

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Dissertação

Atributos da qualidade de um Planossolo em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa

Juliana dos Santos Carvalho

Pelotas, 2015

Juliana dos Santos Carvalho

Atributos da qualidade de um Planossolo em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Dr^a. Ana Cláudia Rodrigues de Lima

Coorientador: Dr. Jamir Luis Silva da Silva

Pelotas, 2015

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C331a Carvalho, Juliana dos Santos

Atributos da qualidade de um Planossolo em sistemas de Integração Lavoura- Pecuária no Bioma Pampa / Juliana dos Santos Carvalho ; Ana Cláudia Rodrigues de Lima, orientadora ; Jamir Luis Silva da Silva, coorientador. — Pelotas, 2015.

104 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

1. Solos hidromórficos. 2. Qualidade física do solo. 3. Qualidade química do solo. 4. Qualidade biológica do solo. I. Lima, Ana Cláudia Rodrigues de, orient. II. Silva, Jamir Luis Silva da, coorient. III. Título.

CDD : 631.4

Juliana dos Santos Carvalho

Atributos da qualidade de um Planossolo em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa.

Data da defesa: 27/08/2015

Banca Examinadora:

.....
Prof. Dr^a. Ana Cláudia Rodrigues de Lima (Orientadora)
Doutora em Qualidade do Solo – Wageningen University/Holanda

.....
Prof. Dr. Carlos Eduardo da Silva Pedroso
Doutor em Zootecnia – Universidade Federal de Pelotas

.....
Pesquisadora Dr^a. Rosane Martinazzo
Doutora em Ciência do Solo – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....
Dr^a. Daiane Carvalho dos Santos
Doutora em Ciências – Universidade Federal de Pelotas

À minha mãe Magnólia dos Santos Carvalho
E a todos que contribuíram para
a realização desse trabalho
Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me acompanhar.

Aos meus pais, pelo carinho e por sempre acreditarem em mim.

À minha mãe, pelo amor, amizade e por ser a inspiração em tudo que faço.

À minha família, pelos momentos juntos que me deram muita força para nunca desistir.

À minha orientadora Dr^a. Ana Cláudia Rodrigues de Lima, pela amizade, compreensão, por acreditar neste trabalho e me ajudar a tornar este sonho possível. Minha eterna gratidão!

Ao meu coorientador Dr. Jamir Luis Silva da Silva, pela amizade, por acreditar neste trabalho e compartilhar todo o seu conhecimento ao longo dessa caminhada. Minha eterna gratidão!

Ao meu namorado Arthur Cruz da Silva, pela paciência, carinho e apoio.

As minhas amigas e companheiras Roberta Jeske Kunde e Cristiane Mariliz Stöcker, por todos os momentos que compartilhamos juntas ao longo dessa caminhada e pelas palavras amigas nos momentos mais difíceis. Obrigada por tudo!

Ao meu amigo Jardel Araújo Ribeiro.

Ao professor Dr. Helvio Casalinho, pela amizade.

Aos pesquisadores Dr. Clenio Nailto Pillon e Dr. Adilson Bamberg, por abrir as portas do Laboratório de Física do Solo da Embrapa Clima Temperado para a realização das análises.

À Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS.

A minha prima Daiane Carvalho dos Santos, pela amizade.

Ao funcionário do Laboratório de Física do Solo da Embrapa Clima Temperado Paulo Roberto da Silva pelo auxílio nas análises, pela amizade e momentos de descontração.

Aos bolsistas Tamires Reis, Ronaldo Ribes e Rafael Buss, pela amizade e pelo auxílio nas coletas de solo. Sem vocês a realização deste trabalho não seria possível.

A todos os colegas e professores do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, pela oportunidade de crescer profissionalmente.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

E a todos que direta e indiretamente fizeram parte desta caminhada.

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

CARVALHO, Juliana dos Santos. **Atributos da qualidade de um Planossolo em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa**. 2015. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, RS, 2015.

Este estudo foi desenvolvido em áreas de Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), localizadas no município de Capão do Leão, RS. O objetivo foi avaliar a qualidade de um Planossolo em sistemas de ILP através de atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Foram utilizadas quatro áreas: uma área sem pastejo, uma área com pastejo em ILP, uma área de pastagem contínua e uma área de campo natural pastejado. As coletas de solo foram realizadas em todas as áreas, nas profundidades de 0,00 – 0,05m, 0,05 – 0,10m e 0,10 – 0,20m para as análises de solo nos seguintes atributos: físicos – macroporosidade, microporosidade, densidade e estabilidade de agregados estáveis em água; químicos – macro e micronutrientes, capacidade de troca de cátions, saturação de bases, matéria orgânica, pH, carbono orgânico total, nitrogênio total, relação carbono/nitrogênio e o fracionamento físico granulométrico da matéria orgânica; biológicos - respiração basal do solo, quociente metabólico, carbono da biomassa microbiana, diversidade e abundância da macrofauna edáfica e presença de Oligochaetas. O efeito do pastejo, da rotação de culturas e do sistema plantio direto melhorou a qualidade física e biológica do solo, e preservou a qualidade química do solo avaliado, sobretudo na camada de 0,00 – 0,05m.

Palavras-chave: solos hidromórficos, qualidade física do solo, qualidade química do solo, qualidade biológica do solo.

ABSTRACT

CARVALHO, Juliana dos Santos. **Quality attributes of a Albaqualf in Crop-Livestock Systems Integration in Pampa Biome**. 2015. 107f. Thesis (Master) – Federal University of Pelotas, Post-Graduation Program in Family Agricultural Production Systems. Pelotas, 2015.

This study was conducted in areas of Crop-Livestock Integration System (CIS), located in the county of Capão do Leão, RS. The objective was to evaluate the quality of a Albaqualf in Crop-Livestock systems through physical, chemical and biological soil attributes. Four areas were used: one without grazing area, other with grazing in CIS, a continuous pasture area and a natural field area grazed. Samplings were carried out in all areas at depths of 0.00 - 0.05 m, 0.05 - 0.10 m and 0.10 - 0.20m for soil analysis on the following attributes: physical - macroporosity, microporosity, density and stability of stable aggregates in water; chemical- macro and micronutrients, cation exchange capacity, base saturation, organic matter, pH, total organic carbon, total nitrogen, carbon / nitrogen ratio and particle size physical fractionation of soil organic matter; biological - basal soil respiration, metabolic quotient, microbial biomass carbon, diversity and abundance of soil macrofauna and presence of Oligochaetas. The effect of grazing, the crop rotation and no-tillage system improved physical and biological soil quality, and preserved the chemical soil quality, especially in the layer of 0.00 - 0.05 m.

