retention capacity of the silt and clay fraction was not affected by the management system. In both Oxisols, C sequestration can be explained by two main sorption processes: organo-mineral interaction and self-assembly of organic matter in micelle-like structures. In the RO, the latter process seems to be predominant, whereas in BO both mechanisms contribute equally to the C sequestration.

² Doctoral thesis in Soil Science. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (131p.) Maio, 2012. Research supported by CAPES.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1.	Estoques de C e manejo de solo.....	3
2.2.	Sistemas de manejo e a dinâmica do carbono no solo	5
2.3.	Composição química da matéria orgânica do solo e nos compartimentos físicos	7
2.4.	Retenção de matéria orgânica em superfícies minerais no solo	9
3.	HIPÓTESES GERAIS	12
4.	OBJETIVOS GERAIS	13
5.	ESTUDOS REALIZADOS	14
5.1.	ESTOQUE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO PERFIL E NOS COMPARTIMENTOS FÍSICOS DE LATOSSOLO BRUNO E VERMELHO SOB PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL	14
5.1.1.	INTRODUÇÃO	14
5.1.2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
5.1.2.1.	Localização dos experimentos e coleta das amostras	17
5.1.2.2.	Fracionamento físico densimétrico da MOS.....	19
5.1.2.3.	Quantificação do teor de carbono e cálculo dos estoques	20
5.1.2.4.	Caracterização da matéria orgânica por Espectroscopia Fluorescência Induzida por Laser (FIL).....	22
5.1.2.5.	Concentração da matéria orgânica e Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	22
5.1.2.6.	Determinação da superfície específica por adsorção de nitrogênio e de água	23
5.1.2.7.	Tratamento dos dados.....	24
5.1.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1.3.1.	Teor e estoque de C no perfil do solo.....	25
5.1.3.2.	Composição química da MOS no perfil do solo.....	30
5.1.3.2.1.	Índices de fluorescência (I_{FIL})	30
5.1.3.2.2.	Composição elementar da matéria orgânica concentrada e índices de FTIR	32
5.1.3.2.3.	Composição química da MOS avaliada por análise estatística multivariada.....	40
5.1.3.3.	Superfície específica no perfil do solo	44
5.1.3.4.	Teor e estoque de C nos compartimentos físicos densimétricos	47
5.1.3.4.1.	Latossolo Bruno	47
5.1.3.4.2.	Latossolo Vermelho.....	50
5.1.3.5.	Composição química da MOS nos compartimentos físicos densimétricos	53
5.1.3.5.1.	Índices de fluorescência (I_{FIL})	53
5.1.3.5.2.	Composição elementar da matéria orgânica concentrada e índices de FTIR	55
5.1.3.5.3.	Composição química da MOS avaliada por análise estatística multivariada.....	63
5.1.4.	CONCLUSÕES	68
5.2.	RETENÇÃO DE CARBONO EM PERFIS DE LATOSSOLOS BRUNO E VERMELHO SOB PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL	69
5.2.1.	INTRODUÇÃO	69
5.2.2.	MATERIAL E MÉTODOS	71

5.2.2.1. Localização dos experimentos e coleta das amostras	71
5.2.2.2. Separação granulométrica das frações físicas.....	72
5.2.2.3. Quantificação do teor de carbono das frações	73
5.2.2.4. Caracterização morfológica das frações	73
5.2.2.5. Concentração da matéria orgânica, Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e determinação da superfície específica das frações.....	73
5.2.2.6. Tratamento dos dados.....	74
5.2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
5.2.3.1. Teor de carbono, morfologia e curvas de retenção de carbono nas frações granulométricas	74
5.2.3.1.2. Distribuição de carbono nas frações argila e silte	78
5.2.3.1.3. Distribuição e retenção de carbono orgânico dissolvido no perfil do solo.....	86
5.2.3.3. Composição química da MOS nas frações silte e argila	90
5.2.3.3.1. Composição elementar da matéria orgânica concentrada e índices de FTIR	90
5.2.3.3.2. Composição química da MOS avaliada por análise estatística multivariada.....	99
5.2.3.4. Superfície específica nas frações argila e silte.....	104
5.2.4. CONCLUSÕES	105
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	106
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
8. APÊNDICES.....	116

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Bruno sob mata nativa.	36
Figura 2. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Bruno sob plantio direto.	36
Figura 3. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Bruno sob preparo convencional.	37
Figura 4. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Vermelho sob mata nativa.	37
Figura 5. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.	38
Figura 6. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional.	38
Figura 7. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica do perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = Mata 0-2,5 cm, 2 = Mata 2,5-5 cm, 3 = Mata 5-10 cm, 4 = Mata 10-20 cm, 5 = Mata 20-30 cm, 6 = Mata = 30-40 cm, 7 = Mata 40-60 cm, 8 = Mata 60-80 cm, 9 = Mata 80-100 cm, 10 = PD 0-2,5 cm, 11 = PD 2,5-5 cm, 12 = PD 5-10 cm, 13 = PD 10-20 cm, 14 = PD 20-30 cm, 15 = PD = 30-40 cm, 16 = PD 40-60 cm, 17 = PD 60-80 cm, 18 = PD 80-100 cm, 19 = PC 0-2,5 cm, 20 = PC 2,5-5 cm, 21 = PC 5-10 cm, 22 = PC 10-20 cm, 23 = PC 20-30 cm, 24 = PC = 30-40 cm, 25 = PC 40-60 cm, 26 = PC 60-80 cm, 27 = PC 80-100 cm.	42
Figura 8. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica do perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = Mata 0-2,5 cm, 2 = Mata 2,5-5 cm, 3 = Mata 5-10 cm, 4 = Mata 10-20 cm, 5 = Mata 20-30 cm, 6 = Mata = 30-40 cm, 7 = Mata 40-60 cm, 8 = Mata 60-80 cm, 9 = Mata 80-100 cm, 10 = PD 0-2,5 cm, 11 = PD 2,5-5 cm, 12 = PD 5-10 cm, 13 = PD 10-20 cm, 14 = PD 20-30 cm, 15 = PD = 30-40 cm, 16 = PD 40-60 cm, 17 = PD 60-80 cm, 18 = PD 80-100 cm, 19 = PC 0-2,5 cm, 20 = PC 2,5-5 cm, 21 = PC 5-10 cm, 22 = PC 10-20 cm, 23 = PC 20-30 cm, 24 = PC = 30-40 cm, 25 = PC 40-60 cm, 26 = PC 60-80 cm, 27 = PC 80-100 cm.	44
Figura 9. Contribuição das frações físicas para o estoque de carbono no Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.	50
Figura 10. Contribuição das frações físicas para o estoque de carbono no Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.	53
Figura 11. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Bruno sob mata nativa.	58
Figura 12. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Bruno sob plantio direto.	58
Figura 13. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Bruno sob preparo convencional.	59
Figura 14. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Vermelho sob mata nativa.	60
Figura 15. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.	60
Figura 16. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional.	61

Figura 17. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica dos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = FLL Mata 0-5 cm, 2 = FLO Mata 0-5 cm, 3 = FP Mata 0-5 cm, 4 = Solo Mata 0-5 cm, 5 = FP Mata 5-10 cm, 6 = Solo Mata 5-10 cm, 7 = FP Mata 10-20 cm, 8 = Solo Mata 10-20 cm, 9 = FLL PD 0-5 cm, 10 = FLO PD 0-5 cm, 11 = FP PD 0-5 cm, 12 = Solo PD 0-5 cm, 13 = FP PD 5-10 cm, 14 = Solo PD 5-10 cm, 15 = FP PD 10-20 cm, 16 = Solo PD 10-20 cm, 17 = FLL PC 0-5 cm, 18 = FLO PC 0-5 cm, 19 = FP PC 0-5 cm, 20 = Solo PC 0-5 cm, 21 = FP PC 5-10 cm, 22 = Solo PC 5-10 cm, 23 = FP PC 10-20 cm, 24 = Solo PC 10-20 cm.....	65
Figura 18. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica dos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = FLL Mata 0-5 cm, 2 = FLO Mata 0-5 cm, 3 = FP Mata 0-5 cm, 4 = Solo Mata 0-5 cm, 5 = FP Mata 5-10 cm, 6 = Solo Mata 5-10 cm, 7 = FP Mata 10-20 cm, 8 = Solo Mata 10-20 cm, 9 = FLL PD 0-5 cm, 10 = FLO PD 0-5 cm, 11 = FP PD 0-5 cm, 12 = Solo PD 0-5 cm, 13 = FP PD 5-10 cm, 14 = Solo PD 5-10 cm, 15 = FP PD 10-20 cm, 16 = Solo PD 10-20 cm, 17 = FLL PC 0-5 cm, 18 = FLO PC 0-5 cm, 19 = FP PC 0-5 cm, 20 = Solo PC 0-5 cm, 21 = FP PC 5-10 cm, 22 = Solo PC 5-10 cm, 23 = FP PC 10-20 cm, 24 = Solo PC 10-20 cm.....	67
Figura 19. Modelo zonal de interações organominerais proposto por Kleber et al. (2007).....	71
Figura 20. Micrografias (MEV) da fração silte na camada de 0-2,5 cm do Latossolo Bruno sob mata nativa. (a) região marcada com o número 1 indica material orgânico particulado ou carvão na fração silte; (b) indicação de partícula mineral da fração silte; (c) imagem referente ao carvão encontrado no solo sob mata nativa.....	77
Figura 21. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Bruno sob mata nativa. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.....	79
Figura 22. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Bruno sob plantio direto. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.....	82
Figura 23. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Bruno sob preparo convencional. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.....	82
Figura 24. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Vermelho sob mata nativa. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.....	83
Figura 25. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.....	84
Figura 26. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.....	84

Figura 27. Carbono orgânico dissolvido (COD) em Latossolo Bruno sob mata nativa (A), plantio direto (B) e preparo convencional (C).	88
Figura 28. Carbono orgânico dissolvido (COD) em Latossolo Vermelho sob mata nativa (A), plantio direto (B) e preparo convencional (C).	89
Figura 29. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração argila de um Latossolo Bruno sob mata nativa.	91
Figura 30. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração argila de um Latossolo Bruno sob plantio direto.	92
Figura 31. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração argila de um Latossolo Bruno sob preparo convencional.	92
Figura 32. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração silte de um Latossolo Bruno sob mata nativa.	93
Figura 33. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração silte de um Latossolo Bruno sob plantio direto.	93
Figura 34. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração silte de um Latossolo Bruno sob preparo convencional.	94
Figura 35. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração argila de um Latossolo Vermelho sob mata nativa.	96
Figura 36. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração argila de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.	97
Figura 37. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração argila de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional.	97
Figura 38. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração silte de um Latossolo Vermelho sob mata nativa.	98
Figura 39. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração silte de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.	98
Figura 40. Espectros de FTIR da MOS _{HF} na fração silte de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional.	99
Figura 41. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica das frações argila e silte no perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = Argila Mata 0-2,5 cm, 2 = Argila Mata 2,5-5 cm, 3 = Argila Mata 5-10 cm, 4 = Argila Mata 10-20 cm, 5 = Argila Mata 40-60 cm, 6 = Argila Mata 80-100 cm, 7 = Argila PD 0-2,5 cm, 8 = Argila PD 2,5-5 cm, 9 = Argila PD 5-10 cm, 10 = Argila PD 10-20 cm, 11 = Argila PD 40-60 cm, 12 = Argila PD 80-100 cm, 13 = Argila PC 0-2,5 cm, 14 = Argila PC 2,5-5 cm, 15 = Argila PC 5-10 cm, 16 = Argila PC 10-20 cm, 17 = Argila PC 40-60 cm, 18 = Argila PC 80-100 cm, 19 = Silte Mata 0-2,5 cm, 20 = Silte Mata 2,5-5 cm, 21 = Silte Mata 5-10 cm, 22 = Silte Mata 10-20 cm, 23 = Silte Mata 40-60 cm, 24 = Silte Mata 80-100 cm, 25 = Silte PD 0-2,5 cm, 26 = Silte PD 2,5-5 cm, 27 = Silte PD 5-10 cm, 28 = Silte PD 10-20 cm, 29 = Silte PD 40-60 cm, 30 = Silte PD 80-100 cm, 31 = Silte PC 0-2,5 cm, 32 = Silte PC 2,5-5 cm, 33 = Silte PC 5-10 cm, 34 = Silte PC 10-20 cm, 35 = Silte PC 40-60 cm, 36 = Silte PC 80-100 cm.	102
Figura 42. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica das frações argila e silte no perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = Argila Mata 0-2,5 cm, 2 = Argila Mata 2,5-5 cm, 3 = Argila Mata 5-10 cm, 4 = Argila Mata 10-20 cm, 5 = Argila Mata 40-60 cm, 6 = Argila Mata 80-100 cm, 7 = Argila PD 0-2,5 cm, 8 = Argila PD 2,5-5 cm, 9 = Argila PD 5-10 cm, 10 = Argila PD 10-20 cm, 11 = Argila PD 40-60 cm, 12 = Argila PD 80-100 cm, 13 = Argila PC 0-2,5 cm, 14 = Argila PC 2,5-5 cm, 15 = Argila PC 5-10 cm, 16 = Argila PC 10-20 cm, 17	

= Argila PC 40-60 cm, 18 = Argila PC 80-100 cm, 19 = Silte Mata 0-2,5 cm, 20 = Silte Mata 2,5-5 cm, 21 = Silte Mata 5-10 cm, 22 = Silte Mata 10-20 cm, 23 = Silte Mata 40-60 cm, 24 = Silte Mata 80-100 cm, 25 = Silte PD 0-2,5 cm, 26 = Silte PD 2,5-5 cm, 27 = Silte PD 5-10 cm, 28 = Silte PD 10-20 cm, 29 = Silte PD 40-60 cm, 30 = Silte PD 80-100 cm, 31 = Silte PC 0-2,5 cm, 32 = Silte PC 2,5-5 cm, 33 = Silte PC 5-10 cm, 34 = Silte PC 10-20 cm, 35 = Silte PC 40-60 cm, 36 = Silte PC 80-100 cm. 103

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1. Teor de carbono orgânico total (COT) no perfil de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.	25
Tabela 2. Estoque de carbono no perfil de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.	26
Tabela 3. Teor de carbono orgânico total (COT) no perfil de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.	28
Tabela 4. Estoque de carbono no perfil de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.	29
Tabela 5. Índice de fluorescência (I_{FIL}) da MOS no perfil de Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.	30
Tabela 6. Índice de fluorescência (I_{FIL}) da MOS no perfil de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.	32
Tabela 7. Teor e recuperação de carbono e relação C/N da MOS no perfil de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo após tratamento com HF 10%.	33
Tabela 8. Teor e recuperação de carbono e relação C/N no perfil de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo após tratamento com HF 10%.	34
Tabela 9. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} do perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).	39
Tabela 10. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} do perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).	40
Tabela 11. Coeficientes de correlação obtidos por análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica no perfil de um Latossolo Bruno e de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.	41
Tabela 12. Superfície específica (SE) determinada por adsorção de nitrogênio ($SE-N_2$) e de água ($SE-H_2O$), coeficiente de correlação (r) entre a superfície específica obtida por N_2 e o teor de carbono ($g\ kg^{-1}$) e variação da SE (Δ_{SE}) determinada pelos dois métodos.	45
Tabela 13. Teor de carbono orgânico dos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.	48
Tabela 14. Estoque de carbono nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.	49
Tabela 15. Teor de carbono orgânico dos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.	51
Tabela 16. Estoque de carbono nos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.	52
Tabela 17. Índice de fluorescência (I_{FIL}) nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.	54

Tabela 18. Índice de fluorescência (I_{FIL}) nos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.	55
Tabela 19. Teor e recuperação de carbono e relação C/N no nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo após tratamento com HF 10%.	56
Tabela 20. Teor e recuperação de carbono e relação C/N no nos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo após tratamento com HF 10%.	57
Tabela 21. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).	62
Tabela 22. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} nos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).	63
Tabela 23. Coeficientes de correlação obtidos por análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno e de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.	64
Tabela 23. Teor de frações argila e silte em Latossolo Bruno e Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.	75
Tabela 24. Teor de carbono pré e pós-tratamento com HF 10%, teor de nitrogênio, relação C/N, recuperação de massa e de carbono após tratamento com HF 10% e superfície específica das frações argila e silte, teor de carbono na fração areia e carbono orgânico dissolvido de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.	76
Tabela 25. Teor de carbono pré e pós-tratamento com HF 10%, teor de nitrogênio, relação C/N, recuperação de massa e de carbono após tratamento com HF 10% e superfície específica das frações argila e silte, teor de carbono na fração areia e carbono orgânico dissolvido de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.	80
Tabela 26. Capacidade máxima de retenção de carbono estimada para as diferentes frações de um Latossolo Bruno e um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.	85
Tabela 27. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} das frações silte e argila no perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).	95
Tabela 28. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} das frações silte e argila no perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).	100
Tabela 29. Coeficientes de correlação obtidos por análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica das frações argila e silte no perfil de um Latossolo Bruno e de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.	101

1. INTRODUÇÃO

O território brasileiro apresenta predomínio de solos intemperizados, que quando inadequadamente manejados apresentam baixa fertilidade, baixa capacidade de troca de cátions e alta acidez (EMBRAPA, 2006). Nestes ambientes, a qualidade do solo depende do teor e da qualidade da matéria orgânica do solo (MOS) e de sua manutenção. Neste sentido, torna-se imprescindível a adoção de uma prática adequada de manejo do solo que promova o acúmulo de MOS.

No sul do Brasil, desde o fim da década de 70, o plantio direto vem sendo adotado como prática conservacionista de manejo por melhorar a estrutura do solo e aumentar o aporte de carbono, através da manutenção dos resíduos em superfície e por controlar as perdas por erosão (Mielniczuk et al., 2003). Atualmente estima-se que 25,5 Mha, correspondendo a aproximadamente 64% da área agrícola, encontram-se sob plantio direto no Brasil (FEBRAPDP, 2012).

Efeitos benéficos nos estoques de MOS pela introdução de plantio direto em áreas originalmente sob preparo convencional têm sido constatados principalmente nas camadas superficiais do solo (0 a 20 cm). No entanto, a subsuperfície do solo pode representar um importante reservatório de carbono e já têm sido verificados efeitos do sistema conservacionista de manejo em camadas mais profundas do que 20 cm. Alguns trabalhos indicam que a subsuperfície tem potencial para estocar o equivalente a 60% do total do carbono do perfil do solo (Jobbagy e Jackson, 2000). Nestas camadas, o acúmulo de carbono pode ser decorrente de percolação da matéria orgânica dissolvida dos horizontes superficiais e também do aporte de carbono do sistema radicular (Sanderman et al., 2008).

O conhecimento do potencial de retenção de carbono e de sua estabilização em subsuperfície é imprescindível, pois acredita-se que a camada superficial do solo apresente saturação de carbono. Desta forma, dois eventos podem ser desencadeados: a percolação do carbono no perfil do solo, contribuindo para o estoque de matéria orgânica em profundidade, ou a mineralização da matéria orgânica e consequente liberação para a atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO_2). A adoção de um sistema de manejo conservacionista pode explorar mais adequadamente a capacidade de retenção de carbono no solo e em seus compartimentos por melhorar a estrutura do solo e assim favorecer o contato da matéria orgânica com a superfície mineral.

A composição química da matéria orgânica também é um fator relacionado à retenção de carbono no solo, pois governa os mecanismos de estabilização da MOS e determina o tempo de residência do carbono no solo. A MOS de maior tempo de residência está associada à fração mineral. Nesta fração, dois processos podem ser responsáveis pelo acúmulo de carbono: o primeiro deles é a interação da matéria orgânica diretamente com os sítios de sorção da superfície dos minerais do solo e o segundo, que pode ocorrer concomitantemente, diz respeito à auto-associação da matéria orgânica, ou seja, neste mecanismo, a MOS já associada à fração mineral interage com fragmentos de MOS em virtude do caráter anfílico dos grupos funcionais da MOS. Além do sistema de manejo do solo e da composição química da MOS, o clima, a textura e a mineralogia do solo podem alterar a magnitude do acúmulo de carbono no solo, uma vez que são fatores envolvidos na decomposição e dinâmica da MOS no solo.

Este estudo foi realizado para investigar a influência do sistema de manejo sobre o acúmulo de carbono no perfil e nas frações físicas de dois Latossolos e relacioná-la com as diferenças de clima das regiões e de mineralogia dos solos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Estoques de C e manejo de solo

A matéria orgânica, considerada um indicador de qualidade do solo (Shukla et al., 2006), tem seus estoques afetados por fatores como clima, temperatura, tipo de solo, mineralogia, natureza dos resíduos orgânicos presentes no solo, tipo de microrganismos, tempo e uso do solo (Bayer e Mielniczuk, 2008). Práticas agrícolas baseadas no revolvimento do solo e na remoção dos resíduos da superfície do solo diminuem o teor de carbono do solo (Mann et al., 2002) devido ao menor aporte de carbono e à intensificação da mineralização do carbono presente no solo por meio da ruptura dos agregados e consequente desestruturação do solo (Six et al., 2000). Quando o resíduo é mantido sobre o solo e o mesmo não é revolvido, além de ocorrer o incremento no teor de carbono, é verificado aumento no tempo de residência do carbono do solo (Mann et al., 2002). Tal fato indica que sistemas conservacionistas de manejo do solo, além de terem por meta a recuperação e a conservação do solo e o aumento da produtividade das culturas, proporcionam maior estabilidade do carbono armazenado no solo e evitam a perda de carbono para a atmosfera. Enquanto que a adoção de sistemas baseados no revolvimento do solo pode promover perda de até 75% do carbono orgânico do solo (Lal, 2004). Estudos desenvolvidos na década de 70, no sudeste do Brasil, já revelavam que cerca de 50% da matéria orgânica original do solo é perdida após 10 a 15 anos de cultivo de trigo/soja sob preparo convencional do solo (Bayer e Mielniczuk, 2008). Em virtude desta perda, atributos como a capacidade de troca de cátions, disponibilidade de nutrientes, estabilidade de agregados e atividade microbiana são diretamente reduzidos.

Em solos de 67 experimentos com duração maior que cinco anos, conversão do manejo do solo de sistema de preparo convencional (PC) para sistema plantio direto (PD) promoveu um sequestro de $57 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ (West e Post, 2002). Segundo Blanco-Canqui e Lal (2008), o estoque de carbono pode sofrer um incremento de 50% a 60% quando da utilização do solo sob PD em comparação ao PC até 10 cm de profundidade. Diversos trabalhos relatam resultados semelhantes relacionados ao incremento no estoque de carbono no solo decorrente do manejo do solo sob plantio direto em áreas anteriormente cultivadas sob preparo convencional (Six et al., 2002; Bayer et al., 2002; Diekow et al., 2005a,b; He et al., 2008; Campos et al., 2011).

No plantio direto, o não revolvimento do solo e a permanência de resíduos das culturas sobre a superfície do solo propiciam o incremento nos estoques de matéria orgânica e promove a agregação do solo (Costa et al., 2004). No entanto, a magnitude desses benefícios está condicionada ao clima, rotação de culturas, textura e tipo de solo, entre outros (Balesdent et al., 2000; Cambardella e Elliott, 1992; Feller e Beare, 1997; Madari et al., 2005; Martins et al., 2009; Six et al., 2002), desencadeando alteração da distribuição nos compartimentos físicos do solo e da taxa de ciclagem do carbono no solo. Em geral, solos com altos teores de argila apresentam maior superfície específica e melhor agregação, por isso têm grande capacidade de estocar carbono (Six et al., 2000). Em solos arenosos, a recuperação de carbono promovida pelo PD pode ocorrer de forma mais lenta, pois nestes solos, em função do reduzido teor de argila, a capacidade de estabilização de carbono é mais baixa (Frazão et al., 2010). Em solos argilosos, a preservação de carbono é mais intensa devido ao acúmulo de carbono na fração mineral e à grande estabilidade dos agregados geralmente observada nesses solos (Conceição et al., 2008).

A mineralogia do solo também governa o acúmulo de carbono no solo, pois os minerais constituintes dessa fração apresentam diferentes sítios de sorção em sua superfície reativa (Kaiser e Guggenberger, 2003). A temperatura e a umidade da região afetam diretamente a composição mineralógica do solo, uma vez que são fatores associados aos processos de intemperismo do material de origem dos solos. Solos de regiões tropicais, onde a temperatura e a umidade são mais elevadas, têm predomínio de minerais de baixas atividade e superfície específica (argilas 1:1) em sua fração mineral em

virtude do maior grau de intemperismo do solo (Six et al., 2004). A elevada atividade microbiana e tais características desses solos acarretam em baixa capacidade de estabilização de carbono. Porém, em solos de regiões temperadas, nos quais a atividade e a superfície específica das argilas são maiores (argilas 2:1) e o clima é mais frio e seco, a capacidade de preservação de carbono é superior (Six et al., 2002; 2004). Portanto, o efeito causado no estoque de carbono em função do uso e manejo do solo pode ser intensificado pelo clima e tipo de solo (Fabrizzi et al., 2009; Conceição et al., 2008; Boeni, 2007).

Os efeitos dos sistemas de manejo nos estoques de carbono geralmente são estudados principalmente até 20 cm de profundidade, com ênfase na camada de 0 a 5 cm. No entanto, considerando-se que as camadas de solos abaixo de 20 cm podem constituir importantes reservatórios de carbono (Boddey et al., 2010; Diekow et al., 2005a,b), é necessário investigar como se comportam estas camadas subsuperficiais em reter MOS em ambientes favoráveis ao acúmulo de MOS.

2.2. Sistemas de manejo e a dinâmica do carbono no solo

A dinâmica do carbono no solo pode ser resultado da interação entre características dos resíduos vegetais, do solo e do clima. A estabilidade do carbono no solo é resultado da ocorrência de mecanismos de estabilização da matéria orgânica afetados por tais características. Esses mecanismos são denominados recalcitrância molecular, proteção física e proteção química (Six et al., 2002).

A recalcitrância molecular é o mecanismo referente às características intrínsecas à composição química e à estrutura dos resíduos orgânicos presentes no solo (Sollins et al., 1996). Portanto, a decomposição desse material está diretamente relacionada com a degradabilidade das substâncias que o compõe, ou seja, quanto maior for a resistência de tais compostos ao ataque microbiano, mais lenta será a sua decomposição.

A proteção física por oclusão é a inacessibilidade espacial da matéria orgânica devido ao encapsulamento dos resíduos orgânicos dentro dos agregados do solo (Balesdent et al., 2000). A proteção química é a preservação da matéria orgânica por adsorção na fração mineral por meio da

formação de complexos organominerais, os quais dificultam a ação microbiana sobre a matéria orgânica em função da efetiva interação entre os grupos funcionais orgânicos e a superfície mineral (Christensen, 1996).

O uso intensivo dos solos agrícolas provoca diminuição do teor de carbono orgânico do solo, sendo que a redução dos estoques de C se verifica principalmente nas frações livres e particuladas da MOS (Bayer et al., 2002; Ding et al., 2002; Rangel e Silva, 2007; He et al., 2008).

Diferentes métodos de fracionamento têm sido utilizados para a obtenção de compartimentos descritos por esses mecanismos de proteção. No fracionamento físico densimétrico, os compartimentos são separados pela utilização de um líquido de densidade intermediária em relação às frações do solo. Neste caso, a fração da matéria orgânica menos decomposta e que se assemelha ao material orgânico fresco é dita fração leve livre (FLL), a qual é preservada pela recalcitrância molecular. Os fragmentos orgânicos que se encontram aprisionados nos agregados constituem a fração leve oclusa (FLO) e o principal mecanismo neste compartimento é a proteção física por oclusão. A fração mais densa obtida por esse método é denominada fração pesada (FP) da matéria orgânica e diz respeito à porção da matéria orgânica do solo adsorvida à superfície mineral (Christensen, 1996; Roscoe e Machado, 2002). No fracionamento granulométrico, a separação dos compartimentos físicos do solo ocorre por tamanho das partículas (Roscoe e Machado, 2002) e as frações separadas da matéria orgânica são designadas matéria orgânica particulada (MOP), constituída por partículas maiores do que 53 μm de diâmetro, e a matéria orgânica associada aos minerais (MOAM) que é a porção orgânica associada às frações silte e argila dos solos.

Em um Argissolo do sul do Brasil, o aumento nos estoques de carbono do solo em áreas sob plantio direto foi verificado tanto nas frações lábeis como nas associadas aos minerais, em comparação ao preparo convencional do solo (Bayer et al., 2002). Porém, a fração particulada da MOS é a mais sensível à alteração no sistema de manejo, sugerindo que o aumento da agregação do solo favorece a proteção física desta fração pela diminuição da sua acessibilidade aos microrganismos e fauna do solo (Bayer et al., 2004). À medida que a MOS é protegida do ataque microbiano pela ação de mais de um mecanismo, sua estabilidade aumenta e, por conseqüência, sua

disponibilidade na solução do solo é minimizada, evitando possíveis perdas por erosão e lixiviação (Christensen, 1996; Sollins et al., 1996).

2.3. Composição química da matéria orgânica do solo e nos compartimentos físicos

O efeito do plantio direto em incrementar os estoques de C e em diminuir a recalitrância da MOS está estreitamente relacionado com a textura do solo. Em solos arenosos, o impacto da introdução do preparo convencional em ambiente originalmente sob vegetação nativa é mais acentuado do que em solos argilosos (Conceição, 2006; Tomazi, 2008). Tal resposta é atribuída à interação organo-mineral e à inacessibilidade espacial decorrente da proteção física dentro de agregados, fenômenos que são promovidos pela fração argila. Estes mecanismos são responsáveis pela estabilização do carbono potencialmente lábil, pertencente aos grupos O-alquil (Dieckow et al., 2009).

Buurman e Roscoe (2011) verificaram que independente do uso e do manejo do solo, os polissacarídeos são os principais constituintes da MOS da FLL, enquanto que a FLO apresentou menor abundância desses compostos. Para esses autores, a composição química da FLL e da FLO variou nos diferentes sistemas (Cerrado, PD, PC) em função da presença de estruturas alifáticas e derivadas de lignina. Neste caso, as frações sob Cerrado foram mais alifáticas e menos enriquecidas em lignina do que as mesmas frações sob uso agrícola.

Na FP, a composição da MOS é geralmente caracterizada pela presença de grupamentos recalitrantes e em geral é dependente da mineralogia do solo (Christensen, 1992; Tomazi, 2008). Roscoe et al. (2004) verificaram que solos com altos teores de óxidos tendem a preservar MOS altamente recalitrante, a qual é quimicamente estável.

Técnicas espectroscópicas e térmicas têm fornecido resultados relevantes quanto à composição e origem da MOS (Ferreira et al., 2009). Em MOS de Spodosol sob clima temperado, a análise de Py-GC/MS indicou que compostos como alquil-lipídios condensados e unidades celulósicas são eliminados, polissacarídeos são intensamente degradados e frações mais resistentes da lignina sofrem alteração parcial quando a cultura do milho é introduzida em área originalmente sob floresta (Quénéa et al., 2006). O

aumento da humificação pode ser acompanhado pelo aumento da proporção de estruturas alifáticas na MOS, conforme resultados obtidos a partir de Py-GC/MS e de RMN de ^{13}C por Nierop et al. (2001). No entanto, os autores alertam que os índices comumente utilizados para descrever a composição e o grau de humificação da MOS podem ser influenciados pela presença de estruturas herdadas do material de origem. Por esse motivo, torna-se indispensável o conhecimento do histórico de vegetação para interpretação destes índices em um determinado solo.

A análise de espectroscopia de fluorescência induzida por laser (FIL) é um método consideravelmente recente em estudos de composição química da matéria orgânica do solo. A FIL é uma técnica de análise direta não destrutiva de amostras de solo (Milori et al, 2006) e, quando o valor da área do espectro de fluorescência é normalizado pelo teor de carbono do solo ou compartimento físico, fornece o índice de humificação (decomposição) da MOS. Milori et al. (2006) verificaram que o índice de humificação de um Latossolo Vermelho submetido ao PD é menor do que o valor do índice encontrado para o mesmo solo sob PC, principalmente na camada de 0-10 cm. Os autores atribuíram essa diferença à maior concentração de fração leve da matéria orgânica e/ou à maior concentração de matéria orgânica em estágios iniciais de decomposição em comparação ao solo sob PC. Resultados semelhantes foram obtidos por Martins et al. (2011) que observaram menores índices em um Latossolo Vermelho distrófico sob PD até 0-5 cm de profundidade comparativamente ao manejo sob PC. Além disso, ainda neste estudo, o índice de humificação foi constante nas camadas de 0-5; 5-10; 10-15 e 15-20 cm de profundidade, o que pode ser decorrente do revolvimento e homogeneização do solo neste sistema de manejo. Martins et al. (2011) também estudaram a MOS de compartimentos físicos e verificaram que a fração argila é o compartimento que armazena MOS com menor índice de humificação quando comparada às frações silte e areia. González-Pérez et al. (2007) encontraram correlações altas entre a fluorescência induzida por laser e técnicas anteriormente estabelecidas (RMN e EPR) para estudos de MOS.

2.4. Retenção de matéria orgânica em superfícies minerais no solo

Nos últimos anos, estudos em regiões temperadas têm mostrado que os solos apresentam capacidade finita de reter carbono (Six et al., 2002; West e Six, 2002; Stewart et al., 2009), visto que o aumento dos estoques não responde linearmente às adições de C ao longo do tempo. Isso ocorre em função da saturação do elemento na camada superficial, afetando diretamente o papel do solo como sumidouro do carbono.

Modelos de dinâmica da matéria orgânica do solo já propostos apresentam um comportamento linear para o estoque de carbono no equilíbrio em função das adições de carbono ao solo. Desta forma, os estoques de carbono aumentariam de forma ilimitada e a dinâmica da matéria orgânica assumiria cinética de primeira ordem para a decomposição nos diversos compartimentos da MOS.

Em contraste, o modelo descrito por Six et al. (2002) considera o modo como os processos físico-químicos do solo descrevem o comportamento de cada compartimento da MOS. Tal modelo associa a cinética de primeira ordem de decomposição da MOS com os principais mecanismos de estabilização. Quando cessa o incremento do conteúdo de carbono em função de adições de carbono ao solo, a capacidade de retenção carbono no solo atinge seu valor máximo, ocorrendo o fenômeno de saturação de carbono (Six et al., 2002; Stewart et al., 2007). A saturação da sorção de carbono no solo se caracteriza por uma curva assintótica do conteúdo de carbono orgânico total do solo (COT) em função da quantidade de carbono adicionada, indicando que diminuição da capacidade do solo de armazenar o carbono aportado em níveis próximos da saturação (Six et al., 2002; Chung et al., 2008)

A capacidade máxima de retenção de carbono (limite de saturação de C) está associada às características físico-químicas de cada compartimento de carbono e, conseqüentemente, aos mecanismos de estabilização (recalcitrância, proteção física e interação organomineral) presentes em cada um deles.

Resultados obtidos por Stewart et al. (2008, 2009) mostram que o conteúdo de carbono do solo afeta diretamente a capacidade de retenção de C nos compartimentos físicos. Tais autores relatam que solos com altos teores de

carbono, quando avaliados quanto à capacidade máxima de sequestro de C, apresentaram saturação de C nos compartimentos física e quimicamente protegidos. Em solos com menores teores de C, esses compartimentos expressaram comportamento linear para o estoque de C.

Para melhor compreender as interações existentes entre a matriz mineral do solo e conseqüentemente os processos envolvidos na preservação da matéria orgânica é necessário realizar análises de composição da matéria orgânica nos compartimentos físicos e determinação da superfície específica do solo e das frações, visto que as partículas minerais do solo apresentam um determinado número de sítios de sorção que são dependentes da composição mineralógica do solo e não do sistema de manejo ao qual o solo é submetido. Desta forma, uma vez preenchidos os sítios de sorção, podem estar ocorrendo outros mecanismos de retenção de matéria orgânica. Kleber et al. (2007) propuseram um modelo conceitual de interação organomineral, no qual primeiramente a matéria orgânica está diretamente ligada aos sítios da superfície mineral (zona de contato). Uma segunda zona de interação se forma em função do caráter anfifílico das estruturas da matéria orgânica. Nesta zona, ocorrem interações hidrofóbicas entre os grupamentos alifáticos da matéria orgânica e a porção hidrofílica da estrutura se torna a extremidade a interagir com os metais presentes na solução do solo, constituindo a zona cinética (terceira zona). Neste tipo de mecanismo, pode-se ter relevante participação dos sistemas de manejo, pois a composição química da matéria orgânica do solo influencia as interações entre os grupamentos orgânicos.

A espessura da terceira zona é dependente da entrada de material orgânico do solo e a distribuição da matéria orgânica nestas regiões de interação está atrelada ao pH do solo, temperatura e presença de cátions polivalentes na solução do solo (Kleber et al., 2007).

Grande parte dos estudos sobre sequestro de carbono até então realizados avalia apenas a camada superficial do solo, havendo carência de informações sobre a dinâmica e estabilidade do carbono acumulado em profundidade. Além disso, essas pesquisas abordam o comportamento de solos temperados e de seus compartimentos.

No Brasil, são escassos os estudos sobre capacidade de retenção de carbono no solo sob diferentes sistemas de manejo. O conhecimento dos

mecanismos de adsorção através dos quais a MOS interage com as partículas do solo, bem como a composição da fração orgânica que é retida nas diferentes profundidades nos diferentes sistemas de manejo de solo permitirá avaliar a contribuição deste processo para o acúmulo de carbono no solo em cada ambiente.

3. HIPÓTESES GERAIS

O clima frio e a composição mineralógica do Latossolo Bruno intensificam o efeito do plantio direto sobre o acúmulo de C orgânico no perfil do solo e nos compartimentos físicos em comparação ao Latossolo Vermelho.

O cultivo do solo sob plantio direto resulta em maior capacidade de retenção de carbono e em aumento da contribuição de estruturas lábeis na matéria orgânica das frações silte e argila em virtude da menor decomposição dos resíduos sob sistema conservacionista, o que pode favorecer a auto-associação da matéria orgânica.

Devido à maior superfície específica, a fração argila, independente sistema de manejo do solo, apresenta maior capacidade de retenção de carbono comparativamente à fração silte.

4. OBJETIVOS GERAIS

Investigar a influência do sistema de manejo do solo sobre o estoque e a composição química da matéria orgânica no perfil e nos compartimentos físicos de dois Latossolos subtropicais.

Estudar a capacidade de retenção de carbono nas frações silte e argila desses Latossolos sob os diferentes sistemas de manejo.

Verificar a relação entre a composição química da matéria orgânica e a saturação de C nas frações silte e argila em função do manejo do solo em experimentos de longa duração.

5. ESTUDOS REALIZADOS

5.1. ESTOQUE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO PERFIL E NOS COMPARTIMENTOS FÍSICOS DE LATOSSOLO BRUNO E VERMELHO SOB PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL

5.1.1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre efeito do plantio direto (PD) em promover o estoque de carbono (C) no solo são geralmente conduzidos com amostras da camada de 0-20 cm, a qual corresponde à camada arável sob preparo convencional (PC). Em geral, o aumento no acúmulo de carbono decorrente do uso do solo sob PD tem sido observado principalmente até 5 cm de profundidade (Diekow et al., 2005a; Conceição, 2006; Boeni, 2007; Tomazi, 2008). Recentemente, esse efeito foi observado em camadas mais profundas (Boddey et al., 2010; Diekow et al., 2005a,b). Em Argissolo Vermelho (RS), um incremento de 28% nos estoques de C da camada de 0 - 17,5 cm foi observado após 17 anos de plantio direto com rotação de culturas envolvendo leguminosas (Diekow et al., 2005a). Porém, quando considerada a profundidade de 17,5 a 110 cm, o aumento nos estoques de C sob PD em relação ao sistema PC variou de 36 a 63%.

A dimensão do efeito do sistema plantio direto em promover o acúmulo de C pode ser afetada pelo clima, pela vegetação original da região e pelo tipo de solo. Em Latossolos do Estado do Mato Grosso do Sul, os teores de C no sistema plantio direto após 10 anos de cultivo, todavia, foram inferiores aos observados nos ambientes sob pastagem e sob vegetação nativa

(Cerrado) (Boeni, 2007). Comparativamente aos solos subtropicais, onde o clima é mais frio (Diekow, et al. 2005a; Conceição et al, 2008), os teores de C dos solos de cerrado foram em geral 30 a 50 % inferiores.

O PD não apenas pode promover o acúmulo de MOS, como também pode afetar a sua composição química. Em solo argilo-arenoso de clima temperado (EUA), ácidos húmicos (AH) de solo sob plantio direto apresentaram maior proporção de cadeias alifáticas homogêneas e menor proporção de compostos aromáticos do que AH do mesmo solo em preparo convencional na camada superficial (0 - 5 cm) (Ding et al., 2002). No entanto, a proporção de estruturas alifáticas diminuiu à medida que a profundidade aumentou em ambas as práticas de manejo do solo. Em Planossolo hidromórfico cultivado com arroz (RS), foram identificadas substâncias húmicas com menor grau de decomposição, maior polaridade e menor proporção de cadeias alifáticas homogêneas em PD, em comparação ao PC (Rosa et al., 2008).

Resultados obtidos em análise de ressonância magnética nuclear (RMN ^{13}C), de ressonância paramagnética eletrônica (EPR) e espectroscopia de fluorescência têm indicado maior recalcitrância da matéria orgânica em solos manejados sob PC, em virtude do maior grau de decomposição da MOS sob essa condição, em comparação aos solos sob PD (Bayer et al., 2002). Em Latossolo Roxo sob PC e PD durante cinco anos no Estado de São Paulo, González-Pérez et al. (2007) verificaram que o solo sob PD apresentou menor proporção de estruturas aromáticas até 5cm de profundidade. Porém, nas camadas de 5-10 cm e 10-20 cm do solo sob PD, os autores observaram aumento da aromaticidade da MOS ao longo do perfil, assemelhando-se ao observado nos solos sob condição natural. A menor aromaticidade da MOS na superfície do solo foi atribuída ao elevado aporte de resíduo vegetal, o qual não é decomposto imediatamente. No entanto, sob PC, o grau de aromaticidade foi relativamente uniforme em profundidade devido à homogeneização do solo até 20 cm causada pelo revolvimento.

Em geral, a conversão de vegetação nativa para PC resulta em decréscimo de estruturas tipo carboidrato e aumento da fração aromática, resultando em maior valor da razão C aromático/C O-alkil (determinada por ^{13}C -RMN) na MOS de solo sob lavoura. Porém, quando o PD substitui o PC, um comportamento oposto é observado, sendo verificadas maiores proporções

de frações potencialmente mais lábeis da matéria orgânica do solo (C O-alquil). Associados a esse efeito, estão a redução da contribuição de frações recalcitrantes e o aumento no estoque de carbono. A maior proporção de estruturas lábeis no solo sob PD indica que, em solos sob plantio direto, a proteção da matéria orgânica em agregados é um mecanismo importante para o acúmulo de carbono nestes solos (Dieckow et al., 2009).

O tipo de manejo do solo também afeta a distribuição e a composição química da MOS nos compartimentos físicos do solo (Christensen, 1992; Dieckow et al., 2005; Conceição et al., 2007; Rosa, 2010), uma vez que a dinâmica da MOS é afetada pelo preparo do solo. Em geral, o manejo do solo sob sistema conservacionista promove o aumento do estoque de carbono nas frações leves da MOS, principalmente até 5 cm de profundidade (Zotarelli et al., 2007; Conceição et al., 2008, Frazão et al., 2010). Para a MOS associada aos minerais, ou fração pesada (FP), os resultados são contrastantes, podendo esta não sofrer alterações pelo sistema de manejo do solo ou ser favorecida em solo manejado sob PD (Tan et al., 2007; Figueiredo et al., 2010). Tomazi (2008) observou resposta diferenciada de Latossolos argilosos (87% argila) da região Centro-oeste à alteração do manejo. Enquanto, no Latossolo Vermelho Amarelo, o incremento dos estoques de C em função do PD ocorreu devido ao aumento da fração leve, no Latossolo Vermelho, a fração pesada foi a que mais contribuiu para o acúmulo de C no solo.

Estudos sobre a influência do sistema de manejo na composição química da MOS dos diferentes compartimentos físicos do solo ainda são escassos, porém os resultados obtidos até o momento revelam que as principais alterações são observadas nas frações leves. Sleutel et al. (2007) relatam que, após 10 anos de cultivo, a matéria orgânica particulada de um Alfisol sob preparo reduzido foi predominantemente constituída por ácidos graxos, esteróis e compostos nitrogenados em comparação ao solo sob PC. Para esses autores, a adoção do preparo reduzido do solo enriqueceu relativamente em compostos nitrogenados a MOS associada aos minerais, enquanto que sob PC a proporção de compostos alquil-aromáticos foi superior, possivelmente devido à maior decomposição da MOS neste sistema.

Rosa (2010) verificou que, independente do uso do solo, as frações leves (FLL e FLO) contêm os mesmos grupamentos orgânicos, porém em

proporções diferentes, principalmente das ligações C-O-alquil, as quais são mais abundantes na FLL. Ainda neste estudo, foi verificada maior proporção de cadeias alifáticas homogêneas (C-alquil) na FLO sob PC em comparação ao sistema PD, o qual promoveu a preservação de carbono de grupos carboxílicos. Tais diferenças podem estar associadas à diferenciada magnitude dos processos de decomposição da MOS nos dois sistemas (Boeni, 2007), visto que sob PC o revolvimento acelera a decomposição da MOS, reduzindo a contribuição de grupos orgânicos funcionalizados (p. ex. COOH).

Estudos desenvolvidos até o presente momento relatam os efeitos dos sistemas de manejo e a importância do PD na superfície do solo (0 – 20 cm). No entanto, considerando-se o potencial do subsolo em estocar C, é necessário conhecer a distribuição do C no perfil do solo em função do sistema de manejo nos diferentes solos e regiões.

O objetivo do presente estudo foi investigar a influência do sistema de manejo do solo sobre o estoque e a composição química da matéria orgânica no perfil e nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno e de um Latossolo Vermelho após aproximadamente 30 anos de cultivo.

5.1.2. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1.2.1. Localização dos experimentos e coleta das amostras

O estudo foi desenvolvido em amostras de solo de experimentos de longa duração conduzidos na Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA) em Guarapuava/PR e na Cooperativa Tritícola Regional de Santo Ângelo (COTRISA) no município de Santo Ângelo/RS.

O experimento da FAPA (25°33'S e 51°29'W) está localizado no Campo Experimental da fundação e foi instalado em 1978. O solo é classificado como Latossolo Bruno Alumínico típico (LB) (EMBRAPA, 2006), derivado de basalto e de textura muito argilosa (61,4% de argila) com predomínio de gibbsita ($Gb/Gb+Ct = 0,74$) e goethita ($Gt/Gt+Hm = 0,79$) na fração argila (Inda Jr. et al., 2007).