Keywords: hidromorphic soil, soil physical quality, soil chemical quality, soil biological quality.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1.** Teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na camada de 0,10 - 0,20m..... 51
- Figura 2.** Teores de respiração basal do solo (RBS) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na camada de 0,10 - 0,20m..... 54
- Figura 3.** Teores de quociente metabólico (qCO_2) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na camada de 0,10 - 0,20m..... 56

Capítulo 2

- Figura 1.** Porcentagem de carbono associado aos minerais (CAM) e carbono da fração grosseira (CFG) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-pecuária na camada de 0,00 – 0,20m nos anos de 2011 e 2014..... 78

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Valores de macroporosidade (Map), microporosidade (Mip) e densidade do solo (Ds) de um Planossolo Háplico Eutrófico típico em sistema Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m.....	39
Tabela 2. Teores de areia, silte e argila (%) de um Planossolo Háplico Eutrófico típico em sistema Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m.....	42
Tabela 3. Teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação carbono orgânico total/nitrogênio total (COT/NT), em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistema de Integração Lavoura-pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m.....	43
Tabela 4. Macro e micronutrientes de um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05 m, de 0,05 - 0,10m, 0,10 - 0,20m e 0,00 – 0,20m.....	46
Tabela 5. Teores de carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (qCO_2) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m.....	49
Tabela 6. Número de Oligochaetas (indivíduos m^{-2}) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico em sistema Integração Lavoura-Pecuária na camada de 0,00 - 0,20m.....	56

Capítulo 2

Tabela 1. Valores de macroporosidade (Map), microporosidade (Mip) e densidade do solo (Ds) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05 m, de 0,05 - 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m, nos anos de 2011 e 2014.....	67
Tabela 2. Proporções relativas das frações granulométricas e respectiva classe textural de um Planossolo Háplico Eutrófico típico em sistema de Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05 m, de 0,05 - 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m.....	70
Tabela 3. Percentual de agregados estáveis em água (AEA%) de um Planossolo Háplico Eutrófico típico em sistema de integração lavoura-pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05 m, de 0,05 - 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m nos anos de 2011 e 2014.....	71
Tabela 4. Teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação carbono orgânico total/nitrogênio total (COT/NT), carbono da fração grosseira (CFG) e carbono associado aos minerais (CAM) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistema de Integração Lavoura-pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05 m, de 0,05 - 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m, nos anos de 2011 e 2014.....	74
Tabela 5. Abundância de organismos edáficos classificados por grupos taxonômicos e total em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-pecuária nos anos de 2013 e 2014.....	80
Tabela 6. Riqueza, abundância total e índices de Dominância (D), Simpson (1-D) e Shannon-Wiener (H') de grupos taxonômicos em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-pecuária nos anos de 2013 e 2014.....	81

SUMÁRIO

1 Introdução Geral.....	15
2 Revisão de Literatura.....	18
2.1 Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária sob Plantio Direto.....	18
2.2 Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária nos Biomas Brasileiros.....	20
2.2.1 Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma pampa.....	23
2.3 Qualidade do Solo.....	24
2.3.1 Atributos da Qualidade do Solo.....	25
2.3.2 Atributos Físicos do Solo em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.....	27
2.3.3 Atributos Químicos do Solo em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.....	28
2.3.4 Atributos Biológicos e Microbiológicos do Solo em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.....	29
3 Capítulo 1 – Atributos físicos, químicos e biológicos de um Planossolo em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa.....	31
3.1 Introdução.....	31
3.2 Metodologia.....	33
3.2.1 Coleta das amostras e análises de solos.....	34
3.3 Resultados e Discussão.....	39
3.4 Conclusões.....	59
4 Capítulo 2 – Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos de um Planossolo em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa.....	60
4.1 Introdução.....	60
4.2 Metodologia.....	62
4.2.1 Coleta das amostras e análises de solos.....	63
4.3 Resultados e Discussão.....	67
4.4 Conclusões.....	83
5 Considerações finais.....	84
Referências Bibliográficas.....	85

Anexos.....	99
Apêndices.....	102

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os Campos Sulinos são ecossistemas naturais que apresentam alta diversidade de espécies animais e vegetais. Estes abrangem os campos dos biomas brasileiros Pampa e Mata Atlântica. O Bioma Pampa, compreende regiões entre o Sul do Uruguai até norte da Argentina, sul do Brasil, e parte do Paraguai, ocupando, no Brasil, uma área de 176.496 Km² correspondendo a cerca de 2% do território nacional. As paisagens naturais do Pampa se caracterizam pelo predomínio dos campos nativos, com a presença de matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados, afloramentos rochosos, etc (MMA, 2015). A conservação do Bioma Pampa tem sido ameaçada pela conversão em culturas anuais e pela degradação associada à invasão de espécies exóticas e uso inadequado. Além disso, o pastejo excessivo resulta em diminuição na cobertura do solo e em riscos de erosão, além de substituição de espécies forrageiras produtivas por espécies que são menos produtivas e de menor qualidade, ou até na perda completa das boas espécies forrageiras.

Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) vêm sendo utilizados como alternativa aos sistemas de manejo pouco sustentáveis. Esse sistema é amplamente utilizado no Brasil, visando otimizar o uso das áreas agrícolas, e nele se utilizam culturas anuais para produção de grãos, associadas a pastagens para produção de carne e, ou, leite (BORTOLINI et al., 2013).

No Rio Grande do Sul a integração de animais com culturas agrícolas consta dos primeiros anos do século 20, onde bovinos pastejavam a resteva da cultura de arroz irrigado na área das terras baixas. Esse modelo de sistema integrado ainda é utilizado no presente momento. A utilização de pastagens com Terras Baixas cultivadas de estação fria apresenta enorme potencial para aumentar a produção agropastoril no estado, considerando-se que existem cerca de 5 milhões de ha potencialmente aptos a esse fim (SILVA et al., 2011a).

No contexto técnico e ambiental, Varella, em 1997, menciona que os sistemas silvipastoris assumem um importante papel no desenvolvimento de novas formas de uso da terra, mais sustentável do que antigas técnicas destrutivas largamente utilizadas na agricultura. A adoção de sistemas agrícolas alternativos que levem em consideração as peculiaridades de cada região, como os sistemas silvipastoris, deve ser concebida de modo a tornar a atividade agropecuária mais produtiva,

autossustentável, economicamente rentável, socialmente justa e menos danosa ao meio ambiente.

Entretanto, com a introdução de animais nos sistemas agrícolas, surgiram preocupações quanto aos possíveis impactos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, causando problemas relacionados à sua compactação (CONTE et al., 2011). Assim, muitos produtores e técnicos relutam em aceitar essa tecnologia, sob o argumento mais comum de que os animais pudessem compactar o solo e prejudicar a lavoura em sucessão (CARVALHO et al., 2011a).

Entre os benefícios proporcionados por esses sistemas podemos citar: a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo devido ao aumento da matéria orgânica (MO), a possibilidade de aplicação dos sistemas para grandes, médias e pequenas propriedades rurais, a redução da pressão para a abertura de novas áreas, a melhoria na utilização dos recursos naturais pela complementariedade e sinergia entre os componentes vegetais e animais, a redução dos riscos de erosão, a promoção da biodiversidade, e favorecimento de novos nichos e habitats para os agentes polinizadores das culturas e inimigos naturais de insetos-pragas e doenças e a intensificação da ciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2015).

A determinação e a avaliação qualitativa e quantitativa da qualidade do solo são fundamentais na determinação da sustentabilidade dos sistemas de manejo utilizados. A determinação de atributos de qualidade do solo se faz necessária para possibilitar a identificação de áreas com problemas de produção, fazer estimativas realistas de produtividade, monitorar, ao longo do tempo, mudanças na qualidade ambiental e auxiliar agências governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas de uso da terra (GOMES et al., 2006).

Com isso, foram propostos atributos de ordem física, química e biológica para a avaliação da qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994). Os atributos físicos refletem nas limitações ao crescimento radicular, à emergência das plântulas, à infiltração e ou movimento da água no interior do perfil do solo e à disponibilidade de água às plantas. Entre eles podemos citar a macroporosidade, a microporosidade, a densidade e a estabilidade de agregados estáveis em água.

Os atributos químicos do solo afetam as relações solo-planta, a qualidade da água, a disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e organismos. Entre eles estão o pH, os macro e micronutrientes, a MO do solo, os teores de carbono e

nitrogênio do solo, a capacidade de trocas de cátions (CTC) e o fracionamento da MO do solo.

Os atributos biológicos e microbiológicos do solo são muito sensíveis às mudanças no solo, refletindo rapidamente às alterações que ocorrem em um espaço curto de tempo. A avaliação da macrofauna edáfica, sobretudo o estudo das populações de Oligochaetas (minhocas), a quantificação do carbono da biomassa microbiana, da respiração basal e do quociente metabólico, constituem bons indicadores para a avaliação dos sistemas produtivos.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar atributos da qualidade de um Planossolo em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa, e como objetivos específicos:

- a) Avaliar os efeitos do sistema de Integração Lavoura-Pecuária sobre os atributos físicos, químicos, biológicos e microbiológicos do solo;
- b) Identificar as potencialidades e limitações dos solos a fim de propor ações/práticas agrícolas que possam restaurar, manter ou melhorar a qualidade do solo, contribuindo para a sustentabilidade dos agroecossistemas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária sob Plantio Direto

Embora os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) sejam considerados sistemas inovadores, na Europa desde a idade média são conhecidas várias formas de plantios associados entre culturas anuais e culturas perenes ou entre culturas frutíferas e árvores madeiras. Esses últimos datam do século XVI, e aparentemente uma das causas do seu quase desaparecimento foi a mecanização e a intensificação dos sistemas agrícolas, além da dificuldade da colheita manual das frutas e questões administrativas (BALBINO et al., 2011a).

Segundo estes mesmos autores, no Brasil, os imigrantes europeus trouxeram a cultura da associação que desde o início foram adaptadas às condições tropicais e subtropicais. No Rio Grande do Sul, por exemplo, a integração de animais com culturas agrícolas no estado consta dos primeiros anos do século 20, onde bovinos pastavam a resteva da cultura de arroz irrigado na área das terras baixas. Esse modelo de sistema integrado ainda é utilizado no presente momento.

Os sistemas de ILP têm sido reconhecidos como opção singular de sistemas de produção onde se pode almejar, de forma concomitante, intensificação e sustentabilidade, onde o pilar conservacionista deste sistema é o plantio direto, as boas práticas de manejo e a utilização da pastagem em intensidades de pastejo moderadas (CARVALHO et al., 2011a).

Uma das principais vantagens apresentadas por este sistema é que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano, ou na maior parte dele, favorecendo o aumento na oferta de grãos, fibras, lã, carne, leite, e de agroenergia a custos mais baixos devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura e a pastagem (SILVA et al., 2011b). Segundo Anghinoni (2011), os animais introduzidos aos sistemas, modificam o fluxo clima-solo-plantas através da ingestão de nutrientes pela forragem consumida, retornando ao sistema via fezes e urina.

A adoção de sistemas em plantio direto tem sido preconizada para o manejo físico, químico e biológico do solo. Para Balboni Júnior et al. (2009), o plantio direto é considerado um fundamento básico no planejamento das ações a serem desenvolvidas nas propriedades rurais que adotam o sistema de ILP. A manutenção do solo estruturado e coberto com plantas vivas ou com palha é fator chave para

que o solo suporte a ação mecânica do pisoteio de animais, sem que haja compactação, por outro lado, o solo estruturado possui maior resistência à deformação plástica decorrente da aplicação de cargas sobre a superfície.

A rotação de culturas agrícolas para produção de grãos com espécies forrageiras acelera a construção de sistemas sustentáveis para produção animal e vegetal, e possibilita melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, pelo não revolvimento e pela diversidade de resíduos a qual renova a MO do solo (SILVA, et al., 2011a). Com isso, diversos trabalhos, como por exemplo aqueles citados abaixo, vêm demonstrando os benefícios do sistema ILP sobre os atributos do solo, devido à cobertura morta que se estabelece, bem como a associação entre pastagens e leguminosas, melhorando a estabilidade estrutural, diminuindo a erosão e compactação, e melhorando a fertilidade do solo.

Para Moraes (2013), a utilização de sistemas de rotação de culturas que contemplem plantas com elevado potencial de produção de fitomassa e dotadas de um sistema radicular abundante e agressivo evita a formação de camadas compactadas e melhora a qualidade física do solo, devido à formação de agregados e na abertura de bioporos pelo sistema radicular das plantas envolvidas nos sistemas de rotação, bem como no aumento do teor de MO.

Em sistemas de ILP, a rotação de culturas, com grande formação de fitomassa (aérea e radicular) de elevada relação C/N, é fundamental para a preservação da MO (BAYER et al., 2000), bem como as culturas escolhidas para exploração do solo podem contribuir para o aumento do estoque de C e N (SALTON et al., 2011).

Segundo Lavelle et al. (1997), nos sistemas de ILP sob plantio direto, a cobertura do solo favorece o acúmulo de MO, impedindo a perda da abundância e da diversidade da macrofauna do solo e favorecendo a atividade dos organismos engenheiros, notadamente as minhocas, formigas e cupins.

Galharte e Crestana (2010), avaliando o sistema ILP no âmbito da conservação ambiental, observaram efeitos positivos e significativos em relação à utilização desse sistema, visto que os autores constataram índices positivos e significativos em relação à qualidade da água, qualidade do solo e biodiversidade, contribuindo para minimizar os impactos negativos no meio ambiente.