A área onde foi implantado o experimento esteve sob mata nativa até 1920, a qual foi derrubada, dando lugar ao campo nativo com predomínio de gramíneas. Em 1950, o solo foi arado para o início do cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) e arroz (*Oryza sativa*) que perdurou até 1962. Neste ano, o

solo foi utilizado com fins de pastejo do gado leiteiro, onde foi introduzida pastagem melhorada com trevo branco (*Trifolium repens*) e gramíneas de inverno. Entre 1968 e 1977, o solo foi utilizado em PC para cultivo de trigo e soja (*Glicine Max*) em sucessão. Em 1978, ano da instalação do experimento, o solo foi corrigido com incorporação de calcário ($1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$) e escória de Thomas (300 kg ha^{-1}) e, no verão de 1978/79, a soja foi semeada como primeira cultura do experimento. O experimento foi distribuído em cinco combinações de sistemas de preparo: plantio direto no inverno e no verão – PD; preparo convencional no inverno e no verão – PC; preparo convencional no inverno e plantio direto no verão – PC-PD; plantio direto no inverno e preparo convencional no verão – PD-PC; escarificação no inverno e plantio direto no verão – ESC-PD. Essas combinações dos sistemas foram instaladas em parcelas de 12 x 100 m seguindo o delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Em 1987, as parcelas foram subdivididas para correção de acidez e, cada sistema de manejo, passou a conter uma subparcela sem correção e outra com correção por aplicação de $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário calcítico e reaplicação de 3 t ha^{-1} calcário dolomítico em 1995.

A sucessão trigo/soja foi cultivada até 1985 e, a partir de 1986, foi utilizado um sistema de rotação de culturas com aveia branca (*Avena sativa*), trigo, cevada (*Hordeum vulgare*), ervilhaca peluda (*Vicia vilosa*), nabo forrageiro (*Raphanus raphanistrum*), soja e milho (*Zea mays*).

Para o presente estudo, foram utilizados os sistemas de PD com calcário em superfície e PC com calcário incorporado, visando manter as práticas tradicionalmente realizadas pelos produtores nestes sistemas de preparo, ou seja, a não perturbação do solo sob PD e o revolvimento sob PC.

As amostras da área experimental da COTRISA ($28^{\circ}30'S$ e $54^{\circ}27'W$) pertencem ao Centro de Atividades Agrícolas e Florestais desta instituição. O experimento foi instalado em 1979, sobre um Latossolo Vermelho distroférico (LV) (EMBRAPA, 2006), derivado de basalto e com textura muito argilosa (71,1% de argila) com predomínio de caulinita ($Gb/Gb+Ct = 0,00$) e hematita ($Gt/Gt+Hm = 0,03$) na fração argila (Inda Jr. et al., 2007). O experimento foi instalado em área que anteriormente foi cultivada por 15 anos com trigo e soja e apresentava problemas de erosão hídrica. O experimento foi conduzido em quatro tratamentos e oito sucessões de culturas com e sem subsolagem. Em

1986, o experimento foi reformulado e passou a constar de: três rotações de culturas envolvendo colza (*Brassica napus*), soja, trigo, aveia, milho em plantio direto; leguminosas (ervilhaca, sincho (*Lathyrus sativus*) e trevo) antecedendo a cultura do milho, também em plantio direto; e sucessões trigo/soja e aveia/milho sob preparo convencional, plantio direto e preparo reduzido, alocados em parcelas de 10 x 40 m, as quais foram divididas em duas parcelas para o fator nitrogênio (com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura no trigo e no milho) (Bayer, 1996; Conceição, 2006). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com duas repetições por tratamento. A partir de 1999, o experimento começou a ser manejado com um único sistema de rotação de culturas, sendo utilizados trigo, soja, milho, aveia e nabo. Detalhes sobre a sequência de utilização das culturas encontram-se em Conceição (2006). As condições de preparo do solo e adubação nitrogenada foram mantidas. Para o presente estudo, foram utilizadas as subparcelas sem adubação nitrogenada referentes ao cultivo de trigo/soja no período de 1986 a 1999.

Em ambos os experimentos, foram coletadas amostras deformadas das camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm. Amostras de áreas adjacentes (mata nativa) aos experimentos foram coletadas nas mesmas profundidades para serem utilizadas como referência na avaliação dos efeitos do manejo do solo. Após secas ao ar, as amostras de solo foram passadas em peneira com abertura de malha de 2mm.

Para o fracionamento físico densimétrico, foram coletadas nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 cm de ambos os experimentos amostras minimamente deformadas, que consistiram em blocos de solo coletados com auxílio de espátula e cuidadosamente armazenados em potes plásticos (medindo aproximadamente 10 x 20 cm) para evitar a desagregação do solo. As amostras de solo foram manualmente desagregadas na condição friável até que todo o bloco de solo passasse em peneira com abertura de malha de 9,51 mm para secagem ao ar.

5.1.2.2. Fracionamento físico densimétrico da MOS

O fracionamento físico densimétrico foi realizado em amostras coletadas até 20 cm de profundidade, pois estudos anteriores mostram que os

efeitos dos diferentes sistemas manejo na distribuição das frações físicas densimétricas se manifestam até essa profundidade.

Para realização desta análise, foram pesados 10 g das amostras de solo composta por agregados menores que 9,51 mm e colocados em tubos de centrífuga contendo 80 mL de solução de politungstato de sódio $2,0 \text{ g cm}^{-3}$. Após fechamento do tubo com rolha e agitação lenta e manual, a fração leve livre (FLL) da MOS foi liberada (Conceição et al., 2008). A suspensão foi submetida à centrifugação a 2000 g por 90 minutos. O sobrenadante, contendo a FLL, foi filtrado sob vácuo, em filtro Whatman GF-A previamente pesado. Para remoção do excesso de PTS, a FLL foi lavada com água destilada e solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) $0,01 \text{ mol L}^{-1}$. A solução de PTS (contida no sobrenadante da FLL) foi devolvida ao tubo e a suspensão foi submetida à dispersão por sonicação com energia de 1500 J mL^{-1} para o LB e de 420 J mL^{-1} para o LV. Após dispersão da amostra, a suspensão foi novamente centrifugada e a fração leve oclusa (FLO) separada seguindo o procedimento realizado com a FLL. O material remanescente no tubo correspondeu à fração pesada (FP) e foi lavado e centrifugado com 200 mL de água destilada por 40 minutos a 2000 g por duas vezes. A terceira centrifugação foi realizada com solução de (CaCl_2) $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ por 20 minutos a 2000 g. Todas as frações foram secas em estufa a 60°C e moídas em gral. Cabe salientar que o fracionamento físico densimétrico das amostras pertencentes ao LV, embora descrito acima, foi realizado por Conceição (2006).

5.1.2.3. Quantificação do teor de carbono e cálculo dos estoques

O teor de carbono (C) nas amostras de solo deformadas e indeformadas e nas FLL e FLO foi determinado por combustão seca (Perkin Elmer 2400). O teor de carbono da FP foi obtido por diferença entre o teor de carbono do solo inteiro e da soma das frações leves, uma vez que, mesmo após diversas lavagens com água, ainda poderia haver resíduos de PTS na FP, o qual pode levar à subestimação do teor de C na fração e também danificar o equipamento utilizado para determinação do teor de C.

Os estoques de carbono do solo e das frações da MOS foram calculados em massa equivalente, segundo procedimento descrito por Ellert e

Bettany (1995), utilizando-se a mata nativa como referência e considerando-se a massa de solo (Equação 1) como sendo:

$$M_{\text{solo}} = \rho_{\text{s trat.}} \times E \times 10000 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \quad (1)$$

onde:

M_{solo} = massa de solo por unidade de área (Mg ha^{-1});

$\rho_{\text{s trat.}}$ = densidade do solo no referido tratamento (Mg m^{-3});

E = espessura da camada (m).

Em virtude da utilização da área sob mata nativa como referência, a massa de solo nesta área foi tomada como base para os cálculos de estoque de carbono nos sistemas de preparo. Desta forma, um fator de correção para a espessura da camada do solo sob PD e PC foi determinado pela equação 2, a fim de obter-se massa de solo equivalente à obtida sob mata nativa.

$$FE = [(M_{\text{ref.}} - M_{\text{trat.}}) \times 0,0001 \text{ ha m}^{-2}] / \rho_{\text{s trat.}} \quad (2)$$

onde:

FE = espessura de solo a ser adicionada ou subtraída de determinada camada de um tratamento para atingir a massa da área de referência (massa equivalente) (m);

$M_{\text{ref.}}$ = massa equivalente de solo da respectiva camada na área de referência (Mg ha^{-1});

$M_{\text{trat.}}$ = massa de solo da respectiva camada no tratamento (Mg ha^{-1});

$\rho_{\text{s trat.}}$ = densidade do solo no referido tratamento (Mg m^{-3})

Após correção da espessura para obtenção da massa equivalente de solo, foi calculado o estoque de carbono orgânico (estoque equivalente de C) a partir da equação 3:

$$\text{Est.}_{\text{equiv.}} = \text{Conc.}_C \times \rho_{\text{s trat.}} \times E_{\text{corr}} \times 10000 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \times 0,001 \text{ Mg kg}^{-1}$$

onde:

$\text{Est.}_{\text{equiv.}}$ = massa de C orgânico por unidade de área (Mg ha^{-1});

Conc._C = concentração de C (kg Mg⁻¹_{solo})

$\rho_{s \text{ trat.}}$ = densidade do solo na camada amostrada do tratamento (Mg m⁻³);

E_{corr} = espessura corrigida da camada amostrada.

5.1.2.4. Caracterização da matéria orgânica por Espectroscopia Fluorescência Induzida por Laser (FIL)

A matéria orgânica do solo e das frações foi caracterizada por Fluorescência Induzida por Laser (FIL) (Milori et al., 2006). As análises foram realizadas em triplicata em equipamento portátil pertencente à Embrapa Instrumental Agropecuária (São Carlos/SP) com comprimento de onda de emissão entre 475 e 800 nm e tempo de integração de 300 ms. O equipamento foi ajustado para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm. Para as medidas de FIL, as amostras de solo inteiro e as frações físicas foram dispostas em um porta-amostra com janela de quartzo e excitadas em comprimento de onda de 351 nm. A resolução dos espectros foi ajustada para 4 nm. A partir dos espectros de fluorescência, foi calculado o índice de fluorescência (I_{FIL}) que é a razão entre o valor da área sob o espectro de emissão de fluorescência (compreendida entre 475 e 800 nm) e o teor de carbono orgânico total (COT) de cada amostra (Milori et al., 2006).

5.1.2.5. Concentração da matéria orgânica e Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Para a análise de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), amostras compostas pelas repetições de campo das amostras de solo e as de FP de todas as profundidades e as de FLL e FLO da camada de 0-5 cm foram previamente desmineralizadas com solução de ácido fluorídrico (HF) 10% (Gonçalves et al., 2003). A FLL e FLO das camadas de 5-10 e 10-20 cm não foram tratadas por não haver quantidade de material suficiente para a realização do procedimento de desmineralização. Foram pesados 4 g de solo e de FP, adicionados 25 mL de HF 10% e a suspensão foi agitada por duas horas e centrifugada por 10 minutos a 1500 g. Este procedimento foi repetido oito. Para as amostras de FLL e FLO, foram empregados em torno de 1 a 2 g (quantidade restante do fracionamento e da

análise do teor de C) e o procedimento foi realizado apenas uma vez. O resíduo contendo a MOS concentrada (MOS_{HF}) foi lavado três vezes com água destilada e seco em estufa a 60°C.

Após a desmineralização das amostras com HF 10%, foram determinados os teores de carbono e nitrogênio por combustão seca, conforme descrito no item 5.1.2.3. A partir desses resultados, foram calculadas a relação C/N, a recuperação de massa ($M_R = (\text{massa}_{HF}/\text{massa}_{préHF}) \times 100$) e a recuperação de carbono ($C_R = M_R \times (C_{HF}/C_{préHF})$).

O espectro da MOS_{HF} foi obtido em pastilhas de KBr na proporção amostra:KBr de 1:100, em duplicata, na região de 4000 a 400 cm^{-1} , resolução de 4 cm^{-1} e acúmulo de 32 scans (Shimadzu FTIR 8300). A atribuição de bandas de absorção foi realizada segundo Tan (1996).

O índice de aromaticidade (I_{1630}/I_{2920}) foi calculado segundo Chefetz et al. (1996). O tratamento dos espectros foi realizado pela utilização do programa do equipamento (*software* Win Bomem), após estabelecida a linha de base entre 1700 e 1500 cm^{-1} e entre 3000 e 2800 cm^{-1} , respectivamente.

As intensidades relativas das principais bandas de absorção foram calculadas segundo Gerzabek et al. (2006), a partir da divisão da intensidade corrigida de um dado pico (2920, 1720, 1630, 1540 e 1045 cm^{-1}) pela soma das intensidades de todos os picos e multiplicada por 100%. Os parâmetros para a determinação das intensidades dos picos foram base1/pico/base2 (cm^{-1}): 3000/2920/2800; 1800/1720/1700; 1700/1630/1500; 1560/1540/1490 e 1190/1045/900.

5.1.2.6. Determinação da superfície específica por adsorção de nitrogênio e de água

A determinação da superfície específica por adsorção de nitrogênio (N_2) (Micromeritics TriStar II 3020) foi realizada em amostras de solo inteiro (< 2 mm) compostas pelas repetições de campo das camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 40-60 e 80-100 cm em todos os ambientes de ambos os solos. Após secagem, as amostras foram dispostas em porta-amostra e submetidas ao degasamento por 5h a 60°C. A seguir, foi realizada a sorção de N_2 , sendo determinada a respectiva isoterma a temperatura de 77K. Pelo modelo matemático B.E.T, foi calculada a superfície específica das amostras de solo a

partir do volume de N_2 ocupado por uma monocamada de gás adsorvido à superfície do solo.

A superfície específica, determinada por adsorção de água (Quirk, 1955), foi realizada em amostras de solo inteiro (< 2 mm) compostas pelas repetições de campo das camadas de 0-2,5 e 2,5-5 cm do LB e do LV sob PD, PC e mata nativa. Para isto, foram pesados precisa e aproximadamente 1,5 g de solo e colocados em frascos pesa-filtro previamente pesados. Os frascos foram cuidadosamente distribuídos em dessecador na presença de pentóxido de fósforo (P_2O_5) para desidratação e mantidos por 10 dias. Posteriormente, as amostras foram pesadas e recolocadas em dessecador, porém em presença de solução saturada de acetato de potássio (CH_3COOK) por 10 dias e depois novamente pesadas. O método descrito por Quirk (1955) pressupõe que ocorre a adsorção de uma monocamada de água na superfície da amostra nessas condições e considera que 1 mg de água adsorvida equivale a uma superfície específica de $3,6 \text{ m}^2$.

Para as amostras de solo de 0-2,5 e de 2,5-5 cm, foi calculada a diferença entre a superfície específica determinada por adsorção em água e em N_2 .

5.1.2.7. Tratamento dos dados

Os resultados de teor e estoque de carbono e de I_{FIL} foram submetidos à análise de variância, sendo considerada interação entre sistemas de manejo e profundidade. Os valores médios serão testados pelo teste de Tukey ($P < 0,10$).

As intensidades relativas e o índice de aromaticidade obtidos a partir dos espectros de FTIR foram analisados por meio de estatística descritiva, obtendo-se a média e o desvio padrão dos atributos avaliados para cada ambiente. Os dados referentes à composição química da matéria orgânica (I_{FIL} , intensidades relativas e índice de aromaticidade do FTIR) foram submetidos à análise de componentes principais para verificação conjunta do sistema de manejo sobre a composição da MOS nos diferentes solos.

5.1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1.3.1. Teor e estoque de C no perfil do solo

O teor de carbono orgânico total (COT) no perfil do LB variou de 102,4 a 26,1 g kg_{solo}⁻¹ sob mata, 58,5 a 18,3 g kg_{solo}⁻¹ sob PD e de 38,6 a 9,3 g kg_{solo}⁻¹ sob PC (Tabela 1). Foram verificadas diferenças nos teores de COT entre os sistemas de manejo até 5 cm de profundidade. Incremento no teor de C em superfície promovido pelo PD foi constatado também até 5 cm em solos de clima temperado na Espanha (Madejón et al., 2009) e até 7,5 cm em solos temperados dos Estados Unidos após 45 anos de cultivo (Jagadamma e Lal, 2010). Estes resultados se devem à manutenção dos resíduos em superfície no solo sob PD, que promove maior aporte de carbono ao solo, enquanto no solo sob PC ocorre mineralização mais eficiente de C em função do revolvimento do solo (Bayer et al., 2002; Conceição, 2006, Dieckow et al., 2009).

Tabela 1. Teor de carbono orgânico total (COT) no perfil de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	COT		
	MATA	PD	PC
	----- g kg _{solo} ⁻¹ -----		
0-2,5	102,4	58,5 aA	38,6 bA
2,5-5	56,9	56,8 aA	39,7 bA
5-10	45,9	45,7 aB	39,3 aA
10-20	39,9	40,4 aBC	38,6 aA
20-30	33,4	34,2 aCD	35,0 aAB
30-40	27,8	30,3 aCDE	25,8 aBC
40-60	23,2	25,4 aDEF	22,3 aC
60-80	17,7	19,8 aEF	17,1 aCD
80-100	26,1	18,3 aF	9,3 bD

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade e letras maiúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre profundidades para cada tratamento.

Enquanto que sob PD o teor de C decresceu gradualmente ao longo do perfil do solo, sob PC, o teor de C foi uniforme até 20 cm e a partir dessa profundidade decresceu. Este resultado se deve a homogeneização do solo sob PC até 20 cm.

O estoque de carbono das camadas de 0 - 2,5 cm e de 2,5 - 5 cm foi maior no solo sob PD (9,7 Mg ha⁻¹) em comparação ao solo sob PC (6,4 Mg ha⁻¹)

¹). Comportamento semelhante foi observado por Dieckow et al. (2009) em dois solos tropicais e dois solos subtropicais, nos quais a diferença no estoque de carbono em função do sistema de manejo foi verificada até 5 cm de profundidade.

Maior estoque de C foi novamente observado na camada de 80-100 cm sob PD (Tabela 2), confirmando o comportamento observado com o teor de C. Além da percolação de MOS ao longo do perfil do solo, o transporte da mesma pode ter sido realizado por bioturbação (Tonneijck e Jongmans, 2008; Powlson et al., 2011) que é favorecida pela manutenção da estrutura do solo sob PD. A contribuição da fauna para o acúmulo de carbono em profundidade no LB sob PD pode ser confirmada pela presença de bioporos, identificados visualmente, os quais podem conter também matéria orgânica dissolvida e carcaças de organismos constituintes da fauna do solo.

Tabela 2. Estoque de carbono no perfil de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	Estoque de carbono		
	MATA	PD	PC
	----- Mg ha ⁻¹ -----		
0-2,5	16,9	9,7 a	6,4 b
2,5-5	12,2	12,2 a	8,5 b
5-10	18,6	18,5 a	15,9 a
10-20	33,6	34,4 a	32,9 a
20-30	27,6	28,4 a	29,1 a
30-40	23,0	25,2 a	21,5 a
40-60	38,3	42,2 a	37,0 a
60-80	29,0	32,7 a	28,2 a
80-100	42,9	31,0 a	15,8 b
0-20	81,2	74,8 a	63,7 b
20-100	160,7	159,4 a	131,6 a
0-100	241,9	234,2 a	195,3 a

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade.

A influência do uso agrícola do solo no presente estudo foi observada até 2,5 cm de profundidade, uma vez que, ambos os sistemas de preparo do solo apresentaram os mais baixos estoques de C, quando comparados ao solo sob condições originais. Sob PC, o estoque diminuiu em

aproximadamente 10 Mg ha^{-1} em relação à mata nativa e sob PD, a variação foi de 7 Mg ha^{-1} . Esse resultado indica uma tendência de recuperação do estoque de C original do LB sob PD, uma vez que, anteriormente ao experimento, a área se encontrava sob PC.

Considerando-se os estoques acumulados nas camadas de 0-20, 20-100, 0-100 cm, o PD apresentou maior acúmulo de carbono ($74,8 \text{ Mg ha}^{-1}$) do que o PC ($63,7 \text{ Mg ha}^{-1}$) até 20 cm. A adoção do PD resultou em incremento de carbono de $38,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ no perfil do LB (0-100 cm) em comparação ao PC, sendo que $11,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ foram encontrados na camada de 0-20 cm e $27,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ na camada de 20-100 cm. A partir destes valores, pôde-se calcular a taxa de acúmulo anual de carbono no perfil do LB, em decorrência do PD, que foi de $1,3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Na camada de 0-20 cm, permanecem apenas 31% do incremento anual de carbono decorrente do manejo do solo sob PD e 69% do incremento de carbono são retidos nas camadas mais profundas do LB. Tal fato indica que o efeito do sistema conservacionista sobre o acúmulo de carbono ocorre também na subsuperfície do solo, que se caracteriza por representar um grande reservatório de carbono quando comparada à camada arável. Esses resultados vão ao encontro daqueles obtidos por Boddey et al. (2010) em experimentos com rotação de culturas em Latossolos subtropicais, onde foi constatado que o estoque até 100 cm foi 59% superior ao estimado até 30 cm de profundidade. Blanco-Canqui e Lal (2008) relataram que o efeito do sequestro de carbono sob PD em profundidade pode variar em função do tipo de solo e enfatizam a importância de estudos futuros abrangerem o perfil do solo para a avaliação do potencial de acúmulo de carbono no solo.

O teor de COT no perfil do Latossolo Vermelho (LV) variou de 69,1 a $8,9 \text{ g kg}_{\text{solo}}^{-1}$ sob mata, 28,6 a $8,9 \text{ g kg}_{\text{solo}}^{-1}$ sob PD e 23,8 a $7,9 \text{ g kg}_{\text{solo}}^{-1}$ sob PC (Tabela 3). Ocorreram diferenças entre os sistemas de manejo apenas nas camadas de 0 a 2,5 cm e de 40 a 60 cm, onde o maior valor foi observado sob PD.

Analogamente ao verificado no LB, o teor de COT decresceu gradualmente sob PD, enquanto sob PC isso ocorreu a partir de 10 cm de profundidade. No entanto, em comparação à mata nativa, os teores de carbono foram fortemente reduzidos até 40 cm de profundidade em virtude do uso

agrícola do LV, enquanto que no LB a redução do teor de C em relação à mata foi observada até 2,5 cm.

Os estoques de carbono no LV sob PD e sob PC diferiram entre si apenas até 2,5 cm de profundidade (Tabela 4) e quando comparados à mata nativa, foi constatada intensa redução dos estoques de C em função do uso agrícola do solo até 40 cm, da ordem de aproximadamente 3 a 9 Mg ha⁻¹.

Quando somados os estoques de carbono das camadas de 0-20, 20-100 e 0-100 cm, ocorreu diferença entre os sistemas de manejo apenas na camada de 0 – 20 cm, como reflexo do efeito do sistema conservacionista na camada superficial (0 – 2,5 cm) (Tabela 4). No entanto, o LV manejado sob PD apresentou incremento de carbono de 10,7 Mg ha⁻¹ no perfil do solo (0-100 cm) em comparação ao PC. Deste incremento, 2,8 Mg ha⁻¹ foram encontrados na camada de 0-20 cm e 7,9 Mg ha⁻¹ verificados na camada de 20-100 cm. A taxa de acúmulo anual de carbono decorrente da adoção do PD no LV foi de 0,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ no perfil do solo, de 0,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na camada superficial (0-20 cm) e de 0,3 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de 20 a 100 cm de profundidade. Esses resultados indicam, que assim como no LB, a subsuperfície do LV reflete o efeito do PD sobre o acúmulo de carbono, armazenando 75% do carbono anualmente aportado em decorrência do manejo do LV sob PD.

Tabela 3. Teor de carbono orgânico total (COT) no perfil de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	COT		
	MATA	PD	PC
	----- g kg _{solo} ⁻¹ -----		
0-2,5	69,1	28,6 aA	23,5 bA
2,5-5	49,2	24,3 aB	23,8 aA
5-10	31,4	21,3 aC	20,6 aB
10-20	23,8	18,1 aD	17,3 aC
20-30	19,3	16,5 aE	16,1 aC
30-40	17,5	14,1 aF	14,0 aD
40-60	13,0	12,3 aG	10,5 bE
60-80	10,8	10,2 aH	9,6 aE
80-100	8,9	8,9 aH	7,9 aF

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade e letras maiúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre profundidades para cada tratamento.

Tabela 4. Estoque de carbono no perfil de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	Estoque de carbono		
	MATA	PD	PC
	----- Mg ha ⁻¹ -----		
0-2,5	13,6	5,6 a	4,7 b
2,5-5	9,7	5,2 a	4,8 a
5-10	17,2	10,7 b	11,7 a
10-20	25,4	20,7 a	18,3 a
20-30	21,4	18,3 a	17,8 a
30-40	19,4	15,7 a	15,5 a
40-60	28,8	27,2 a	23,2 b
60-80	24,0	22,5 a	21,3 a
80-100	19,6	19,7 a	17,5 a
0-20	65,9	42,3 a	39,5 b
20-100	113,2	103,3 a	95,4 a
0-100	179,2	145,6 a	134,9 a

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade.

Os maiores estoques de carbono encontrados em todos os ambientes do LB, em comparação ao LV, podem estar relacionados às diferentes condições climáticas nos dois experimentos. Na região de Guarapuava (PR), onde está localizado o LB, a temperatura média anual (15°C) é menor e a precipitação média anual maior (2022 mm ano⁻¹) do que em Santo Ângelo (19,5°C e 1850 mm ano⁻¹ respectivamente), onde se situa o LV. Desta forma, a taxa de decomposição da MOS é menor na região de Guarapuava comparativamente a Santo Ângelo, promovendo maior acúmulo de matéria orgânica no LB. Além disso, em Santo Ângelo, durante o verão ocorrem temperaturas em torno de 37°C, o que pode intensificar o processo de mineralização da MOS nesta região. A influência do clima sobre o estoque de carbono também foi verificada por Jobbágy e Jackson (2000), os quais relataram que maiores precipitações e menores temperaturas estimulam o acúmulo de carbono no solo. O menor efeito de recuperação do estoque de carbono pelo manejo conservacionista no LV, quando comparado ao LB, pode também ser devido às condições climáticas mais drásticas em Santo Ângelo.

5.1.3.2. Composição química da MOS no perfil do solo

5.1.3.2.1. Índices de fluorescência (I_{FIL})

Os índices de fluorescência (I_{FIL}) da MOS do LB variaram de 824 a 5470 na mata, de 1339 a 4843 no PD e de 2002 a 8892 no PC (Tabela 5). A MOS sob PD apresentou valores de I_{FIL} menores do que sob PC até a profundidade de 10 cm, indicando a presença de MOS menos aromática sob PD. No sistema PD, o não revolvimento do solo promove a melhoria da estrutura do solo, diminui acesso dos micro-organismos à MOS, resultando na preservação de estruturas orgânicas com ligações C-O, enquanto que, sob PC, a perturbação do sistema expõe a matéria orgânica à ação microbiana, resultando em maior decomposição da MOS, com consumo preferencial de compostos com ligações C-O, causando enriquecimento relativo de estruturas aromáticas. Tais estruturas, devido a sua maior conjugação, fluorescem com maior intensidade (Skoog et al., 2007), resultando em maiores valores de I_{FIL} quando comparadas a MOS sob PD. Ao lado disso, sob PD existe uma maior proporção de fração leve livre, que é o compartimento da MOS que mais se assemelha quimicamente aos resíduos vegetais não decompostos (Christensen, 1992).

Tabela 5. Índice de fluorescência (I_{FIL}) da MOS no perfil de Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	IFIL		
	MATA	PD	PC
	----- u.a. -----		
0-2,5	824	1348 bE	2002 aE
2,5-5	1507	1339 bE	2036 aE
5-10	1956	1806 bD	2122 aE
10-20	1977	2110 aD	2240 aE
20-30	2596	2592 aC	2426 aE
30-40	3263	2762 bC	3363 aD
40-60	3972	3360 bB	3921 aC
60-80	5470	4451 aA	4744 aB
80-100	3565	4843 bA	8892 aA

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade e letras maiúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre profundidades para cada tratamento. u.a.= unidade arbitrária

Menor aromaticidade de MOS sob PD em comparação ao PC foi observada também por Rosa (2010) em Planossolo até 2,5 cm de profundidade e por Favoretto et al. (2008) em Latossolo na camada de 0 – 20 cm por meio de FIL.

Nas profundidades de 30-40, 40-60 e 80-100 cm, os valores de I_{FIL} sob PD também foram inferiores aos observados em PC, indicando a presença de compostos menos aromáticos sob PD em profundidade.

Em ambos os sistemas de manejo, o I_{FIL} da MOS aumentou em profundidade, indicando aumento da aromaticidade da MOS no perfil do solo. Em PD, esse aumento no I_{FIL} foi gradual ao passo que no PC, devido à homogeneização do solo em virtude do revolvimento, os valores de I_{FIL} não diferiram até a camada de 20 a 30 cm e aumentaram significativamente a partir de 30 cm.

Os resultados do presente trabalho corroboram os encontrados por Dieckow et al. (2005) que, a partir de análise espectroscópica de RMN ^{13}C (CP-MAS), mostraram que o carbono presente nas camadas superficiais do solo é mais lábil que o carbono encontrado em profundidade, ou seja, em superfície, ocorre maior contribuição do grupo C-O alquil para o estoque de carbono, enquanto que, na subsuperfície, essa contribuição diminui com concomitante aumento das estruturas mais recalcitrantes, neste caso, o grupo aromático, que fluoresce mais que o grupo C-O alquil.

A partir de 2,5 cm, a MOS sob PD apresentou valores de I_{FIL} semelhantes ou menores do que sob mata nativa. Já sob PC, esse comportamento foi verificado camadas mais profundas que 20 cm.

Os valores de I_{FIL} da MOS do LV (Tabela 6) apresentaram amplitudes de variação semelhantes entre os ambientes: de 1025 a 9673 na mata, de 2018 a 6992 no PD e de 2215 a 7205 no PC. Com exceção da camada de 60 a 80 cm, onde o PD apresentou maior valor quando comparado ao PC, não houve diferença para o I_{FIL} dos diferentes sistemas de manejo. Semelhantemente ao comportamento observado para o LB, o valor de I_{FIL} aumentou ao longo do perfil do LV, independente do uso e manejo do solo.

Tabela 6. Índice de fluorescência (I_{FIL}) da MOS no perfil de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	I_{FIL} (u.a.)		
	MATA	PD	PC
	----- u.a. -----		
0-2,5	1025	2347 aE	2306 aE
2,5-5	1276	2018 aDE	2215 aE
5-10	9673	3127 aCD	2732 aDE
10-20	2750	3415 aC	3377 aCD
20-30	3359	3310 aC	3549 aCD
30-40	3809	3891 aC	3789 aC
40-60	5289	5717 aB	5328 aB
60-80	5953	6461 aAB	5320 bB
80-100	7641	6992 aA	7205 aA

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade e letras maiúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre profundidades para cada tratamento. u.a.= unidade arbitrária

5.1.3.2.2. Composição elementar da matéria orgânica concentrada e índices de FTIR

O teor de carbono no perfil do LB aumentou após a desmineralização das amostras com HF (10%) e variou de 417 a 111 g kg⁻¹ sob mata nativa, de 339 a 91 g kg⁻¹ sob PD e de 267 a 52 g kg⁻¹ sob PC (Tabela 7).

O teor de nitrogênio da matéria orgânica concentrada (MOS_{HF}) variou de 33 a 9 g kg⁻¹ sob mata nativa, de 27 a 7 g kg⁻¹ sob PD e de 20 a 4 g kg⁻¹ sob PC. A relação C/ N_{HF} variou de 10,5 a 12,7 sob mata nativa, de 12,4 a 15,0 sob PD e de 12,3 a 14,9 sob PC (Tabela 7).

A recuperação de massa, em geral, foi baixa e variou de 2 a 14%. Esse resultado era esperado em função do alto teor de argila deste solo que sofre dissolução no tratamento com HF 10% (Tabela 7) (Dick et al., 2011).

A recuperação de carbono variou de 12 a 58%. Até a profundidade de 10 cm, os valores de C_R sob mata e PD tenderam a ser superiores aos observados em PC. Esse comportamento pode ser atribuído à maior proporção de material orgânico particulado sob PD e sob mata que permaneceu no tubo após separação do sobrenadante. Já sob PC, existe uma maior proporção relativa de MOS adsorvida aos minerais, que se torna solúvel em HF 10%,

juntamente com a dissolução da fração inorgânica, e é removida quando vertido o sobrenadante (Dick et al., 2011).

Tabela 7. Teor e recuperação de carbono e relação C/N da MOS no perfil de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo após tratamento com HF 10%.

Sistema	Profundidade (cm)	C _{HF}	N _{HF}	C/N _{HF}	M _R	C _R
		----- g kg ⁻¹ -----			----- % -----	
MATA	0-2,5	417,4	32,9	12,7	14	58
	2,5-5	336,7	30,6	11,0	9	51
	5-10	311,5	29,6	10,5	7	49
	10-20	273,7	25,5	10,7	5	37
	20-30	244,6	21,2	11,6	5	36
	30-40	192,7	17,0	11,3	4	29
	40-60	152,7	13,1	11,6	4	23
	60-80	128,7	10,6	12,2	4	27
	80-100	111,2	8,8	12,7	3	13
PD	0-2,5	312,7	24,3	12,9	10	52
	2,5-5	338,9	27,2	12,4	9	52
	5-10	297,4	23,4	12,7	6	42
	10-20	259,3	19,3	13,4	5	41
	20-30	238,8	16,3	14,7	4	27
	30-40	209,4	14,0	14,9	4	25
	40-60	181,6	12,1	15,0	3	23
	60-80	125,3	9,0	13,9	3	18
	80-100	91,4	7,0	13,1	2	12
PC	0-2,5	267,3	20,0	13,4	5	37
	2,5-5	267,1	19,5	13,7	5	36
	5-10	272,0	20,1	13,5	5	36
	10-20	266,3	19,6	13,6	5	35
	20-30	220,4	15,7	14,1	5	33
	30-40	163,9	11,0	14,9	4	23
	40-60	138,9	9,5	14,6	4	23
	60-80	89,1	6,6	13,5	3	17
	80-100	52,0	4,2	12,3	2	14

Assim como no LB, o teor de carbono do LV, após tratamento das amostras com HF 10%, aumentou para todos os ambientes, variando no perfil

do solo de 350,9 a 100,5 g kg⁻¹ sob mata nativa, de 294,3 a 86,9 g kg⁻¹ sob PD e de 229,7 a 79,9 g kg⁻¹ sob PC (Tabela 8) e diminuindo em profundidade para todos os tratamentos.

Tabela 8. Teor e recuperação de carbono e relação C/N no perfil de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo após tratamento com HF 10%.

Sistema	Profundidade (cm)	C _{HF}	N _{HF}	C/N _{HF}	M _R	C _R
		----- g kg ⁻¹ -----			----- % -----	
MATA	0-2,5	350,9	38,8	9,1	15	74
	2,5-5	313,2	36,1	8,7	11	68
	5-10	250,2	29,4	8,5	8	63
	10-20	204,2	22,4	9,1	4	33
	20-30	178,9	19,2	9,3	6	52
	30-40	155,1	16,2	9,6	4	37
	40-60	137,0	14,7	9,7	3	33
	60-80	100,5	10,5	9,6	2	19
	80-100	117,1	11,7	10,1	2	26
PD	0-2,5	294,3	23,8	12,4	6	62
	2,5-5	230,6	20,3	11,4	5	47
	5-10	196,0	16,0	12,2	4	43
	10-20	181,8	14,9	12,2	4	41
	20-30	153,0	12,9	11,9	3	32
	30-40	133,5	11,5	11,6	3	26
	40-60	123,0	10,4	11,8	3	31
	60-80	103,0	9,3	11,1	2	25
	80-100	86,9	8,0	10,8	3	28
PC	0-2,5	229,7	19,0	12,1	5	50
	2,5-5	162,2	13,0	12,5	7	50
	5-10	209,5	17,8	11,8	5	50
	10-20	182,8	14,7	12,4	4	47
	20-30	158,8	12,8	12,4	4	35
	30-40	133,5	11,0	12,2	3	33
	40-60	106,7	8,9	12,0	3	30
	60-80	94,3	8,1	11,7	3	26
	80-100	79,9	7,0	11,4	2	25

Comportamento semelhante foi verificado para o teor de nitrogênio no perfil do LV que variou de 38,8 a 10,5 g kg⁻¹ sob mata nativa, de 23,8 a 8,0 g

kg^{-1} sob PD e de 19,0 a 7,0 g kg^{-1} sob PC. A relação $\text{C}/\text{N}_{\text{HF}}$ apresentou valores que variaram de 8,5 a 12,5 (Tabela 8).

A recuperação de massa variou de 2 a 15% e os maiores valores observados sob mata nativa até 10 cm, em comparação ao PD e PC, podem ser devido à maior contribuição de material particulado sob mata.

A recuperação de carbono variou de 19 a 74% e até 10 cm foi sempre maior sob mata nativa. Os valores de C_R obtidos para o LV foram em geral superiores aos encontrados para o LB. Este fato sugere que, no LV, o mecanismo de auto-associação da MOS é mais relevante no LV, enquanto que no LB, a interação organomineral é comparativamente mais atuante do que no LV.

As principais bandas de absorção e respectivas atribuições encontradas nos espectros de FTIR da MOS_{HF} do LB sob mata nativa (Figura 1), PD (Figura 2) e PC (Figura 3) foram: 3400 cm^{-1} devido ao estiramento de ligações de grupamentos OH, $2920\text{-}2850 \text{ cm}^{-1}$ atribuído ao estiramento de C-H alifático, 1720 cm^{-1} referente ao estiramento de C=O de grupos carboxílicos, 1620 cm^{-1} devido ao estiramento de C=C aromático, 1540 cm^{-1} atribuído à deformação de ligação N-H e ao estiramento de C-N de amidas, $1403\text{-}1360 \text{ cm}^{-1}$ referente à deformação de C-H alifático, $1240\text{-}1230 \text{ cm}^{-1}$ atribuído ao estiramento de ligação C-O e deformação de ligação O-H de grupos carboxílicos, $1090\text{-}1060 \text{ cm}^{-1}$ devido ao estiramento de ligação C-O de polissacarídeos e 1036 cm^{-1} atribuído ao estiramento de ligações Si-O de compostos inorgânicos. A contribuição das bandas de carboxilato na região de 1540 a 1650 cm^{-1} e de 1300 a 1420 cm^{-1} pode ser desprezada uma vez que as amostras após HF 10% foram lavadas com água destilada mantendo-se o pH abaixo de 4. Nessa condição de acidez, os grupos carboxilato encontram-se na sua maioria protonados (Dick et al., 2009). Em geral, os espectros de FTIR diferiram apenas pelas diferentes intensidades relativas dos picos (Tabela 9). O IR_{2920} variou de 6,2 a 29,6%, o IR_{1720} de 2,3 a 21,6%, o IR_{1630} de 28,5 a 50,1%, o IR_{1540} de 1,5 a 13,6% e o IR_{1070} de 13,8 a 49,8%. Os valores de I_{1630}/I_{2920} variaram de 1,0 a 6,9. Elevados valores deste índice indicam aumento da contribuição de estruturas aromáticas da MOS em relação às estruturas com cadeias alifáticas homogêneas.

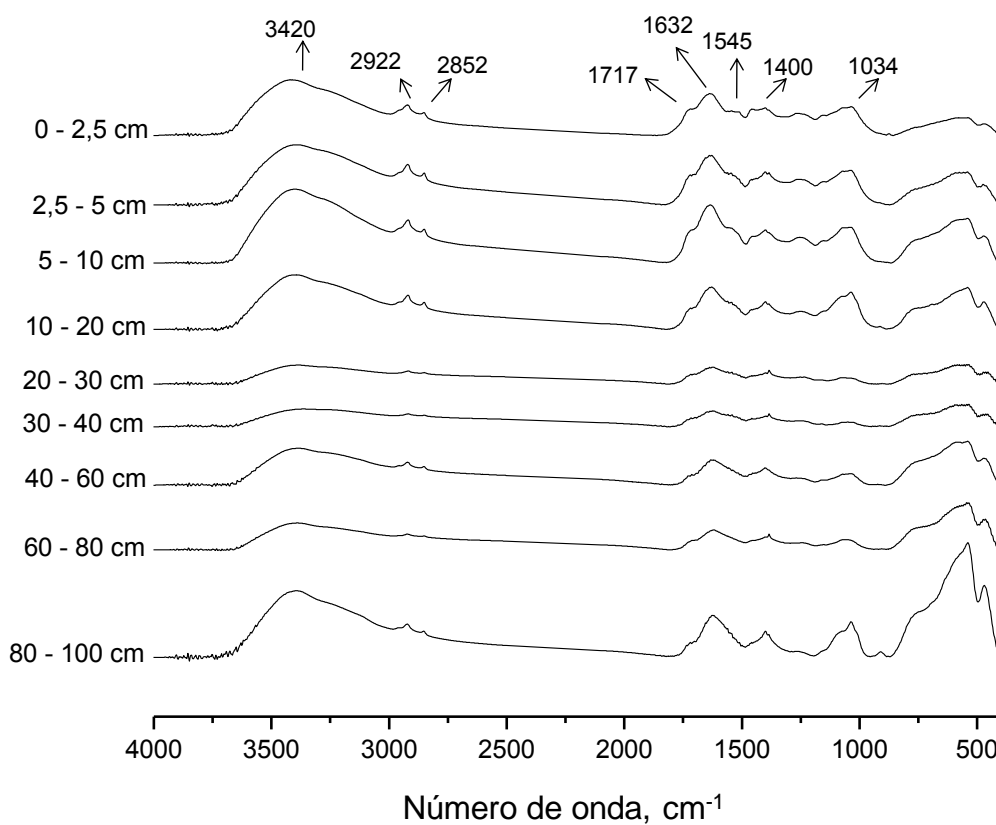


Figura 1. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Bruno sob mata nativa.

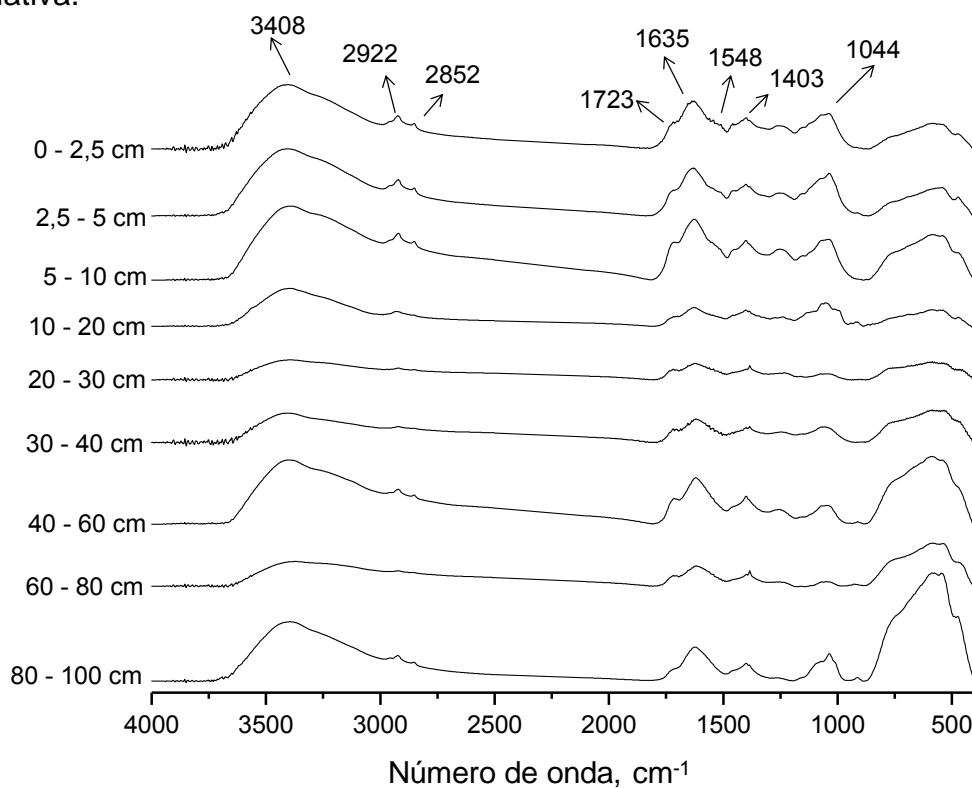


Figura 2. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Bruno sob plantio direto.

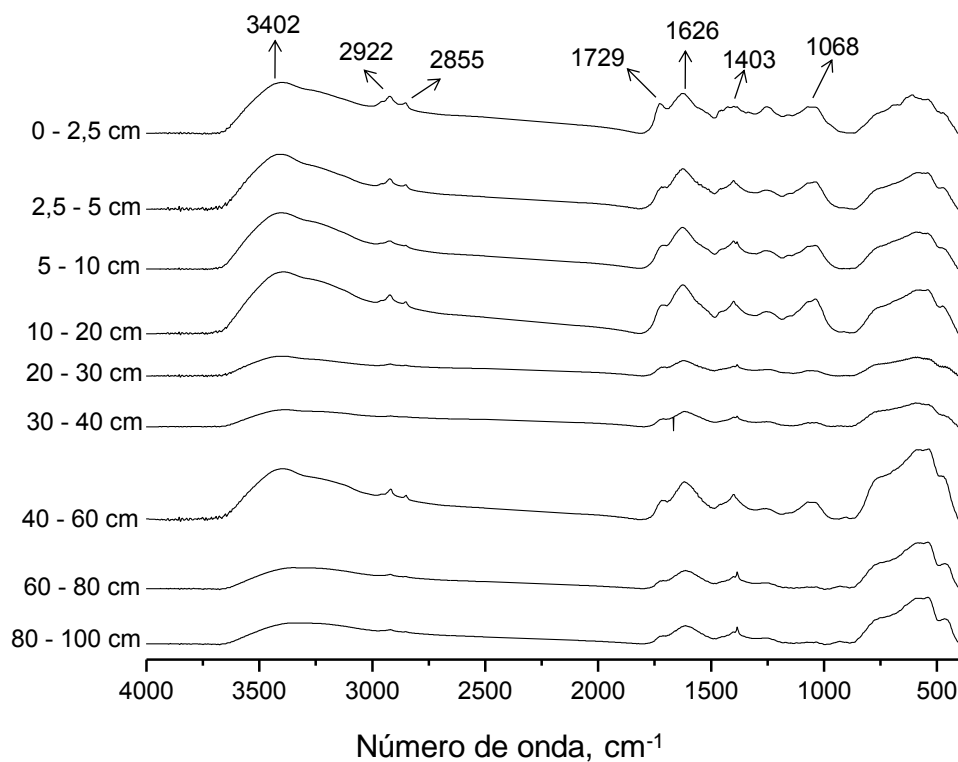


Figura 3. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Bruno sob preparo convencional.

Nos espectros de FTIR da MOS_{HF} do LV sob mata nativa, PD e PC (Figuras 4, 5 e 6) foram observadas as mesmas bandas e atribuições descritas anteriormente para o Latossolo Bruno.

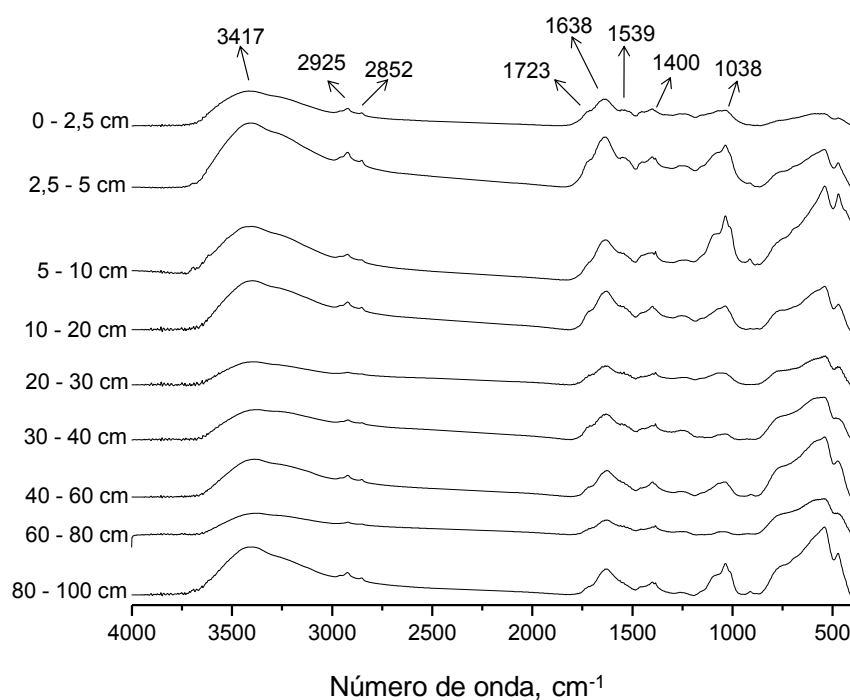


Figura 4. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Vermelho sob mata nativa.

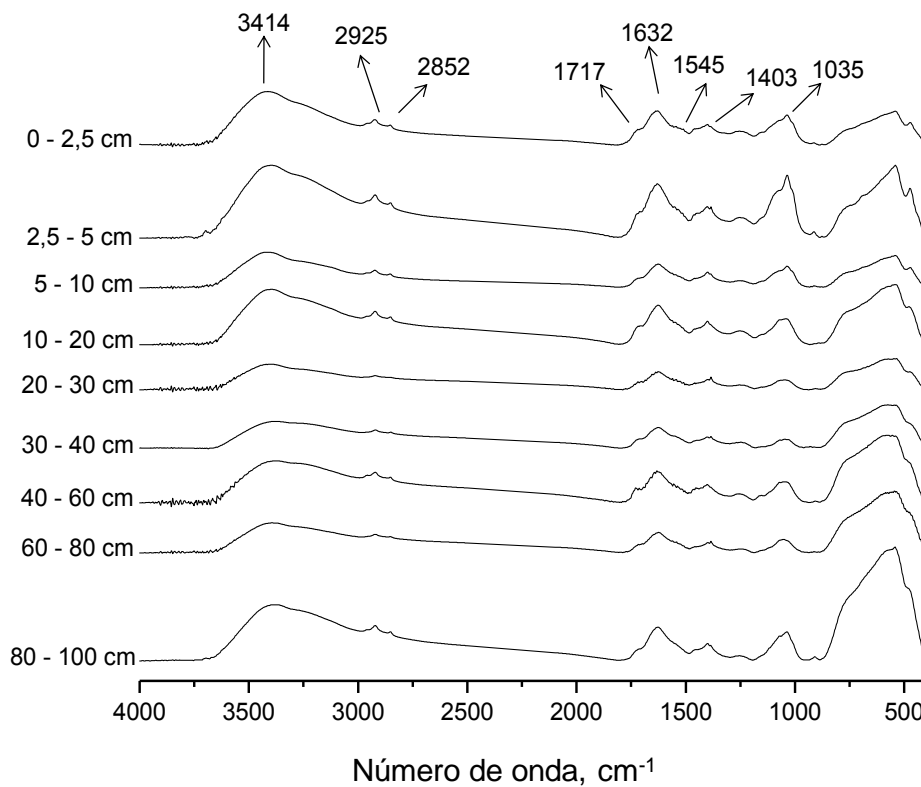


Figura 5. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.

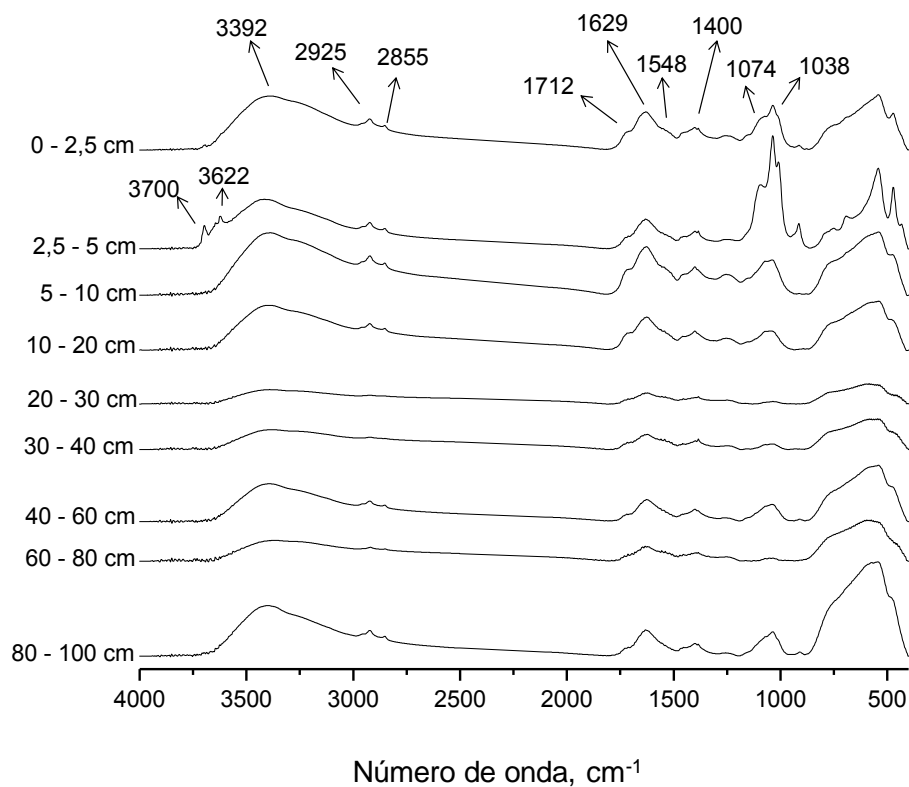


Figura 6. Espectros de FTIR da MOS_{HF} de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional.

Tabela 9. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} do perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

Sistema	Profundidade (cm)	Intensidades Relativas (%)					I_{1630}/I_{2920}
		IR ₂₉₂₀	IR ₁₇₂₀	IR ₁₆₃₀	IR ₁₅₄₀	IR ₁₀₇₀	
Mata	0 – 2,5	23,1±1,8	3,2±0,7	33,2±1,6	2,2±1,0	38,3±1,8	1,4±0,1
	2,5 – 5	24,5±0,2	3,2±0,2	31,5±0,1	3,4±0,3	37,3±0,0	1,3±0,0
	5 – 10	22,9±0,0	3,2±0,0	34,7±1,2	3,6±1,5	35,6±0,3	1,5±0,1
	10 – 20	19,7±0,3	2,3±0,0	29,4±0,4	2,4±0,2	46,1±0,4	1,5±0,0
	20 – 30	17,5±1,5	13,8±0,7	33,7±3,6	8,8±0,2	26,1±1,2	1,9±0,4
	30 – 40	13,0±2,2	13,4±1,8	34,7±1,3	13,6±0,3	25,4±1,4	2,7±0,4
	40 – 60	21,0±0,6	4,9±1,7	39,9±0,4	3,5±0,9	30,7±0,7	1,9±0,1
	60 – 80	12,5±0,1	12,3±1,6	37,8±2,1	5,7±5,3	31,7±4,8	3,0±0,2
	80 – 100	12,6±0,1	4,9±0,8	29,9±0,1	2,8±1,1	49,8±0,5	2,4±0,0
PD	0 – 2,5	19,7±0,1	5,9±2,0	33,0±1,2	3,4±0,3	38,0±3,5	1,7±0,1
	2,5 – 5	18,1±2,5	4,5±1,8	29,4±0,3	2,0±1,3	45,9±0,8	1,6±0,2
	5 – 10	18,7±0,1	5,7±0,3	31,9±0,1	2,3±1,2	41,4±1,5	1,7±0,0
	10 – 20	15,9±0,2	4,8±0,2	28,5±1,1	2,1±0,4	48,7±1,1	1,8±0,1
	20 – 30	11,2±1,1	17,4±1,1	34,4±3,2	7,8±1,0	29,2±4,5	3,1±0,0
	30 – 40	8,8±3,1	19,1±3,8	31,0±0,4	8,7±3,2	32,4±4,3	3,8±1,4
	40 – 60	14,3±0,2	10,9±3,1	39,5±1,0	2,2±1,1	33,2±0,8	2,8±0,0
	60 – 80	7,7±0,7	20,2±1,2	40,4±1,4	5,5±0,2	26,3±3,1	5,2±0,3
	80 – 100	13,4±0,9	3,8±0,3	31,6±0,2	1,5±0,1	49,6±0,8	2,4±0,2
PC	0 – 2,5	21,0±2,1	20,1±0,9	28,5±1,1	2,4±0,2	28,1±1,7	1,4±0,2
	2,5 – 5	18,0±0,3	8,3±0,3	32,0±0,1	2,9±0,6	38,9±0,5	1,8±0,0
	5 – 10	11,8±0,9	9,7±1,4	38,7±0,1	2,5±0,3	37,3±0,6	3,3±0,3
	10 – 20	16,9±0,2	7,6±0,2	30,9±0,1	2,2±0,1	42,3±0,4	1,8±0,0
	20 – 30	11,5±1,5	18,5±0,3	36,1±3,6	5,0±0,4	28,8±5,7	3,1±0,1
	30 – 40	6,2±0,0	19,8±0,6	42,7±5,0	3,1±0,5	28,2±4,0	6,9±0,8
	40 – 60	19,3±0,7	12,2±0,7	33,1±0,8	4,9±0,2	30,6±1,0	1,7±0,1
	60 – 80	12,0±1,2	15,8±0,4	50,1±5,8	4,8±1,9	17,3±4,7	4,2±0,1
	80 – 100	29,6±0,0	21,6±0,0	30,8±0,0	4,1±0,0	13,8±0,0	1,0±0,0

A variação das intensidades relativas no LV foi de 6,3 a 18,5% para IR₂₉₂₀, 1,7 a 14,4% para IR₁₇₂₀, 11,6 a 39,6% para IR₁₆₃₀, 0,7 a 13,3% para IR₁₅₄₀ e de 24,4 a 55,6% para IR₁₀₇₀. A variação de I_{1630}/I_{2920} foi de 1,9 a 5,7 (Tabela 10).

Tabela 10. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} do perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

Sistema	Profundidade (cm)	Intensidades relativas (%)					Índice de aromaticidade I_{1630}/I_{2920}
		IR ₂₉₂₀	IR ₁₇₂₀	IR ₁₆₃₀	IR ₁₅₄₀	IR ₁₀₇₀	
Mata	0 – 2,5	18,5±0,2	5,5±0,5	37,5±0,5	7,1±1,3	31,5±0,1	2,0±0,0
	2,5 – 5	15,1±0,0	6,3±0,6	30,1±1,2	5,9±0,3	42,6±0,9	2,0±0,1
	5 – 10	8,0±0,3	1,7±0,2	25,2±1,2	3,6±0,0	61,5±1,7	3,2±0,0
	10 – 20	15,7±0,4	5,8±1,5	35,1±0,3	5,1±1,0	38,3±1,8	2,2±0,0
	20 – 30	7,1±0,9	8,9±1,1	32,8±0,7	9,7±1,1	41,4±3,7	4,6±0,5
	30 – 40	11,9±1,9	12,4±0,2	39,6±8,0	10,2±0,9	26,0±10,5	3,3±0,2
	40 – 60	15,4±0,1	4,8±0,8	37,3±0,1	4,0±0,3	38,5±1,0	2,4±0,0
	60 – 80	13,5±2,7	8,7±0,1	41,6±3,4	9,7±0,2	26,4±6,4	3,1±0,4
	80 – 100	11,4±0,8	3,3±1,8	27,7±0,7	2,2±0,5	55,3±2,2	2,4±0,2
PD	0 – 2,5	15,3±0,1	4,5±0,7	31,2±0,2	4,2±0,4	44,8±0,3	2,0±0,0
	2,5 – 5	11,9±0,2	4,0±0,5	25,9±2,1	2,8±1,0	55,4±1,9	2,2±0,1
	5 – 10	14,0±0,2	5,7±1,3	31,2±1,2	1,9±0,8	47,3±3,0	2,2±0,1
	10 – 20	16,2±0,5	7,9±0,7	33,8±0,4	2,8±0,2	39,3±0,4	2,1±0,1
	20 – 30	8,7±0,6	11,6±0,6	38,1±1,4	8,2±0,6	33,4±2,0	4,4±0,4
	30 – 40	12,5±2,6	11,0±2,1	35,4±6,4	6,3±2,9	34,7±4,1	2,8±0,1
	40 – 60	15,4±1,8	10,6±2,5	32,5±0,5	3,2±1,7	38,2±2,9	2,1±0,3
	60 – 80	10,4±1,7	9,7±3,4	32,5±1,3	7,0±3,2	40,4±3,6	3,2±0,4
	80 – 100	15,3±0,4	3,8±0,3	32,4±1,1	1,5±0,3	47,0±0,9	2,1±0,0
PC	0 – 2,5	12,9±0,6	4,0±0,8	25,5±0,5	2,0±0,6	55,6±1,2	2,0±0,1
	2,5 – 5	6,3±0,0	1,9±0,0	11,6±0,0	0,7±0,1	79,5±0,1	1,9±0,0
	5 – 10	16,4±0,3	6,7±1,2	32,1±1,1	5,0±1,5	39,7±1,1	2,0±0,1
	10 – 20	16,4±0,2	9,8±0,7	33,6±0,3	4,4±0,7	35,7±0,9	2,0±0,0
	20 – 30	7,2±1,6	14,4±0,2	40,7±5,8	13,3±3,4	24,4±4,3	5,7±0,5
	30 – 40	7,0±1,7	12,9±0,8	34,6±3,6	12,6±0,1	32,9±4,6	5,0±0,7
	40 – 60	16,7±0,0	4,9±0,1	32,8±0,8	1,9±0,4	43,6±0,4	2,0±0,1
	60 – 80	9,3±1,3	10,9±1,7	29,8±1,4	11,6±0,8	38,4±0,2	3,2±0,3
	80 – 100	15,5±0,1	5,5±1,9	30,8±2,3	3,0±1,6	45,2±0,5	2,0±0,1

5.1.3.2.3. Composição química da MOS avaliada por análise estatística multivariada

Os resultados da análise de componentes principais (ACP) para o LB sob mata nativa, PD e PC indicaram que os dois primeiros componentes principais representaram 71,3% da variância total (Tabela 11). Os demais componentes não foram incluídos, visto que foram obtidos autovalores inferiores a 1 e, em geral, explicaram menos de 10% da variância total da

análise. Todas as variáveis se correlacionaram com os dois primeiros componentes principais (CP 1 e CP 2), no entanto foram consideradas significativas as correlações iguais ou superiores a 0,45.

Para as variáveis IR_{1720} , IR_{1630} , IR_{1540} , IR_{1070} e I_{1630}/I_{2920} foram obtidos maiores coeficientes de correlação com o CP 1, o qual explicou 49,3% da variância. Destas variáveis, apenas o IR_{1070} se correlacionou negativamente com este componente, indicando diminuição dos valores originais de IR_{1070} ao longo do CP 1. O I_{FIL} foi positivamente correlacionado com os dois componentes, apresentando mesmo coeficientes para CP 1 e CP 2 (0,52). A única variável a obter maior correlação com o CP 2 foi o IR_{2920} , indicando que o caráter alifático é a principal característica da MOS responsável pela variância do CP 2 e aumenta ao longo desse componente.

Tabela 11. Coeficientes de correlação obtidos por análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica no perfil de um Latossolo Bruno e de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Variáveis	Latossolo Bruno		Latossolo Vermelho	
	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
Autovalores	3,45	1,54	3,82	1,80
Porcentagem da variância total	49,3	22,0	54,6	25,8
	Correlações			
I_{FIL}	0,52*	0,52*	0,13	0,26
IR_{2920}	-0,62	0,71*	-0,31	0,93*
IR_{1720}	0,84*	0,26	0,91*	<0,01
IR_{1630}	0,73*	-0,23	0,79*	0,56*
IR_{1540}	0,56*	0,23	0,92*	0,21
IR_{1070}	-0,77*	-0,55*	-0,86*	-0,50*
I_{1630}/I_{2920}	0,80*	-0,54*	0,82*	0,51*

A variação da composição química da MOS no perfil do LB em função do sistema de manejo está representada no gráfico biplot (Figura 7). Até 20 cm de profundidade, a MOS sob mata nativa mostrou ser composta principalmente por estruturas tipo carboidrato (polissacarídeo), com menores contribuições de grupamentos carboxílicos e aromáticos e baixos valores de I_{FIL} e I_{1630}/I_{2920} do que a subsuperfície deste ambiente. Comportamento semelhante foi observado para a MOS sob PD, a qual foi menos alifática e mais lábil (maior

amostras de solo sob mata nativa e sob PD ao longo dos eixos permite inferir que o uso do solo sob PD por 30 anos tende a recuperar não somente os teores e estoques originais de carbono de área anteriormente cultivada sob PC, mas também a composição química da MOS do Latossolo Bruno.

Para o LV, a análise de componentes principais resultou em 80,4% da variância total explicada pelos dois primeiros componentes principais, cujos autovalores foram superiores a 1 (Tabela 11). Todas as variáveis, exceto o I_{FIL} e o IR_{2920} , apresentaram seus maiores coeficientes de correlação com o CP 1 e apenas o IR_{1070} se correlacionou negativamente com este componente. A correlação do IR_{2920} com o CP 2 foi elevada e negativa e o I_{FIL} não se correlacionou com nenhum dos componentes.

O Latossolo Vermelho sob mata nativa mostrou maior contribuição das cadeias alifáticas homogêneas até 5 cm e, de 5 a 20 cm, ocorreu redução na contribuição dessas estruturas com concomitante aumento das estruturas tipo polissacarídeo (Figura 8). A partir dos 20 cm, a MOS pode ser considerada mais aromática e oxidada, visto que os escores referentes à subsuperfície do Latossolo Vermelho sob mata nativa encontram-se à direita do gráfico biplot (Figura 8), juntamente com as variáveis IR_{1720} e I_{1630}/I_{2920} .

Os sistemas agrícolas apresentaram mesma tendência observada para solo sob mata nativa. No entanto, a MOS sob PD principalmente até 5 cm foi mais alifática e com maior presença de estruturas tipo carboidrato do que sob PC, indicando que, assim como no LB, há preservação de estruturas lábeis quando da adoção do sistema conservacionista de manejo do solo.

Em geral, os efeitos do sistema de manejo na composição química da MOS foram mais pronunciados no LB. Possivelmente isso seja devido ao fato que este solo se localiza em uma região de temperaturas mais amenas e precipitações mais homogêneas distribuídas no decorrer do ano, o que favorece o acúmulo de carbono e a preservação de substâncias lábeis. Já no LV, as condições climáticas intensificam a decomposição da MOS.

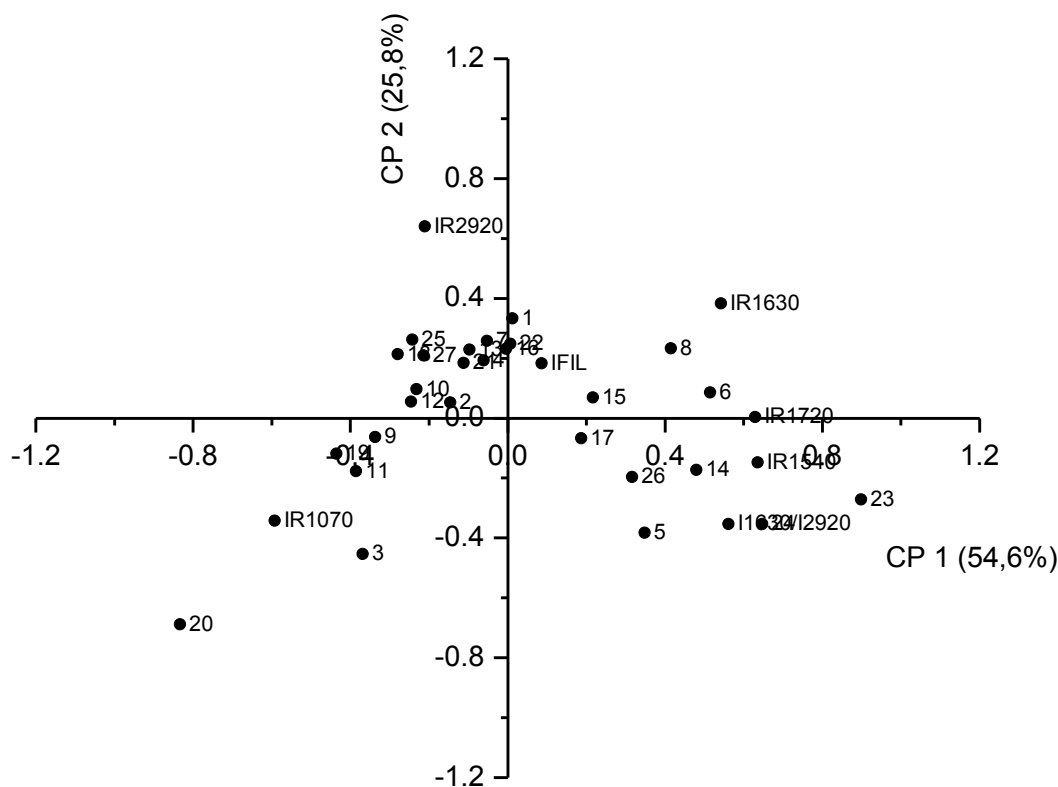


Figura 8. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica do perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = Mata 0-2,5 cm, 2 = Mata 2,5-5 cm, 3 = Mata 5-10 cm, 4 = Mata 10-20 cm, 5 = Mata 20-30 cm, 6 = Mata = 30-40 cm, 7 = Mata 40-60 cm, 8 = Mata 60-80 cm, 9 = Mata 80-100 cm, 10 = PD 0-2,5 cm, 11 = PD 2,5-5 cm, 12 = PD 5-10 cm, 13 = PD 10-20 cm, 14 = PD 20-30 cm, 15 = PD = 30-40 cm, 16 = PD 40-60 cm, 17 = PD 60-80 cm, 18 = PD 80-100 cm, 19 = PC 0-2,5 cm, 20 = PC 2,5-5 cm, 21 = PC 5-10 cm, 22 = PC 10-20 cm, 23 = PC 20-30 cm, 24 = PC = 30-40 cm, 25 = PC 40-60 cm, 26 = PC 60-80 cm, 27 = PC 80-100 cm.

5.1.3.3. Superfície específica no perfil do solo

A superfície específica do solo, determinada por adsorção de N_2 ($SE-N_2$) do LB sob mata variou de 33,5 a 53,2 $m^2 g^{-1}$, de 48,2 a 74,0 $m^2 g^{-1}$ sob PD e de 44,8 a 75,4 $m^2 g^{-1}$ sob PC (Tabela 12). Em todos os ambientes do LB, foi verificada correlação negativa entre a $SE-N_2$ e o teor de carbono no solo e os coeficientes variaram de $-0,90$ a $-0,98$. Kaiser e Guggenberger (2003) também verificaram a diminuição da superfície específica determinada por adsorção de N_2 em função do aumento do teor de carbono no solo.

Tabela 12. Superfície específica (SE) determinada por adsorção de nitrogênio (SE-N₂) e de água (SE-H₂O), coeficiente de correlação (r) entre a superfície específica obtida por N₂ e o teor de carbono (g kg⁻¹) e variação da SE (Δ_{SE}) determinada pelos dois métodos.

Solo	Sistema	Profundidade (cm)	SE-N ₂ m ² g ⁻¹	r Se N ₂ x C	SE-H ₂ O ----- m ² g ⁻¹ -----	Δ_{SE}
LB	Mata	0 – 2,5	33,5	- 0,94	108,0±10,2	74,5
		2,5 – 5	47,3		126,4±5,1	79,1
		5 – 10	43,9			
		10 – 20	47,6			
		40 – 60	56,2			
		80 – 100	53,2			
	PD	0 – 2,5	48,2	- 0,90	152,1±4,3	103,9
		2,5 – 5	51,6		151,2± 3,6	99,6
		5 – 10	58,4			
		10 – 20	65,7			
		40 – 60	74,0			
		80 – 100	67,0			
	PC	0 – 2,5	62,6	- 0,98	135,4±3,6	72,8
		2,5 – 5	62,5		124,2±18,3	61,7
		5 – 10	60,9			
		10 – 20	61,3			
		40 – 60	75,4			
		80 – 100	44,8			
LV	Mata	0 – 2,5	32,5	- 0,90	116,1±9,4	83,6
		2,5 – 5	32,6		119,9±3,6	87,3
		5 – 10	41,4			
		10 – 20	54,8			
		40 – 60	54,6			
		80 – 100	29,4			
	PD	0 – 2,5	39,1	- 0,93	112,0±10,7	72,8
		2,5 – 5	40,0		72,2±2,8	32,2
		5 – 10	39,1			
		10 – 20	41,8			
		40 – 60	48,2			
		80 – 100	51,1			
	PC	0 – 2,5	37,7	- 0,76	106,9±7,1	69,2
		2,5 – 5	38,5		92,7±12,5	54,2
		5 – 10	31,7			
		10 – 20	29,3			
		40 – 60	48,8			
		80 – 100	30,6			

Uma possível explicação para esse comportamento é o recobrimento da superfície mineral e preenchimento dos microporos com MOS, limitando a acessibilidade do N₂ à superfície mineral. Além disso, a auto-

associação da MOS pode promover a inacessibilidade da superfície mineral pelo N_2 , uma vez que a formação das zonas de interação dos grupos orgânicos pode intensificar o recobrimento da superfície mineral, impedindo a difusão do N_2 sobre tal superfície. Esta hipótese pode ser suportada pela observação de menor SE- N_2 do LB sob PD em comparação a SE- N_2 sob PC e maior estoque de carbono sob PD até 5 cm de profundidade. No LV, tal comportamento não foi observado o que pode estar relacionado à menor influência do sistema de manejo sobre o estoque de carbono no LV quando comparado ao LB.

A superfície específica determinada por adsorção de água (SE- H_2O) nas duas primeiras camadas do LB variou de 108 a 126 $m^2 g^{-1}$, de 152 a 151 $m^2 g^{-1}$ sob PD e de 135 a 124 $m^2 g^{-1}$ sob PC e foi sempre maior aos valores observados para SE- N_2 . Maior diferença entre os métodos para o LB foi verificada sob PD em ambas as camadas de solo analisadas. Uma possível explicação para esse comportamento seria que, sob PD, o não revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos, associados à qualidade da MOS neste sistema, favoreceriam o acúmulo MOS estruturada sob forma de grandes micelas. Estas impediriam que o N_2 alcançasse os sítios da fração mineral do solo. A interação organomineral também pode ser um fator importante na verificação desse comportamento (Kaiser e Guggenberger, 2003), uma vez que os complexos organominerais também podem tornar os sítios de sorção inacessíveis pelo N_2 .

A SE- N_2 do LV variou de 29 a 55 $m^2 g^{-1}$ sob mata, de 39 a 51 $m^2 g^{-1}$ sob PD e de 29 a 49 $m^2 g^{-1}$ sob PC (Tabela 12) e o coeficiente de correlação desta variável com o teor de carbono foi negativo para os três ambientes, variando de - 0,76 a - 0,93.

Assim como observado no LB, a SE- H_2O até 5 cm foi superior aos valores encontrados para a SE- N_2 e variou de 119,9 a 116,1 $m^2 g^{-1}$ sob mata, de 112,0 a 72,2 $m^2 g^{-1}$ sob PD e de 106,9 a 92,7 $m^2 g^{-1}$ sob PC. A maior diferença entre os métodos (Δ_{SE}) foi observada para a mata nativa, sugerindo que a qualidade do material vegetal influencia a preservação de MOS nos diferentes ambientes.

Em geral, a superfície específica das amostras do LB, independente do método, foi maior do que no LV, sugerindo que a interação da MOS com a fração mineral depende do tipo de mineral presente no solo (Mikutta et al.,

2007, Mikutta e Kaiser, 2011). Assim, solos constituídos por minerais com maior superfície específica, como é o caso do LB, apresentam maior área reativa e, portanto, maior capacidade de formação de interações organominerais, diminuindo a SE. Kaiser e Guggenberger (2003) sugerem que, em maiores concentrações de MOS, como é o caso do LB, a SE pode ser elevada devido à formação de multicamadas orgânicas em decorrência de interações hidrofóbicas e de pontes de cátions entre os grupos ligantes da MOS sorvida e moléculas orgânicas em solução, ao invés de estar diretamente associada à matriz mineral.

5.1.3.4. Teor e estoque de C nos compartimentos físicos densimétricos

5.1.3.4.1. Latossolo Bruno

Os compartimentos físicos do LB diferiram quanto ao teor de carbono em função do sistema de manejo (Tabela 13). O teor de C da FLL na camada de 0 a 5 cm foi maior no PD do que no PC enquanto que, na camada de 5 a 10 cm de profundidade, não diferiu entre os sistemas de manejo e, na camada de 10 a 20 cm, foi maior em PC. Estes resultados são coerentes com a atividade agrícola realizada em cada sistema de manejo do solo e corroboram resultados anteriormente obtidos por Conceição (2006) e Campos et al. (2011). No PD, a manutenção dos resíduos em superfície proporciona um aumento na quantidade de FLL, principalmente em superfície, enquanto que no PC, o revolvimento incorpora os resíduos até 20 cm de profundidade.

A FLO e a FP apresentaram diferença no teor de C entre os sistemas apenas na camada superficial (0 a 5 cm), sendo a maior concentração encontrada no PD. Este resultado é decorrente da melhor agregação sob o sistema conservacionista que promove proteção física da MOS inter e intra-agregados (Boeni, 2007, Conceição, 2006; Conceição et al., 2008).

Tabela 13. Teor de carbono orgânico dos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	Fração física	Carbono orgânico		
		MATA	PD	PC
		-----g kg _{solo} ⁻¹ -----		
0 - 5	FLL	17,4	5,9 aA	1,1 bA
	FLO	18,2	10,4 aA	4,1 bA
	FP	36,1	39,6 aA	34,7 bA
5 - 10	FLL	1,4	0,5 aB	0,6 aA
	FLO	10,3	3,5 aB	3,4 aA
	FP	31,2	37,3 aAB	31,4 aA
10 - 20	FLL	0,6	0,3 bB	0,7 aA
	FLO	7,0	2,3 aB	4,0 aA
	FP	29,2	34,1 aB	34,3 aA

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade e letras maiúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre profundidades para cada tratamento.

Até a profundidade de 10 cm do solo sob PD, ocorreu decréscimo do teor de C nas FLL e FLO, enquanto que na FP decresceu gradualmente até 20 cm (Tabela 13). Já no solo sob PC, a concentração de carbono nas frações não variou em profundidade, o que é decorrente deste manejo de solo.

Quanto aos estoques de C, todas as frações apresentaram maiores valores sob PD em comparação ao PC na camada de 0-5 cm (Tabela 14). De 5 a 10 cm, não foram detectadas diferenças entre os sistemas, enquanto que, na camada de 10-20 cm, os estoques de C foram maiores sob PC. Estes resultados mostram que o PD promove maior acúmulo de C em todos os compartimentos físicos densimétricos, enquanto que, sob PC, o revolvimento do solo proporciona uma redistribuição da MOS das frações leves para camadas mais profundas.

Incremento nos estoques de C nas frações leves (FLL e FLO) da camada superficial (0 a 5 cm), promovido pelo PD também foi observado por Boeni (2007), Tomazi (2008) e Dieckow et al. (2009) em Latossolos tropicais e subtropicais.

Tabela 14. Estoque de carbono nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	Fração física	Estoque de carbono		
		MATA	PD	PC
-----Mg ha ⁻¹ -----				
0 - 5	FLL	6,6	2,2 a	0,4 b
	FLO	6,9	4,0 a	1,6 b
	FP	13,6	15,1 a	13,2 b
	Solo*	27,1	21,3 a	15,2 b
5 – 10	FLL	0,6	0,2 a	0,2 a
	FLO	4,2	1,6 a	1,4 a
	FP	12,6	15,1 a	14,3 a
	Solo*	17,5	16,9 a	15,9 a
10 - 20	FLL	0,5	0,3 b	0,6 a
	FLO	5,8	2,0 b	3,4 a
	FP	24,6	29,0 a	29,2 a
	Solo*	31,0	31,2 a	33,2 a

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade. * Estoque de carbono calculado para o solo inteiro com base na determinação de COT em amostras de agregados < 9,51 mm.

A conversão de mata nativa para solo agrícola resultou em perda de carbono nas frações leves, até 10 cm de profundidade, confirmando os resultados obtidos por Rangel e Silva (2007), Tomazi (2008) e Frazão et al. (2010). No entanto, o acúmulo de C na FP tende a ser comparativamente maior no solo sob uso agrícola e esse efeito é mais pronunciado em profundidade. Por outro lado, quando avaliada a contribuição proporcional de cada fração para o estoque de C no solo, foi verificado que o incremento de C ocorrido na FLL e na FLO na camada de 0-5 cm em função da adoção do sistema conservacionista é maior do que o ocorrido na FP (Figura 9). Enquanto, o C estocado nas frações leves sob PD correspondeu a 29% do C do solo, sob PC esta contribuição foi de 13%.

Em profundidade, a contribuição das frações leves para o armazenamento de carbono no solo diminuiu. Na camada de 5 – 10 cm, não há diferença na contribuição dos compartimentos físicos para o carbono total sob PD e PC. Já na camada de 10 – 20 cm, o comportamento é invertido, em virtude da incorporação de resíduos nesta camada sob PC, que aumenta a contribuição das frações leves (15% sob PC e 10% sob PD). Estes resultados corroboram estudos anteriores (Salton et al., 2011) que indicaram serem as

frações leves os compartimentos de C no solo que apresentaram maior sensibilidade à modificação do manejo do solo. A relevante contribuição da fração pesada (Figura 9), independente do sistema de manejo, comprova a importância da interação organomineral para o estoque de carbono, em virtude do longo tempo de ciclagem do carbono neste compartimento, conforme já observado por Conceição (2006), Basile-Doelsch et al. (2009) e Campos et al. (2011) em Latossolos.

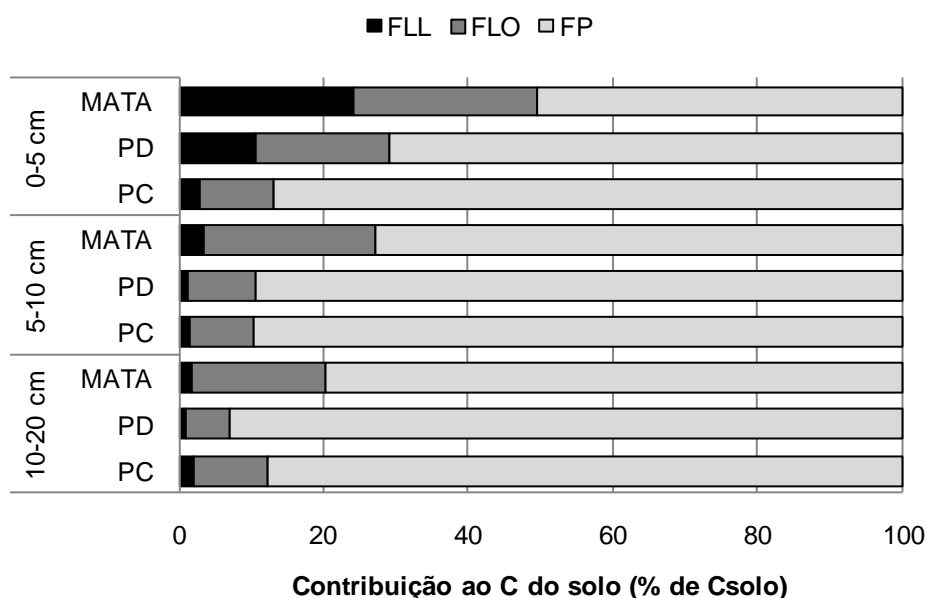


Figura 9. Contribuição das frações físicas para o estoque de carbono no Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo.

5.1.3.4.2. Latossolo Vermelho

O fracionamento densimétrico do Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional foi realizado por Conceição (2006) e os dados da análise encontram-se no Apêndice 6 do referido trabalho. Os compartimentos físicos não diferiram quanto ao teor de carbono em função do sistema de manejo em todas as profundidades estudadas (Tabela 15).

Em comparação com o solo sob mata nativa, os teores de carbono do solo sob uso agrícola foram inferiores, apresentando, em média, redução de 72%, 60% e 51% do teor de carbono na FLL, FLO e FP respectivamente na camada de 0-5 cm. De 5-10 cm, o decréscimo no teor de carbono em função do uso agrícola foi de 57% na FLL, de 46% na FLO e de 32% na FP. Na camada de 10-20 cm, a redução do teor de carbono foi de 76% na FLL, de 35%

na FLO e de 19% na FP. Isto mostra que o uso do LV para fins agrícolas resultou na intensificação da mineralização de carbono em todos os compartimentos físicos.

Tabela 15. Teor de carbono orgânico dos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	Fração física	Carbono orgânico		
		MATA	PD	PC
		----- g kg _{solo} ⁻¹ -----		
0 - 5	FLL	8,4	1,1 aA	1,5 aA
	FLO	15,3	6,9 aA	5,4 aA
	FP	36,0	19,3 aA	15,7 aA
5 - 10	FLL	0,9	0,3 aB	0,5 aA
	FLO	8,2	3,8 aB	5,1 aA
	FP	23,0	16,2 aB	15,3 aA
10 - 20	FLL	0,8	0,2 aB	0,2 aA
	FLO	4,3	2,6 aB	3,0 aB
	FP	17,6	14,6 aB	13,9 aB

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade e letras maiúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre profundidades para cada tratamento.

Sob PD, a concentração de carbono foi maior em todos os compartimentos na camada de 0-5 cm comparativamente às concentrações nas outras camadas (Tabela 15). Tal comportamento era esperado, visto que os resíduos das culturas são mantidos na superfície do solo aumentando conseqüentemente o teor do elemento nos primeiros 5 cm do perfil do solo. Sob PC, diferenças em profundidade foram observadas apenas para a FLO e para a FP que apresentaram menores teores de carbono na camada de 10-20 cm.

O estoque de carbono na FLL variou de 0,5 a 3,4 Mg ha⁻¹ sob mata nativa, de 0,1 a 0,4 Mg ha⁻¹ sob PD e de 0,2 a 0,6 Mg ha⁻¹ sob PC (Tabela 16). Na FLO, a variação foi de 4,5 a 6,1 Mg ha⁻¹ sob mata nativa, de 2,1 a 2,8 Mg ha⁻¹ sob PD e de 2,2 a 3,2 Mg ha⁻¹ sob PC. A FP variou de 12,6 a 19,0 Mg ha⁻¹ sob mata nativa, de 7,7 a 15,7 Mg ha⁻¹ sob PD e de 6,3 a 15,0 Mg ha⁻¹ sob PC (Tabela 16). Não foram verificadas diferenças entre os estoques de carbono nos compartimentos físicos em função do manejo do solo. Considerando-se que a influência do sistema de manejo no estoque de carbono do solo no LV foi observada apenas na camada de 0-2,5 cm (item 5.1.3.1), o fato de não haver

sido detectada diferença nos estoques de C nos compartimentos físicos da camada de 0 – 5 cm se deva a um efeito de diluição da camada de 2,5 – 5 cm. Em relação ao uso, o estoque de carbono do LV sob uso agrícola em todos os compartimentos foi menor em comparação à mata nativa.

Tabela 16. Estoque de carbono nos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	Fração física	Estoque de carbono		
		MATA	PD	PC
		----- Mg ha ⁻¹ -----		
0 - 5	FLL	3,4	0,4 a	0,6 a
	FLO	6,1	2,8 a	2,2 a
	FP	14,4	7,7 a	6,3 a
	Solo*	23,9	10,9 a	9,0 a
5 – 10	FLL	0,5	0,1 a	0,3 a
	FLO	4,5	2,1 a	2,8 a
	FP	12,6	8,9 a	8,4 a
	Solo*	17,6	11,1 a	11,5 a
10 - 20	FLL	0,8	0,2 a	0,2 a
	FLO	4,7	2,8 a	3,2 a
	FP	19,0	15,7 a	15,0 a
	Solo*	24,4	18,7 a	18,4 a

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade. * Estoque de carbono calculado para o solo inteiro com base na determinação de COT em amostras de agregados < 9,51 mm.

Independente do sistema de manejo adotado, a contribuição do carbono da FLL para o carbono do solo foi de 3%, enquanto que a FLO contribuiu de 20 a 25% e a FP de 72 a 78% para o estoque total de carbono até 5 cm de profundidade no LV sob uso agrícola (Figura 10). Nas camadas de 5-10 cm e 10-20 cm, apenas a contribuição das frações leves foi alterada, sendo a FLL responsável por 1 a 2% e a FLO por 15 a 25% do carbono do solo. A FP manteve a contribuição de 70 a 80% do estoque de C do solo verificada na camada superficial.

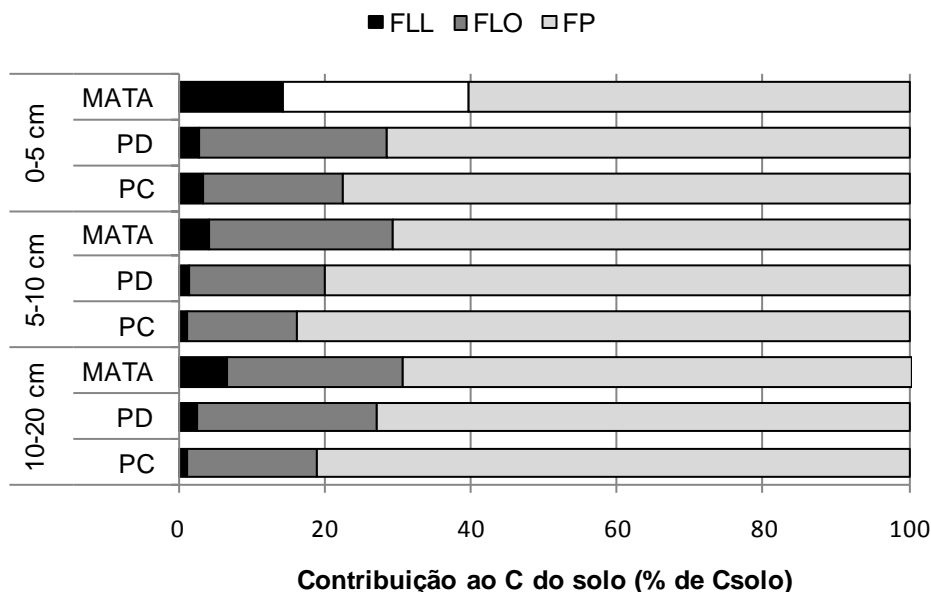


Figura 10. Contribuição das frações físicas para o estoque de carbono no Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.

5.1.3.5. Composição química da MOS nos compartimentos físicos densimétricos

5.1.3.5.1. Índices de fluorescência (I_{FIL})

Na camada de 0-5 cm, a MOS dos três compartimentos físicos do LB sob PC apresentou valores de I_{FIL} superiores aos verificados sob PD (Tabela 17). Esses resultados mostram que nesses três compartimentos sob PC a MOS é mais rica em estruturas aromática do que sob PD.

Nas camadas de 5-10 cm e de 10-20 cm, os valores de I_{FIL} das duas frações leves foram maiores sob PD. Os solos sob uso agrícola apresentaram menores valores de I_{FIL} , em relação à mata nativa, apenas na FLL, o que pode ser devido à diferença na composição química dos resíduos vegetais nos diferentes usos do solo.

Esses resultados mostram que o efeito do PD na qualidade da MOS se manifestou principalmente na camada de 0 a 5 cm em todas as frações físicas. Sob PD, a FLL, por ser mais abundante, é menos alterada que em PC. Na FLO e na FP os mecanismos de estabilização física e coloidal da MOS são mais eficientes em PD do que em PC, diminuindo a taxa de mineralização de carbono sob sistema conservacionista. Segundo Dieckow et al. (2009), a proteção física e a interação organo-mineral são os mecanismos responsáveis pelo acúmulo de carbono potencialmente mais lábil.

Quanto à variação do I_{FIL} de cada compartimento nos dois sistemas de manejo em função da profundidade (Tabela 17), exceto para a FLO, foram observados maiores valores nas camadas mais profundas, indicando aumento relativo da aromaticidade da MOS.

Tabela 17. Índice de fluorescência (I_{FIL}) nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo

Profundidade (cm)	Fração física	I_{FIL}		
		MATA	PD	PC
		----- u.a. -----		
0-5	FLL	387	517 bC	712 aC
	FLO	738	341 bB	592 aA
	FP	1774	1590 bC	2077 aA
5-10	FLL	449	936 aA	810 bB
	FLO	1068	506 aA	429 bB
	FP	2343	1893 aB	1990 aA
10-20	FLL	438	815 bB	914 aA
	FLO	1269	566 aA	333 bC
	FP	2491	2318 aA	2201 aA

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade e letras maiúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre profundidades para cada tratamento. u.a.= unidade arbitrária

No LV, não ocorreram diferenças nos valores de I_{FIL} dos compartimentos físicos da MOS em função dos sistemas de manejo (Tabela 18). Uma possível explicação para tal comportamento é a maior intensidade da mineralização de carbono no LV em função das condições climáticas mais drásticas da região, que dificulta a manifestação do efeito do sistema conservacionista de manejo sobre a composição da MOS.

Também não foram verificadas diferenças nos valores de I_{FIL} dos compartimentos físicos de cada sistema de manejo em profundidade, com exceção da FLL sob PC. Para esta fração, o I_{FIL} aumentou em profundidade (Tabela 18). Os resultados indicam que apenas a FLL foi afetada pelo sistema de manejo, ocorrendo aumento da sua aromaticidade em profundidade.

Tabela 18. Índice de fluorescência (I_{FIL}) nos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo.

Profundidade (cm)	Fração física	I_{FIL}		
		MATA	PD	PC
		----- u.a. -----		
0-5	FLL	307	348 aA	309 aB
	FLO	267	258 aA	182 aA
	FP	1064	1456 aA	1909 aA
5-10	FLL	361	390 aA	335 aB
	FLO	207	180 aA	145 aA
	FP	1981	2180 aA	2594 aA
10-20	FLL	618	621 aA	800 aA
	FLO	198	197 aA	226 aA
	FP	1981	1817 aA	2335 aA

Letras minúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre tratamentos para cada profundidade e letras maiúsculas são resultantes da comparação de médias, pelo teste de Tukey (10%), entre profundidades para cada tratamento. u.a.= unidade arbitrária

5.1.3.5.2. Composição elementar da matéria orgânica concentrada e índices de FTIR

No LB, entre as três frações físicas sob mata nativa na camada de 0-5 cm, a FP foi a que apresentou menor C/N_{HF} e menor recuperação de massa pós desmineralização (Tabela 19). Isso o que é devido à elevada proporção de fração inorgânica neste compartimento (Dick et al., 2011). No entanto, a recuperação de carbono na FP foi semelhante à encontrada na FLL e FLO. Maiores valores de C/N_{HF} foram obtidos na FLL, o que já era esperado visto que a FLL é o compartimento menos decomposto e mais recentemente adicionado ao solo em comparação à FLO e à FP. Em geral, a relação C/N_{HF} da FP e do solo inteiro se manteve uniforme até 20 cm. Porém, as recuperações de massa (M_R) e de carbono (C_R) diminuíram até a camada de 10 a 20 cm.