Sabe-se, no entanto, que o ponto chave da sustentabilidade do sistema de ILP diz respeito à intensidade de pastejo empregada, ou seja, a estrutura do pasto

varia consideravelmente em relação ao manejo imposto, com conseqüências na produção animal durante o ciclo da pastagem, bem como nas condições de solo e na palhada para a produção de grãos.

Segundo Silva et al. (2011c), em sistemas de ILP o animal tem importante papel sobre o solo, principalmente via pisoteio, que poderá ocasionar compactação da camada superficial do solo quando o manejo do mesmo e da pastagem não for realizado de forma adequada, e sobre a ciclagem de nutrientes. Além disso, o efeito do pisoteio dos animais sobre o solo é minorado em áreas de pastagens, tendo em vista que o animal primeiro vai pisotear sobre as plantas forrageiras e depois atuar sobre o solo propriamente, e esse efeito é menor quando o pasto apresenta uma boa cobertura e uma alta quantidade de massa de forragem residual (SILVA et al., 2011c). Ainda, outros fatores também podem influenciar, como o nível de umidade do solo na ocasião do pastejo, o teor de argila do solo, a sua estrutura, a espécie animal e a intensidade de pastejo. Em intensidades de pastejo moderadas, os animais caminham menos e ingerem mais forragem, tendo como conseqüência um maior desempenho animal (ANGHINONI et al., 2011).

Adicionalmente, as perspectivas em nível global para a ILP são promissoras, visto que a FAO (Food and Agriculture Organization of United States) reconhece o potencial dos sistemas ILP como via sustentável para se atingir o objetivo de alimentar nove bilhões de pessoas em 2050 (CARVALHO et al., 2011a). Segundo essa agência mundial, os sistemas ILP são capazes de incrementar a resiliência ambiental pelo aumento da diversidade biológica e pela efetiva e eficiente ciclagem de nutrientes, que acarreta melhoria da qualidade do solo, além de prover serviços ecossistêmicos e contribuir para adaptação e mitigação das mudanças climáticas.

2.2 Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária nos Biomas Brasileiros

Bioma é um conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria (SNIF, 2015).

O Brasil apresenta seis biomas, sendo estes denominados: Bioma Amazônia, Bioma Mata Atlântica, Bioma Caatinga, Bioma Cerrado, Bioma Pantanal e Bioma Pampa.

Nos Biomas brasileiros, a estratégia de ILP, em suas diferentes modalidades, está sendo adotada em graus diversos de intensidade nos Biomas Brasileiros, podendo ser estimada em 1,6 Mha, apresentando uma taxa crescente de aceitação e adoção pelos proprietários rurais, principalmente nos últimos cinco anos, evidenciando avanços na agricultura nacional (BALBINO et al., 2011b).

No Bioma Amazônia predominam os sistemas silviagrícolas e silvipastoris. Em diversas propriedades, os sistemas silvipastoris vêm sendo adotados com uso das espécies florestais: paricá (*Shizolobium amazonicum*), eucalipto (*Eucalyptus grandis*), teca (*Tectona grandis*) e mogno africano (*Khaya Ivorensis*). Entre as forrageiras destacam-se braquiário, quicuí, *Panicum sp.*, e capim gengibre. O sistema silviagrícola é normalmente implantado em áreas degradadas, com o plantio de grãos por duas a três safras, com predominância de arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*), soja (*Glycine max* L.) e feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.). Nesse bioma, a ILP permite incorporar tecnologias importantes, como o Sistema Bragantino, que visa o cultivo contínuo de diversas culturas, em rotação e consórcio, com a prática do sistema plantio direto, o que permite aumentar a produtividade das culturas, a oferta de mão de obra na região durante todo o ano, e a renda e a qualidade de vida do produtor rural, dentro dos padrões de sustentabilidade (CRAVO et al., 2005).

Os sistemas de ILP praticados no Bioma Mata Atlântica se caracterizam pelo predomínio de pequenas propriedades, pecuária extensiva, acesso a insumos e a tecnologia, sendo a agricultura bem desenvolvida. Na região Sul predominam sistemas de ILP baseados na sucessão de culturas no verão (soja, milho e feijão) e pastagens cultivadas no inverno, sobretudo com espécies de clima temperado (*Avena strigosa* e *Lolium Multiflorum*). Na região Sudeste predominam rotações de forrageiras com culturas anuais (soja, milho, algodão) para produção de palhada, para plantio direto ou produção de forragens para alimentação na entressafra. Na região Nordeste, os sistemas de ILP predominantes são os silvipastoris, que usa principalmente a *Gliricidia sepium* como leguminosa e as braquiárias como componente herbáceo.

O Bioma Caatinga apresenta limitações climáticas para o sistema de ILP, sendo, portanto, mais adequado sua prática na região do agreste devido à índices pluviométricos melhores e mais regulares (BALBINO et al., 2011a). Nesse bioma os sistemas de ILP vêm sendo adotados, em duas modalidades: introdução de animais

em lavouras comerciais de espécies arbóreas permanentes, uma prática adotada por produtores de áreas irrigadas, culturas como manga (*Mangifera indica*), goiaba (*Psidium guajava*), acerola (*Malpighia glabra*) e pinha (*Annona squamosa*) e dependente de chuva na região Semiárida como caju (*Anacardium occidentale*), olicuri (*Syagrus coronata*) e algaroba (*Prosopis juliflora*); e a introdução ou a manutenção do componente arbóreo (nativo ou exótico) em pastagens cultivadas adaptadas ao Semiárido (PEREIRA et al., 2009).

No Bioma Cerrado os sistemas de ILP são modulados de acordo com o perfil e os objetivos da fazenda, sendo três modalidades que se destacam: fazendas de pecuária, em que culturas de grãos (arroz, soja, milho e sorgo) são introduzidas em áreas de pastagens para recuperar a produtividade dos pastos; fazendas especializadas em lavouras de grãos, que utilizam gramíneas forrageiras para melhorar a cobertura de solo em sistema plantio direto, e, na entressafra, para uso da forragem na alimentação de bovinos ("safrinha de boi"); e fazendas que, sistematicamente, adotam a rotação de pasto e lavoura para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas atividades (VILELA et al., 2011).

Devido à riqueza de gramíneas, com aproximadamente 215 espécies, os ecossistemas do Bioma Pantanal apresentam aptidão para a criação de gado de corte, em especial cria e recria. Nesse Bioma o sistema de ILP envolve a substituição parcial de vegetação nativa por gramíneas exóticas, mas o sistema menos impactante preconiza substituir apenas campos de baixa qualidade como capim-carona (*Elionurus muticus*) e fura-bucho (*Pterodroma incerta*), geralmente pouco utilizados pelo gado para pastejo, e manter as espécies arbustivas e arbóreas, conservando o padrão natural das paisagens (BALBINO et al., 2011c).

O Bioma Pampa, por sua vez, compreende regiões entre o Sul do Uruguai até norte da Argentina, sul do Brasil, e parte do Paraguai, ocupando, no Brasil, uma área de 176.496 Km² correspondendo a cerca de 2% do território nacional. As paisagens naturais do Pampa se caracterizam pelo predomínio dos campos nativos, com a presença de matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados, afloramentos rochosos, etc (MMA, 2015). A utilização de pastagens com Terras Baixas cultivadas de estação fria apresenta enorme potencial para aumentar a produção agropastoril no Rio Grande do Sul, considerando-se que existem cerca de 5 milhões de ha potencialmente aptos a esse fim (SILVA et al., 2011a).

2.2.1 Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa

No Rio Grande do Sul separa-se as áreas agropecuárias em duas partes, Terras Baixas e Terras Altas. Nas áreas de Terras Baixas, com solos hidromórficos, planos, em regiões de várzeas, pratica-se, há mais de um século, a cultura do arroz irrigado em rotação com pastagens, com espécies temperadas (azevém, trevos e cornichão) e revegetação com espécies nativas (BALBINO et al., 2011a).

O sistema de ILP no Rio Grande do Sul pode ser utilizado com sucesso em pequenos e em grandes estabelecimentos rurais. No caso de grandes áreas, a produção animal geralmente é representada por bovinos de corte, e a produção vegetal é constituída por culturas altamente mecanizadas, como a soja, por exemplo, no entanto em propriedades que não dispõem de extensas áreas agrícolas, como é o caso da maioria dos estabelecimentos rurais da região Sul do Brasil, a produção animal, em geral, é representada por bovinos destinados à produção de leite e, em alguns casos, por ovinos e caprinos para produção de carne (BALBINOT JÚNIOR et al., 2009). Por sua vez, a produção vegetal é constituída por culturas como o fumo (*Nicotiana tabacum*), o feijão e o milho, este último destinado à produção de silagem e grãos.

Segundo Balbinot Júnior et al. (2009), no Sul do Brasil, o sistema ILP pode ser adotado sob três estratégias básicas, considerando o tipo de pastagem utilizada no sistema:

- a) Uso de pastagens anuais de inverno e culturas para produção vegetal no verão. Essa estratégia possui elevada importância no Sul do Brasil, pois há várias culturas para uso do solo no verão, como a soja, o milho, o feijão, o fumo e o arroz irrigado, enquanto que, no inverno, há carência de alternativas de cultivos agrícolas economicamente viáveis.
- b) Uso de pastagens anuais de verão e culturas para produção vegetal no inverno. Essa estratégia possui pouca expressão, pois, no verão, a maioria das áreas agrícolas está ocupada com culturas destinadas à produção vegetal, embora, em alguns casos, a cultura de verão possa ser colhida precocemente, disponibilizando a área para cultivo de espécies de pastagens anuais de verão, como, por exemplo, o milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke).
- c) Uso de pastagens perenes por alguns anos, intercalando um, ou mais anos, com culturas anuais. Nesse caso, as pastagens perenes mais utilizadas no Sul do Brasil

são as que exibem maior acúmulo de massa no verão, como, por exemplo, capim Braquiária (*Brachiaria sp.*).

Ao longo de mais de 50 anos de pesquisa em forrageiras, diversas espécies e/ou cultivares foram avaliadas na Região Sul (CARVALHO et al., 2010). Entre as leguminosas o trevo-branco (*Trifolium repens* L.) é a espécie mais utilizada, seguida do cornichão (*Lotus corniculatus* L.), do trevo-vermelho (*Trifolium pratense* L.) e, mais recentemente, do El Rincón (*Lotus subbiflorus* L.). Dentre as gramíneas de clima temperado a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) é a de maior projeção em sistemas de ILP da região Sul, a qual se consolidou como alternativa de forrageira efetivamente usada nos sistemas de produção. O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) pode ser considerado como a mais importante forrageira para o contexto agropecuário do sul do Brasil, visto sua complementaridade de ciclo vegetativo com as pastagens naturais, alto valor nutritivo, facilidade de estabelecimento e excelente capacidade de ressemeadura natural (CARVALHO et al., 2010).

2.3 Qualidade do solo

A discussão sobre a qualidade do solo intensificou-se no início dos anos 1990, quando a comunidade científica, consciente da importância do solo para a qualidade ambiental, começou a abordar, nas publicações, a preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a função do solo nesse contexto (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Doran e Parkin (1994) definiram a qualidade do solo como a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, sustentar a produtividade de plantas e de animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens. A qualidade do solo está relacionada com as funções que capacitam o solo a aceitar, estocar e reciclar água, nutrientes e energia. Nesse contexto, a qualidade de um solo é a integração das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, que o habilita a exercer suas funções na plenitude (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

A avaliação qualitativa e quantitativa da qualidade do solo é fundamental na determinação da sustentabilidade dos sistemas de manejo utilizados, com isso a determinação de atributos de qualidade se faz necessária para possibilitar a identificação de problemas na produção, fazer estimativas realistas de produtividade,

monitorar mudanças na qualidade ambiental e auxiliar agências governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas de uso da terra (GOMES et al., 2006).

2.3.1 Atributos da qualidade do solo

Os atributos que medem a qualidade do solo podem ser divididos em físicos, químicos e biológicos.

Os atributos físicos refletem nas limitações ao crescimento radicular, à emergência das plântulas, à infiltração e ou movimento da água no interior do perfil do solo e à disponibilidade de água às plantas. Entre eles estão a porosidade total do solo (macro e microporosidade), a densidade do solo, a estabilidade de agregados estáveis em água e a textura do solo.

De acordo com Reichert et al. (2003), a macroporosidade, a microporosidade e a densidade do solo, indicam o estado em que a estrutura do solo se encontra e servem como indicadores do seu estado de compactação. Os macroporos são responsáveis pela aeração, movimentação de água, e de ar, bem como pela penetração de raízes. Os microporos são responsáveis pela retenção de água no solo. A densidade fornece informações a respeito do estado de conservação do solo, inferindo sobre sua infiltração, retenção de água, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e grau de compactação. A densidade do solo é dependente do espaço poroso, portanto, solos com maior porosidade têm menor densidade. (REICHERT et al., 2003).

Segundo os mesmo autores, o manejo de solos e de culturas, que inclua espécies com diferentes tipos de sistemas radiculares, influencia fortemente a estabilidade da estrutura do solo e, em particular, a proporção de agregados estáveis em água. O crescimento de raízes, hifas de fungos, juntamente com resíduos de vegetais, de insetos e outros organismos estimula a formação de estruturas mais complexas e diversificadas, que são macro-agregados estáveis com tamanho superior a 0,25 mm (SALTON et al., 2005).