Sob PD, a FP apresentou menores recuperações de massa e de carbono em relação às frações leves na camada de 0-5 cm, as quais decresceram em profundidade. O preparo convencional do solo também resultou em FP com menor recuperação de massa e de C, porém os valores não variaram em profundidade.

Tabela 19. Teor e recuperação de carbono e relação C/N no nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo após tratamento com HF 10%.

Sistema	Fração/Solo	Profundidade (cm)	C/N _{HF}	M _R	C _R
			----- % -----		
MATA	FLL	0-5	15,7	54,5	87,3
	FLO	0-5	12,5	23,6	80,1
	FP	0-5	9,7	21,4	89,3
	Solo	0-5	12,3	11,1	57,0
	FP	5-10	9,3	18,7	81,8
	Solo	5-10	10,8	6,2	41,9
	FP	10-20	9,9	16,6	70,0
	Solo	10-20	11,2	5,2	36,3
	PD	FLL	0-5	15,5	49,3
FLO		0-5	12,1	71,2	97,3
FP		0-5	15,0	6,1	68,8
Solo		0-5	13,1	6,3	38,0
FP		5-10	12,4	5,2	38,8
Solo		5-10	13,1	6,1	41,6
FP		10-20	13,6	4,5	33,1
Solo		10-20	15,2	5,8	41,0
PC		FLL	0-5	19,4	18,1
	FLO	0-5	16,0	24,4	70,6
	FP	0-5	12,8	5,0	34,7
	Solo	0-5	14,5	5,5	40,0
	FP	5-10	12,7	4,7	32,8
	Solo	5-10	14,4	5,4	37,2
	FP	10-20	12,6	4,8	35,2
	Solo	10-20	14,4	5,4	38,5

A maior recuperação de C da FP na camada de 0-5 cm sob PD do que sob PC pode ser um indicativo de ocorrência de auto-associação de grupamentos orgânicos da MOS sob PD, enquanto que, sob PC, a contribuição da interação organomineral é relativamente maior.

No LV sob mata nativa, as três frações da camada de 0-5 cm apresentaram menor valor de C/N_{HF} em comparação aos demais ambientes (Tabela 20). Este resultado pode ser decorrente da diferença na composição química da vegetação da mata nativa e das culturas utilizadas no experimento. Resultados semelhante foram observados por Quénéa et al. (2006) e Buurman e Roscoe (2011).

Tabela 20. Teor e recuperação de carbono e relação C/N no nos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo após tratamento com HF 10%.

Sistema	Fração/Solo	Profundidade (cm)	C/N _{HF}	M _R	C _R
			----- % -----		
MATA	FLL	0-5	11,1	27,9	55,2
	FLO	0-5	11,5	37,0	53,0
	FP	0-5	8,8	10,9	60,2
	Solo	0-5	8,9	7,5	45,2
	FP	5-10	8,0	7,0	50,0
	Solo	5-10	8,9	7,3	57,7
	FP	10-20	8,2	4,7	36,1
	Solo	10-20	14,3	6,8	72,8
PD	FLL	0-5	15,8	24,2	51,1
	FLO	0-5	16,6	44,5	67,6
	FP	0-5	10,3	5,2	48,4
	Solo	0-5	11,5	5,9	54,9
	FP	5-10	10,4	4,7	47,3
	Solo	5-10	11,8	5,1	53,9
	FP	10-20	10,5	3,8	37,3
	Solo	10-20	12,7	4,4	42,8
PC	FLL	0-5	20,8	25,8	44,9
	FLO	0-5	19,2	33,1	55,0
	FP	0-5	10,6	4,4	44,9
	Solo	0-5	12,3	5,1	52,9
	FP	5-10	10,3	4,3	44,6
	Solo	5-10	12,6	4,5	52,0
	FP	10-20	10,6	3,6	37,2
	Solo	10-20	13,0	4,2	47,7

O padrão de espectro de FTIR da MOS nos compartimentos físicos do LB (Figuras 11, 12 e 13) foi semelhante ao observado para o perfil do solo inteiro (Figuras 1, 2 e 3) e as atribuições constam no item 5.1.3.2.2.

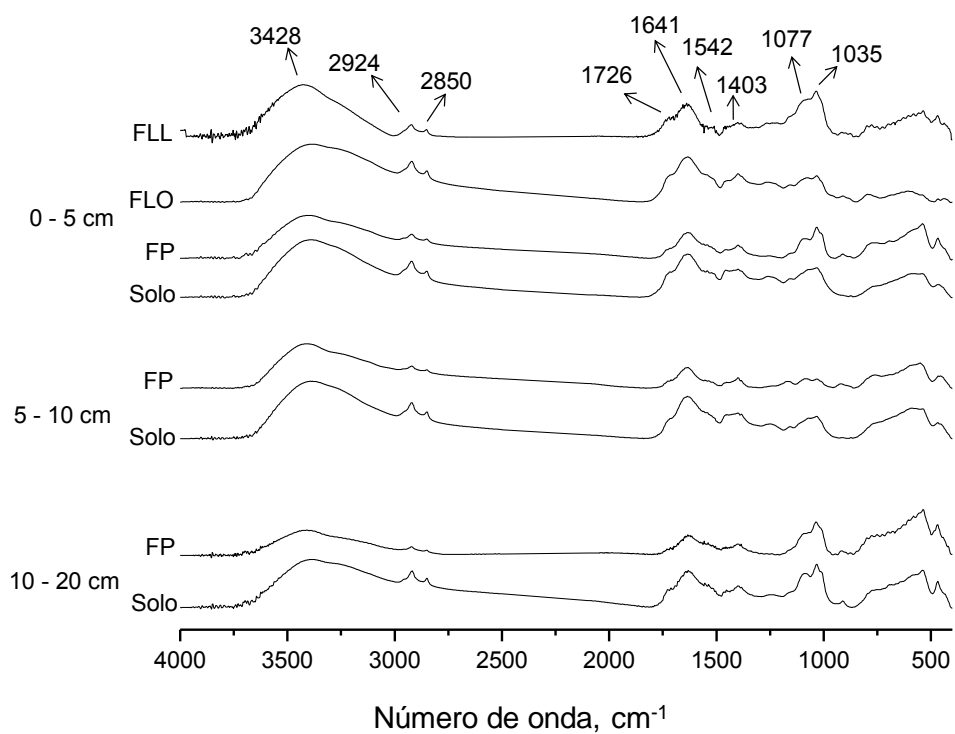


Figura 11. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Bruno sob mata nativa.

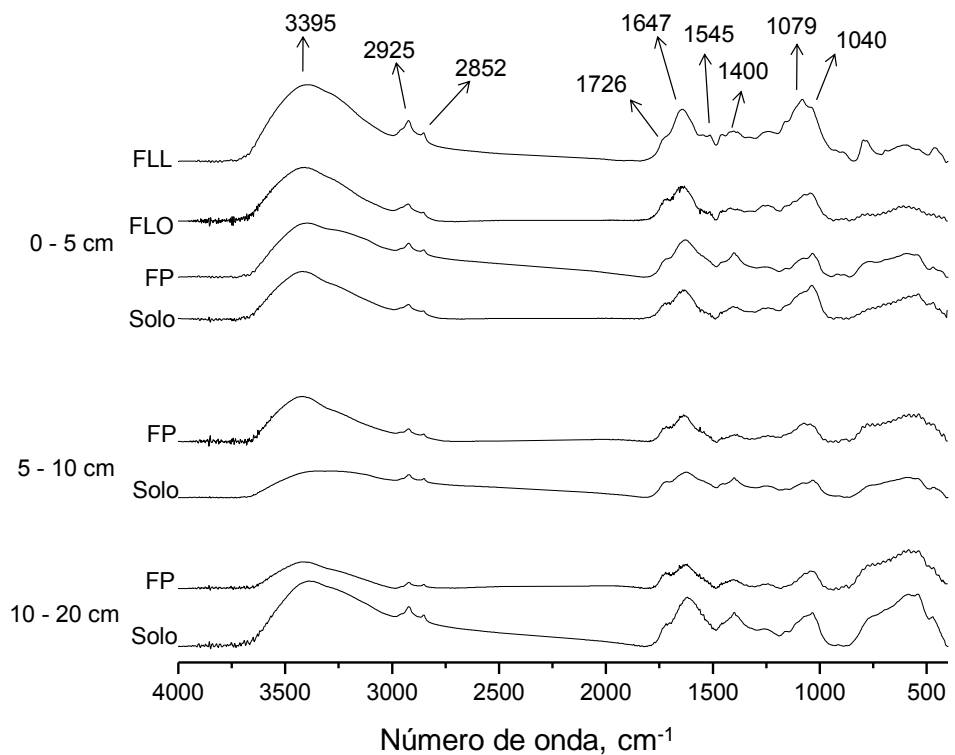


Figura 12. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Bruno sob plantio direto.

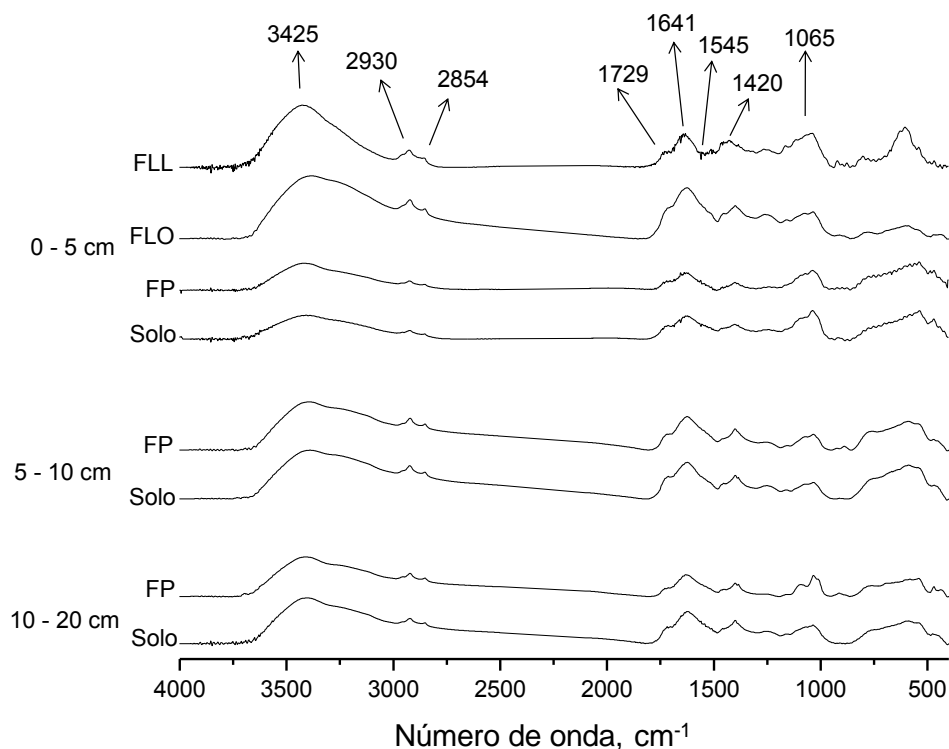


Figura 13. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Bruno sob preparo convencional.

As intensidades relativas calculadas para a MOS dos compartimentos físicos encontram-se na Tabela 21. As intensidades nas frações leves (FLL e FLO) do LB variaram de 15 a 27% para IR_{2920} , 4 a 10% para IR_{1720} , 25 a 34% para IR_{1630} , 3 a 9% para IR_{1540} e de 28 a 45% para IR_{1070} . A variação de I_{1630}/I_{2920} foi de 1,1 a 2,1. Para a fração pesada e solo inteiro, as amplitudes foram de 9 a 27% para IR_{2920} , 4 a 19% para IR_{1720} , 22 a 44% para IR_{1630} , 2 a 10% para IR_{1540} , de 25 a 60% para IR_{1070} e de 1,1 a 2,3 para o I_{1630}/I_{2920} .

As bandas de absorção obtidas nos espectros de FTIR dos compartimentos físicos do LV sob os diferentes sistemas de manejo (Figuras 14, 15 e 16) foram semelhantes às descritas anteriormente neste estudo (item 5.1.3.2.2).

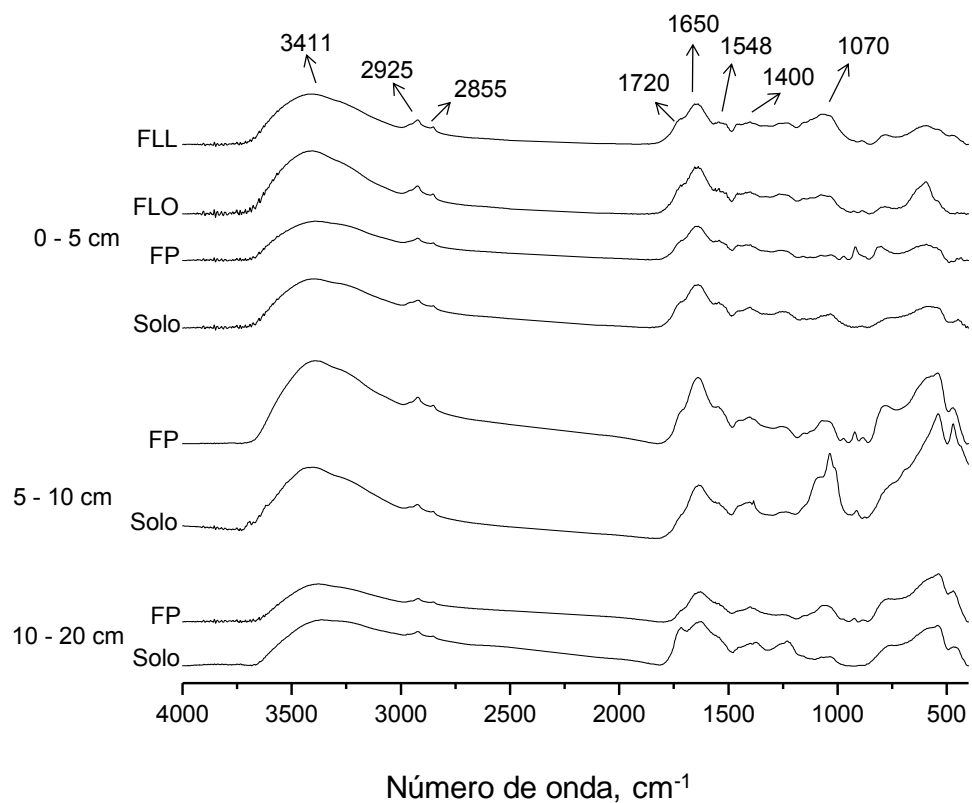


Figura 14. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Vermelho sob mata nativa.

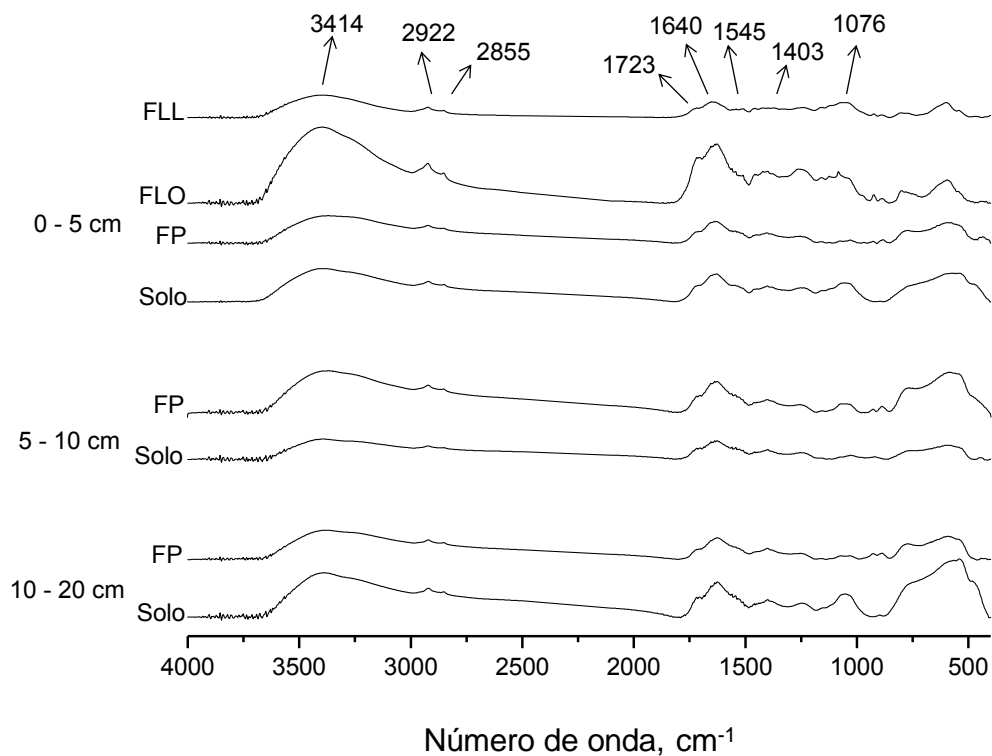


Figura 15. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.

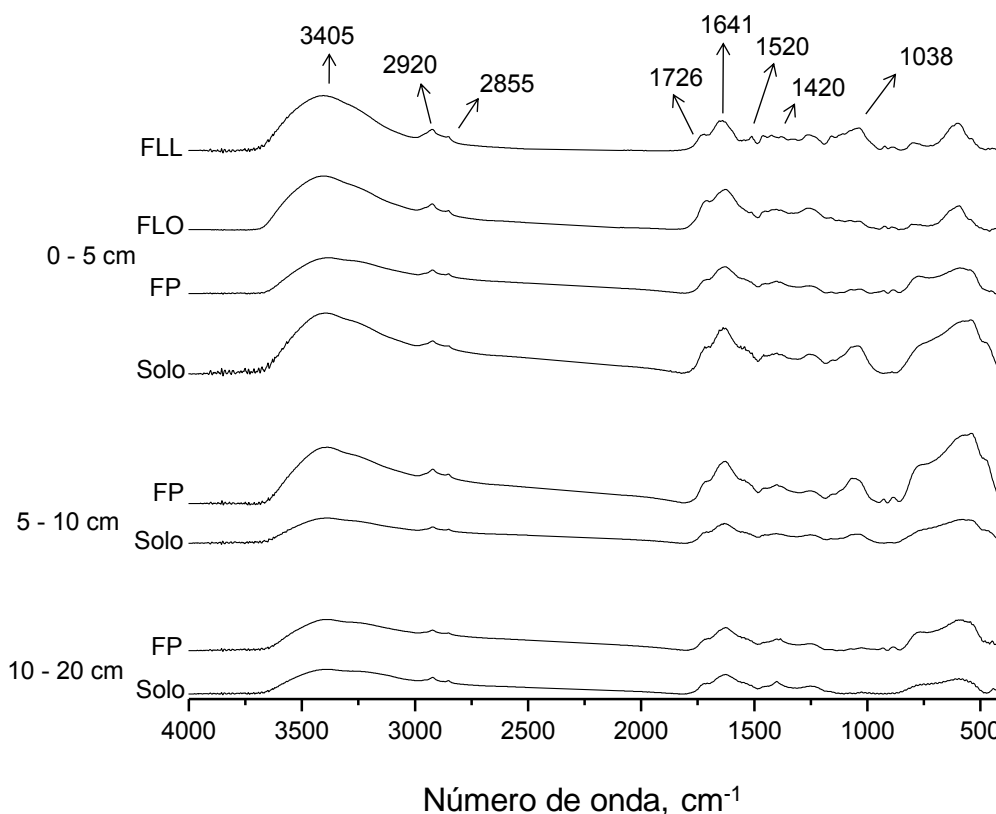


Figura 16. Espectros de FTIR da MOS_{HF} nas frações leve livre, leve oclusa e pesada de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional.

Os espectros de FTIR dos compartimentos físicos do Latossolo Vermelho, assim como os do Latossolo Bruno, apresentaram diferença entre os sistemas apenas com relação às intensidades relativas das bandas de absorção. Na fração leve (FLL e FLO), o IR_{2920} variou de 18 a 25%, IR_{1720} de 6 a 18%, IR_{1630} de 29 a 42%, IR_{1540} de 5 a 12%, IR_{1070} de 11 a 36% e I_{1630}/I_{2920} de 1,5 a 1,8. Para a fração pesada e solo inteiro, as amplitudes foram de 11 a 22% para IR_{2920} , 4 a 30% para IR_{1720} , 29 a 47% para IR_{1630} , 5 a 17% para IR_{1540} , de 9 a 37% para IR_{1070} e de 2,9 a 3,9 para o I_{1630}/I_{2920} (Tabela 22).

Tabela 21. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

Sistema	Profundidade (cm)	Fração/Solo	Intensidades (%)					I_{1630}/I_{2920}
			IR ₂₉₂₀	IR ₁₇₂₀	IR ₁₆₃₀	IR ₁₅₄₀	IR ₁₀₇₀	
Mata	0 – 5	FLL	15,5±3,9	6,3±1,3	24,9±0,7	8,0±2,5	45,3±0,6	1,7±0,5
		FLO	26,6±0,2	8,9±0,0	29,5±0,0	6,9±0,4	28,0±0,2	1,1±0,0
		FP	13,3±0,0	4,3±0,3	24,0±1,3	3,2±0,6	55,2±1,6	1,8±0,1
		Solo	27,4±0,2	8,7±0,9	29,3±0,7	5,7±0,0	28,9±1,8	1,1±0,0
	5 -10	FP	17,0±0,4	6,7±1,2	44,0±3,0	7,6±2,2	24,7±0,0	2,6±0,1
		Solo	26,8±1,0	6,5±0,5	30,3±2,5	5,4±1,2	31,0±1,8	1,1±0,1
	10 – 20	FP	8,6±0,8	4,3±0,1	21,8±1,0	5,8±0,1	59,5±1,8	2,5±0,1
		Solo	16,8±0,5	6,9±0,8	20,5±2,2	5,0±0,7	50,9±4,2	1,2±0,1
PD	0 – 5	FLL	18,3±1,8	3,5±0,4	26,7±0,6	6,7±0,6	44,8±2,2	1,5±0,2
		FLO	14,7±0,4	10,0±0,2	30,9±0,1	9,0±0,6	35,3±0,1	2,1±0,1
		FP	19,2±0,1	8,4±0,0	30,3±0,1	2,3±0,5	39,8±0,2	1,6±0,0
		Solo	12,8±0,1	8,2±0,3	28,9±0,7	5,8±0,6	44,3±0,1	2,3±0,0
	5 -10	FP	15,4±1,2	12,2±0,1	30,8±2,2	6,8±4,7	34,8±5,5	2,0±0,3
		Solo	20,9±0,2	12,2±0,6	24,7±0,9	3,8±1,4	38,3±0,8	1,2±0,0
	10 - 20	FP	12,0±1,6	19,0±4,5	27,1±1,3	9,9±2,3	32,0±6,6	2,3±0,4
		Solo	20,1±1,4	9,3±0,6	30,8±2,3	2,9±0,6	36,9±3,6	1,5±0,0
PC	0 – 5	FLL	16,0±1,1	8,9±0,2	27,3±2,4	8,3±1,5	39,5±3,0	1,7±0,3
		FLO	23,2±0,3	9,9±0,6	33,8±2,2	2,6±0,3	30,6±1,6	1,5±0,1
		FP	12,7±1,9	9,5±1,7	27,1±2,8	7,1±1,2	43,7±4,3	2,1±0,1
		Solo	10,2±1,2	9,9±0,3	22,1±0,6	4,2±0,8	53,5±0,6	2,2±0,3
	5 -10	FP	20,8±0,1	10,0±1,2	34,4±2,0	2,0±0,1	32,7±0,8	1,7±0,1
		Solo	20,8±1,8	13,7±1,0	31,3±0,8	3,8±1,0	30,4±0,6	1,5±0,1
	10 - 20	FP	16,2±0,4	5,9±0,4	24,1±5,1	1,7±0,3	52,1±5,5	1,5±0,3
		Solo	17,5±1,7	12,8±0,3	32,2±0,6	3,4±0,0	34,2±1,4	1,9±0,2

Tabela 22. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} nos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

Sistema	Profundidade (cm)	Fração/Solo	Intensidades (%)					I ₁₆₃₀ /I ₂₉₂₀	
			IR ₂₉₂₀	IR ₁₇₂₀	IR ₁₆₃₀	IR ₁₅₄₀	IR ₁₀₇₀		
Mata	0 – 5	FLL	18,1±0,2	6,2±0,4	30,0±0,7	10,0±0,2	35,7±0,1	1,7±0,1	
		FLO	21,2±0,9	9,4±2,6	38,0±0,8	11,9±1,5	19,5±4,3	1,8±0,1	
		FP	17,8±1,6	10,2±3,2	44,3±3,4	13,9±0,2	13,9±2,0	2,5±0,0	
		Solo	18,6±2,1	10,7±3,5	45,3±6,2	9,4±4,9	16,0±6,8	2,4±0,1	
	5 -10	FP	15,2±0,2	7,6±0,1	42,6±1,7	9,4±0,4	25,2±1,4	2,8±0,1	
		Solo	12,0±0,8	13,2±1,5	47,0±3,7	16,7±1,2	11,0±4,8	3,9±0,1	
	10 - 20	FP	14,4±0,2	4,3±0,0	38,3±2,0	7,1±0,3	36,0±1,4	2,7±0,2	
		Solo	14,9±1,4	29,7±5,9	32,7±3,9	7,7±0,6	15,0±0,0	2,2±0,1	
	PD	0 – 5	FLL	19,8±2,1	7,2±0,7	29,6±3,5	10,2±1,9	33,2±8,1	1,5±0,0
			FLO	20,3±0,2	16,8±3,1	31,6±0,6	6,5±1,5	24,8±2,4	1,6±0,0
			FP	17,8±1,6	12,4±0,1	43,5±2,3	12,0±2,4	14,3±1,3	2,4±0,1
			Solo	14,4±0,7	9,3±1,3	31,7±0,4	7,5±1,1	37,1±1,3	2,2±0,1
5 -10		FP	17,1±1,3	12,2±1,1	41,3±2,6	9,2±2,5	20,1±5,3	2,4±0,5	
		Solo	15,6±3,8	16,8±1,1	36,7±1,6	11,3±0,8	19,6±7,3	2,4±0,2	
10 - 20		FP	19,6±0,9	11,8±0,9	47,1±1,0	5,5±0,7	15,9±1,5	2,4±0,1	
		Solo	12,2±0,1	14,3±0,2	29,4±2,0	6,7±0,7	37,4±1,3	2,4±0,0	
PC		0 – 5	FLL	18,1±0,3	8,4±0,3	28,9±0,1	11,3±0,2	33,4±0,5	1,6±0,0
			FLO	24,7±0,5	17,6±1,3	41,5±0,8	5,1±1,1	11,1±1,0	1,7±0,0
			FP	22,3±0,6	12,0±0,9	43,9±1,4	6,3±0,1	15,5±1,2	2,0±0,0
			Solo	10,9±0,3	12,5±0,3	32,8±0,5	8,2±0,2	35,6±0,8	3,0±0,0
	5 -10	FP	15,5±0,1	11,0±2,4	35,3±2,5	7,6±2,9	30,6±7,9	2,3±0,2	
		Solo	17,7±0,5	12,8±0,4	36,3±2,4	6,9±2,7	26,4±0,4	2,1±0,2	
	10 - 20	FP	18,7±3,1	13,8±1,4	45,2±0,3	6,8±1,7	15,4±0,3	2,5±0,4	
		Solo	22,8±1,9	17,0±0,9	42,5±0,7	8,5±2,6	9,2±0,8	1,9±0,1	

5.1.3.5.3. Composição química da MOS avaliada por análise estatística multivariada

Os dois primeiros componentes principais da ACP para a composição da MOS nos compartimentos físicos do Latossolo Bruno

explicaram 70,6% da variância total (Tabela 23). As variáveis IR₁₆₃₀, IR₁₅₄₀, IR₁₀₇₀ e I₁₆₃₀/I₂₉₂₀ se correlacionaram com o CP 1, sendo que destas apenas o IR₁₀₇₀ revelou correlação negativa com o componente. Com o CP 2, o I_{FIL} apresentou correlação negativa e o IR₂₉₂₀, correlação positiva. O IR₁₇₂₀ não apresentou coeficiente de correlação significativo com os dois primeiros componentes principais.

Tabela 23. Coeficientes de correlação obtidos por análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica nos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno e de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Variáveis	Latossolo Bruno		Latossolo Vermelho	
	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
Autovalores	3,23	1,71	2,27	2,09
Porcentagem da variância total	46,1	24,5	32,4	29,8
	Correlações			
I _{FIL}	-0,32	-0,69*	0,47*	0,35
IR ₂₉₂₀	-0,24	0,88*	-0,13	0,94*
IR ₁₇₂₀	0,28	-0,33	0,28	0,35
IR ₁₆₃₀	0,86*	0,28	0,87*	0,29
IR ₁₅₄₀	0,89*	-0,03	0,31	-0,24
IR ₁₀₇₀	-0,87*	-0,28	-0,75*	-0,64*
I ₁₆₃₀ /I ₂₉₂₀	0,83	-0,44	0,74*	-0,63*

Para a mata nativa do LB, o mecanismo de proteção da MOS por oclusão resultou em enriquecimento de estruturas alifáticas e consequente diminuição no valor de I_{FIL} da FLO da camada de 0-5 cm quando comparada à FLL (Figura 17). Já a MOS da FP, nesta mesma camada, apresentou menor contribuição de cadeias alifáticas homogêneas do que a FLO. A composição química da MOS da FP apresentou incremento de estruturas tipo carboidratos em profundidade em detrimento da proporção de grupamentos aromáticos. O aumento das estruturas lábeis ao longo do perfil do solo pode estar associado à contribuição dos exudatos radiculares bem como à presença de compostos orgânicos provenientes da microbiota do solo. A proximidade entre os escores referentes à FP e ao solo inteiro, principalmente nas camadas de 0-5 e 10-20 cm evidencia a importante contribuição da matéria orgânica presente na FP para MOS total deste ambiente.

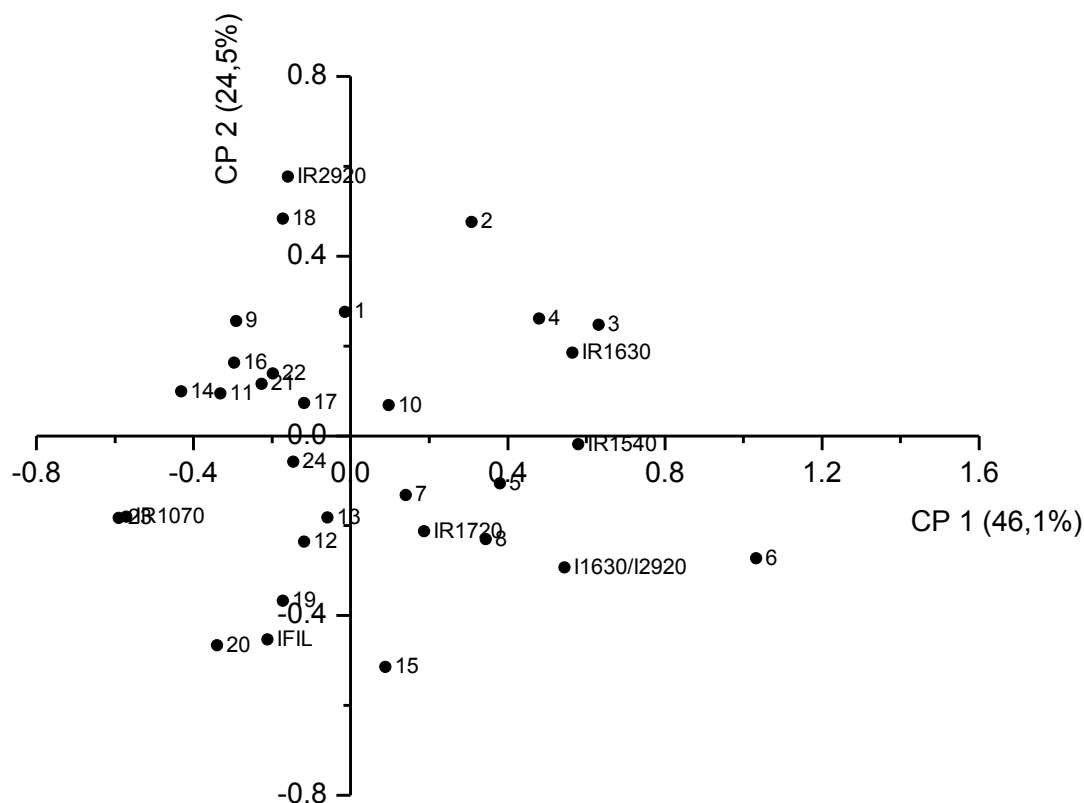


Figura 17. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica dos compartimentos físicos de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = FLL Mata 0-5 cm, 2 = FLO Mata 0-5 cm, 3 = FP Mata 0-5 cm, 4 = Solo Mata 0-5 cm, 5 = FP Mata 5-10 cm, 6 = Solo Mata 5-10 cm, 7 = FP Mata 10-20 cm, 8 = Solo Mata 10-20 cm, 9 = FLL PD 0-5 cm, 10 = FLO PD 0-5 cm, 11 = FP PD 0-5 cm, 12 = Solo PD 0-5 cm, 13 = FP PD 5-10 cm, 14 = Solo PD 5-10 cm, 15 = FP PD 10-20 cm, 16 = Solo PD 10-20 cm, 17 = FLL PC 0-5 cm, 18 = FLO PC 0-5 cm, 19 = FP PC 0-5 cm, 20 = Solo PC 0-5 cm, 21 = FP PC 5-10 cm, 22 = Solo PC 5-10 cm, 23 = FP PC 10-20 cm, 24 = Solo PC 10-20 cm.

No LB sob PD, a MOS da FLO da camada de 0-5 cm apresentou menor contribuição de cadeias alifáticas homogêneas, maior porção aromática e menor presença de estruturas tipo carboidrato do que a FLL. Portanto, nesse ambiente, a proteção física por oclusão parece ter preservado principalmente estruturas mais aromáticas. Já a FP apresentou composição química semelhante à FLL, porém menor presença de cadeias alifáticas homogêneas. Em profundidade, a FP revelou menor proporção de estruturas alifáticas e do tipo carboidrato e aumento de estruturas aromáticas. Comportamento inverso foi verificado para o solo inteiro sob PD, ou seja, à medida que aumenta a contribuição da fração aromática na FP ao longo do perfil, ocorre aumento da labilidade e do caráter alifático da MOS do solo inteiro. O manejo do solo sob PC resultou em FLO da camada de 0-5 cm mais alifática que a FLL, seguindo comportamento observado sob mata nativa. No perfil do solo, a FP sob PC apresentou comportamento semelhante à FP sob mata nativa.

A comparação entre os sistemas de manejo evidencia a preservação de carboidratos sob PD, principalmente na superfície do solo. Sob este sistema, as coordenadas da FLL, FLO e FP encontram-se mais próximas ao CP 1, componente altamente correlacionado com a variável IR_{1070} , do que as mesmas frações dos demais sistemas estudados.

Na análise de componentes principais (ACP) para a composição química dos compartimentos físicos do LV, CP 1 e CP 2 representaram 62,2 % da variância total da análise (Tabela 23). Correlações positivas significativas com o CP 1 foram observadas para as variáveis I_{FIL} , IR_{1630} e I_{1630}/I_{2920} e correlação negativa para o IR_{1070} (Tabela 23). Com o CP 2, se correlacionaram as variáveis IR_{2920} e IR_{1070} , sendo que a primeira foi positiva enquanto que a segunda foi negativa.

Em relação à FLL de 0-5 cm da mata nativa, a FLO apresentou maior presença de cadeias alifáticas homogêneas e aromáticas e menor proporção de carboidratos e valores mais altos de I_{FIL} e I_{1630}/I_{2920} (Figura 18). A comparação da FP com a FLO sugere que a MOS associada à fração mineral é mais pobre de cadeias alifáticas homogêneas e de estruturas tipo carboidratos do que a MOS da FLO. Em profundidade, decresce a contribuição de cadeias alifáticas homogêneas para a MOS da FP. Tal comportamento também foi observado para a FP sob mata nativa no Latossolo Bruno. Para a composição química da MOS do solo inteiro, não foram verificadas tendências em função da profundidade.

Todas as frações físicas do LV sob PD e sob PC na camada de 0-5 cm mostraram composição química semelhante à das frações da MOS sob mata nativa. O solo inteiro da camada superficial refletiu a composição da FLO, porém com maior contribuição de cadeias alifáticas homogêneas. No entanto, em profundidade, não foram estabelecidos padrões de variação para a FP sob PD e PC e solo inteiro sob PD. Sob PC, foi observado um aumento na presença de cadeias alifáticas homogêneas e aromáticas e decréscimo da contribuição das estruturas tipo polissacarídeo ao longo do perfil do solo.

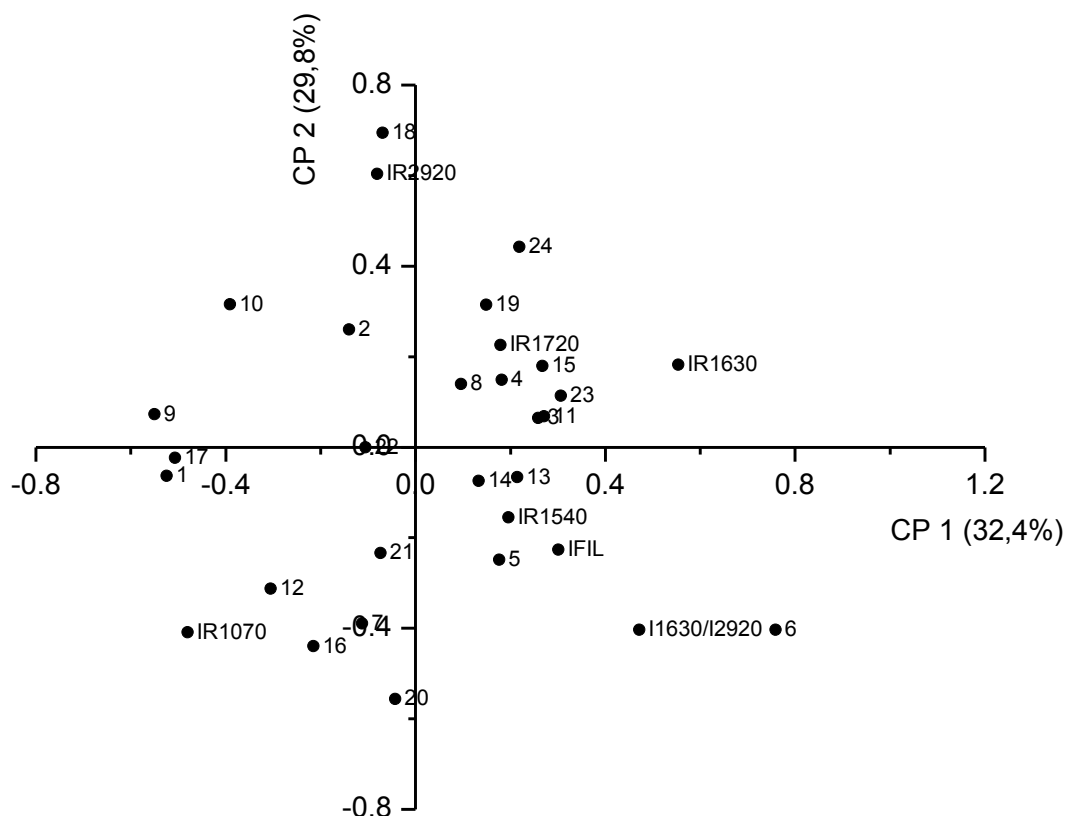


Figura 18. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica dos compartimentos físicos de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = FLL Mata 0-5 cm, 2 = FLO Mata 0-5 cm, 3 = FP Mata 0-5 cm, 4 = Solo Mata 0-5 cm, 5 = FP Mata 5-10 cm, 6 = Solo Mata 5-10 cm, 7 = FP Mata 10-20 cm, 8 = Solo Mata 10-20 cm, 9 = FLL PD 0-5 cm, 10 = FLO PD 0-5 cm, 11 = FP PD 0-5 cm, 12 = Solo PD 0-5 cm, 13 = FP PD 5-10 cm, 14 = Solo PD 5-10 cm, 15 = FP PD 10-20 cm, 16 = Solo PD 10-20 cm, 17 = FLL PC 0-5 cm, 18 = FLO PC 0-5 cm, 19 = FP PC 0-5 cm, 20 = Solo PC 0-5 cm, 21 = FP PC 5-10 cm, 22 = Solo PC 5-10 cm, 23 = FP PC 10-20 cm, 24 = Solo PC 10-20 cm.

Apesar da composição química das frações seguir a mesma tendência independente do sistema de manejo na camada de 0-5 cm, foi observada maior contribuição de cadeias alifáticas homogêneas na matéria orgânica da FLO sob PC quando comparada à FLO dos demais tratamentos. Assim, pode-se sugerir, que no Latossolo Vermelho, o sistema de manejo do solo praticamente não altera a composição química da MOS, diferentemente do que ocorre com o LB, o qual teve o estoque e a qualidade da MOS afetados pelo sistema de manejo, sendo possível observar maior preservação de MOS lábil sob PD após 30 anos de cultivo e tendência à recuperação das condições originais do solo.

5.1.4. CONCLUSÕES

Após 30 anos de cultivo, o acúmulo de carbono decorrente do uso do solo sob PD é mais pronunciado no LB do que no LV, principalmente até 5 cm de profundidade. Já no LV, o PD aumenta o estoque de carbono até 2,5 cm. O efeito mais superficial do sistema de manejo no LV pode estar associado principalmente à mineralização mais intensa da MOS causada pela temperatura média mais elevada nesta região do que na região onde está situado o LB.

A subsuperfície dos Latossolos estudados armazena cerca de 70% do carbono anualmente adicionado ao perfil do solo em decorrência do manejo do solo sob PD, enquanto que a superfície (até 20 cm) apresenta apenas 30% do carbono aportado.

O PD promove menor aromaticidade e maior proporção de compostos lábeis na matéria orgânica da superfície do LB. No LV, tal efeito é menos pronunciado. Em profundidade, independente do uso do solo, ocorre aumento gradual de aromaticidade e maior oxidação da MOS para ambos os solos. Tal fato é resultado da maior concentração de resíduos orgânicos em menor grau de decomposição na superfície do solo em comparação à subsuperfície.

No LB, todos os compartimentos físicos foram sensíveis ao sistema de manejo do solo até 5 cm de profundidade. Nesse solo, a adoção do PD promove a participação da recalcitrância da MOS, da oclusão da MOS nos agregados do solo e também da interação organomineral na proteção da MOS.

A MOS nos compartimentos físicos densimétricos é enriquecida em substâncias lábeis devido à menor taxa de decomposição da MOS no sistema conservacionista de manejo no LB. Tal enriquecimento relativo promove a diminuição da contribuição de estruturas mais oxidadas e aromáticas para a composição da MOS. No LV, a alteração da composição química da MOS nos compartimentos físicos em função do sistema de manejo não é tão evidente, em função das condições climáticas e mineralógicas favoráveis ao aumento da taxa de decomposição da MOS neste solo.

5.2. RETENÇÃO DE CARBONO EM PERFIS DE LATOSSOLOS BRUNO E VERMELHO SOB PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL

5.2.1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, estudos realizados em camadas superficiais de solos de regiões temperadas têm indicado que os solos apresentam capacidade finita de reter carbono (Six et al., 2002; West e Six, 2007; Stewart et al, 2009), visto que o aumento dos estoques nessas camadas não responde linearmente às adições de C ao longo do tempo. Isso ocorre em função da saturação do elemento na camada superficial.

Posteriormente, Baldock e Skjemstad (2000) propuseram que cada solo apresenta uma capacidade única para estabilizar carbono, a qual depende da superfície mineral sortiva, da natureza química da fração mineral, presença de cátions no solo e da estrutura da matriz do solo.

Solos ricos em MOS tendem a estar mais próximos de seu limite de saturação de carbono do que solos com baixos teores de MOS (Stewart et al, 2008, 2009). No entanto, a ocorrência de saturação de carbono está associada também à textura do solo, pois solos arenosos apresentam menor capacidade de retenção de carbono em sua fração mineral em comparação a solos com predomínio de argila. Isso porque a argila é um mineral com maior superfície específica e conseqüentemente maior reatividade do que a areia. Logo, solos argilosos podem representar significativos sumidouros de carbono.

Além da textura e do teor de carbono, a composição mineralógica da fração mineral é um importante fator de controle do armazenamento de carbono pela fração mineral (Christensen, 1992), pois a reatividade dos minerais é decorrente de suas cargas de superfície. Solos de textura semelhante e mineralogia diferente podem reter carbono em magnitude distinta e estabilizar a MOS de forma seletiva (Kaiser e Guggenberger, 2003). Solos com predomínio de filossilicatos ou esmectitas apresentam maior potencial de retenção e estabilização de carbono do que solos ricos em outros argilominerais devido à maior superfície específica e capacidade de troca de cátions. No entanto, solos com alto grau de intemperismo e, portanto, com

predomínio de óxidos de ferro e alumínio de grande superfície específica podem também evidenciar elevado potencial de reter carbono (Kaiser e Zech, 1999; Eusterhues et al, 2005). Estudos sobre sorção de carbono orgânico dissolvido mostram que tal interação é tão forte que dificilmente a matriz orgânica pode ser removida da matriz mineral (Kaiser e Guggenberger, 2000).

Sistemas de manejo que promovam a manutenção da estrutura do solo podem explorar a capacidade máxima de retenção de carbono na superfície mineral, pois a não perturbação do sistema, por aumentar o contato entre as partículas minerais e orgânicas, pode intensificar as interações organominerais e, por consequência aumentar o tempo de permanência da matéria orgânica no solo.

Recentemente Kleber et al. (2007) propuseram um novo mecanismo para retenção de carbono que se baseia na auto-associação entre grupamentos da MOS e em sua distância da superfície dos minerais, dando origem a três diferentes zonas de sorção (Figura 19). Na primeira zona ou zona de contato, a matéria orgânica está diretamente ligada aos sítios da superfície mineral. Uma segunda zona de interação se forma em função do caráter anfílico das estruturas da matéria orgânica. Nesta zona, ocorrem sucessivas interações hidrofílicas e hidrofóbicas entre os grupamentos da matéria orgânica, até que uma porção hidrofílica da estrutura se torna a extremidade a interagir com os metais presentes na solução do solo, constituindo a zona cinética (terceira zona). À medida que a MOS se distancia da fração mineral a efetividade da interação diminui com concomitante aumento da disponibilidade da MOS para a raiz das plantas. A ocorrência deste mecanismo pode depender de fatores bióticos, como composição química da vegetação e atividade microbiana, e abióticos tais como temperatura e precipitação, pois estes regulam a decomposição da MOS e, assim, a predominância de grupamentos hidrofóbicos e hidrofílicos.