Os atributos químicos do solo afetam as relações solo-planta, a qualidade da água, a disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos. Entre eles estão o pH, os macro e micronutrientes, a MO do solo, os teores de carbono e nitrogênio do solo e o fracionamento da MO do solo.

Os micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu), assim como os macronutrientes (Ca, Mg, K, P) do solo são bastante influenciados pelas características do meio, estando ligados à fatores como textura e mineralogia do solo, MO, pH, condições de oxirredução e interação entre nutrientes, o que torna mais complexa a dinâmica no solo e interfere na disponibilidade às plantas (RESENDE, 2005).

A MO é o atributo que mais está relacionado com a qualidade do solo. Com o acúmulo de MO e ativação de vários processos no solo, manifestam-se diversas "propriedades emergentes", como a maior resistência à erosão, maior taxa de infiltração e retenção de água no solo, aumento na capacidade de retenção de cátions, no estoque de nutrientes, na adsorção e complexação de compostos, na ciclagem de elementos químicos, no seqüestro de carbono atmosférico, na atividade e diversidade biológica do solo e na resistência a perturbações (VEZZANI, 2001).

A comparação entre os estoques de C em diversos agroecossistemas, em relação aos do sistema natural existente, tem sido utilizada para avaliar o papel do solo como fonte ou depósito de C-CO₂ (CORAZZA et al., 1999).

No fracionamento físico granulométrico a MO é subdividida em carbono da fração grosseira e na fração carbono associado aos minerais do solo. O carbono da fração grosseira, é a parte lábil da MO, a fração que responde mais rapidamente aos sistemas de manejo do solo, especialmente ao aporte de MO. A fração do carbono associado aos minerais é mais estável, não apresentando sensibilidade imediata as alterações de manejo do solo, constituindo-se no estoque de carbono a médio e longo prazo. O fracionamento físico granulométrico permite quantificar alterações pelo uso ou manejo inadequado associado às tentativas de recuperação do solo de forma mais rápida que as análises convencionais de carbono orgânico total (SANTOS et al., 2013).

Entre os atributos biológicos encontramos a avaliação da macrofauna do solo, sobretudo a quantificação das populações de Oligochaetas (minhocas) (LIMA; BRUSSAARD, 2010). Dentre os atributos biológicos, encontramos os atributos microbiológicos, os quais os mais utilizados e reconhecidos cientificamente são a respiração basal do solo, o carbono da biomassa microbiana do solo e o quociente metabólico. Todos estes atributos são muito sensíveis às mudanças no solo, refletindo rapidamente às alterações que ocorrem em um espaço curto de tempo.

A macrofauna edáfica desempenha um papel chave no funcionamento do ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos da cadeia alimentar no solo,

afetando a produção primária de maneira direta e indireta. Esses organismos alteram as populações de microrganismos, exercendo influência sobre o ciclo da MO e a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas. Além disso, contribuem na formação de agregados estáveis que podem proteger a MO do solo (MORSELLI, 2009).

As Oligochaetas possuem a capacidade de modificar o solo, sendo conhecidas como "engenheiras do ecossistema". Sua atividade afeta direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outros organismos e plantas mediante a modificação do ambiente físico. Esses organismos são influenciados pelo tipo de solo, cobertura vegetal, manejo do solo, disponibilidade de alimentos, temperatura e umidade.

A microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo, exercendo influência tanto na transformação da MO, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais (MATSUOKA et al., 2003). Desta forma, o carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e o quociente metabólico têm sido apontados como atributos adequados para avaliar alterações provocadas ao equilíbrio do solo (OLIVEIRA, 2013).

2.3.2 Atributos Físicos do Solo em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária

Com a introdução dos animais nos sistemas de produção, surgiu a preocupação com a compactação do solo através do pisoteio dos mesmos em pastejo. As pressões impostas ao solo pelos animais dependem da espécie e da categoria animal, por exemplo, a pressão estática do casco dos bovinos é maior que a dos equinos. Depende também da umidade do solo, pois a compactação pode ser intensificada quando o solo está acima do seu limite de friabilidade. Mas, o fato mais importante ligado a compactação é a intensidade de pastejo. Intensidades moderadas a leves, respeitando a capacidade de suporte das pastagens causam pouco ou nenhum prejuízo de compactação ao solo (SILVA et al., 2015)

Para Anghinoni et al. (2011) os sistemas de ILP em plantio direto têm efeito sobreposto de tráfego de máquinas e animais, contribuindo para alterar a condição física natural do solo. Contudo, vários trabalhos vêm demonstrando o efeito neutro ou positivo do pastejo (quando em lotação adequada) nos atributos físicos do solo.

Neste sentido, alguns trabalhos evidenciam que o pastejo não altera de forma negativa a macroporosidade do solo em sistemas de ILP (BONETTI et al., 2015; COSTA, 2005; ARAÚJO, 2009), assim como a microporosidade (LANZANOVA et al., 2007; CARVALHO et al., 2015; BONETTI, et al., 2015).

Alterações na densidade do solo, em sistemas de ILP geralmente quando ocorrem são verificadas somente na camada superficial do solo (0,00 – 0,05m) (CONTE et al., 2011; CARVALHO et al., 2011a). Spera et al. (2009) estudando sistemas de ILP, concluíram que o pisoteio pelo gado alterou os atributos físicos do solo, mas não em intensidade suficiente para degradar o solo, e ainda que a utilização do sistema plantio direto em vários cultivos pode diminuir a densidade, devido ao acúmulo de resíduos vegetais na superfície, o que favorece a reestruturação do solo.

A presença do pastejo também pode melhorar a estrutura do solo através do aumento do percentual de agregados maiores (LOSS et al., 2011; MARCHÃO et al., 2008).

Espécies com bom potencial de cobertura, como as forrageiras utilizadas nos sistemas de ILP favorecem a agregação do solo nas camadas superficiais, além do sistema plantio direto que, através dos resíduos que são adicionados no solo ao longo do tempo, funcionam como núcleo orgânico de formação de agregados.

Segundo Andreolla et al. (2014) o pastejo controlado durante o inverno não afeta a qualidade física do solo e desmistifica que a presença dos animais em áreas de integração lavoura-pecuária causa problemas para a cultura em sucessão.

2.3.3 Atributos Químicos do Solo em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária

Para a avaliação da qualidade química do solo em sistemas de ILP, geralmente são utilizados atributos como a estimativa dos teores de carbono e nitrogênio e dos macro e micronutrientes.