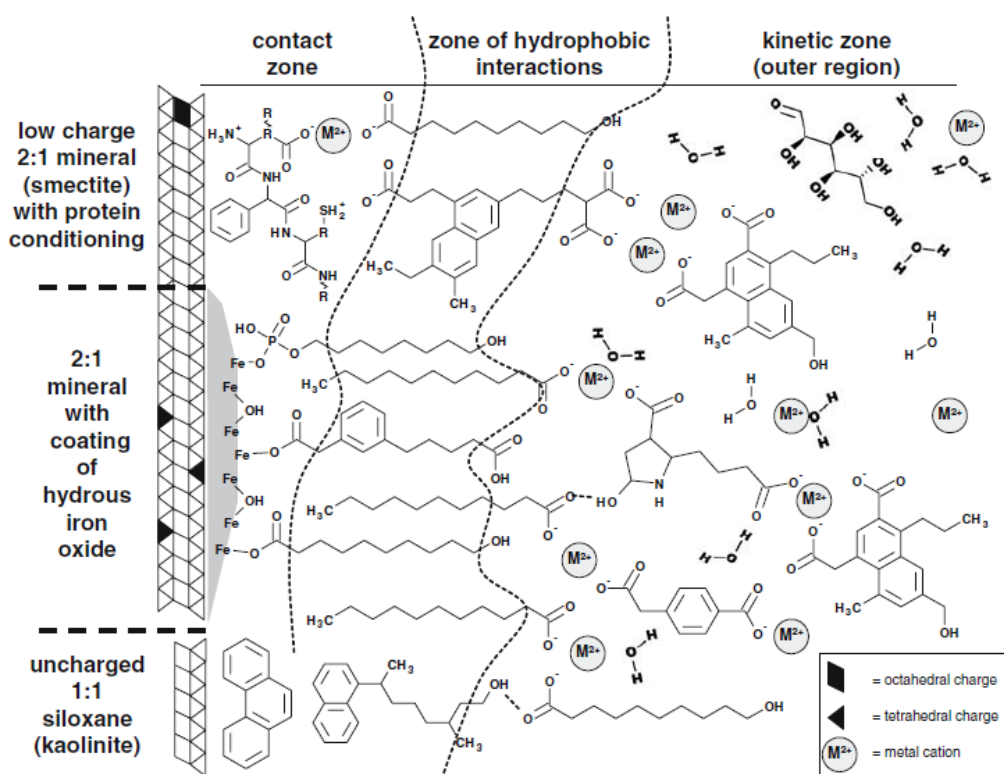


Figura 19. Modelo zonal de interações organominerais proposto por Kleber et al. (2007).

Apesar da importância dos Latossolos no Brasil e da abrangência do plantio direto em solos agrícolas, ainda são escassas pesquisas sobre a retenção de carbono no perfil destes solos para que possam ser elaboradas estratégias para maximizar a estabilização de carbono conforme a característica da fração mineral dos diferentes Latossolos brasileiros. O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito do sistema de manejo, PD e PC em experimentos de longa duração, sobre a capacidade de retenção de carbono nas frações silte e argila de um Latossolo Bruno e de um Latossolo Vermelho, bem como verificar a relação entre a composição química da matéria orgânica e a saturação de C nas frações físicas em função do manejo do solo.

5.2.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.2.1. Localização dos experimentos e coleta das amostras

Para a realização deste estudo, foram selecionadas amostras das camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 40-60 e 80-100 cm do Latossolo Bruno e do Latossolo Vermelho sob mata nativa, PD e PC empregados no estudo 1

(item 5.1.2.1). As amostras foram secas ao ar, moídas e peneiradas em malha de 2 mm.

5.2.2.2. Separação granulométrica das frações físicas

A separação granulométrica das frações físicas foi realizada em amostras cuja matéria orgânica particulada (MOP) foi previamente removida. Para isto, foram pesados 5 g de solo (TFSA) e adicionados 50 mL de água destilada. A esta suspensão, foram acrescentados 7,5 g de areia previamente tratada com HCl concentrado e seca a 105°C. A suspensão foi mecanicamente agitada por 16h e passada em malha de 53 µm para separação da matéria orgânica particulada (fração > 53 µm). A seguir, a suspensão, contendo a fração < 53 µm, foi sonicada com a energia necessária para dispersão de 95% do teor de argila do Latossolo Bruno (1500 J mL⁻¹) e 99% do teor de argila do Latossolo Vermelho (420 J mL⁻¹). A decisão de dispersar 95% do teor de argila do Latossolo Bruno ao invés de 99% baseou-se na possível formação de artefatos da matéria orgânica do solo quando da utilização de energia superior a 1800 J mL⁻¹ na sonicação. A seguir, a suspensão foi transferida para proveta de vidro e completado o volume para 1L com água. A fração argila foi coletada segundo a lei de Stokes sucessivamente até permanecer na proveta apenas a fração silte. Ambas as frações foram floculadas com solução de HCl 1M, secas a 60°C e moídas em gral de ágata.

O sobrenadante das coletas de argila foi separado e armazenado a 4°C para determinação do carbono orgânico dissolvido (COD).

Para investigação da presença de fração leve (FL) da MOS na fração silte, a mesma foi submetida à dispersão em solução de politungstato de sódio ($d = 2,0 \text{ g cm}^{-3}$), conforme método descrito por Conceição et al. (2008). Em um tubo de vidro de centrífuga, foram colocados 30 mL da solução de politungstato de sódio e adicionado 0,5 g de fração silte. Após fechamento do tubo, a suspensão foi agitada manualmente cinco vezes e submetida à centrifugação por 90 minutos a 2000 g. O sobrenadante, contendo a FL, foi filtrado sob vácuo, em filtro Whatman GF-A previamente pesado. O excesso de PTS foi removido da FL por meio de lavagem com água destilada e solução de cloreto de cálcio (CaCl₂) 0,01 mol L⁻¹. O material remanescente no tubo correspondeu à fração silte livre de FL e foi lavado e centrifugado com 80 mL

de água destilada por 40 minutos a 2000 g por duas vezes. A terceira centrifugação foi realizada com solução de (CaCl_2) $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ por 20 minutos a 2000 g.

Foram plotadas curvas entre o teor de carbono em cada fração em função do teor carbono do solo para os diferentes sistemas de manejo a fim de investigar evidência de saturação.

5.2.2.3. Quantificação do teor de carbono das frações

O teor de carbono das frações silte e argila pré e pós tratamento com ácido fluorídrico (HF) 10% (item 5.1.2.5) foi determinado por combustão seca (Perkin Elmer 2400). O teor de carbono da fração areia foi obtido pela diferença entre o teor de C do solo e o teor das frações silte e argila. O teor de carbono orgânico dissolvido nos extratos da separação de argila foi medido em equipamento Shimadzu TOC-V CSH. A concentração de COD nos sobrenadantes diminuiu ao longo das coletas e esse comportamento foi atribuído como sendo devido à diluição de carbono extraído na primeira coleta (Apêndice 16). Portanto, apenas o resultado da primeira coleta de COD foi considerado como sendo o teor de COD de cada amostra.

5.2.2.4. Caracterização morfológica das frações

A análise morfológica das frações silte e argila, nas camadas de 0-2,5 cm e 80-100 cm, foi realizada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) no Centro de Microscopia Eletrônica da UFRGS, em equipamento Jeol Scanning Microscope (JSM 5800) com detector de energia dispersiva de raios-X (EDS). As frações silte e argila foram fixadas em suportes de alumínio, com auxílio de fita dupla face, e metalizadas com ouro. As micrografias foram obtidas com voltagem de 10kV e aumento de 800 a 5000 vezes.

5.2.2.5. Concentração da matéria orgânica, Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e determinação da superfície específica das frações

A concentração da matéria orgânica em solução de HF 10% foi realizada segundo procedimento descrito no estudo 1 (item 5.1.2.5). Para a

fração silte, o procedimento foi realizado cinco vezes e para a fração argila, sete vezes.

A MOS das frações granulométricas foi analisada por FTIR empregando-se o procedimento descrito no item 5.1.2.5 do estudo 1. A atribuição das bandas foi realizada segundo Tan (1996) e foram calculadas as intensidades relativas (Gerzabek et al., 2006) e o índice de aromaticidade (Chefetz et al., 1996).

A superfície específica das frações argila e silte foi determinada por adsorção de nitrogênio (N_2), segundo método empregado no item 5.1.2.6 do estudo 1.

5.2.2.6. Tratamento dos dados

Os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva, obtendo-se a média e o desvio padrão dos atributos avaliados para cada ambiente. Os dados referentes à composição química da matéria orgânica (intensidades relativas e índice de aromaticidade de FTIR) foram submetidos à análise de componentes principais para verificação conjunta do sistema de manejo sobre a composição da MOS nos diferentes solos.

5.2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2.3.1. Teor de carbono, morfologia e curvas de retenção de carbono nas frações granulométricas

5.2.3.1.1. Teor de carbono e morfologia das frações argila e silte

O teor de argila no Latossolo Bruno variou de 393 a 526 $g\ kg^{-1}$ e o de silte variou de 153 a 325 $g\ kg^{-1}$ (Tabela 23). No Latossolo Vermelho, a variação foi de 484 a 694 $g\ kg^{-1}$ para a fração argila e de 186 a 307 $g\ kg^{-1}$ para o silte.

O teor de carbono na fração argila do LB variou de 24 a 60 $g\ kg^{-1}$ sob mata nativa, de 19 a 57 $g\ kg^{-1}$ sob PD e de 10 a 45 $g\ kg^{-1}$ sob PC (Tabela 24). Com exceção da camada de 0-2,5 cm do LB sob mata nativa, cujo valor foi de 76 $g\ kg^{-1}$, o teor de carbono na fração silte foi sempre menor do que na fração argila e variou de 5 a 76 $g\ kg^{-1}$ sob mata nativa, de 12 a 51 $g\ kg^{-1}$ sob PD e de 4 a 34 $g\ kg^{-1}$ sob PC. Na fração areia, a variação foi de 17 a 191 $g\ kg^{-1}$

sob mata nativa, de 22 a 69 g kg⁻¹ sob PD e de 10 a 38 g kg⁻¹ sob PC (Tabela 24).

Tabela 23. Teor de frações argila e silte em Latossolo Bruno e Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Profundidade (cm)	Mata		PD		PC	
	Argila	Silte	Argila	Silte	Argila	Silte
----- g kg ⁻¹ -----						
Latossolo Bruno						
0 – 2,5	521±79	219±25	403±43	281±72	485±83	263±14
2,5 - 5	468±38	247±28	415±67	295±63	441±85	255±14
5 – 10	526±72	269±26	447±53	299±73	437±36	262±14
10 - 20	415±16	287±18	475±42	247±6	445±43	241±19
40 - 60	467±61	325±34	393±86	209±54	513±36	153±40
80 – 100	500±71	321±69	421±57	218±61	436±82	223±110
Latossolo Vermelho						
0 – 2,5	568±8	307±21	516±68	299±33	484±96	293±24
2,5 - 5	591±21	298±11	569±16	296±11	547±66	304±23
5 – 10	577±41	277±30	583±69	291±1	567±58	299±4
10 - 20	616±6	304±8	608±57	286±8	572±51	291±1
40 - 60	706±37	245±4	672±6	243±21	613±30	248±8
80 – 100	683±16	235±4	694±11	214±28	653±49	186±3

O uso agrícola do LB provocou diminuição do teor de carbono em ambas as frações na camada de 0-2,5 cm. Na camada de 2,5-5 cm, isso ocorreu apenas sob PC.

O elevado teor de carbono na fração silte da camada de 0-2,5 do LB sob mata pode estar associado ao maior aporte de resíduos vegetais sob mata nativa. Em Argissolo Vermelho após 17 anos de cultivo sob plantio direto, foi observada a contribuição da matéria orgânica particulada (MOP) para a fração silte (Diekow et al, 2005a). Esse resultado indica que nessa fração o carbono não é acumulado exclusivamente por interação com a fração mineral. A presença de fração leve (FL) da MOS (termo utilizado neste trabalho para a matéria orgânica particulada observada na fração silte) na fração silte sob mata na camada de 0-2,5 cm foi confirmada por MEV (Figura 20a).

Tabela 24. Teor de carbono pré e pós-tratamento com HF 10%, teor de nitrogênio, relação C/N, recuperação de massa e de carbono após tratamento com HF 10% e superfície específica das frações argila e silte, teor de carbono na fração areia e carbono orgânico dissolvido de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Sistema	Profundidade (cm)	Argila							Silte							C areia g kg ⁻¹	COD g kg ⁻¹
		C	C _{HF}	N _{HF}	C/N _{HF}	M _R	C _R	S.E.	C	C _{HF}	N _{HF}	C/N _{HF}	M _R	C _R	S.E.		
		----- g kg ⁻¹ -----			--- % ---				m ² g ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			--- % ---		m ² g ⁻¹		
Mata	0 – 2,5	60,3±0,9	343,8	38,9	8,8	6	34	31,7	76,3±5,1	329,5	23,5	14,0	15	78	9,5	191,4±25,2	2,93±0,33
	2,5 - 5	55,5±3,9	348,7	38,2	9,1	6	37	30,5	42,0±4,7	201,0	14,3	14,1	16	62	11,6	62,5±12,8	1,36±0,14
	5 - 10	49,2±3,9	331,7	35,7	9,3	5	31	34,8	31,2±3,7	157,8	11,1	14,2	17	55	15,4	58,2±6,7	1,35±0,16
	10 - 20	42,6±5,8	309,2	31,6	9,8	4	29	37,5	22,6±3,2	128,0	8,5	15,0	15	48	14,2	52,6±7,4	0,99±0,26
	40 - 60	29,7±3,3	217,5	20,6	10,6	3	21	52,3	11,6±3,6	70,1	4,5	15,7	15	64	17,5	34,2±11,0	0,63±0,28
	80 - 100	24,4±4,3	189,6	17,6	10,8	2	17	47,0	5,3±4,5	23,4	1,7	14,0	13	33	16,1	17,3±3,6	0,58±0,27
PD	0 – 2,5	56,3±2,7	357,6	32,0	11,2	6	40	42,5	51,0±1,3	266,6	19,0	14,1	14	71	32,8	69,3±8,6	1,04±0,23
	2,5 - 5	57,0±2,5	356,4	31,5	11,3	5	34	46,5	47,8±0,8	345,0	22,0	15,7	13	97	32,4	61,3±7,2	1,03±0,14
	5 - 10	50,9±3,8	334,4	27,7	12,1	6	37	42,0	38,6±4,7	204,7	13,4	15,3	11	59	33,9	46,1±5,4	0,88±0,12
	10 - 20	44,3±2,0	305,7	23,3	13,1	5	33	48,0	31,2±2,7	165,5	10,3	16,1	10	51	40,0	41,7±10,1	0,79±0,08
	40 - 60	30,4±5,8	222,7	16,0	13,9	3	22	48,4	23,2±2,2	99,8	6,5	15,3	7	31	40,9	22,6±10,1	0,54±0,07
	80 - 100	18,9±0,0	129,9	11,1	11,7	2	13	52,0	11,7±0,3	34,7	2,8	12,6	6	17	30,1	32,2±18,9	0,52±0,04
PC	0 – 2,5	45,0±2,8	304,8	26,2	11,7	5	32	46,4	34,2±2,9	190,8	12,7	15,0	10	54	43,5	27,2±17,1	0,62±0,11
	2,5 - 5	44,4±3,2	302,2	25,0	12,1	5	32	45,7	34,2±2,9	188,5	12,2	15,5	9	50	44,1	38,0±4,9	0,63±0,15
	5 - 10	45,1±2,1	297,9	24,7	12,1	4	28	44,2	33,8±2,3	196,9	11,9	16,6	9	55	44,4	35,8±1,9	0,63±0,15
	10 - 20	44,4±2,0	282,4	25,4	11,1	5	33	44,7	33,7±2,1	187,6	12,5	15,0	9	53	38,5	34,1±7,3	0,72±0,23
	40 - 60	31,0±1,2	191,8	14,4	13,3	3	19	50,2	19,4±1,1	67,2	4,5	14,8	8	27	37,7	19,7±7,3	0,45±0,13
	80 - 100	10,4±1,8	101,8	10,2	10,0	2	19	50,2	4,5±0,5	20,2	1,6	12,6	8	34	26,1	10,3±6,1	0,40±0,15

A análise de EDS da partícula de FL indicou concentração média de carbono de 27%, de 3% de alumínio e de 2% de silício. Ao lado de partículas minerais (Figura 20b), foram identificados nas micrografias fragmentos de carvão (Figura 20c), cujo teor de carbono detectado por EDS foi de aproximadamente 70% (3% de alumínio, 8% de silício). Ao longo do perfil do LB sob mata nativa, ocorreu presença de partículas de cor escura que, após coleta, foram analisadas por combustão seca, sendo verificado teor de carbono da ordem de 670 g kg^{-1} . Esse resultado confirma presença de carvão em profundidade nesse ambiente.

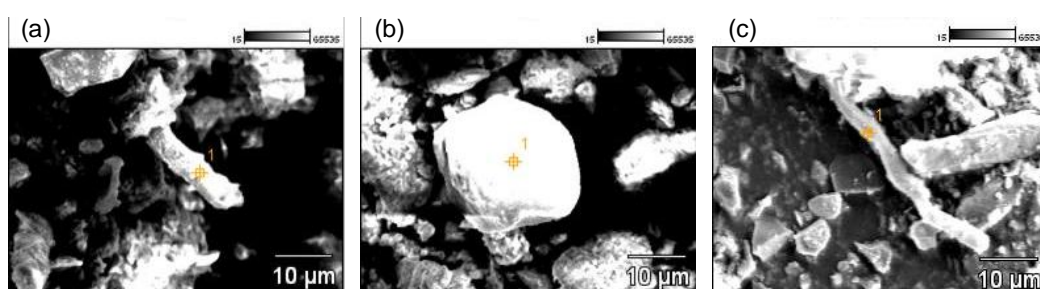


Figura 20. Micrografias (MEV) da fração silte na camada de 0-2,5 cm do Latossolo Bruno sob mata nativa. (a) região marcada com o número 1 indica material orgânico particulado ou carvão na fração silte; (b) indicação de partícula mineral da fração silte; (c) imagem referente ao carvão encontrado no solo sob mata nativa.

Até 5 cm de profundidade, foram verificados maiores teores de carbono nas frações sob PD em comparação às mesmas sob PC. Além disso, enquanto o teor de carbono diminuiu gradativamente ao longo do perfil do LB sob PD, no PC o teor de carbono foi uniforme até 20 cm de profundidade. O comportamento observado sob PC é resultado da homogeneização na distribuição do carbono tanto do solo inteiro (Estudo 1) como das frações silte e argila da camada arável nesse tipo de manejo.

No LV, o teor de C na fração argila variou de 10 a 42 g kg^{-1} sob mata nativa, de 10 a 24 g kg^{-1} sob PD e de 9 a 20 g kg^{-1} sob PC (Tabela 25). No silte do LV, foi observada variação no teor de C de 8 a 66 g kg^{-1} sob mata nativa, de 8 a 34 g kg^{-1} sob PD e de 7 a 27 g kg^{-1} sob PC (Tabela 25). Na fração areia do LV, foi observada variação no teor de C de 4 a 198 g kg^{-1} sob mata nativa, de 6 a 34 g kg^{-1} sob PD e de 7 a 35 g kg^{-1} sob PC (Tabela 25). Maior teor de carbono na fração silte em relação à fração argila foi verificado até 2,5 cm sob

mata nativa, até 5 cm sob PD e até 10 cm de profundidade sob PC. O maior teor de carbono na fração silte do LV sob PC até 10 cm de profundidade resulta na presença da FL no silte, uma vez que sob este sistema de preparo do solo, os resíduos vegetais são incorporados ao solo.

A comparação entre o teor de carbono nas frações nos dois solos estudados permite sugerir que no LV a fração silte é um compartimento importante na retenção de carbono na superfície do solo quando utilizado para fins agrícolas. Já no LB, ao longo do perfil do solo, foi observada maior retenção de C na fração argila comparativamente ao silte. Além disso, no LV, o uso agrícola do solo reduziu significativamente o teor de carbono na fração argila até 10 cm de profundidade. Tal evento pode ter origem nas condições climáticas da região associadas à degradação do solo decorrente do preparo do mesmo para a implantação das culturas. Desta forma, a decomposição da MOS presente na fração argila pode ter sido acelerada resultando em menores concentrações de C nesta fração. Covalada et al. (2011) também verificaram diminuição do teor de carbono na fração argila como resultado da conversão do uso do solo e atribuíram tal fato à perda da porção lábil ou fracamente adsorvida à superfície mineral da fração argila.

5.2.3.1.2. Distribuição de carbono nas frações argila e silte

A relação entre o teor de C na fração argila e o teor de C do LB sob mata nativa apresentou comportamento assintótico, indicando saturação dos sítios de retenção de C nessa fração (Figura 21). A partir do ajuste matemático aplicado aos dados experimentais, o limite estimado de retenção de C nessa fração foi de 66 g kg^{-1} (Tabela 26).

A curva obtida para a fração silte do LB situou-se abaixo daquela obtida para a fração argila até teor de C do solo inferior a 80 g kg^{-1} . A partir desse teor de C do solo, o teor de C na fração silte foi superior ao observado para a fração argila. O ajuste matemático para os dados experimentais da fração silte forneceu valor de 139 g kg^{-1} para a saturação de C (Tabela 26). Esse resultado não pode ser atribuído unicamente ao preenchimento dos sítios de sorção dos minerais, uma vez que a fração silte apresenta superfície específica menor do que a argila. Portanto, esse comportamento deve estar

relacionado à presença do FL e/ou à formação de agregados micelares orgânicos na fração silte.

Após retirada da FL, a curva de retenção de C na fração silte se situou em valores de $C_{\text{fração}}$ inferiores aos da argila, porém a saturação de C não foi obtida experimentalmente. O limite estimado de saturação de C para a fração silte livre de FL foi de 99 g kg^{-1} e a redução indicou que a FL contribuiu em 40% para a capacidade de retenção de C nesta fração do LB sob mata.

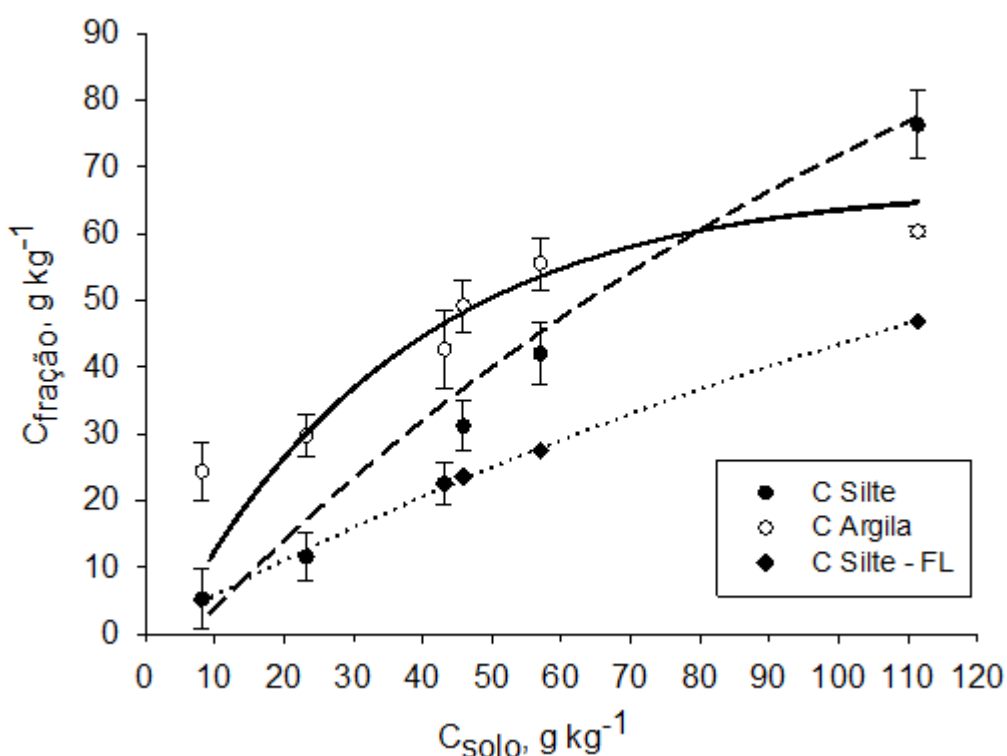


Figura 21. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Bruno sob mata nativa. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.

Para as amostras sob PD e sob PC no LB, todas as curvas de retenção de carbono obtidas tenderam à saturação de C e os valores de $C_{\text{fração}}$ diminuíram na ordem argila > silte > silte livre de FL (Figuras 22 e 23). O limite de saturação de C estimado na argila e no silte do LB foi de 72 g kg^{-1} e de 61 g kg^{-1} , respectivamente, sob PD e de 54 g kg^{-1} e 41 g kg^{-1} sob PC (Tabela 26).

Tabela 25. Teor de carbono pré e pós-tratamento com HF 10%, teor de nitrogênio, relação C/N, recuperação de massa e de carbono após tratamento com HF 10% e superfície específica das frações argila e silte, teor de carbono na fração areia e carbono orgânico dissolvido de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Sistema	Profundidade (cm)	Argila		Silte												C areia	COD
		C	C _{HF}	N _{HF}	C/N _{HF}	M _R	C _R	S.E.	C	C _{HF}	N _{HF}	C/N _{HF}	M _R	C _R	S.E.		
		----- g kg ⁻¹ -----				--- % ---		m ² g ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			--- % ---		m ² g ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	
Mata	0 - 2,5	41,6±14,0	350,5	47,6	7,4	6	47	35,4	66,3±1,4	291,8	28,2	10,4	16	69	15,5	198,2±70,9	1,48±0,25
	2,5 - 5	37,9±15,0	357,3	46,8	7,6	6	52	37,2	50,8±1,4	250,2	24,3	10,3	14	68	17,7	104,4±11,6	1,14±0,20
	5 - 10	31,6±8,8	290,6	39,2	7,4	4	35	40,8	34,3±0,9	191,1	18,1	10,6	12	67	20,9	24,1±2,0	0,56±0,10
	10 - 20	26,1±5,0	260,2	33,4	7,8	3	34	42,6	21,5±0,5	132,3	11,1	11,9	10	61	21,0	14,9±2,1	0,39±0,01
	40 - 60	14,0±0,1	179,6	20,2	8,9	2	21	53,0	11,9±0,0	76,0	6,3	12,0	8	48	30,7	6,0±2,3	0,27±0,01
	80 - 100	9,9±0,5	146,9	16,5	8,9	1	11	59,3	8,2±0,0	50,5	4,4	11,5	5	32	41,0	3,5±0,0	0,23±0,02
PD	0 - 2,5	23,6±0,9	241,6	24,9	9,7	4	41	40,8	34,2±2,2	210,5	16,0	13,2	12	73	21,2	32,6±1,9	0,91±0,04
	2,5 - 5	21,3±0,0	222,7	21,6	10,3	4	41	41,7	25,8±0,0	176,3	13,1	13,5	11	73	20,8	34,0±3,2	1,62±0,32
	5 - 10	21,0±0,2	204,1	18,6	11,0	4	36	42,0	20,3±0,3	144,0	9,9	14,5	9	65	20,9	26,4±4,7	0,88±0,13
	10 - 20	19,4±2,1	182,3	19,5	9,4	4	37	29,4	16,4±0,2	108,5	7,5	14,6	9	62	19,8	12,3±9,6	1,15±0,04
	40 - 60	14,2±0,6	120,4	11,8	10,2	3	22	29,4	10,3±0,1	58,2	4,2	13,8	8	46	25,3	6,2±0,0	0,29±0,00
	80 - 100	9,7±0,4	91,5	9,6	9,5	2	18	31,7	7,6±0,0	48,8	3,4	14,4	4	26	27,2	12,2±0,00	0,21±0,00
PC	0 - 2,5	19,5±1,1	209,1	21,3	9,8	4	41	43,6	26,9±1,0	163,9	11,5	14,3	9	58	20,4	27,5±0,4	0,66±0,12
	2,5 - 5	19,8±0,5	213,6	21,0	10,2	4	40	43,4	25,6±0,2	211,7	14,9	14,2	6	51	22,5	34,8±3,2	0,89±0,13
	5 - 10	20,2±1,0	199,2	19,1	10,4	4	38	43,7	24,4±0,8	147,9	10,4	14,2	10	61	19,4	13,7±1,7	0,96±0,01
	10 - 20	18,0±0,3	191,6	17,8	10,8	4	38	42,2	18,5±0,4	133,6	8,8	15,2	8	59	21,6	16,0±0,0	0,90±0,08
	40 - 60	13,1±1,3	118,0	11,2	10,5	2	21	47,8	9,0±0,7	53,1	3,7	14,2	8	50	23,5	7,1±0,0	0,24±0,03
	80 - 100	9,2±1,0	78,8	8,3	9,5	2	18	50,6	6,6±1,1	43,9	3,0	14,7	5	32	27,1	7,0±0,0	0,20±0,02

Após remoção da FL, a saturação de C estimada na fração silte do LB foi de 52 g kg^{-1} sob PD e de 38 g kg^{-1} sob PC, indicando que a presença de FL na fração silte contribuiu em 20% para o teor de carbono sob sistema conservacionista, enquanto que sob PC a contribuição foi de apenas 10%. A maior contribuição da FL para o C do silte na ordem Mata > PD > PC pode ser atribuída ao maior aporte de resíduos vegetais que ocorre sob mata nativa. Sob PD e PC o aporte de resíduos é o mesmo, porém as práticas agrícolas do PC aceleram a decomposição destes resíduos. Sob PD, a não perturbação do sistema caracteriza decomposição mais lenta dos resíduos vegetais, sendo este sistema de preparo mais enriquecido em FL em comparação ao PC.

O número de sítios da fração mineral, o qual depende da composição mineralógica independe do manejo do solo e, portanto, a retenção de carbono numa dada fração deveria ser a mesma para todos os ambientes. No entanto, foi observada diferença entre capacidade de retenção máxima de C nas frações argila e silte entre os três ambientes estudados. Portanto, esse comportamento sugere que, além de armazenamento de C via interação organomineral, outros mecanismos atuam na retenção de C, tais como a auto-associação da MOS. Esse mecanismo seria responsável pela maior capacidade de retenção de C sob PD devido à não perturbação do solo e à menor taxa de decomposição da MOS sob PD que favoreceria a preservação de cadeias alifáticas homogêneas (C-alquil) as quais podem se auto-associarem por interação hidrofóbicas (Kleber et al., 2007; Kleber e Johnson, 2010).

Para o LV sob mata nativa, as curvas de retenção de C apresentaram valores semelhantes para $C_{\text{fração}}$ até o teor de 30 g kg^{-1} de C_{solo} (Figura 24). A partir desse teor, os valores de $C_{\text{fração}}$ obtidos para a fração silte foram superiores aos da argila, repetindo comportamento observado para o LB sob mata nativa. A saturação de C estimada foi de 177 g kg^{-1} para a fração silte e baixou para 97 g kg^{-1} após a remoção da FL (Tabela 26). Esses resultados corroboram a importante contribuição da FL para o acúmulo de carbono na fração silte, que para o LV sob mata foi de 50%.

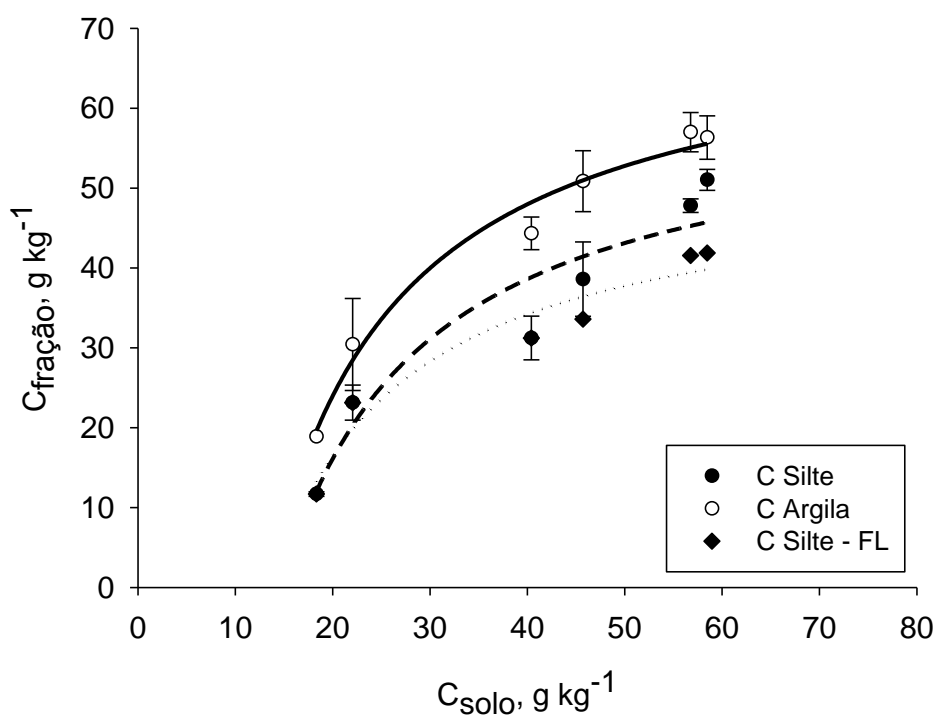


Figura 22. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Bruno sob plantio direto. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.

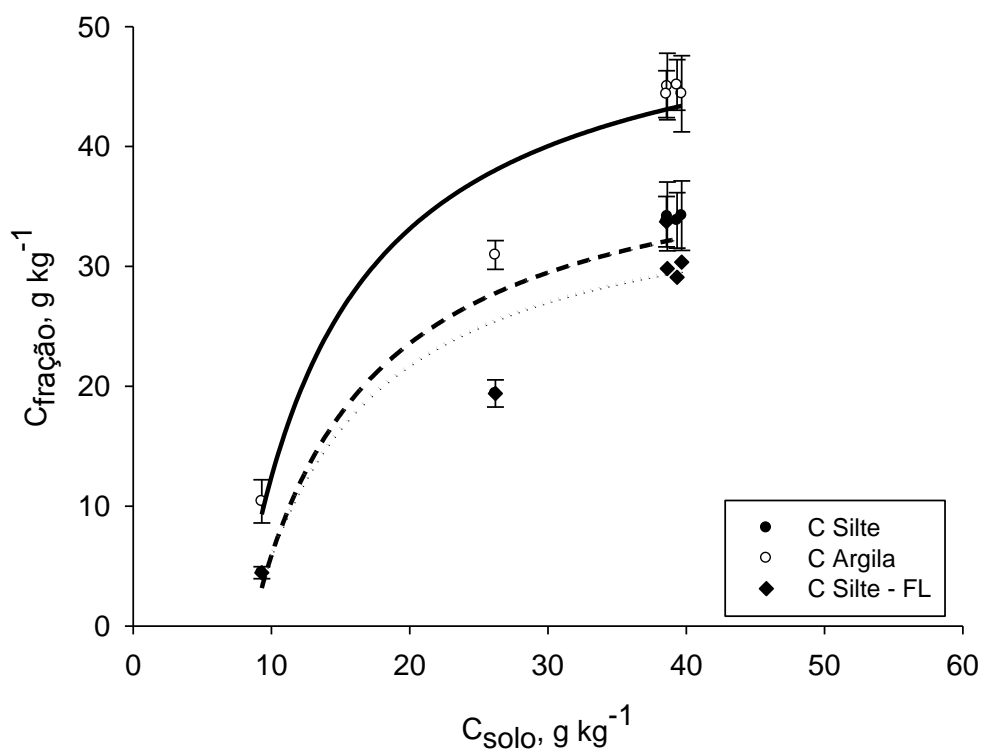


Figura 23. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Bruno sob preparo convencional. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.

De maneira análoga ao observado no LB, a capacidade máxima de retenção estimada para a fração silte livre de FL (97 g kg^{-1}) foi superior à calculada para a fração argila (44 g kg^{-1}) (Tabela 26).

As curvas obtidas para o LV sob os dois sistemas de manejo foram relativamente semelhantes para as três frações (Figuras 25 e 26) e os valores de saturação de C se situaram em 25 g kg^{-1} para fração argila, em 35 e 37 g kg^{-1} para fração silte e 31 e 32 g kg^{-1} para fração silte livre de FL (Tabela 26) respectivamente para PC e PD. A contribuição da FL para a retenção de C na fração silte foi de 20% sob PD e de 10% sob PC.

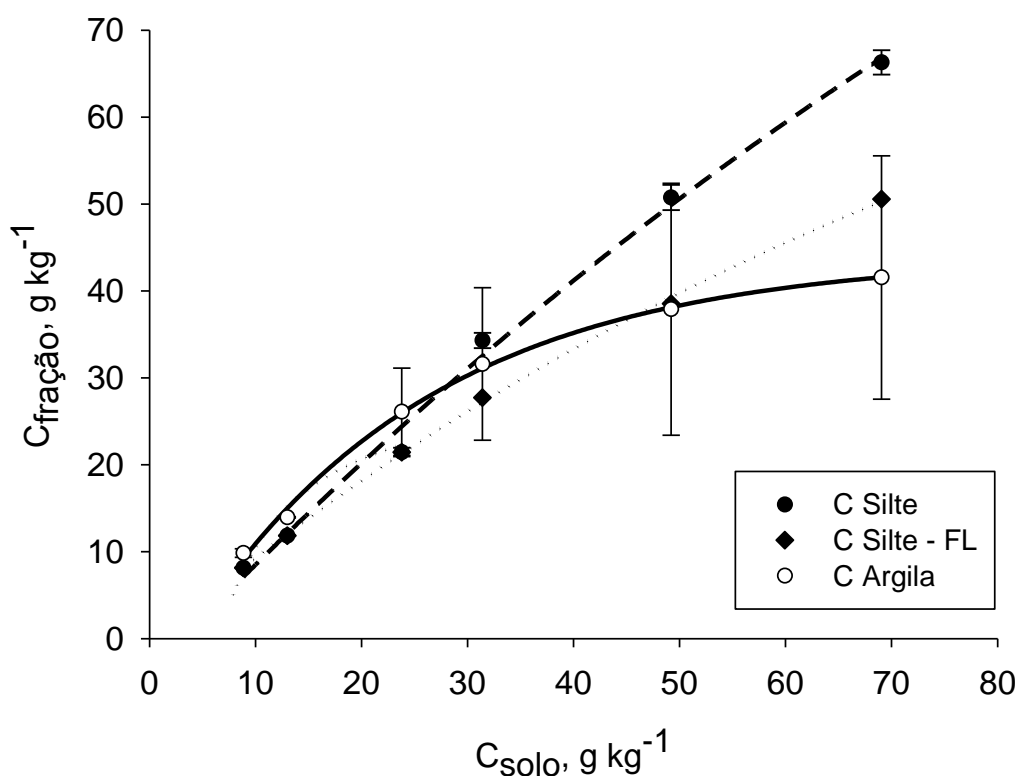


Figura 24. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Vermelho sob mata nativa. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.

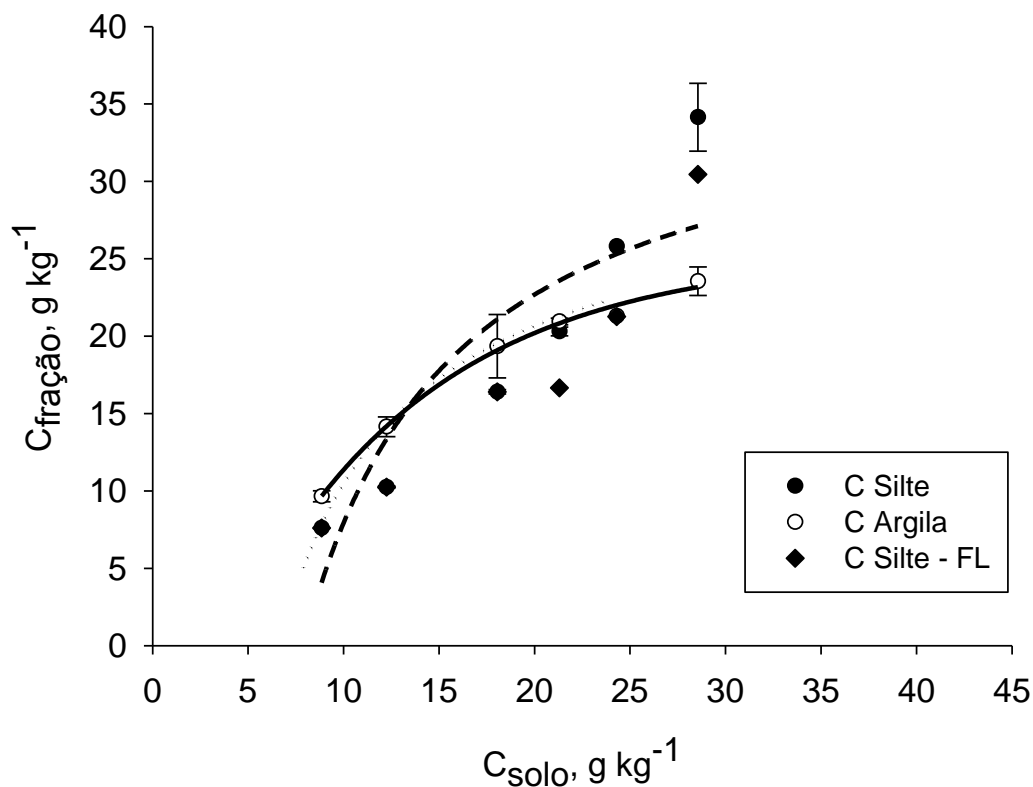


Figura 25. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.

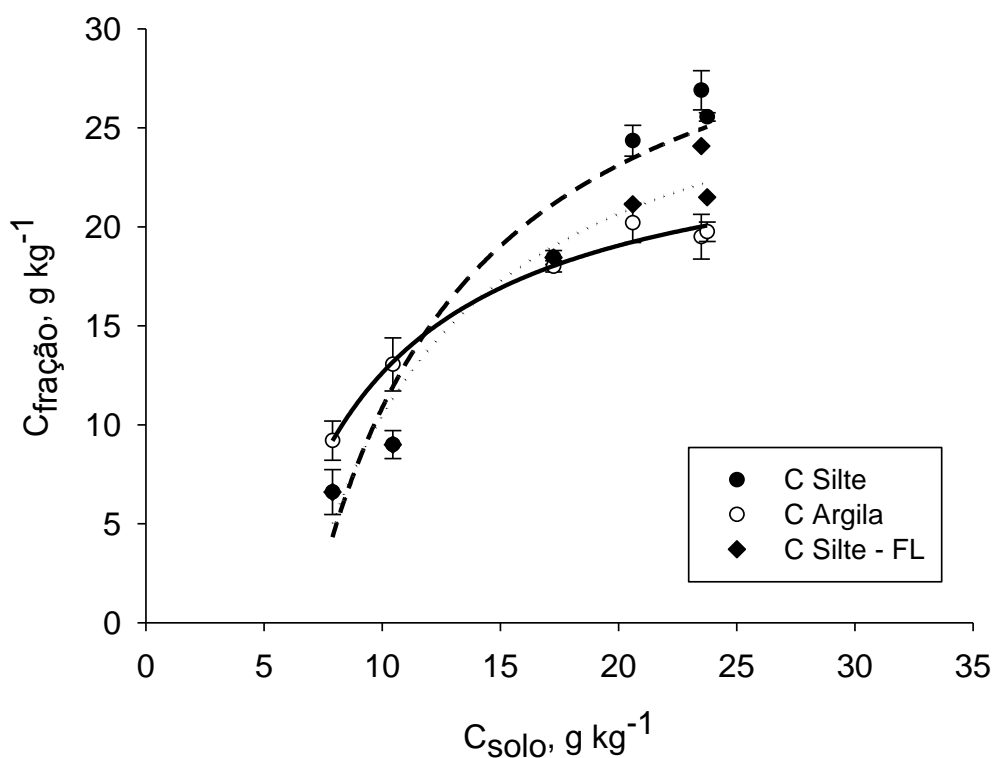


Figura 26. Distribuição de C nas frações silte e argila de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional. $C_{\text{silte-FL}}$ = teor de carbono na fração silte após remoção da fração leve. Observar que as escalas dos gráficos são diferentes para os ambientes avaliados.

Tabela 26. Capacidade máxima de retenção de carbono estimada para as diferentes frações de um Latossolo Bruno e um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Solo	Sistema	Fração	Modelo	R ²	C _{máx.} estimado (g kg ⁻¹)
LB	Mata	Argila	$C_{arg} = 7,0 + 58,8 (1 - e^{-0,025C_{solo}})$	0,93	66
		Silte	$C_{sil} = -6,4 + 145,4 (1 - e^{-0,0005C_{solo}})$	0,98	139
		Silte est.	$C_{sil\ est} = 0,3 + 98,3 (1 - e^{-0,006C_{solo}})$	0,98	99
	PD	Argila	$C_{arg} = 72,0 - (959,7/C_{solo})$	0,99	72
		Silte	$C_{sil} = 61,1 - (901,1/C_{solo})$	0,95	61
		Silte est.	$C_{sil\ est} = 51,9 - (709,0/C_{solo})$	0,97	52
	PC	Argila	$C_{arg} = 53,8 - (414,0/C_{solo})$	0,94	54
		Silte	$C_{sil} = 41,3 - (354,7/C_{solo})$	0,90	41
		Silte est.	$C_{sil\ est} = 37,6 - (316,5/C_{solo})$	0,95	38
LV	Mata	Argila	$C_{arg} = -7,5 + 51,4 (1 - e^{-0,044C_{solo}})$	0,99	44
		Silte	$C_{sil} = -4,1 + 181,0 (1 - e^{-0,007C_{solo}})$	0,90	177
		Silte est.	$C_{sil\ est} = -0,6 + 97,6 (1 - e^{-0,011C_{solo}})$	0,99	97
	PD	Argila	$C_{arg} = -12,6 + 38,0 (1 - e^{-0,099C_{solo}})$	0,99	25
		Silte	$C_{sil} = 37,4 - (295,6/C_{solo})$	0,79	37
		Silte est.	$C_{sil\ est} = 32,0 - (238,7/C_{solo})$	0,87	32
	PC	Argila	$C_{arg} = 25,4 - (128,8/C_{solo})$	0,99	25
		Silte	$C_{sil} = 35,4 - (245,5/C_{solo})$	0,93	35
		Silte est.	$C_{sil\ est} = 30,9 - (203,9/C_{solo})$	0,98	31

Silte est.= fração silte após remoção da fração leve.

Comparando-se os dois solos, o LB apresentou maior capacidade de retenção de C que o LV em todos os sistemas avaliados, independente da fração física. Este fato pode ocorrer em virtude da menor temperatura da região de Guarapuava, o que pode desencadear uma decomposição mais lenta da MOS, favorecendo a interação da MOS com as frações silte e argila e resultando em maior retenção de C neste solo. Além disso, a composição mineralógica pode afetar a capacidade de retenção de carbono, uma vez que

os minerais apresentam diversidade de sítios de interação e diferentes superfícies específicas. Assim, a predominância de goethita e gibbsita na composição mineralógica do LB pode estar contribuindo significativamente para o acúmulo de carbono. Roscoe et al. (2001) verificaram que um Latossolo brasileiro com predomínio de caulinita apresentou capacidade de armazenamento de carbono na fração argila de $32 \text{ g C kg}_{\text{argila}}^{-1}$. Para um Argissolo Vermelho subtropical, Diekow et al. (2005b) observaram capacidade de retenção de carbono na fração argila de $48,8 \text{ g C kg}_{\text{argila}}^{-1}$ e não foi observada capacidade finita de acúmulo de C na fração silte desse solo.

Segundo Kaiser e Guggenberber (2000) e Kaiser et al. (1997), a goethita e os óxidos de alumínio adsorvem mais fortemente a matéria orgânica dissolvida do que a hematita e a caulinita. O grande número de ligantes (hidroxilas) na superfície da goethita promove a formação de complexos bidentados. Tais complexos são quimicamente mais estáveis do que os monodentados e a dessorção é menos favorecida. Já a estrutura da hematita, predominante no LV, não favorece a formação de complexos bidentados (Barrón e Torrent, 1996) com a MOS, e portanto a capacidade de preservação de MOS via interação organomineral seria menor do que a encontrada na superfície mineral do LB.

5.2.3.1.3. Distribuição e retenção de carbono orgânico dissolvido no perfil do solo

A concentração de carbono orgânico dissolvido (COD) no LB variou de $0,58$ a $2,93 \text{ g kg}^{-1}$ sob mata nativa, de $0,52$ a $1,04 \text{ g kg}^{-1}$ sob PD e de $0,40$ a $0,72 \text{ g kg}^{-1}$ sob PC (Tabela 24). Os valores de COD da mata nativa foram superiores aos observados para os sistemas de preparo do solo para uso agrícola até 10 cm de profundidade. Nas camadas mais profundas, não foram verificadas diferenças entre os três ambientes. A maior concentração de COD sob mata nativa pode ser resultado do maior aporte de resíduos sobre o solo e também da diferença do tipo de vegetação, quando comparada aos demais ambientes. Diversos trabalhos relataram a importância do tipo de vegetação sobre este compartimento da MOS e a maior disponibilidade de COD sob mata em comparação a solos cultivados (Quideau and Bockheim, 1997; Haynes,

2000; Chantigny, 2003). Entre os sistemas de manejo, a diferença no teor de COD ocorreu apenas até 5 cm de profundidade, com os maiores valores obtidos para o LB sob PD.

No LV, os valores de COD variaram de 0,23 a 1,48 g kg⁻¹ sob mata nativa, de 0,21 a 1,62 g kg⁻¹ sob PD e de 0,20 a 0,96 sob PC g kg⁻¹ (Tabela 25). Analogamente ao LB, o LV apresentou maior concentração de COD sob mata nativa em comparação ao PD e ao PC em superfície, porém tal efeito foi observado apenas até 2,5 cm. Entre os sistemas de manejo, a diferença se restringiu também à camada de 0-2,5 cm e o maior valor foi observado para o solo sob PD. De 5 a 60 cm de profundidade, o solo sob uso agrícola apresentou maiores concentrações de COD do que a mata nativa, o que pode ser indicativo de que a diferença no tipo de vegetação pode afetar também a percolação do COD para camadas mais profundas. De 80 a 100 cm, não foram obtidas diferenças entre os usos do solo.

As diferentes concentrações de COD nos dois solos estudados podem estar associadas à diferença na composição mineralógica que afeta a sorção e dessorção de MOS da superfície dos minerais e conseqüentemente o equilíbrio solo-solução. Além disso, fatores abióticos exercem controle sobre a liberação de COD (Kalbitz et al., 2000). Neste caso, os maiores valores de COD do LB podem estar associados à menor mineralização da MOS decorrente da menor temperatura na região onde se situa o LB em comparação ao LV.

A relação do teor de COD e o carbono do solo (Figuras 27 e 28) resultou em comportamento linear, indicando que este compartimento mais lábil da MOS não evidencia saturação de carbono em nenhum dos ambientes nos dois solos avaliados. Tal resultado confirma o relato de Stewart et al. (2008). Neste trabalho, os autores verificaram que frações mais lábeis da MOS tendem a não saturar em C, como os demais compartimentos do solo.

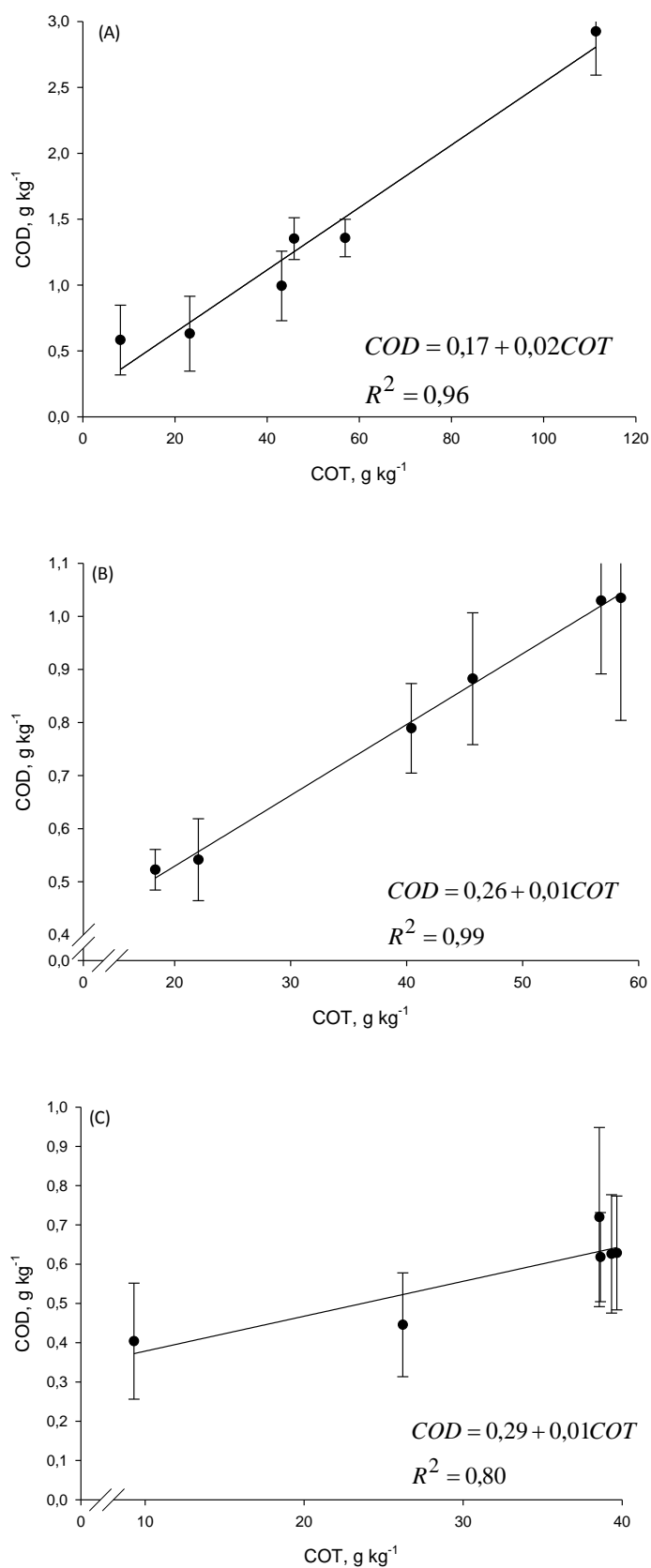


Figura 27. Carbono orgânico dissolvido (COD) em Latossolo Bruno sob mata nativa (A), plantio direto (B) e preparo convencional (C).

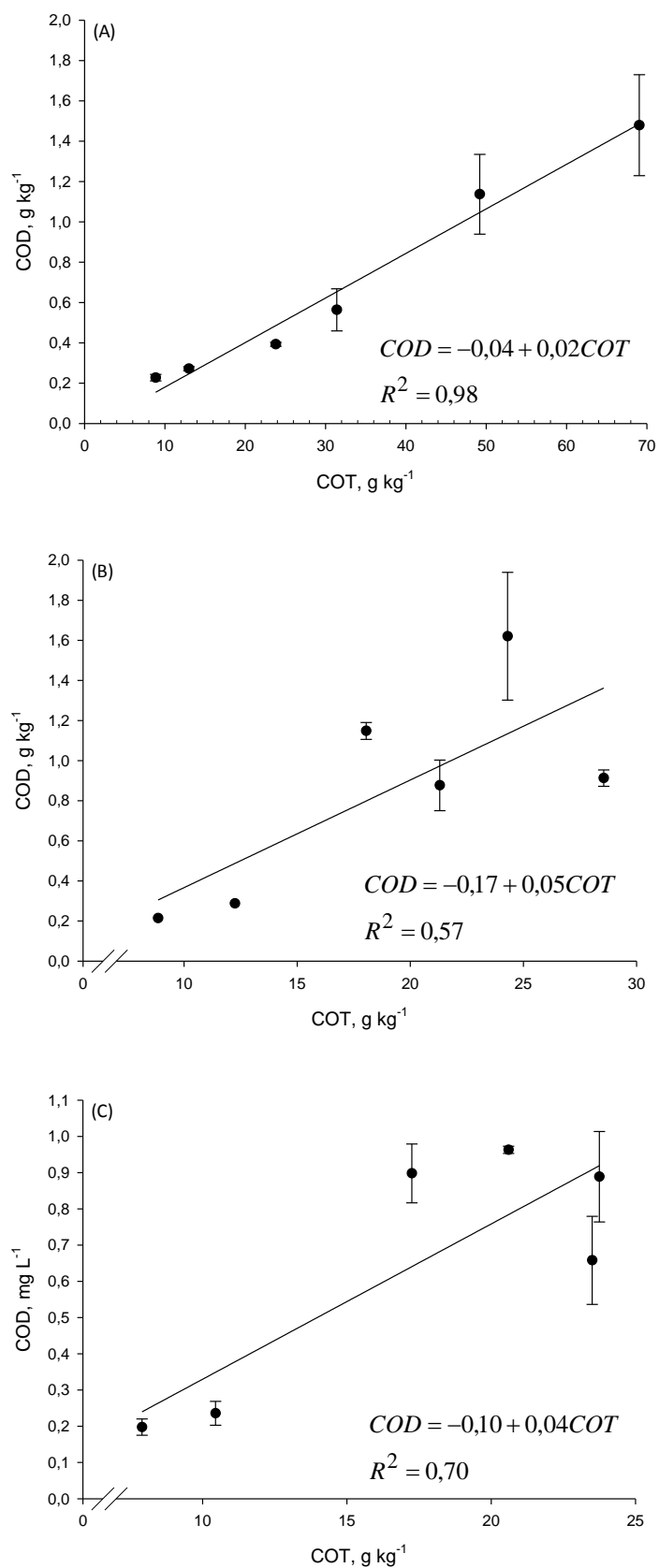


Figura 28. Carbono orgânico dissolvido (COD) em Latossolo Vermelho sob mata nativa (A), plantio direto (B) e preparo convencional (C).

5.2.3.3. Composição química da MOS nas frações silte e argila

5.2.3.3.1. Composição elementar da matéria orgânica concentrada e índices de FTIR

A variação no teor de C na MOS após tratamento com HF 10% (MOS_{HF}) foi de 102 a 358 g kg⁻¹ e no teor de N foi de 10 a 39 g kg⁻¹ na fração argila dos três ambientes do LB (Tabela 25). A relação C/N_{HF} na fração argila variou de 9 a 11 sob mata nativa, de 11 a 14 sob PD e de 10 a 12 sob PC (Tabela 25). A menor relação C/N_{HF} sob mata nativa, em comparação aos sistemas de manejo do solo, pode ser decorrente da diferença entre a composição química da vegetação da mata nativa e das culturas utilizadas no solo agrícola.

A recuperação de massa (M_R) da fração argila do LB variou de 2 a 6% para os três ambientes, e esses baixos valores são decorrentes do alto teor de argila no solo (Tabela 25). A recuperação de carbono (C_R) foi de 13 a 40%. A baixa recuperação de carbono da fração argila pode ser devida à solubilização da MOS fortemente adsorvida à superfície mineral, a qual pode acabar sendo removida do tubo, juntamente com a solução de HF 10%.

Na fração silte do LB, o teor de C da MOS_{HF} variou de 20 a 345 g kg⁻¹ e o teor de N_{HF} de 2 a 23 g kg⁻¹ (Tabela 25). A relação C/N_{HF} da fração silte foi relativamente semelhante entre os ambientes, variando de 14,0 a 15,3 sob mata nativa, de 12,6 a 16,1 sob PD e de 12,6 a 16,6 sob PC (Tabela 25).

A recuperação de massa da fração silte do LB variou de 6 a 17% e a recuperação de carbono variou de 17 a 97%. (Tabela 25). Os maiores valores para recuperação de carbono foram observados na fração silte sob mata nativa e PD. Tais valores podem ser resultantes da auto-associação entre as estruturas da matéria orgânica e também da presença de FL, que são porções da MOS não solubilizadas em solução de HF 10%. Os menores valores, observados sob PC, podem ser explicados pela adoção de práticas agrícolas que intensificam a mineralização da MOS e também perturbam o solo, desfavorecendo o acúmulo de FL e a auto-associação entre os grupamentos orgânicos.

Nos espectros de FTIR da MOS_{HF} das frações argila e silte do LB sob mata nativa, PD e PC (Figuras 29 a 34), as principais bandas de absorção e respectivas atribuições foram: 3400 cm⁻¹ devido ao estiramento de ligações

de grupamentos OH, $2920-2850\text{ cm}^{-1}$ atribuída ao estiramento de C-H alifático, 1720 cm^{-1} referente ao estiramento de C=O de grupos carboxílicos, 1620 cm^{-1} devido ao estiramento de C=C aromático, 1540 cm^{-1} atribuída à deformação de ligação N-H e ao estiramento de C-N de amidas, $1403-1360\text{ cm}^{-1}$ referente à deformação de C-H alifático e $1090-1060\text{ cm}^{-1}$ devido ao estiramento de ligação C-O de polissacarídeos.

Os espectros de FTIR da MOS_{HF} das frações argila e silte do LB nos ambientes estudados apresentaram diferenças apenas quanto à intensidade relativa das bandas. Na fração argila, o IR_{2920} variou de 13 a 34%, o IR_{1720} de 2 a 19%, o IR_{1630} de 13 a 41%, o IR_{1540} de 1 a 8%, o IR_{1070} de 14 a 32% e o I_{1630}/I_{2920} foi de 1 a 3. Já no silte, o IR_{2920} variou de 13 a 26%, o IR_{1720} de 4 a 17%, o IR_{1630} de 16 a 45%, o IR_{1540} de 2 a 8% e o IR_{1070} de 22 a 49%. A variação de I_{1630}/I_{2920} foi de 0,9 a 1,8 (Tabela 27).

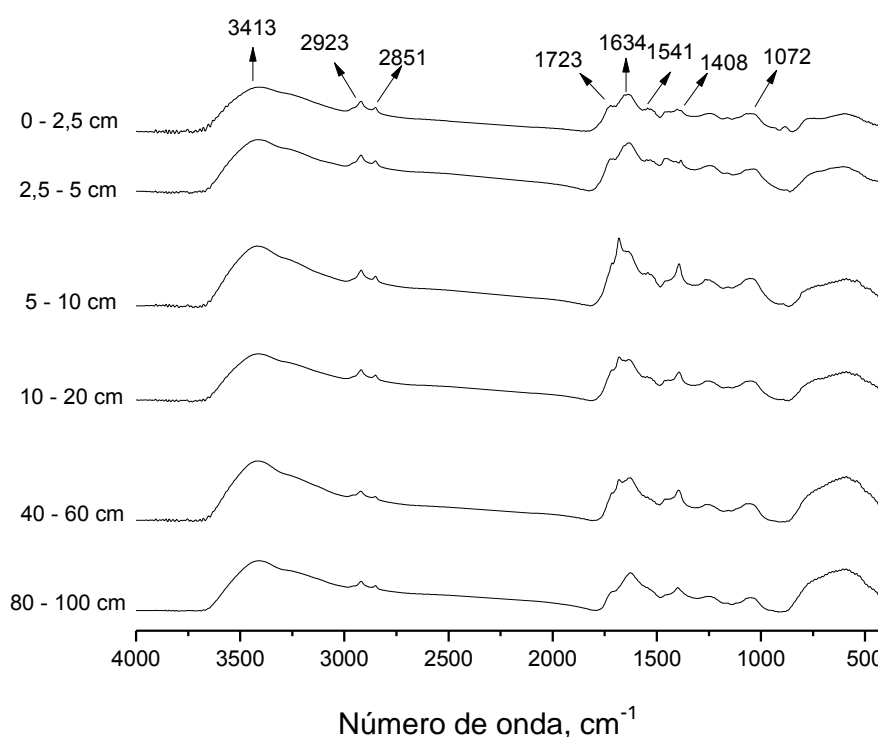


Figura 29. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração argila de um Latossolo Bruno sob mata nativa.

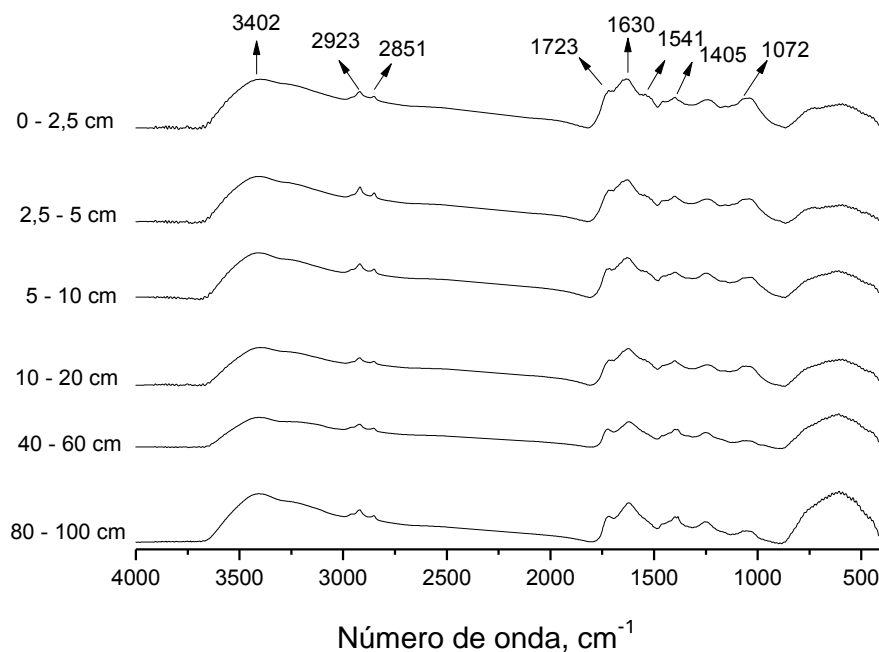


Figura 30. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração argila de um Latossolo Bruno sob plantio direto.

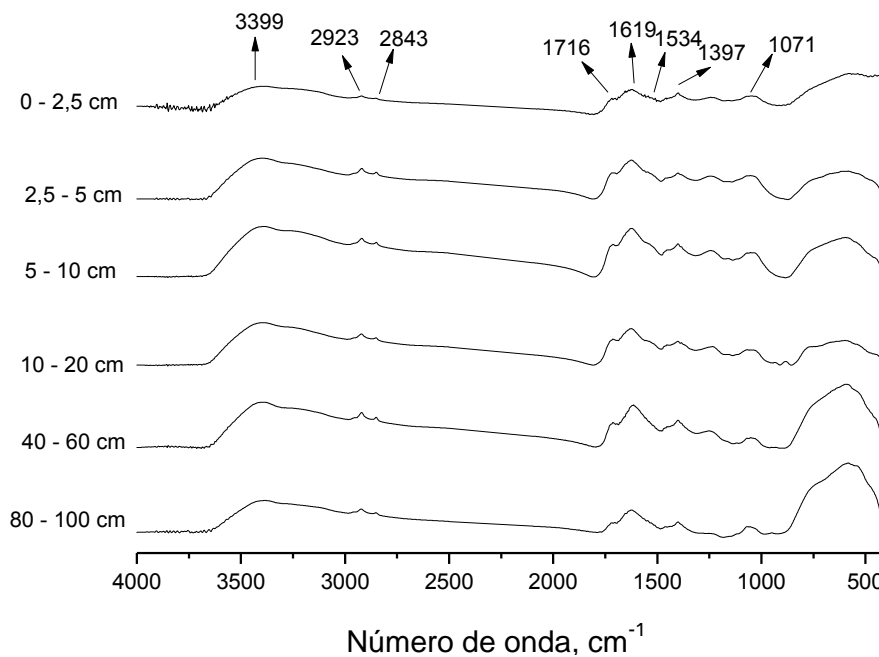


Figura 31. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração argila de um Latossolo Bruno sob preparo convencional.

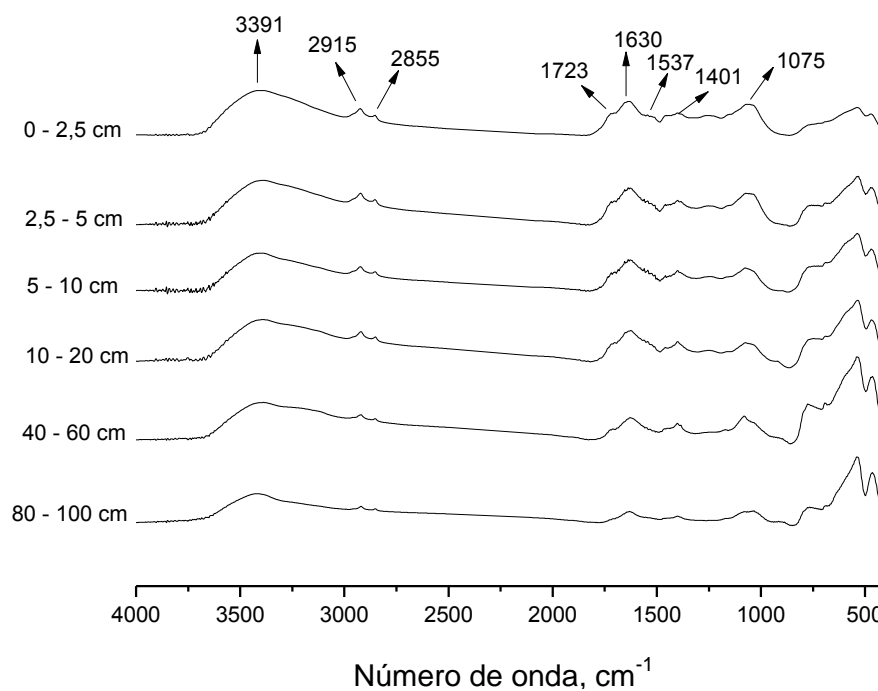


Figura 32. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração silte de um Latossolo Bruno sob mata nativa.

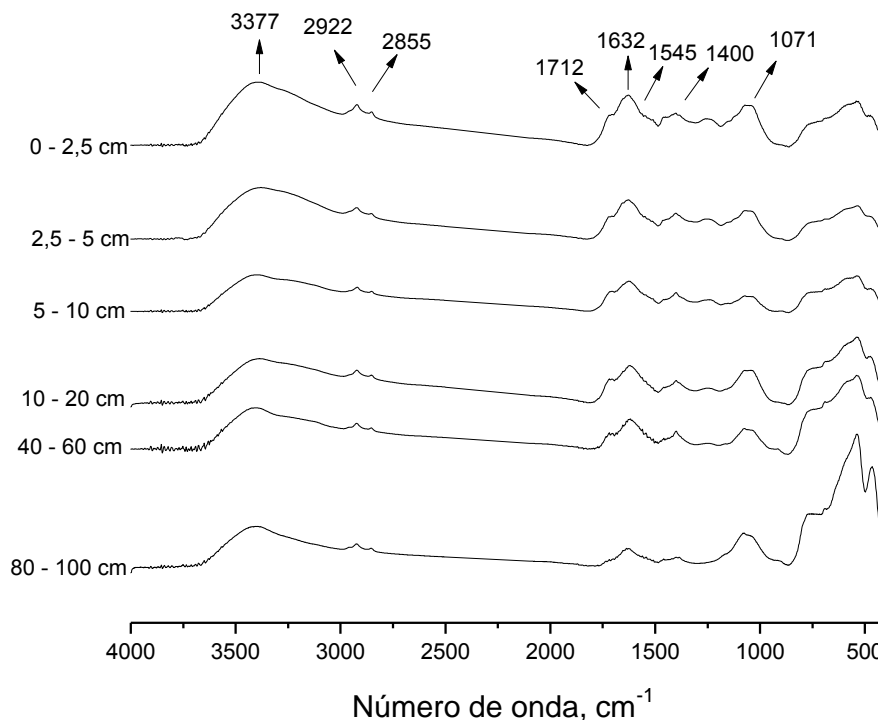


Figura 33. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração silte de um Latossolo Bruno sob plantio direto.

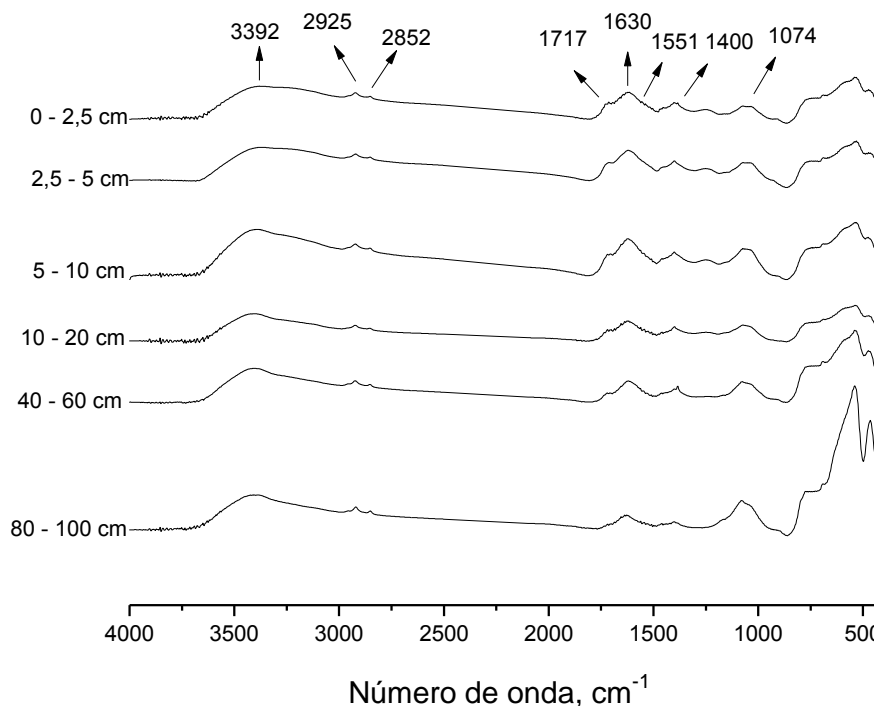


Figura 34. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração silte de um Latossolo Bruno sob preparo convencional.

Os teores de C após tratamento com HF 10% (C_{HF}) na fração argila do LV variaram de 79 a 357 g kg⁻¹ e os de N_{HF} de 8 a 48 g kg⁻¹ nos três ambientes (Tabela 25). A partir destes valores, foi calculada a relação C/ N_{HF} da argila que apresentou variação de 7,4 a 8,9 sob mata nativa, de 9,4 a 11,0 sob PD e de 9,5 a 10,8 sob PC (Tabela 25).

A recuperação de massa da argila do LV variou de 1 a 6% sob mata e de 2 a 4% sob os dois sistemas de preparo do solo. A recuperação de carbono apresentou variação de 11 a 52% sob mata, e de 18 a 41% para os dois sistemas agrícolas (Tabela 25).

Na fração silte do LV, o C_{HF} variou de 44 a 292 g kg⁻¹ e a variação no teor de N_{HF} foi de 3 a 28 g kg⁻¹ dentro dos três sistemas. A relação C/ N_{HF} desta fração variou de 10,3 a 12,0 sob mata, de 13,2 a 14,6 sob PD e de 14,2 a 15,2 sob PC (Tabela 25).

Tabela 27. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} das frações silte e argila no perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

Sistema	Profundidade (cm)	Argila						Silte					
		IR (%)					I_{1630}/I_{2920}	IR (%)					I_{1630}/I_{2920}
		IR ₂₉₂₀	IR ₁₇₂₀	IR ₁₆₃₀	IR ₁₅₄₀	IR ₁₀₇₀		IR ₂₉₂₀	IR ₁₇₂₀	IR ₁₆₃₀	IR ₁₅₄₀	IR ₁₀₇₀	
Mata	0 – 2,5	27,6±0,1	9,1±1,8	34,2±1,7	6,1±1,1	23,0±1,0	1,2±0,1	26,3±1,1	8,9±2,3	33,2±0,3	3,4±0,8	28,2±3,9	1,3±0,1
	2,5 – 5	24,2±0,8	11,9±0,7	32,5±2,8	5,3±0,0	26,0±2,8	1,3±0,2	25,6±0,4	9,5±1,8	30,1±0,8	4,4±0,3	30,4±1,6	1,2±0,1
	5 – 10	21,9±2,8	6,8±2,2	40,4±5,8	4,9±0,1	26,0±0,7	1,9±0,5	23,0±4,3	10,6±1,4	34,5±7,7	6,4±2,3	25,6±8,4	1,5±0,1
	10 – 20	26,0±1,2	2,4±0,2	37,0±1,2	5,8±1,4	28,8±0,9	1,4±0,0	24,6±1,5	9,8±0,9	28,9±1,4	5,5±1,5	31,1±2,3	1,2±0,1
	40 – 60	18,8±0,4	5,6±0,3	40,7±1,6	4,5±1,3	30,4±0,2	2,2±0,1	15,7±0,7	8,1±0,1	27,5±2,7	2,0±0,3	46,6±2,2	1,8±0,3
	80 – 100	24,4±6,1	8,8±3,3	38,9±8,7	3,8±0,6	24,0±1,3	1,7±0,4	18,3±3,3	6,0±4,4	22,6±8,2	7,1±7,6	46,0±0,4	1,2±0,2
PD	0 – 2,5	21,9±0,6	9,5±0,6	33,0±1,5	7,2±3,3	28,4±3,0	1,5±0,1	23,6±0,7	8,6±2,7	39,4±2,9	2,2±1,2	26,2±2,1	1,7±0,1
	2,5 – 5	28,3±0,0	8,5±1,1	32,8±1,5	3,6±0,2	26,8±2,4	1,2±0,1	20,5±0,5	9,7±4,5	44,5±2,2	2,4±0,1	22,9±2,8	2,2±0,2
	5 – 10	27,0±3,6	14,6±2,7	30,4±1,8	3,5±0,3	24,5±0,5	1,1±0,2	20,3±0,1	9,7±1,0	38,6±0,1	2,9±0,4	28,6±1,1	1,9±0,0
	10 – 20	19,3±0,0	8,6±0,2	36,1±0,5	3,7±1,8	32,3±2,0	1,9±0,0	19,4±1,6	15,5±4,7	23,1±2,1	3,1±0,4	38,9±4,8	1,2±0,2
	40 – 60	25,0±1,8	16,7±2,4	41,0±0,9	2,9±0,4	14,4±2,9	1,6±0,2	14,8±2,9	16,5±0,8	22,9±7,4	7,8±0,2	38,0±5,5	1,6±0,8
	80 – 100	34,0±1,0	24,8±1,3	23,5±0,0	1,4±0,5	16,3±1,7	1,0±0,0	18,3±2,3	4,4±0,9	24,4±2,9	4,4±2,0	48,6±8,1	1,3±0,0
PC	0 – 2,5	13,0±0,5	18,6±3,9	33,6±2,8	8,1±0,6	26,7±2,3	2,6±0,3	24,3±3,9	11,2±0,2	31,5±3,0	4,8±0,3	28,6±6,8	1,3±0,1
	2,5 – 5	22,9±2,6	11,1±0,9	35,7±0,2	3,8±1,6	26,4±5,2	1,6±0,2	17,0±0,9	10,8±0,9	31,9±2,1	5,0±0,7	35,3±2,9	1,9±0,4
	5 – 10	20,2±0,8	11,3±2,1	39,6±2,9	4,4±0,3	24,5±1,3	2,0±0,1	16,7±0,2	15,0±2,7	36,9±3,5	2,8±0,1	28,6±0,8	2,2±0,2
	10 – 20	18,6±2,6	14,1±3,3	31,5±7,7	5,2±0,7	30,6±6,3	1,7±0,2	16,6±1,3	14,6±0,9	30,6±1,5	4,0±1,2	34,1±0,2	1,8±0,2
	40 – 60	21,7±0,9	13,8±2,0	13,3±0,1	1,6±0,3	19,6±1,4	2,0±0,1	19,7±2,1	9,5±2,6	30,1±0,9	2,7±1,0	38,1±2,4	1,5±0,2
	80 – 100	18,2±0,4	10,8±2,2	39,4±1,5	4,5±0,0	27,1±4,1	2,2±0,0	17,1±0,0	4,5±0,6	15,7±1,5	4,7±1,1	58,1±0,2	0,9±0,1

A recuperação de massa da fração silte apresentou variação de 5 a 16% sob mata nativa, de 4 a 12% sob PD e de 5 a 10% sob PC. A recuperação de carbono dessa fração variou de 32 a 69% sob mata nativa, de 26 a 73% sob PD e de 32 a 61% sob PC (Tabela 25). As estruturas de MOS auto-associadas podem formar grandes micelas as quais apresentam uma quantidade de massa suficiente para serem retiradas do sobrenadante contendo solução de HF 10%. Assim, tais estruturas podem ser recuperadas após desmineralização da amostra.

Os espectros de FTIR da MOS_{HF} das frações do LV (Figuras 35 a 40) apresentaram as mesmas bandas encontradas nas frações do LB. Para a fração argila do LV, as variações foram de 10 a 29% para IR_{2920} , de 8 a 13% para IR_{1720} , de 30 a 52% para IR_{1630} , de 2 a 20% para IR_{1540} , de 8 a 36% para IR_{1070} e de 1 a 3 para I_{1630}/I_{2920} (Tabela 28). No silte, o IR_{2920} variou de 10 a 27%, o IR_{1720} de 3 a 12%, o IR_{1630} de 25 a 48%, o IR_{1540} de 3 a 9%, o IR_{1070} de 16 a 48% e o I_{1630}/I_{2920} foi de 1,2 a 3,3 (Tabela 28).

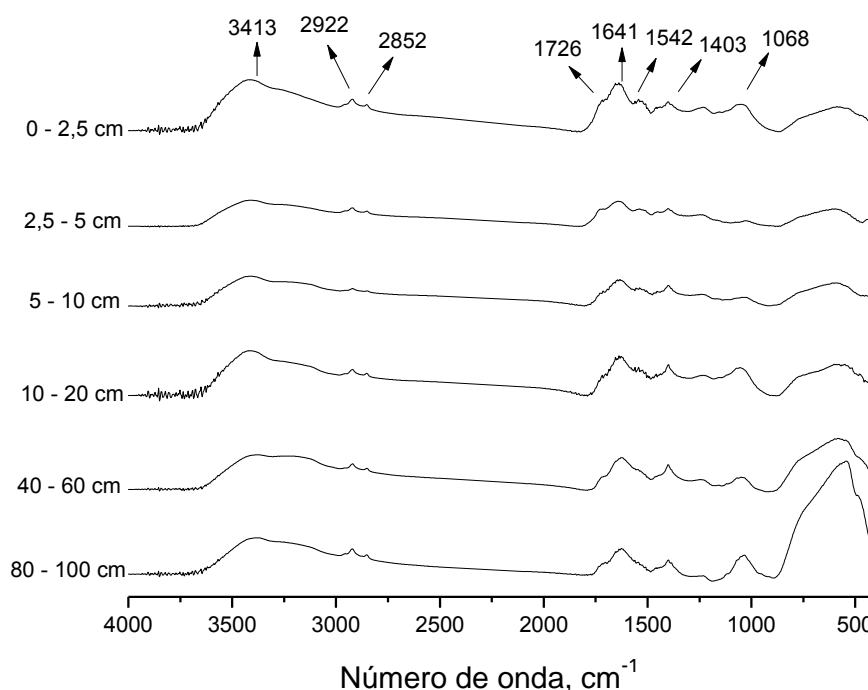


Figura 35. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração argila de um Latossolo Vermelho sob mata nativa.

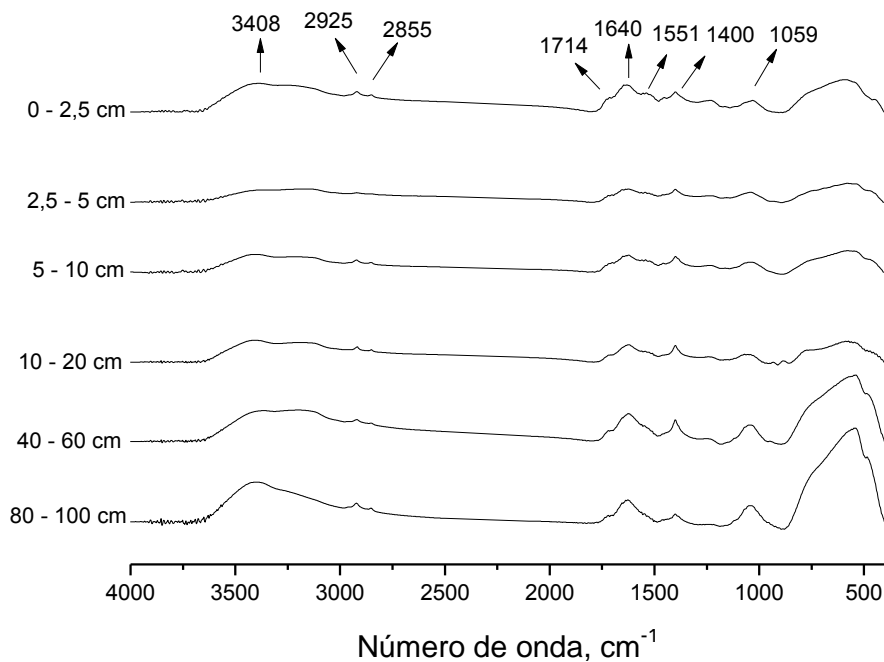


Figura 36. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração argila de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.

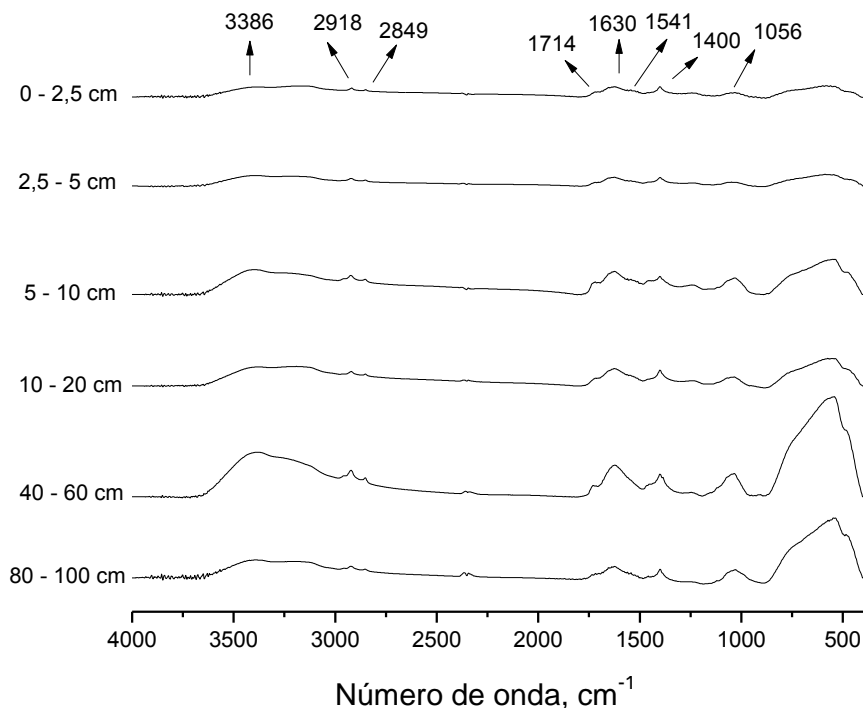


Figura 37. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração argila de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional.

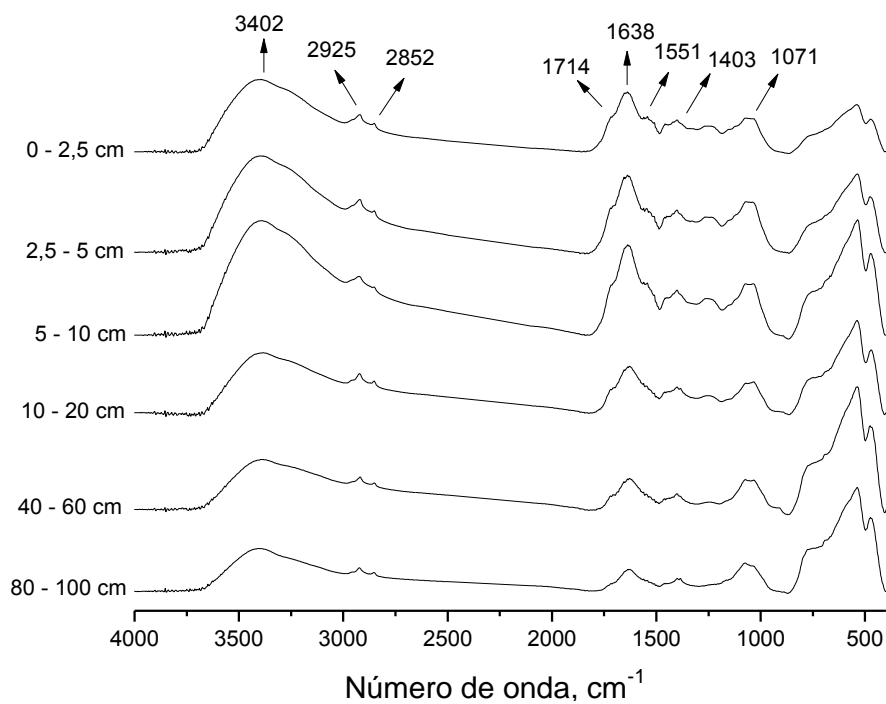


Figura 38. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração silte de um Latossolo Vermelho sob mata nativa.

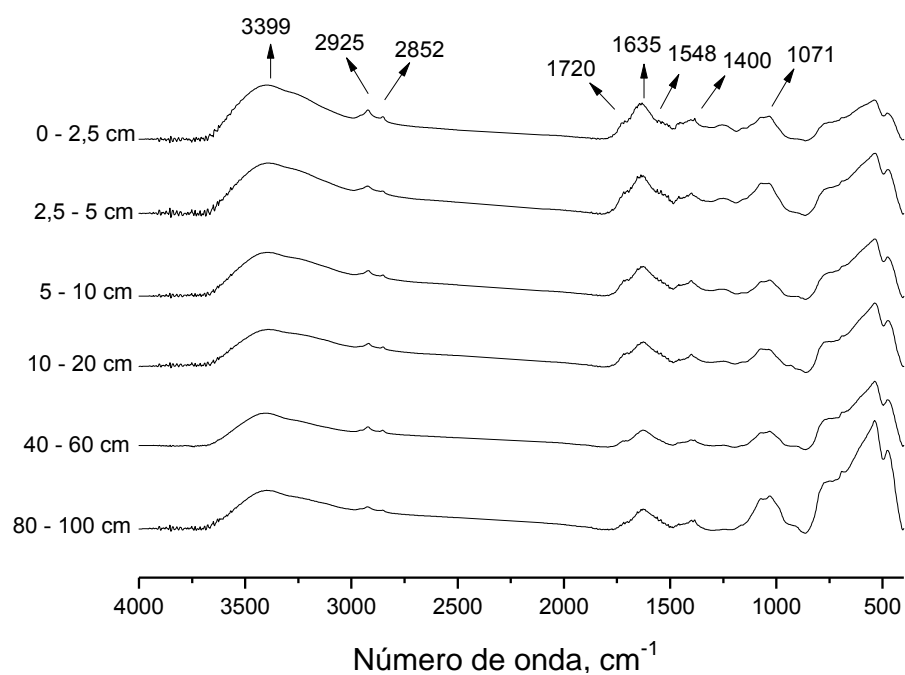


Figura 39. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração silte de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.

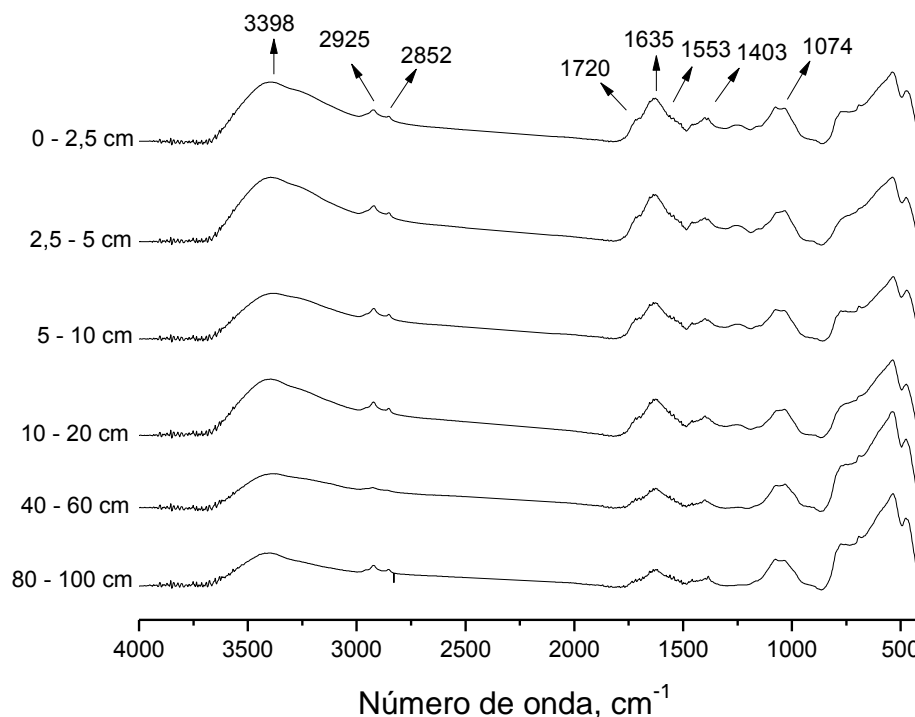


Figura 40. Espectros de FTIR da MOS_{HF} na fração silte de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional.

5.2.3.3.2. Composição química da MOS avaliada por análise estatística multivariada

A análise de componentes principais (ACP) para as frações silte e argila do LB sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional indicou que os dois primeiros componentes principais representaram 68,9% da variância total (Tabela 29). As variáveis IR_{1630} e IR_{1070} apresentaram maiores coeficientes de correlação com o primeiro componente principal (CP 1), sendo que, para a primeira variável, o coeficiente foi negativo, enquanto que a segunda se correlacionou positivamente com o CP1. Correlação positiva também foi verificada para IR_{2920} , porém com o segundo componente principal (CP2). Para o mesmo componente, foi observada correlação negativa com o I_{1630}/I_{2920} . Os índices IR_{1720} e IR_{1540} não apresentaram correlação com o CP1 e CP2 (Tabela 29).