O sistema de ILP provoca melhoria nos atributos químicos do solo através do aumento da MO, aumento do carbono orgânico no solo ao longo do tempo, pela pastagem ou culturas para exploração vegetal, rotação de culturas, incremento da massa produzida por tempo em decorrência do pastejo e maior ciclagem de nutrientes. A condução do sistema de ILP em plantio direto ao longo do tempo, também proporciona menor saída de carbono e nitrogênio por respiração microbiana

através do pastejo, como consequência, o estoque desses elementos tende a ser maior. A presença dos animais nos sistemas pode proporcionar aumento dos nutrientes no solo (fósforo, potássio, cálcio e magnésio) por meio das placas de esterco e da presença da urina. Ainda, Carvalho et al. (2011a) verificaram aumentos dos nutrientes no solo em áreas pastejadas, aliada ao rendimento da soja, num experimento de longa duração em áreas de ILP.

Ainda, o efeito positivo do plantio direto aliado à ILP sobre o carbono da fração grosseira, se relaciona à maior adição anual e manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, principalmente, à proteção física da MO no interior de agregados.

2.3.4 Atributos Biológicos e Microbiológicos do Solo em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária

Na avaliação da qualidade biológica e microbiológica do solo em sistemas de ILP, normalmente são utilizados atributos como a avaliação da abundância e riqueza da macrofauna edáfica, a presença de Oligochaetas (minhocas), a estimativa dos teores de carbono da biomassa microbiana e da respiração basal do solo.

O sistema de ILP em plantio direto favorece a macrofauna do solo, através da rotação de culturas, proporcionando à fauna uma diversidade de alimento, e o plantio direto contribui mantendo a umidade do solo e, assim, favorecendo a criação de microhabitats para esses organismos. As populações de coleopteros (besouros) são favorecidas pela presença do esterco. Segundo Koller (1998), os besouros coprófagos, popularmente conhecidos como “rola-bosta”, ao lado de outros insetos predadores ou competidores que atuam nas massas fecais, são grandes parceiros biológicos da pecuária, por proporcionar benefícios ao enterrar as fezes dos animais acelerando a absorção de nutrientes pelo solo (adubação orgânica), o que evita perdas significativas de nitrogênio.

Kovács-Hostyánszki et al. (2013) em um estudo conduzido em fazendas da Hungria em solo arenoso demonstrou que o pastejo não exerceu qualquer diminuição na riqueza e abundância de espécies da fauna edáfica, sobretudo de Oligochaetas.

Saber a diversidade de espécies numa área é fundamental para a compreensão da natureza e, por extensão, para otimizar o gerenciamento da área

em relação a atividades de exploração de baixo impacto, conservação de recursos naturais ou recuperação de ecossistemas degradados (MELO, 2008). Para a avaliação de uma determinada comunidade, comumente são utilizados índices de diversidade como a abundância e riqueza. A avaliação da abundância é utilizada para determinar o tamanho de uma população de uma espécie em um determinado ambiente, enquanto a riqueza é bastante útil para definir áreas para conservação.

A atividade microbiana aumenta com a intensidade de pastejo estando diretamente relacionada com a quantidade de resíduos no solo (raízes) e na sua superfície (esterco) (CARVALHO et al. 2011a). O sistema radicular das gramíneas como o azevém, presentes nos sistemas de ILP, contribui para o efeito rizosférico, proporcionando uma maior disponibilidade de substrato orgânico para a microbiota do solo, favorecendo assim o carbono da biomassa microbiana e a respiração basal do solo. À medida que o carbono da biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração e uma fração significativa é incorporada ao tecido microbiano, como ocorre nas intensidades moderadas de pastejo (CARVALHO et al. 2011a).

3 CAPÍTULO 1 - Atributos físicos, químicos e biológicos de um Planossolo em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa

3.1 INTRODUÇÃO

Em vista da preocupação com a preservação dos ecossistemas, é crescente a busca por sistemas conservacionistas de manejo do solo, os quais favoreçam a qualidade edáfica via rotação de culturas e ausência de revolvimento do solo. Com isso o sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) vem sendo utilizado como alternativa aos sistemas de manejo pouco sustentáveis. Esse sistema é amplamente utilizado no Brasil, visando otimizar o uso das áreas agrícolas, cultivando-se culturas anuais para produção de grãos, associadas a pastagens para produção de carne e, ou, leite (BORTOLINI et al., 2013).

No Bioma Pampa, especificamente no Rio Grande Sul, a integração de animais com culturas agrícolas consta dos primeiros anos do século 20, onde bovinos pastejavam a resteva da cultura de arroz produzida em áreas de Terras Baixas. A utilização de pastagens, nestas áreas, apresenta enorme potencial para aumentar a produção agropastoril do estado durante a estação fria, considerando-se que existem cerca de 5 milhões de ha potencialmente aptos a esse fim (SILVA et al., 2011a).

O sistema de ILP proporciona inúmeras vantagens, dentre elas, pode melhorar as condições físicas do solo, favorecendo a infiltração de água; as químicas, aumentando o aporte da matéria orgânica e as biológicas, contribuindo na qualidade estrutural do solo, em razão da maior produção de palhada proporcionada pelo consórcio. Além disso, pode melhorar a cobertura do solo, permitir maior exploração do seu perfil pelas raízes, promover a diminuição do processo erosivo e, conseqüentemente, manter a estabilidade do sistema (CHIODEROLI, 2010).

Contudo, taxas de lotação definidas acima do ideal (superlotação) acarretam massas de forragem baixas, menor cobertura do solo, menor produção de forragem no sistema e menor acúmulo de palha para a lavoura em sucessão (ANGHINONI et al., 2011), além disso, pode definir a capacidade da fase de pastagem em prover balanço positivo ou negativo de carbono ao sistema. Galharte e Crestana (2010), avaliando o sistema ILP no âmbito da conservação ambiental, observaram efeitos positivos e significativos em relação à utilização desse sistema, visto que os autores constataram índices positivos e significativos em relação à qualidade da água,

qualidade do solo e biodiversidade, contribuindo para minimizar os impactos negativos no meio ambiente.

Atualmente são conhecidos efeitos isolados de diferentes manejos e usos do solo nos atributos físicos, químicos e biológicos, o que pode tornar a compreensão do diagnóstico da qualidade do solo incompleta, dado que os diferentes atributos se relacionam entre si. Araujo e Monteiro (2007) enfatizam que nenhum indicador, individualmente, conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo, evidenciando, assim, a necessidade de estudos que avaliem os atributos de forma integral e integrada para a melhor compreensão de um sistema como um todo.

Portanto, esse trabalho teve por objetivo avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, a relação entre eles e a influência do pastejo e das culturas em um Planossolo localizado no Bioma Pampa em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.

3.2 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Wilhelm Köppen, é do tipo Cfa (C: clima temperado quente, com temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18°C; f: em nenhum mês a precipitação pluvial é inferior a 60mm; a: temperatura do mês mais quente é superior a 22°C).