Tabela 28. Intensidades relativas e índice de aromaticidade da MOS_{HF} das frações silte e argila no perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

Sistema	Profundidade (cm)	Argila						Silte					
		(%)					I_{1630}/I_{2920}	(%)					I_{1630}/I_{2920}
		IR ₂₉₂₀	IR ₁₇₂₀	IR ₁₆₃₀	IR ₁₅₄₀	IR ₁₀₇₀		IR ₂₉₂₀	IR ₁₇₂₀	IR ₁₆₃₀	IR ₁₅₄₀	IR ₁₀₇₀	
Mata	0 – 2,5	23,8±0,8	11,2±1,3	37,3±9,9	18,8±6,9	8,8±0,9	1,6±0,5	22,3±0,1	9,0±1,8	42,8±3,1	8,6±1,1	17,3±0,3	1,9±0,1
	2,5 – 5	28,6±9,3	13,3±5,7	30,4±6,8	19,5±2,8	8,1±7,6	1,1±0,1	21,2±1,1	8,2±3,3	45,2±1,0	5,8±0,3	19,6±3,7	2,1±0,2
	5 – 10	17,6±2,5	8,7±4,5	45,9±13,4	11,2±0,6	16,6±7,0	2,7±0,6	14,7±0,8	8,2±3,5	48,2±0,3	9,1±1,7	19,8±4,6	3,3±0,2
	10 – 20	19,9±4,9	12,2±0,4	40,1±1,4	14,1±1,6	13,7±1,4	2,1±0,6	27,0±0,3	8,3±5,1	44,2±2,7	4,5±0,4	16,1±2,5	1,6±0,1
	40 – 60	22,9±0,8	11,3±2,5	52,2±2,2	6,7±4,3	18,2±0,2	2,3±0,0	17,6±0,6	9,4±1,3	30,7±1,7	6,4±2,3	35,9±4,7	1,7±0,2
	80 – 100	28,3±2,8	12,8±2,3	38,7±1,4	6,1±0,5	14,1±1,4	1,4±0,1	20,8±3,4	3,3±0,4	31,1±5,0	3,4±0,0	41,4±8,8	1,5±0,0
PD	0 – 2,5	24,3±4,2	8,1±1,3	42,1±2,1	12,8±0,3	12,6±7,9	1,8±0,2	25,2±0,2	5,1±2,2	43,1±1,8	6,0±1,6	20,6±2,6	1,7±0,1
	2,5 – 5	10,1±0,7	11,4±1,1	41,5±1,7	11,4±2,4	25,4±4,4	3,1±0,5	14,1±1,8	10,1±1,4	41,4±0,6	8,4±1,1	26,1±2,1	3,0±0,3
	5 – 10	25,8±2,5	10,4±1,9	38,5±2,1	12,1±2,3	13,2±0,4	1,5±0,1	19,7±2,3	11,5±1,5	35,6±3,0	7,2±0,9	26,0±3,1	1,8±0,4
	10 – 20	18,5±3,5	10,4±0,2	40,0±4,4	8,5±4,6	22,6±3,4	2,2±0,2	15,3±0,5	10,8±0,2	31,7±3,2	8,0±1,9	34,2±1,9	2,1±0,1
	40 – 60	15,5±2,0	12,7±0,7	51,0±1,3	4,1±1,5	16,7±2,4	3,3±0,3	20,0±0,2	8,7±2,1	31,9±6,2	5,6±5,5	33,8±1,6	1,6±0,3
	80 – 100	24,5±0,2	9,4±1,0	47,5±0,7	7,3±1,5	11,3±3,4	1,9±0,1	10,4±1,7	7,9±0,8	26,8±2,0	7,4±0,8	47,6±2,0	2,6±0,6
PC	0 – 2,5	27,4±0,9	11,9±1,0	42,5±3,2	10,5±5,0	7,7±0,2	1,6±0,1	16,7±0,3	4,5±0,8	31,8±0,6	5,2±1,7	38,8±1,2	1,9±0,1
	2,5 – 5	28,5±0,5	9,0±1,2	40,8±0,9	6,7±1,6	15,0±0,8	1,4±0,1	20,2±0,7	9,0±0,1	39,9±1,3	5,4±0,9	25,4±3,0	2,0±0,0
	5 – 10	26,3±2,4	11,7±5,0	41,2±1,4	7,5±0,1	13,2±1,3	1,6±0,1	23,2±2,4	7,5±0,1	33,8±0,2	5,1±1,8	30,4±0,9	1,5±0,2
	10 – 20	20,7±0,1	10,8±1,8	42,6±0,6	4,8±0,4	21,1±2,9	2,1±0,0	22,1±2,4	8,9±0,1	29,5±0,2	8,7±1,8	30,8±0,9	1,3±0,1
	40 – 60	20,3±0,0	9,5±0,1	32,0±0,0	2,1±0,2	36,1±0,0	1,6±0,0	10,2±3,7	9,4±1,7	31,6±8,7	5,8±3,1	43,0±7,6	2,2±0,3
	80 – 100	24,7±0,0	11,7±3,7	36,8±3,8	8,6±0,0	18,1±7,4	1,5±0,2	21,2±1,9	8,9±1,2	24,8±6,3	6,5±0,6	38,6±6,4	1,2±0,2

Tabela 29. Coeficientes de correlação obtidos por análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica das frações argila e silte no perfil de um Latossolo Bruno e de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Variáveis	Latossolo Bruno		Latossolo Vermelho	
	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
Autovalores	2,19	1,78	2,51	1,79
Porcentagem da variância total	39,2	29,7	41,8	29,8
	Correlações			
IR ₂₉₂₀	0,41	0,86*	-0,74*	0,61*
IR ₁₇₂₀	0,33	0,25	-0,57*	-0,34
IR ₁₆₃₀	0,89*	-0,28	-0,44	-0,61*
IR ₁₅₄₀	-0,27	-0,41	-0,60*	-0,14
IR ₁₀₇₀	-0,90*	-0,12	0,96*	0,20
I ₁₆₃₀ /I ₂₉₂₀	0,48*	-0,85*	0,34	-0,93*

A variação na composição química da MOS nas frações argila e silte do LB está representada no gráfico biplot (Figura 41). A fração argila sob mata nativa apresentou variação apenas quanto à presença de cadeias alifáticas homogêneas (IR₂₉₂₀) e conseqüentemente o I₁₆₃₀/I₂₉₂₀ variou. Sob PD, até 20 cm, a MOS da argila no LB apresentou composição semelhante à encontrada na mesma fração sob mata nativa na superfície do solo. Até 2,5 cm de profundidade, a MOS da argila sob PC apresentou menor contribuição de cadeias alifáticas homogêneas e maior enriquecimento relativo de estruturas oxidadas, quando comparada aos demais ambientes nessa camada. Desta forma, é possível sugerir que, no PC, as cadeias alifáticas homogêneas da MOS presentes na fração argila sofrem oxidação em função da prática de manejo.

Até 20 cm de profundidade, na fração silte do LB sob mata, a MOS apresentou maior contribuição de cadeias alifáticas homogêneas e menor proporção de ligações C-O de polissacarídeos (IR₁₀₇₀) do que na subsuperfície. Até 10 cm de profundidade, a MOS da fração silte do LB sob PD apresentou caráter relativamente mais aromático, e conseqüentemente maior índice I₁₆₃₀/I₂₉₂₀, do que subsuperfície, onde foi verificado enriquecimento relativo de polissacarídeos. Sob PC, a composição química da MOS na fração silte foi semelhante à da MOS sob PD, porém não houve distinção da composição ao longo do perfil do solo (Figura 41).

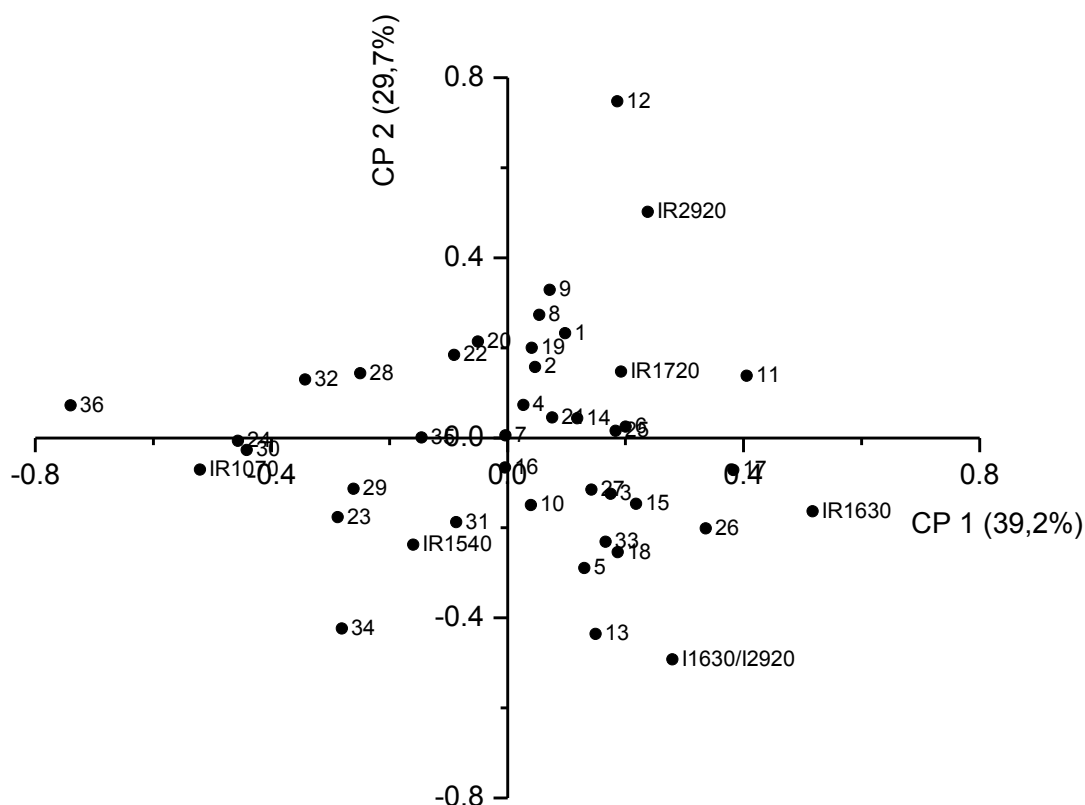


Figura 41. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica das frações argila e silte no perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = Argila Mata 0-2,5 cm, 2 = Argila Mata 2,5-5 cm, 3 = Argila Mata 5-10 cm, 4 = Argila Mata 10-20 cm, 5 = Argila Mata 40-60 cm, 6 = Argila Mata 80-100 cm, 7 = Argila PD 0-2,5 cm, 8 = Argila PD 2,5-5 cm, 9 = Argila PD 5-10 cm, 10 = Argila PD 10-20 cm, 11 = Argila PD 40-60 cm, 12 = Argila PD 80-100 cm, 13 = Argila PC 0-2,5 cm, 14 = Argila PC 2,5-5 cm, 15 = Argila PC 5-10 cm, 16 = Argila PC 10-20 cm, 17 = Argila PC 40-60 cm, 18 = Argila PC 80-100 cm, 19 = Silte Mata 0-2,5 cm, 20 = Silte Mata 2,5-5 cm, 21 = Silte Mata 5-10 cm, 22 = Silte Mata 10-20 cm, 23 = Silte Mata 40-60 cm, 24 = Silte Mata 80-100 cm, 25 = Silte PD 0-2,5 cm, 26 = Silte PD 2,5-5 cm, 27 = Silte PD 5-10 cm, 28 = Silte PD 10-20 cm, 29 = Silte PD 40-60 cm, 30 = Silte PD 80-100 cm, 31 = Silte PC 0-2,5 cm, 32 = Silte PC 2,5-5 cm, 33 = Silte PC 5-10 cm, 34 = Silte PC 10-20 cm, 35 = Silte PC 40-60 cm, 36 = Silte PC 80-100 cm.

Na superfície, o sistema conservacionista preserva, na fração argila, estruturas alifáticas, as quais sob PC são decompostas ocasionando o enriquecimento relativo de estruturas carboxílicas decorrente da oxidação da MOS. Na fração silte, não foi possível distinguir claramente a influência do sistema de manejo sobre a qualidade da MOS.

Comparando-se as duas frações, independente do ambiente avaliado, não foi possível verificar diferenças na composição química da MOS.

Para o LV, a ACP revelou que os dois primeiros componentes principais representaram 71,6% da variância da análise (Tabela 29). Com o CP1, apresentaram maiores correlações negativas as variáveis IR₂₉₂₀, IR₁₇₂₀, IR₁₅₄₀ e IR₁₀₇₀, indicando que os valores originais destas variáveis diminuem ao

longo do componente. O IR_{1630} e o I_{1630}/I_{2920} foram as únicas variáveis que expressaram maiores correlações com o CP2, sendo que a primeira correlacionou-se positivamente, enquanto que a segunda foi correlacionada negativamente com CP2 (Tabela 29).

A MOS da fração argila do LV sob mata nativa se caracterizou pelo predomínio de estruturas alifáticas, carboxílicas (IR_{1720}) e nitrogenadas (IR_{1540}). Além disso, não houve diferenças marcantes na composição química nesta fração no perfil do solo (Figura 42). Em geral, a MOS na argila do LV sob uso agrícola, em ambos os sistemas, apresentou composição química semelhante à encontrada sob mata nativa, sugerindo que o uso do solo não afeta quimicamente a MOS protegida por interação com a fração argila.

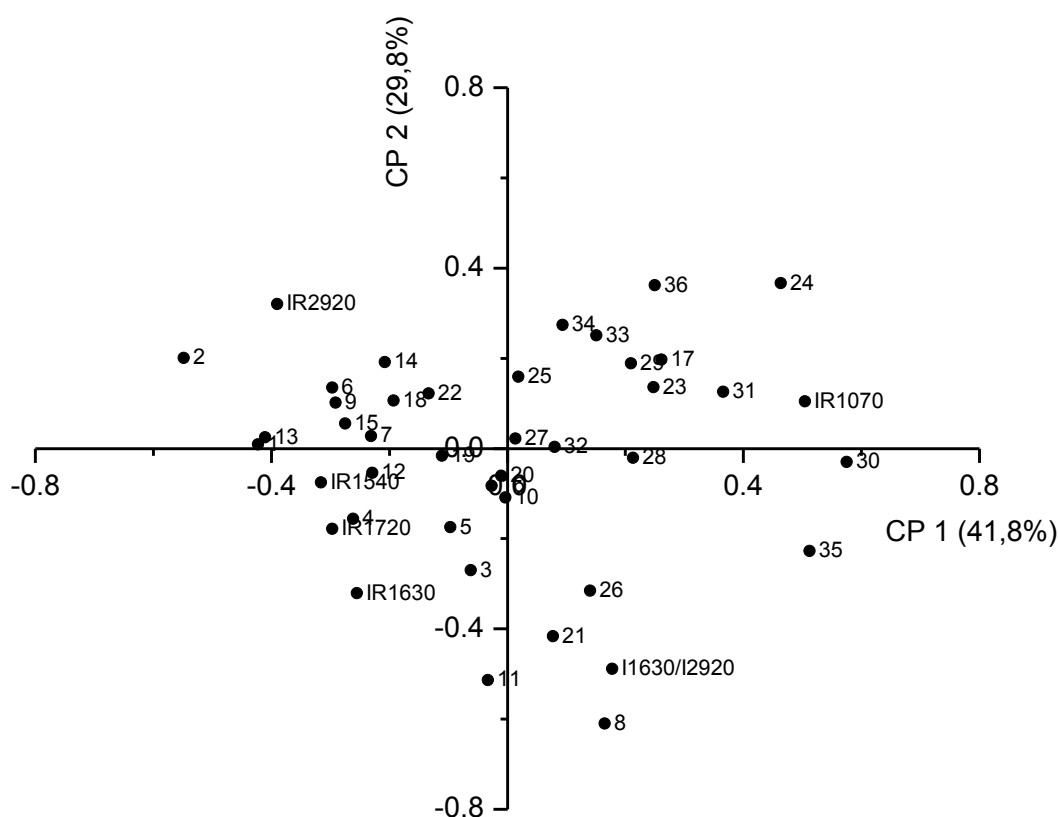


Figura 42. Análise de componentes principais para a composição química da matéria orgânica das frações argila e silte no perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional. 1 = Argila Mata 0-2,5 cm, 2 = Argila Mata 2,5-5 cm, 3 = Argila Mata 5-10 cm, 4 = Argila Mata 10-20 cm, 5 = Argila Mata 40-60 cm, 6 = Argila Mata 80-100 cm, 7 = Argila PD 0-2,5 cm, 8 = Argila PD 2,5-5 cm, 9 = Argila PD 5-10 cm, 10 = Argila PD 10-20 cm, 11 = Argila PD 40-60 cm, 12 = Argila PD 80-100 cm, 13 = Argila PC 0-2,5 cm, 14 = Argila PC 2,5-5 cm, 15 = Argila PC 5-10 cm, 16 = Argila PC 10-20 cm, 17 = Argila PC 40-60 cm, 18 = Argila PC 80-100 cm, 19 = Silte Mata 0-2,5 cm, 20 = Silte Mata 2,5-5 cm, 21 = Silte Mata 5-10 cm, 22 = Silte Mata 10-20 cm, 23 = Silte Mata 40-60 cm, 24 = Silte Mata 80-100 cm, 25 = Silte PD 0-2,5 cm, 26 = Silte PD 2,5-5 cm, 27 = Silte PD 5-10 cm, 28 = Silte PD 10-20 cm, 29 = Silte PD 40-60 cm, 30 = Silte PD 80-100 cm, 31 = Silte PC 0-2,5 cm, 32 = Silte PC 2,5-5 cm, 33 = Silte PC 5-10 cm, 34 = Silte PC 10-20 cm, 35 = Silte PC 40-60 cm, 36 = Silte PC 80-100 cm.

Na fração silte do LV sob mata nativa, a composição da MOS foi semelhante à observada na fração argila deste ambiente, porém com aumento na proporção de estruturas tipo polissacarídeos (Figura 42). Sob PD, a MOS presente na fração silte apresentou composição química semelhante à verificada sob mata nativa, porém com contribuição um pouco maior de estruturas tipo polissacarídeos até 10 cm. A MOS na fração silte do LV sob PC apresentou diferença na composição química apenas na camada de 0-2,5 cm, onde o silte sob PC apresentou proporção de polissacarídeos rapidamente maior na MOS comparativamente ao sistema conservacionista.

Em comparação à fração argila, a fração silte do LV, em todos os ambientes, apresentou abundância de estruturas do tipo polissacarídeos. Tal resultado sugere maior labilidade da MOS na fração silte em virtude da presença de FL nessa fração.

5.2.3.4. Superfície específica nas frações argila e silte

A superfície específica da fração argila do LB variou de 17 a 37 m² g⁻¹ sob mata nativa, de 13 a 40 m² g⁻¹ sob PD e de 44 a 50 m² g⁻¹ sob PC (Tabela 25). Como esperado, a fração silte em todos os ambientes apresentou menor superfície específica e variou de 10 a 18 m² g⁻¹ sob mata nativa, 30 a 41 m² g⁻¹ sob PD e de 26 a 44 m² g⁻¹ sob PC (Tabela 25). A menor superfície específica obtida para a fração silte sob mata nativa em comparação à mesma fração sob PD e PC, sugere maior presença de matéria orgânica sobre a superfície do silte e possivelmente ocorrência em maior escala de auto-associação entre os grupos funcionais da MOS neste compartimento sob mata nativa. O recobrimento do silte por micelas orgânicas diminui a superfície específica, pois essas estruturas impedem a acessibilidade dos sítios da superfície mineral pelo nitrogênio. Considerando-se as partículas minerais como esferas maciças, a superfície específica calculada para fração argila seria de 1,2 m² g⁻¹ e variaria de 0,4 a 1,2 m² g⁻¹. Desta forma, a alta superfície específica encontrada nas frações argila e silte dos Latossolos é resultante da elevada rugosidade e presença de microporos nessas frações. Esses sítios conferem alta capacidade sorbitiva à fração mineral do solo.

No LV, também foi observada menor superfície específica para a fração silte em comparação à fração argila (Tabela 25). No LV, não foram

verificadas diferenças relevantes na superfície específica da fração silte em função da alteração do uso do solo como no LB. Este fato pode ser atribuído à decomposição menos intensa da FL presente no silte no LB em função da menor temperatura da região. No LV, a temperatura mais elevada favorece a ação microbiana sobre a FL, diminuindo a diferença na composição química da MOS entre os ambientes. A análise multivariada para a composição química da MOS dos diferentes solos confirma essa hipótese.

5.2.4. CONCLUSÕES

O acúmulo de carbono na fração silte de ambos os solos, independente do sistema de manejo, ocorre por interação organomineral, por auto-associação de estruturas orgânicas e por preservação da fração leve da matéria orgânica.

O Latossolo Bruno sob PD apresenta maior capacidade de retenção de carbono na fração argila do que sob PC. No entanto, no Latossolo Vermelho, a capacidade máxima de retenção de carbono independe do sistema de manejo nas duas frações.

O carbono orgânico dissolvido é um compartimento que não evidencia saturação de carbono, independente do tipo de solo e do sistema de manejo adotado.

A composição química das frações físicas, associada à superfície específica, confirma a grande importância da auto-associação orgânica e da presença de FL para o acúmulo de carbono na fração silte.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O efeito do sistema de manejo sobre o estoque de carbono do solo e dos compartimentos físicos ocorre em camadas superficiais dos Latossolos, porém é dependente da mineralogia do solo e do clima. A dinâmica do carbono nos compartimentos físicos em função do manejo do solo é afetada pelo clima, sendo que em regiões mais frias, o sistema conservacionista é capaz de expressar mais intensamente a recuperação de carbono.

A subsuperfície do solo apresenta relevante capacidade de reter carbono. Por isso, torna-se indispensável estudar as camadas subsuperficiais quando a razão da investigação for a preservação ambiental. A partir do conhecimento do teor de carbono presente no solo e da capacidade máxima de retenção de carbono, pode-se prever a quantidade de carbono que o solo ainda poderá reter e conseqüentemente seu potencial de mitigar as emissões de gases para a atmosfera. Considerando-se que a composição da matéria orgânica é um fator essencial para a preservação de carbono no solo, é importante analisar a qualidade da MOS juntamente com o teor de carbono no solo e em seus compartimentos.

Portanto, estudos em experimentos de longa duração em solos subtropicais ainda são necessários para o esclarecimento e aprofundamento dos conhecimentos sobre o potencial de acúmulo do carbono no solo. A introdução de pesquisas sobre origem do carbono no solo é um grande avanço nos estudos sobre matéria orgânica de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. A avaliação da contribuição microbiana e vegetal (parte aérea e raízes) para o carbono do solo poderá auxiliar na compreensão da dinâmica e da estabilidade da matéria orgânica no perfil de solos subtropicais. Além disso, fornecerá informações importantes para a elucidação dos mecanismos de

proteção da matéria orgânica e origem do carbono retido nos compartimentos físicos desses solos quando submetidos às diferentes práticas de manejo do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, Oxford, v. 31, p. 697-710, 2000.

BALESDENT, J. CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, p. 215-230, 2000.

BARRÓN, V.; TORRENT, J. Surface hydroxyl configuration of various crystal faces of hematite and goethite. **Journal of Colloid and Interface Science**, New York, v. 177, p. 407-410, 1996.

BASILE-DOELSCH, I. et al. Effect of landuse on organic matter stabilized in organo-mineral complexes: A study combining density fractionation, mineralogy and $\delta^{13}\text{C}$. **Geoderma**, Amsterdam, v. 151, p. 77-86, 2009.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas conservacionistas de manejo de solo**. 1996. 241f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1996.

BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um latossolo vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 39, p. 677-683, 2004.

BAYER, C. et al. Carbon stocks in organic matter fractions as affected by land use and soil management, with emphasis on no-tillage effect. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 401-406, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BLANCO-CANQUI, H.; LAL, R. No-tillage and soil-profile carbon sequestration: An on-farm assessment. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 72, p. 693-701, 2008.

BODDEY, R.M. et al. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, Oxford, v. 16, p. 784-795, 2010.

BOENI, M. **Proteção física da matéria orgânica em solos de Cerrado afetada pela pastagem**. 2007. 152 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BUURMAN, P.; ROSCOE, R. Different chemical composition of free light, occluded light and extractable SOM fractions in soils of Cerrado and tilled and untilled fields, Minas Gerais, Brazil: a pyrolysis-GC/MS study. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 62, p. 253-266, 2011.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 777-783, 1992.

CAMPOS, B. C. et al. Carbon stocks and its compartments in a subtropical oxisol under long-term tillage and a crop rotation systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 805-817, 2011.

CHANTIGNY, M. H. Dissolved and water-extractable organic matter in soils: a review on the influence of land use and management practices. **Geoderma**, Amsterdam, v. 113, p. 357-380, 2003.

CHEFETZ, B. et al. Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, p. 776-785, 1996.

CHRISTENSEN, B. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **European Journal of Soil Science**, Orxord, v. 52, p. 345-353, 2001.

CHRISTENSEN, B. T. Carbon in primary and secondary organomineral complexes. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC Lewis, 1996. p. 97-165.

CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. **Advances in soil science**, New York, v. 20, p. 1-90, 1992.

CHUNG, H.; GROVE, J. H.; SIX, J. Indications for soil carbon saturation in a temperate agroecosystem. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 72, p. 1132-1139, 2008.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Eficiência do politungstato de sódio no fracionamento físico densimétrico da matéria orgânica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1301-1310, 2007.

CONCEIÇÃO, P. C. **Agregação e proteção da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil**. 2006. 138 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-

Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da Matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 541-549, 2008.

COSTA, F. S. et al. Aumento da matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 587-589, 2004.

COVALEDA, S. et al. Land-use effects on the distribution of soil carbon within particle-size fractions of volcanic soils in the Transmexican Volcanic Belt (Mexico). **Soil Use and Management**, Oxford, v. 27, p. 186-194, 2011.

DICK, D. P. et al. Pinus afforestation in South Brazilian highlands: soil chemical attributes and organic matter composition. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, p. 175-181, 2011.

DICK, D. P.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Ed.) **Química e mineralogia do solo**: parte II – aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2009. p. 1-68.

DIECKOW, J. et al. Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 60, p. 240-249, 2009.

DIECKOW, J. et al. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 268, p. 319-328, 2005a.

DIECKOW, J. et al. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, p. 87-95, 2005b.

DING, G. et al. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, p. 421-429, 2002.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, p. 529-538, 1995.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EUSTERHUES, K.; RUMPEL, C.; KOGEL-KNABNER, I. Organo-mineral associations in sandy acid forest soils: importance of specific surface area, iron oxides and micropores. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 56, p. 753-763, 2005.

FABRIZZI, K. P. et al. Protection of soil organic C and N in temperate and tropical soils: effect of native and agroecosystems. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 92, p. 129-143, 2009.

FAVORETTO, C. M. et al. Determinação da humificação da matéria orgânica de um Latossolo e suas frações organo-minerais. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, p. 1994-1996, 2008.

FEBRAPDP. **Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

FELLER, C.; BEARE, M. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, p. 69-116, 1997.

FERREIRA, F. P. et al. Pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry of soil organic matter extracted from a Brazilian Mangrove and Spanish Salt Marshes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 73, p. 841-851, 2009.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 907-916, 2010.

FRAZÃO, L. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 45, p. 1198-1204, 2010.

GERZABEK, M. H. et al. G. How are soil use and management reflected by soil organic matter characteristics: a spectroscopic approach. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 57, p. 485-494, 2006.

GONÇALVES, C. N. et al. The effect of 10% HF treatment on the resolution of CPMAS ¹³C NMR spectra and on the quality of organic matter in Ferrasols. **Geoderma**, Amsterdam, v. 20, p. 1-20, 2003.

GONZÁLEZ-PÉREZ, M. et al. A laser-induced fluorescence spectroscopic study of organic matter in a Brazilian Oxisol under different tillage systems. **Geoderma**, Amsterdam, v. 138, p. 20-24, 2007.

GULDE, S. et al. Soil carbon saturation controls labile and stable carbon pools dynamics. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 72, p. 605-612, 2008.

HAYNES, R. J. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 32, p. 211-219, 2000.

HE, Y. et al. Using light fraction and macroaggregate associated organic matters as early indicators for management-induced changes in soil chemical and biological properties in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. **Geoderma**, Amsterdam, v. 147, p. 116-125, 2008.

INDA JUNIOR, A. V. et al. Variáveis relacionadas à estabilidade de complexos organo-minerais em solos tropicais e subtropicais brasileiros. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 1301-1307, 2007.

JAGADAMMA, S.; LAL, R. Distribution of soil carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 46, p. 543-554, 2010.

JOBÁGY, E. G.; JACKSON, R. B. The vertical distribution of soil carbon and its relation to climate and vegetation. **Ecological Applications**, Tempe, v. 10, p. 423-436, 2000.

KAISER, K. et al. Dissolved organic matter sorption on subsoils and minerals studied by ¹³C-NMR and DRIFT spectroscopy. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 48, p. 301-310, 1997.

KAISER, K.; GUGGENBERGER, G. Mineral surfaces and soil organic matter. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 54, p. 219-236, 2003.

KAISER, K.; ZECH, W. Release of natural organic matter sorbed to oxides and a subsoil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, p. 1157-1166, 1999.

KALBITZ, K. et al. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. **Soil Science**, Baltimore, v. 165, p. 277-304, 2000.

KLEBER, M.; JOHNSON, M. G. Advances in understanding the molecular structure of soil organic matter: implications for interactions in the environment. **Advances in Agronomy**, New York, v. 106, p. 77-142, 2010.

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**, Dordrecht, v. 85, p. 9-24, 2007.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, New York, v. 304, p. 1623-1627, 2004.

MADARI, B. et al. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 80, p. 185-200, 2005.

MADEJÓN, E. et al. Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, p. 55-62, 2009.

MANN, L.; TOLBERT, V.; CUSHMAN, J. Potential environmental effects of corn (*Zea mays* L.) stover removal with emphasis on soil organic matter and erosion. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 89, p. 149-166, 2002.

MARTINS, M. R. et al. Crop type influences soil aggregation and organic matter under no-tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, p. 22-29, 2009.

MARTINS, T. et al. Soil organic matter humification under different tillage managements evaluated by Laser Induced Fluorescence (LIF) and C/N ratio. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 111, p. 231-235, 2011.

MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3. p. 209-248.

MIKUTTA, R. et al. Biodegradation of forest floor organic matter bound to minerals via different binding mechanisms. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 71, p. 2569-2590, 2007.

MIKUTTA, R; KAISER, K. Organic matter bound to mineral surfaces: resistance to chemical and biological oxidation. **Soil Biology and biochemistry**, Elmsford, v. 43, p. 1738-1741, 2011.

MILORI, D. M. B. P. et al. Organic matter study of whole soil samples using laser-induced fluorescence spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal**, Amsterdam, v. 70, p. 57-63, 2006.

NIEROP, K. G. J.; VAN LAGEN, B.; BUURMAN, P. Composition of plant tissues and soil organic matter in the first stages of a vegetation succession. **Geoderma**, Amsterdam, v. 100, p. 1-24, 2001.

POWLSON, D. S.; WHITMORE, A. P.; GOULDING, K. W. T. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 62, p. 42-55, 2011.

QUÉNÉA, K. et al. Influence of change in land use on the refractory organic macromolecular fraction of a sandy spodosol (Landes de Gascogne, France). **Geoderma**, Amsterdam, v. 136, p. 136-151, 2006.

QUIDEAU, S. A.; BOCKHEIM, J. G. Biogeochemical cycling following planting to red pine on a sandy prairie soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 26, p. 1167-1175, 1996.

QUIRK, J. P. Significance of surfaces areas calculated from water vapour sorption isotherms by the use of BET equation. **Soil Science**, Baltimore, v. 80, p. 423-430, 1955.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1609-1623, 2007.

ROSA, C. M. et al. Teor e qualidade de substâncias húmicas de planossolo sob diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 1589-1595, 2008.

ROSA, C. M. **Matéria orgânica em Planossolo Háplico sob sistemas de manejo no cultivo de arroz irrigado no Sul do Brasil**. 2010. 93 f. Tese

(Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

ROSCOE, R. et al. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**, Amsterdam, v. 104, p. 185-202, 2001.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 86 p.

SALTON, J. C. et al. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 46, p. 1349-1356, 2011.

SANDERMAN, J.; BALDOCK, J. A.; AMUNDSON, R. Dissolved organic carbon chemistry and dynamics in contrasting forest and grassland soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 89, p. 181-198, 2008.

SANTOS, C. A. A. **Matéria orgânica de Argissolo Vermelho e Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo e sob vegetação nativa: distribuição em frações físicas, qualidade e sorção do herbicida atrazina**. 2005. 203 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 87, p. 194-204, 2006.

SIX, J, ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 32, p. 2099-2103, 2000.

SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, p. 7-31, 2004.

SIX, J. et al. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C saturation of soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 241, p. 155-176, 2002.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Principles of instrumental analysis**. 6th ed. Belmont: Thomson Brooks/Cole, 2007. 1041 p.

SLEUTEL, S. et al. Tillage management alters surface soil organic matter composition: a pyrolysis mass spectroscopy study. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 71, p. 1620-1628, 2007.

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B.A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, Amsterdam, v. 74, p. 65-105, 1996.

STEWART, C. E. et al. Soil carbon saturation: concept, evidence and evaluation. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 86, p. 19-31, 2007.

STEWART, C. E. et al. Soil carbon saturation: implications for a measurable carbon pool dynamics in long-term incubations. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 41, p. 357-366, 2009.

STEWART, C. E. et al. Soil carbon saturation: linking concept and measurable carbon pools. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 72, p. 379-392, 2008.

TAN, K. H. Infrared spectroscopy. In: TAN, H. K. (Ed.) **Soil sampling, preparation and analysis**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 278-298.

TAN, Z. et al. Distribution of light and heavy fractions of soil organic carbon as related to land use and tillage practice. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, p. 53-59, 2007.

TOMAZI, M. **Estabilidade da matéria orgânica em Latossolos do Cerrado sob sistemas de uso e manejo**. 2008. 106 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

TONNEIJCK, F. H.; JONGMANS, A. G. The influence of bioturbation on the vertical distribution of soil organic matter in volcanic ash soils: a case study in northern Ecuador. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 59, p. 1063-1075, 2008.

WEST, T.O.; POST, W.M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, p. 1930-1946, 2002.

WEST, T. O.; SIX, J. Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 80, p. 25-41, 2007.

ZOTARELLI, L. et al. Impact of tillage and crop rotation on aggregate-associated carbon in two oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 69, p. 482-491, 2007.

8. APÊNDICES

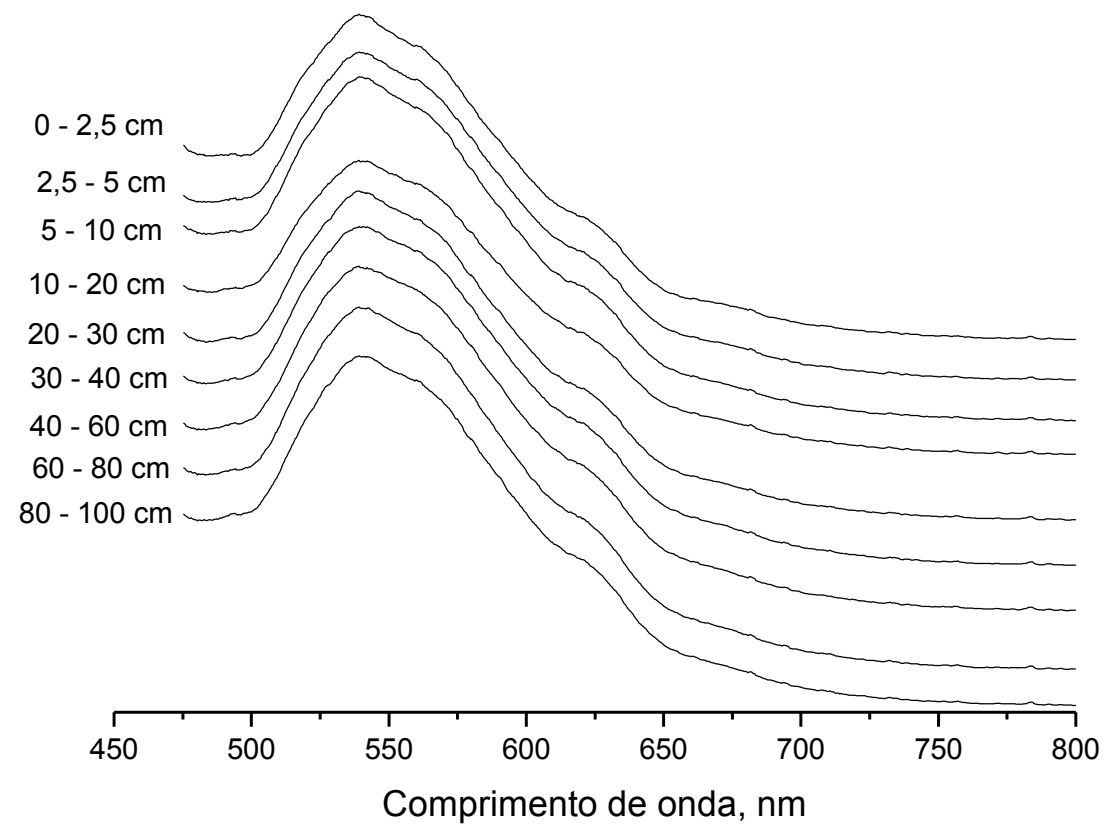
Apêndice 1. Dados de densidade do solo, carbono orgânico total e estoque de carbono no perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Sistema	Bloco	Prof. cm	Dens. kg dm ⁻³	COT g kg ⁻¹	Estoque C Mg ha ⁻¹	Sistema	Bloco	Prof. cm	Dens. kg dm ⁻³	COT g kg ⁻¹	Estoque C Mg ha ⁻¹	Sistema	Bloco	Prof. cm	Dens. kg dm ⁻³	COT g kg ⁻¹	Estoque C Mg ha ⁻¹
Mata	1	0-2,5	0,66	108,60	18,00	PD	1	0-2,5	0,83	60,00	9,98	PC	1	0-2,5	0,95	42,00	6,99
Mata	1	2,5-5	0,78	58,90	11,53	PD	1	2,5-5	0,95	52,70	11,32	PC	1	2,5-5	0,91	42,80	9,19
Mata	1	5-10	0,79	45,60	18,08	PD	1	5-10	0,97	46,20	18,67	PC	1	5-10	0,90	41,40	16,73
Mata	1	10-20	0,85	43,00	36,42	PD	1	10-20	0,98	39,80	33,91	PC	1	10-20	0,95	41,30	35,18
Mata	1	20-30	0,79	36,90	29,22	PD	1	20-30	0,98	36,60	30,41	PC	1	20-30	0,90	38,80	32,24
Mata	1	30-40	0,79	29,70	23,52	PD	1	30-40	0,98	31,20	25,93	PC	1	30-40	0,90	29,50	24,51
Mata	1	40-60	0,80	24,40	38,65	PD	1	40-60	0,81	22,70	37,64	PC	1	40-60	0,68	27,80	46,09
Mata	1	60-80	0,76	20,00	31,68	PD	1	60-80	0,83	24,10	39,19	PC	1	60-80	0,79	21,50	34,96
Mata	1	80-100	0,73	16,70	26,45	PD	1	80-100	0,81	18,20	31,73	PC	1	80-100	0,83	12,90	22,49
Mata	2	0-2,5	0,73	84,40	15,34	PD	2	0-2,5	0,89	57,20	9,51	PC	2	0-2,5	0,94	37,90	6,30
Mata	2	2,5-5	0,95	53,90	12,80	PD	2	2,5-5	0,96	57,10	12,27	PC	2	2,5-5	1,00	40,50	8,70
Mata	2	5-10	0,81	41,80	16,89	PD	2	5-10	0,95	41,50	16,77	PC	2	5-10	1,09	39,60	16,01
Mata	2	10-20	0,98	33,40	32,83	PD	2	10-20	1,06	40,40	34,42	PC	2	10-20	1,08	38,30	32,63
Mata	2	20-30	0,87	24,40	21,35	PD	2	20-30	0,94	31,30	26,01	PC	2	20-30	0,90	34,60	28,75
Mata	2	30-40	0,87	20,00	17,50	PD	2	30-40	0,94	26,90	22,35	PC	2	30-40	0,90	29,50	24,51
Mata	2	40-60	0,87	15,80	27,65	PD	2	40-60	0,87	21,40	35,57	PC	2	40-60	1,10	24,60	40,89
Mata	2	60-80	0,92	7,70	13,48	PD	2	60-80	1,04	10,30	17,12	PC	2	60-80	0,95	23,20	38,56
Mata	2	80-100	1,05	5,30	9,28	PD	2	80-100	0,81	17,80	29,58	PC	2	80-100	1,00	8,50	14,13
Mata	3	0-2,5	0,61	114,10	17,29	PD	3	0-2,5	0,88	58,20	9,68	PC	3	0-2,5	0,91	36,00	5,99
Mata	3	2,5-5	0,84	58,00	12,25	PD	3	2,5-5	0,82	60,50	13,00	PC	3	2,5-5	1,10	35,70	7,67
Mata	3	5-10	0,82	50,20	20,68	PD	3	5-10	1,02	49,40	19,97	PC	3	5-10	1,00	37,00	14,95
Mata	3	10-20	0,73	43,30	31,44	PD	3	10-20	1,05	41,00	34,93	PC	3	10-20	1,08	36,10	30,76
Mata	3	20-30	0,83	38,90	32,13	PD	3	20-30	0,86	34,60	28,75	PC	3	20-30	0,99	31,60	26,26
Mata	3	30-40	0,83	33,80	27,92	PD	3	30-40	0,86	32,70	27,17	PC	3	30-40	0,99	18,50	15,37
Mata	3	40-60	0,81	29,40	48,57	PD	3	40-60	0,80	32,10	53,35	PC	3	40-60	0,95	14,40	23,93
Mata	3	60-80	0,76	25,30	41,80	PD	3	60-80	0,73	25,10	41,72	PC	3	60-80	1,11	6,70	11,14
Mata	3	80-100	0,83	56,30	93,01	PD	3	80-100	0,82	19,00	31,58	PC	3	80-100	1,16	6,50	10,80

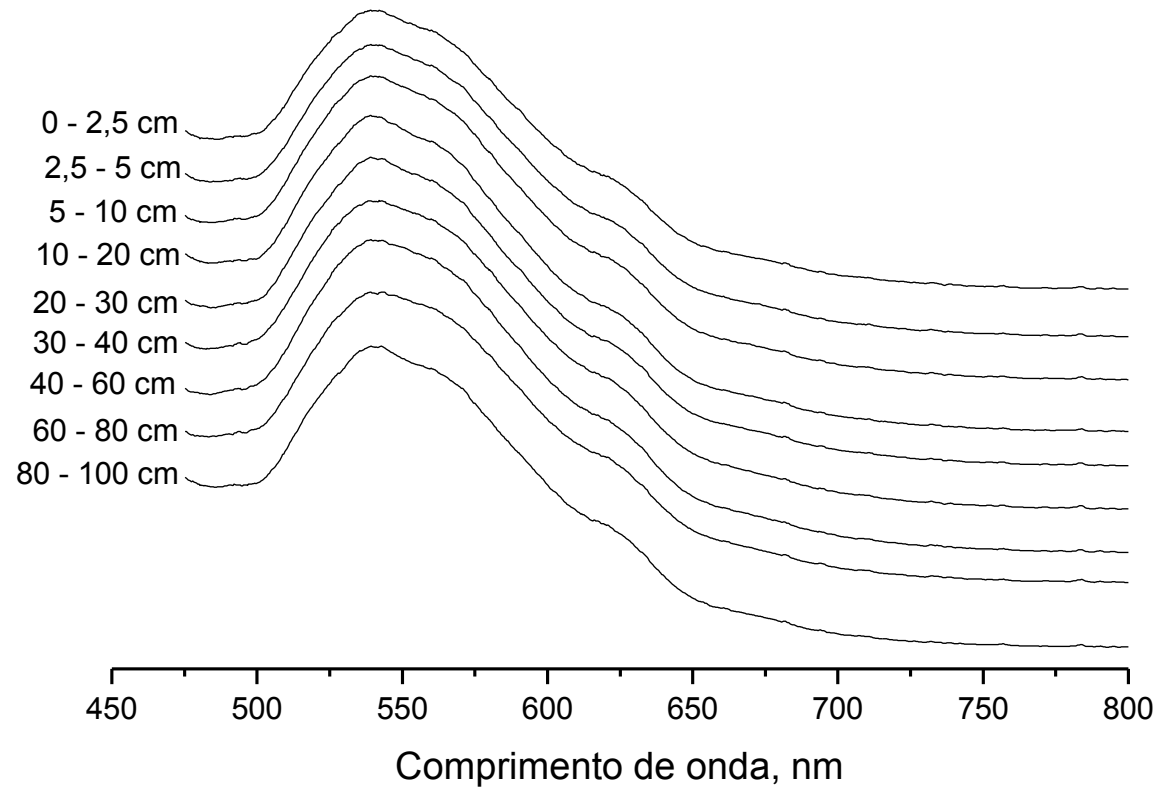
Apêndice 2. Dados de densidade, carbono orgânico total e estoque de carbono no perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Sistema	Bloco	Prof. cm	Dens. kg dm ⁻³	COT g kg ⁻¹	Estoque C Mg ha ⁻¹	Sistema	Bloco	Prof. cm	Dens. kg dm ⁻³	COT g kg ⁻¹	Estoque C Mg ha ⁻¹	Sistema	Bloco	Prof. cm	Dens. kg dm ⁻³	COT g kg ⁻¹	Estoque C Mg ha ⁻¹
Mata	1	0-2,5	0,86	56,80	12,21	PD	1	0-2,5	1,34	27,50	5,50	PC	1	0-2,5	1,02	23,40	4,68
Mata	1	2,5-5	0,86	42,60	9,16	PD	1	2,5-5	1,34	24,10	4,82	PC	1	2,5-5	1,02	22,90	4,58
Mata	1	5-10	1,1	27,20	14,96	PD	1	5-10	1,39	19,30	10,57	PC	1	5-10	1,14	21,20	11,61
Mata	1	10-20	1,14	20,70	23,60	PD	1	10-20	1,32	19,40	20,86	PC	1	10-20	1,37	16,70	17,95
Mata	1	20-30	1,07	19,40	20,76	PD	1	20-30	1,22	16,60	18,43	PC	1	20-30	1,33	16,30	18,09
Mata	1	30-40	1,07	18,00	19,26	PD	1	30-40	1,22	14,10	15,65	PC	1	30-40	1,33	13,80	15,32
Mata	1	40-60	1,07	13,40	28,68	PD	1	40-60	1,22	12,30	27,31	PC	1	40-60	1,33	10,50	23,31
Mata	1	60-80	1,07	11,20	23,97	PD	1	60-80	1,22	10,40	23,09	PC	1	60-80	1,33	8,90	19,76
Mata	1	80-100	1,07	9,20	19,69	PD	1	80-100	1,22	9,20	20,42	PC	1	80-100	1,33	7,70	17,09
Mata	2	0-2,5	0,74	81,30	15,04	PD	2	0-2,5	1,24	28,70	5,74	PC	2	0-2,5	1,11	23,90	4,78
Mata	2	2,5-5	0,74	55,80	10,32	PD	2	2,5-5	1,24	27,70	5,54	PC	2	2,5-5	1,11	24,70	4,94
Mata	2	5-10	1,09	35,60	19,40	PD	2	5-10	1,36	19,60	10,73	PC	2	5-10	1,38	21,40	11,72
Mata	2	10-20	1,01	26,90	27,17	PD	2	10-20	1,29	19,40	20,86	PC	2	10-20	1,35	17,40	18,71
Mata	2	20-30	1,15	19,20	22,08	PD	2	20-30	1,23	16,30	18,09	PC	2	20-30	1,29	15,80	17,54
Mata	2	30-40	1,15	17,00	19,55	PD	2	30-40	1,23	14,10	15,65	PC	2	30-40	1,29	14,20	15,76
Mata	2	40-60	1,15	12,60	28,98	PD	2	40-60	1,23	12,20	27,08	PC	2	40-60	1,29	10,40	23,09
Mata	2	60-80	1,15	10,40	23,92	PD	2	60-80	1,23	9,90	21,98	PC	2	60-80	1,29	10,30	22,87
Mata	2	80-100	1,15	8,50	19,55	PD	2	80-100	1,23	8,50	18,87	PC	2	80-100	1,29	8,10	17,98

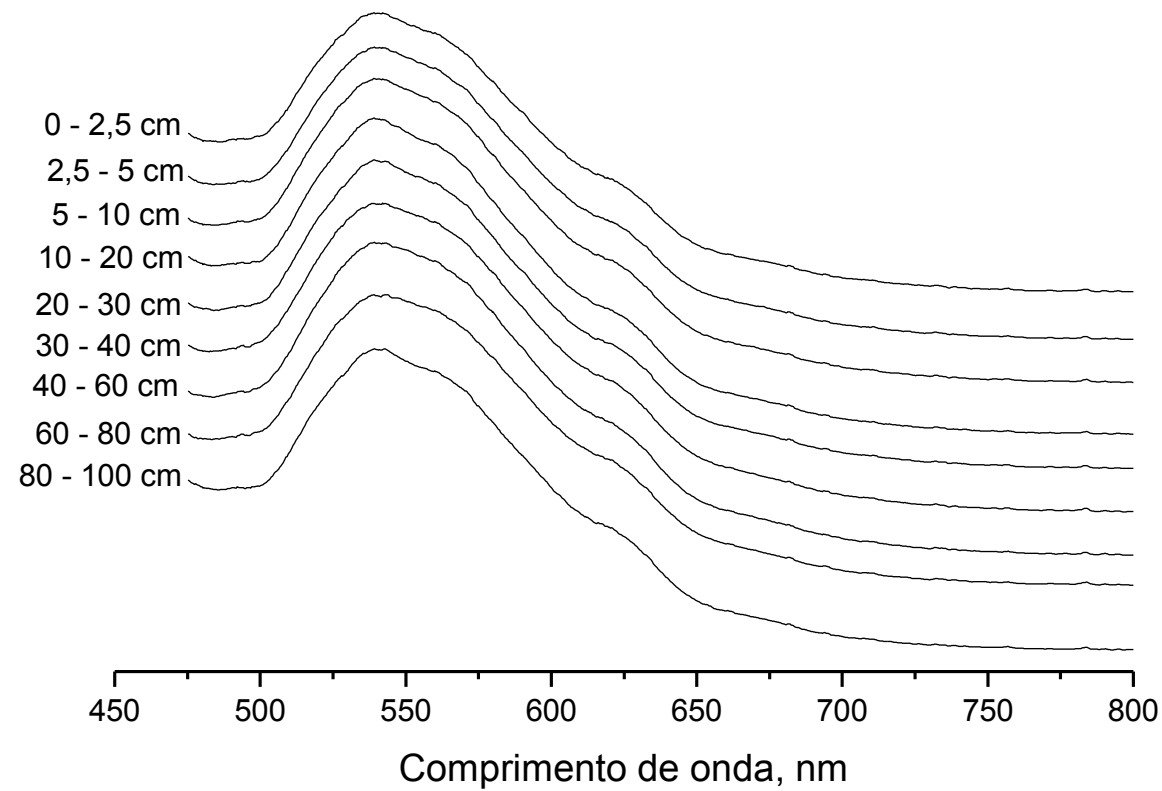
Apêndice 3. Espectro de fluorescência induzida por laser do perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



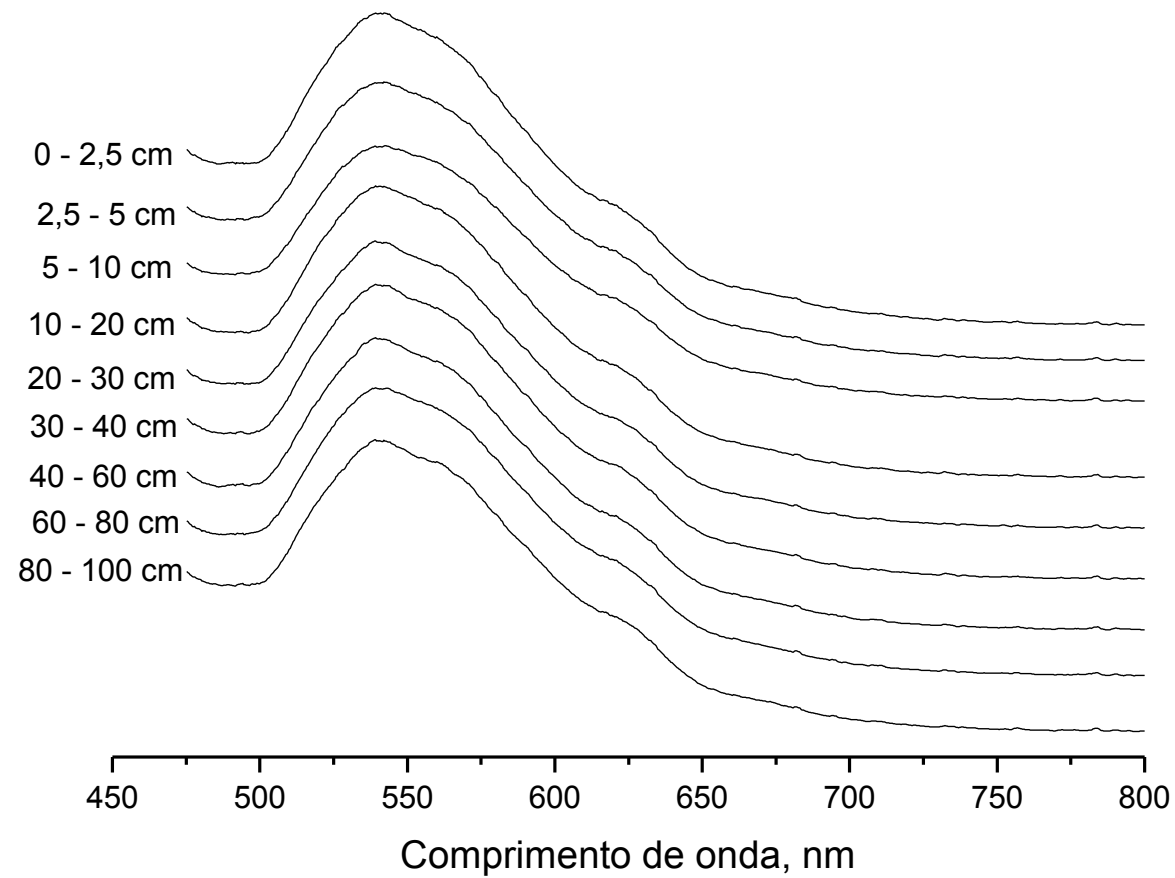
Apêndice 4. Espectro de fluorescência induzida por laser do perfil de um Latossolo Bruno sob plantio direto obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



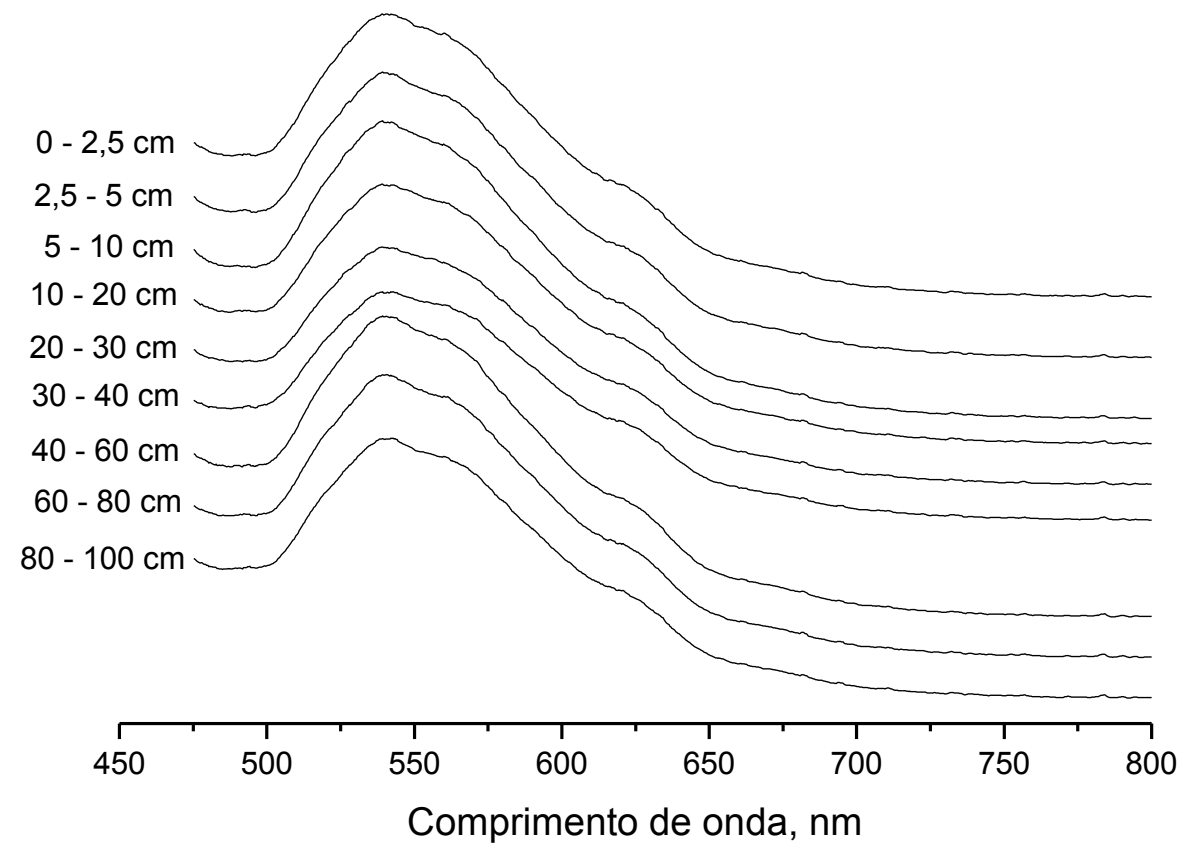
Apêndice 5. Espectro de fluorescência induzida por laser do perfil de um Latossolo Bruno sob preparo convencional obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



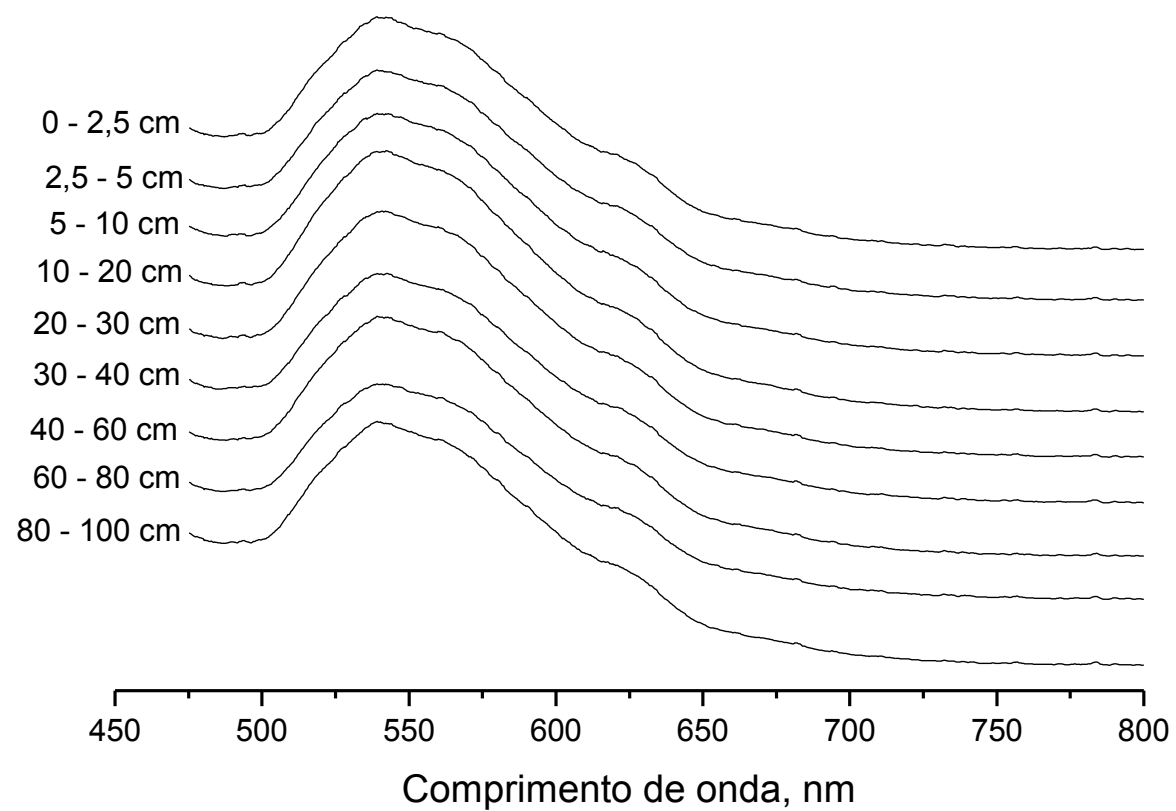
Apêndice 6. Espectro de fluorescência induzida por laser do perfil de um Latossolo Vermelho sob mata nativa obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



Apêndice 7. Espectro de fluorescência induzida por laser do perfil de um Latossolo Vermelho sob plantio direto obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



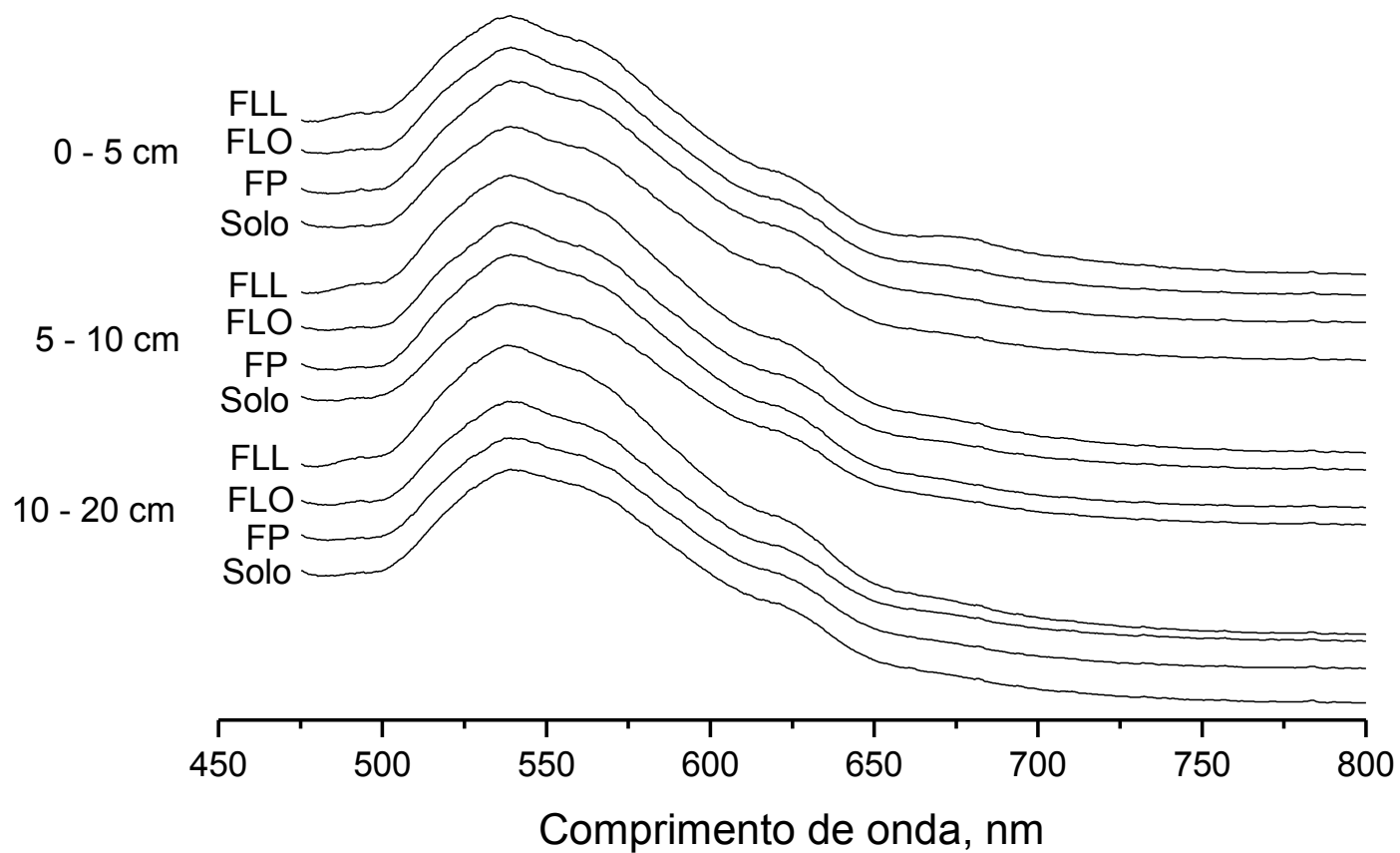
Apêndice 8. Espectro de fluorescência induzida por laser do perfil de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



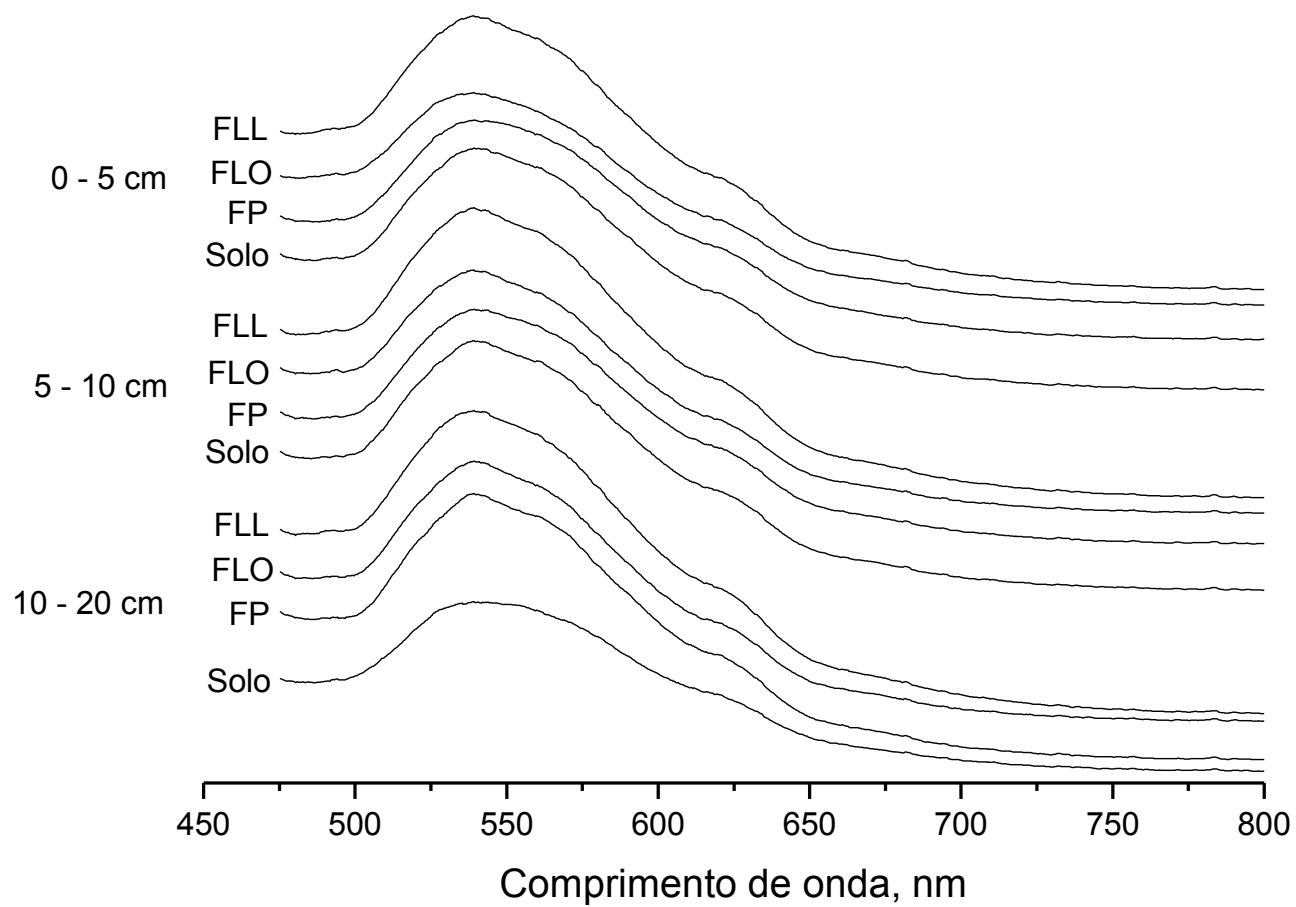
Apêndice 9. Dados de densidade, carbono orgânico total e estoque de carbono no perfil de um Latossolo Bruno sob mata nativa, plantio direto e preparo convencional.

Sistema	Bloco	Prof. cm	Fração	C _{fração} g kg _{solo} ⁻¹	Dens. kg dm ⁻³	Est. C Mg ha ⁻¹	Sistema	Bloco	Prof. cm	Fração	C _{fração} g kg _{solo} ⁻¹	Dens. kg dm ⁻³	Est. C Mg ha ⁻¹	Sistema	Bloco	Prof. cm	Fração	C _{fração} g kg _{solo} ⁻¹	Dens. kg dm ⁻³	Est. C Mg ha ⁻¹
Mata	1	0-5	FLL	18,55	0,72	6,71	PD	1	0-5	FLL	5,46	0,89	2,43	PC	1	0-5	FLL	1,19	0,93	0,55
Mata	1	0-5	FLO	21,48	0,72	7,76	PD	1	0-5	FLO	13,36	0,89	5,95	PC	1	0-5	FLO	5,58	0,93	2,59
Mata	1	0-5	FP	40,68	0,72	14,70	PD	1	0-5	FP	38,28	0,89	17,05	PC	1	0-5	FP	34,83	0,93	16,18
Mata	1	5-10	FLL	1,70	0,79	0,67	PD	1	5-10	FLL	0,28	0,97	0,13	PC	1	5-10	FLL	0,85	0,90	0,38
Mata	1	5-10	FLO	13,58	0,79	5,38	PD	1	5-10	FLO	3,27	0,97	1,59	PC	1	5-10	FLO	3,51	0,90	1,58
Mata	1	5-10	FP	32,02	0,79	12,70	PD	1	5-10	FP	39,05	0,97	18,96	PC	1	5-10	FP	38,15	0,90	17,22
Mata	1	10-20	FLL	0,72	0,85	0,61	PD	1	10-20	FLL	0,30	0,98	0,29	PC	1	10-20	FLL	0,42	0,95	0,40
Mata	1	10-20	FLO	9,71	0,85	8,23	PD	1	10-20	FLO	1,82	0,98	1,77	PC	1	10-20	FLO	3,62	0,95	3,43
Mata	1	10-20	FP	29,57	0,85	25,04	PD	1	10-20	FP	34,48	0,98	33,66	PC	1	10-20	FP	37,16	0,95	35,26
Mata	2	0-5	FLL	11,89	0,84	4,99	PD	2	0-5	FLL	5,77	0,93	2,67	PC	2	0-5	FLL	1,10	0,97	0,53
Mata	2	0-5	FLO	15,32	0,84	6,43	PD	2	0-5	FLO	9,29	0,93	4,30	PC	2	0-5	FLO	3,48	0,97	1,68
Mata	2	0-5	FP	29,39	0,84	12,33	PD	2	0-5	FP	40,35	0,93	18,68	PC	2	0-5	FP	35,83	0,97	17,36
Mata	2	5-10	FLL	1,18	0,81	0,48	PD	2	5-10	FLL	0,59	0,95	0,28	PC	2	5-10	FLL	0,34	1,09	0,19
Mata	2	5-10	FLO	9,43	0,81	3,81	PD	2	5-10	FLO	3,29	0,95	1,56	PC	2	5-10	FLO	2,95	1,09	1,60
Mata	2	5-10	FP	33,58	0,81	13,57	PD	2	5-10	FP	33,02	0,95	15,63	PC	2	5-10	FP	36,01	1,09	19,54
Mata	2	10-20	FLL	0,55	0,98	0,54	PD	2	10-20	FLL	0,20	1,06	0,21	PC	2	10-20	FLL	0,46	1,08	0,50
Mata	2	10-20	FLO	3,99	0,98	3,93	PD	2	10-20	FLO	1,56	1,06	1,64	PC	2	10-20	FLO	3,77	1,08	4,08
Mata	2	10-20	FP	26,35	0,98	25,90	PD	2	10-20	FP	31,94	1,06	33,73	PC	2	10-20	FP	32,57	1,08	35,24
Mata	3	0-5	FLL	21,82	0,73	7,92	PD	3	0-5	FLL	6,33	0,85	2,69	PC	3	0-5	FLL	1,01	1,01	0,51
Mata	3	0-5	FLO	17,69	0,73	6,42	PD	3	0-5	FLO	8,52	0,85	3,63	PC	3	0-5	FLO	3,09	1,01	1,56
Mata	3	0-5	FP	38,10	0,73	13,83	PD	3	0-5	FP	40,25	0,85	17,13	PC	3	0-5	FP	33,50	1,01	16,89
Mata	3	5-10	FLL	1,42	0,82	0,59	PD	3	5-10	FLL	0,56	1,02	0,29	PC	3	5-10	FLL	0,56	0,99	0,28
Mata	3	5-10	FLO	7,88	0,82	3,25	PD	3	5-10	FLO	5,25	1,02	2,67	PC	3	5-10	FLO	3,65	0,99	1,82
Mata	3	5-10	FP	28,10	0,82	11,58	PD	3	5-10	FP	39,98	1,02	20,31	PC	3	5-10	FP	31,79	0,99	15,80
Mata	3	10-20	FLL	0,53	0,73	0,38	PD	3	10-20	FLL	0,37	1,05	0,39	PC	3	10-20	FLL	1,30	1,08	1,40
Mata	3	10-20	FLO	7,30	0,73	5,30	PD	3	10-20	FLO	3,60	1,05	3,77	PC	3	10-20	FLO	4,62	1,08	4,99
Mata	3	10-20	FP	31,57	0,73	22,92	PD	3	10-20	FP	35,72	1,05	37,40	PC	3	10-20	FP	33,09	1,08	35,80

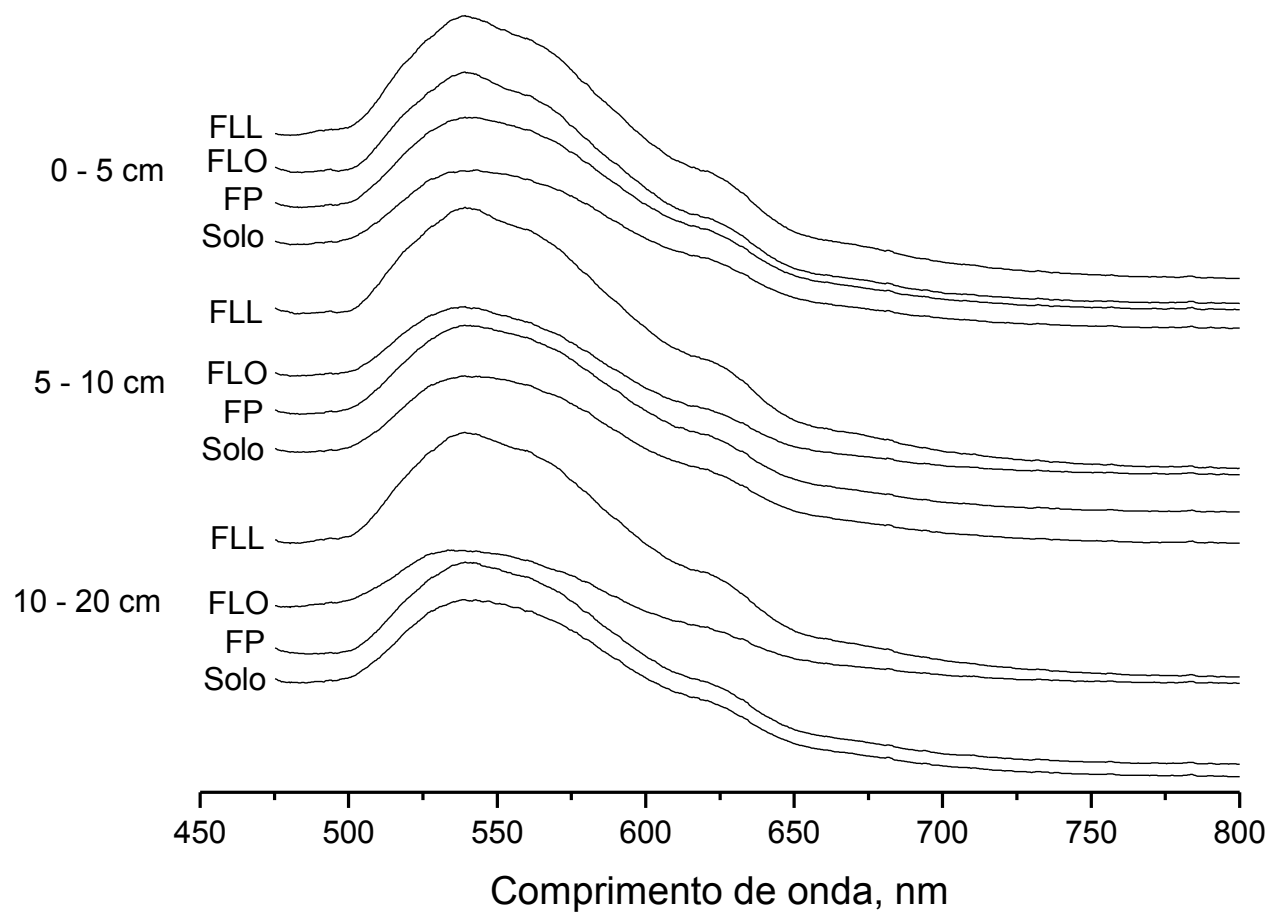
Apêndice 10. Espectro de fluorescência induzida por laser das frações físicas densimétricas de um Latossolo Bruno sob mata nativa obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm..



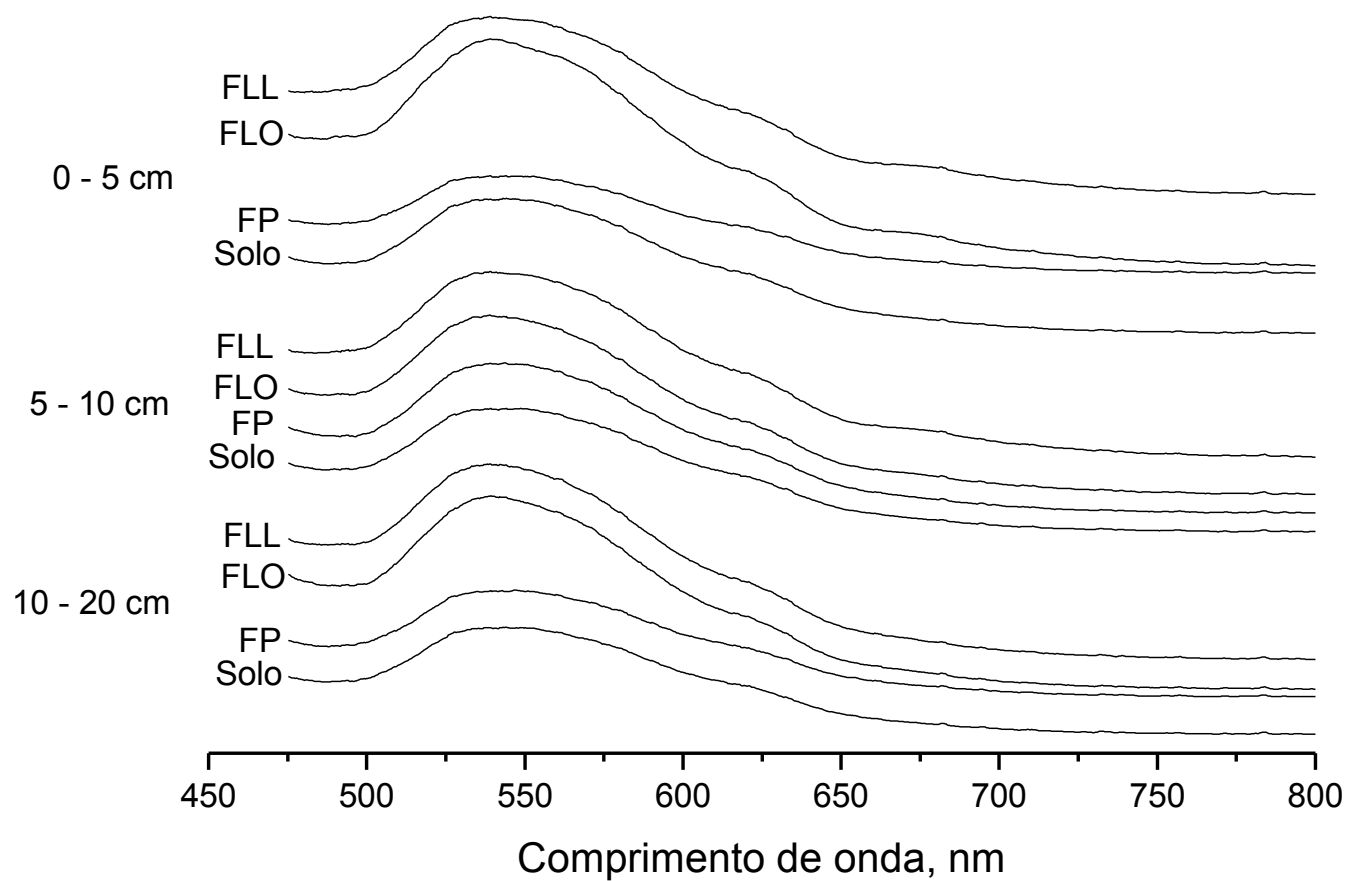
Apêndice 11. Espectro de fluorescência induzida por laser das frações físicas densimétricas de um Latossolo Bruno sob plantio direto obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



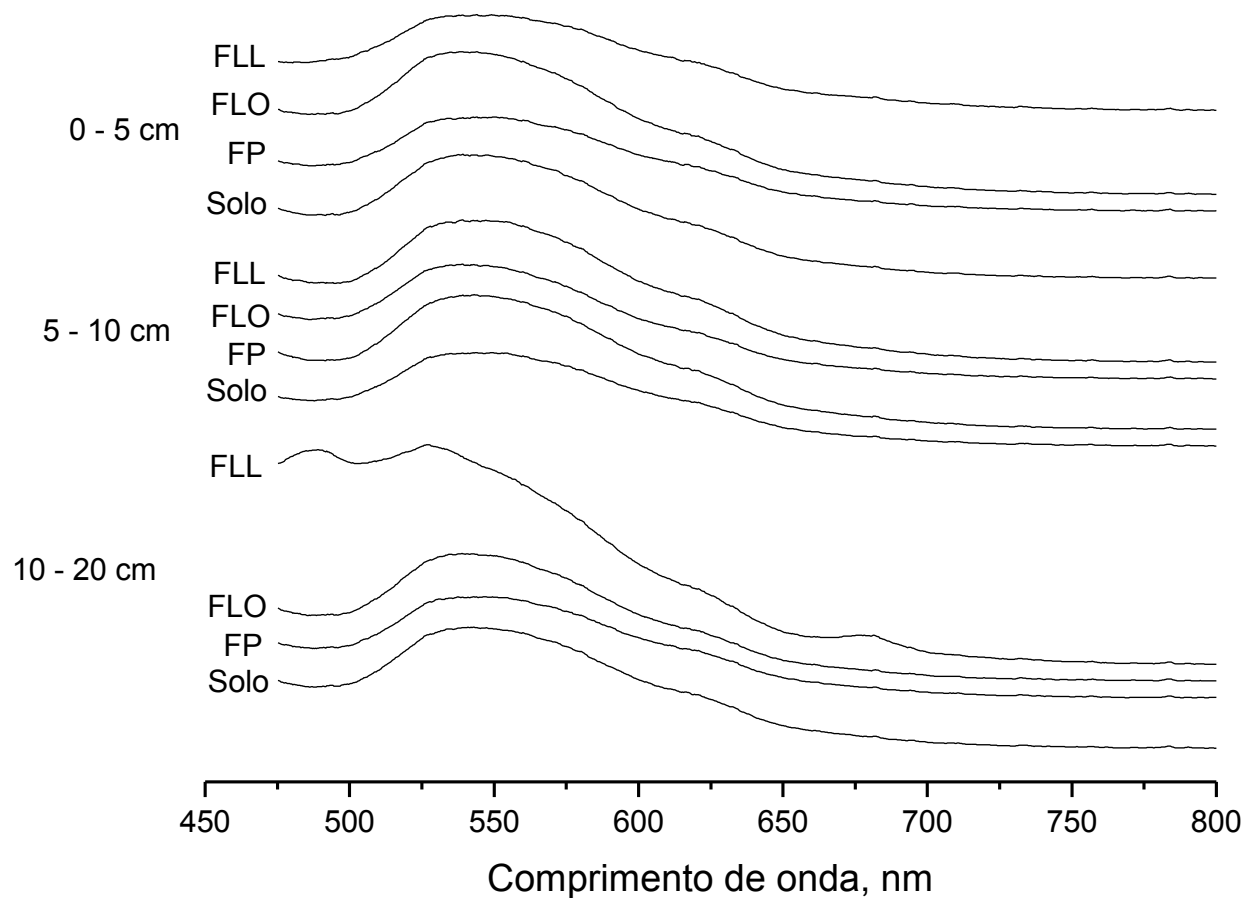
Apêndice 12. Espectro de fluorescência induzida por laser das frações físicas densimétricas de um Latossolo Bruno sob preparo convencional obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



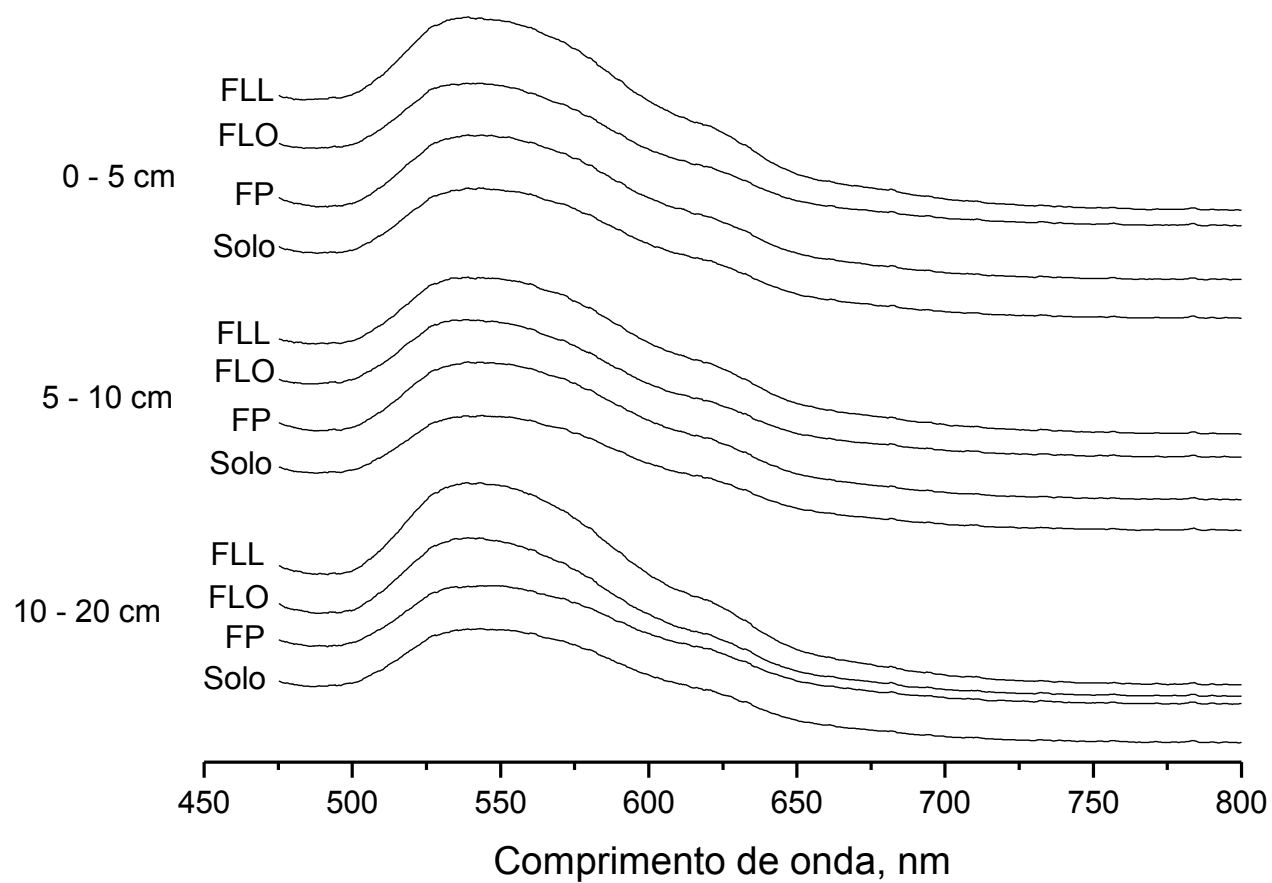
Apêndice 13. Espectro de fluorescência induzida por laser das frações físicas densimétricas de um Latossolo Vermelho sob mata nativa obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



Apêndice 14. Espectro de fluorescência induzida por laser das frações físicas densimétricas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



Apêndice 15. Espectro de fluorescência induzida por laser das frações físicas densimétricas de um Latossolo Vermelho sob preparo convencional obtido por excitação da amostra em comprimento de onda de 351 nm, emissão em comprimento de onda entre 475 e 800 nm, com ajuste para máxima sensibilidade na região visível de 530 nm.



Apêndice 16. Comparação entre carbono orgânico dissolvido medido e calculado para as 22 coletas no perfil do Latossolo Bruno sob mata nativa.

Coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
MATA LB 0 - 2,5																						
COD (mg L ⁻¹) medido	33,3	28,5	25,8	20,0	22,0	21,4	18,7	16,6	15,7	13,9	10,1	7,4	5,1	6,3	5,7	5,1	5,9	4,8	5,8	4,9	4,2	3,5
COD (mg L ⁻¹) calculado		28,8	24,7	22,3	17,2	18,9	18,3	16,0	14,2	13,5	11,9	8,7	6,3	4,3	5,4	4,9	4,4	5,0	4,1	4,9	4,2	3,6
Vol. Colet (mL)	135	135	135	140	140	143	143	148	142	148	141	150	140	147	137	147	147	149	153	148	137	1000
MATA LB 2,5-5																						
COD (mg L ⁻¹) medido	15,0	13,5	13,1	11,0	12,2	9,6	9,5	8,2	8,2	8,3	5,2	4,2	2,8	4,1	3,7	4,2	3,8	4,2	3,3	2,2	1,3	1,7
COD (mg L ⁻¹) calculado		13,0	11,7	11,3	9,4	10,5	8,2	8,1	7,0	7,0	7,0	4,4	3,6	2,4	3,5	3,2	3,6	3,2	3,6	2,8	1,8	1,1
Vol. Colet (mL)	135	135	135	144	135	145	147	145	144	149	149	149	137	140	145	140	150	149	150	148	152	1000
MATA LB 5-10																						
COD (mg L ⁻¹) medido	14,3	13,2	12,9	10,5	9,7	8,3	8,8	7,6	7,6	8,3	5,0	3,9	3,4	3,9	3,5	3,2	2,6	4,9	3,4	1,8	1,6	1,7
COD (mg L ⁻¹) calculado		12,3	11,4	11,1	9,0	8,3	7,0	7,4	6,5	6,5	7,0	4,3	3,3	2,9	3,3	3,0	2,7	2,2	4,2	2,9	1,6	1,4
Vol. Colet (mL)	140	140	140	145	145	152	157	150	148	155	150	150	145	148	145	143	150	150	147	148	147	1000
MATA LB 10-20																						
COD (mg L ⁻¹) medido	10,9	12,2	11,7	9,0	10,8	9,2	8,3	8,1	7,8	8,1	3,7	4,2	3,1	3,4	3,5	2,6	2,1	4,0	3,3	3,3	1,5	3,7
COD (mg L ⁻¹) calculado		9,5	10,6	10,2	7,7	9,2	7,8	7,0	6,9	6,7	6,9	3,1	3,6	2,7	2,9	3,0	2,2	1,7	3,4	2,8	2,8	1,2
Vol. Colet (mL)	130	130	130	147	145	147	150	150	149	151	149	150	138	145	145	140	153	145	152	150	142	1000
MATA LB 40-60																						
COD (mg L ⁻¹) medido	7,9	9,3	9,3	6,9	8,0	6,9	6,8	5,8	6,4	6,8	2,3	3,2	3,4	3,3	2,6	2,8	2,6	4,0	2,7	1,3	2,0	2,9
COD (mg L ⁻¹) calculado		7,8	9,2	9,2	6,9	7,9	6,9	6,7	5,8	6,4	6,8	2,3	3,1	3,4	3,3	2,6	2,8	2,5	4,0	2,7	1,3	2,0
Vol. Colet (mL)	135	135	135	145	135	135	140	140	145	140	149	148	145	142	147	137	140	148	147	149	135	1000
MATA LB 80-100																						
COD (mg L ⁻¹) medido	8,0	7,8	7,8	6,8	6,7	7,6	5,5	5,0	5,7	5,9	3,6	3,1	3,1	2,6	2,6	2,6	2,0	2,9	3,3	1,3	1,6	1,1
COD (mg L ⁻¹) calculado		8,0	7,7	7,7	6,7	6,7	7,5	5,5	5,0	5,7	5,9	3,6	3,1	3,1	2,6	2,6	2,6	2,0	2,9	3,3	1,3	1,6
Vol. Colet (mL)	135	135	135	145	144	140	145	145	145	147	149	149	140	150	137	135	143	147	145	149	153	1000