As áreas de estudo fazem parte de modelos de sistemas de ILP: uma área sem pastejo (SP), uma área com pastejo (CP), uma área de pastagem contínua (PC) e campo natural pastejado (CN) (Anexo A). Todas se situam entre as coordenadas 31°49'13" S, 52°27'50" O e apresentam altitude de aproximadamente 14 m, sobre Planossolo Háplico Eutrófico típico (CUNHA; COSTA, 2013).

A área SP possui 6 ha, onde cultivou-se arroz irrigado até a safra de 2004/2005. A área foi sistematizada em camalhões de base larga com 7 a 8 m de largura. Nesta área é cultivado alternadamente milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* L.) no verão e pastagens como aveia (*Avena strigosa* S.), azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) e ervilhaca (*Vicia sativa* L.) no inverno.

O CP possui 5,7 ha, foi cultivado com arroz irrigado até a safra de 2005/2006. Posteriormente à colheita, o solo foi sistematizado em camalhões de base larga com 7 a 8 m de largura. Nos períodos do inverno de 2006/2007/2008, estabeleceram-se respectivamente as seguintes sequências anuais: (i) pousio e soja; (ii) aveia+azevém+ervilhaca e milho; (iii) aveia+azevém+ervilhaca de ressemeadura e soja; no inverno e início da primavera de 2009 houve pastejo e manejo para ressemeadura no azevém anual.

Durante as safras 2009/10, 2011/12, 2013/14 foi cultivado soja no verão, intercalada com milho nos outros anos, ambas as culturas em sucessão com pastagem de azevém anual de ressemeadura natural. As adubações foram colocadas de acordo com a recomendação da análise do solo para gramíneas forrageiras de inverno e as devidas culturas no verão.

O pastejo com bovinos vem sendo realizado de forma contínua com carga animal variável, iniciando entre os meses de maio a agosto e término entre outubro e novembro, antes do plantio direto de milho e/ou soja. Os pastejos são controlados com cargas ajustadas para manter um nível e oferta de forragem entre 12 e 15% do

peso vivo (PV), iniciando quando a massa de forragem estiver acima de 1600 kg/ha de massa seca.

Na área PC tem sido semeado e ressemeado azevém BRS Ponteio (*Lolium Multiflorum*), aveia preta (*Avena strigosa*) e apresenta algumas plantas de trevo branco (*Trifolium Repens*) e cornichão El Rincón (*Lotus Subbiflorus*). Durante o verão é semeado sorgo forrageiro ou milheto.

Na área com sistema de campo natural pastejado (CN), o único manejo é o pastejo contínuo com bovinos ou bubalinos, com cargas animal ajustadas ao longo do ano de acordo com o crescimento do pasto, o qual apresenta maiores taxas de acúmulo nas estações de primavera, verão e início do outono ficando um resíduo que oscila entre 500 a 1600 kg/ha de massa seca.

Nos sistemas PC e CP, o pastejo é realizado por novilhos bovinos de sobreano, peso vivo inicial entre 200 e 250 kg, de forma contínua com carga animal variável e ajustada de acordo com o crescimento do pasto, visando manter oferta de forragem entre 12 e 15% do peso vivo, deixando uma quantidade massa seca residual de forragem em torno de 2500 a 3000 kg/ha. O pastejo inicia quando o pasto tem acumulado entre 1500 e 2000 kg/ha de massa seca de forragem, ou altura média entre 20 e 30 cm.

3.2.1 Coleta das amostras e análises de solos

As coletas de amostras de solo foram realizadas em janeiro/fevereiro de 2014 (os dados climatológicos se encontram nos anexos A e B). Foram delimitados cinco pontos, aproximadamente na parte central das áreas, equidistantes de 20m e, assim, coletadas amostras indeformadas e deformadas de solo. Em cada ponto, de cada área, foram construídas trincheiras nas profundidades de 0,00 – 0,05m, 0,05 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

As análises foram realizadas no laboratório de Física do Solo na EMBRAPA Clima Temperado, Pelotas, RS.

As amostras indeformadas foram coletadas com auxílio de anéis volumétricos (0,030m por 0,048m) sendo cada ponto constituído por três anéis (um anel em cada profundidade). Os anéis foram envolvidos com papel alumínio e posteriormente levados ao laboratório. Estas amostras foram utilizadas para a determinação da macroporosidade, microporosidade e densidade.

As amostras deformadas foram coletadas com auxílio de pá de corte. Para as análises de granulometria, COT e NT amostras foram peneiradas em malha de 2,00mm e secas ao ar por aproximadamente 48 horas. Para as análises de macro e micronutrientes foram constituídas amostras compostas de 5 sub-amostras por profundidade, constituindo assim uma amostra de cada profundidade por área. Posteriormente as mesmas foram peneiradas em malha de 2,00mm e secas ao ar por aproximadamente 48 horas. Para as análises de carbono da biomassa microbiana e respiração basal do solo, após a coleta, as amostras foram peneiradas em malha de 2mm para remoção dos restos vegetais e animais, e armazenadas em câmara fria a 4°C até o momento da realização das análises. Para análise de presença de Oligochaetas foram amostrados monólitos de solo (0,20m x 0,20m) na profundidade de 0,00 - 0,20m. Este volume de solo foi colocado em uma bandeja de plástico, onde foram realizadas as contagens diretas dos indivíduos no campo.

- **Macroporosidade (Map):**

Utilizou-se o método da mesa de tensão. As amostras foram preparadas (toilet e proteção da face inferior do anel com auxílio de um tecido preso com elástico) e saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água em uma bandeja, até atingir 2/3 da altura dos anéis conforme EMBRAPA (2011).

Depois de saturadas e pesadas, as amostras foram colocadas sobre a mesa de tensão e o “frasco de nível” foi baixado para o nível de sucção correspondente a 60cm de altura de coluna d'água (0,006 Mpa). Após 24h os anéis foram retirados da mesa e pesados. Obteve-se o volume dos macroporos através da pesagem do anel antes (saturado) e depois de ir à mesa, conforme a seguinte equação (EMBRAPA, 2011):

$$Map = Vs - Mip$$

Onde: *Map* é a macroporosidade ($m^3 m^{-3}$), *Vs* é o volume de saturação ($m^3 m^{-3}$) e *Mip* é a microporosidade ($m^3 m^{-3}$).

- **Microporosidade (Mip):**

Foi realizado o mesmo procedimento da análise de macroporosidade e posteriormente realizado o cálculo descrito em EMBRAPA (2011), sendo:

$$Mip = \left(\frac{a-b}{c} \right)$$

Onde: *Mip* é a microporosidade ($m^3 m^{-3}$), *a* é a massa da amostra após ter sido submetida a uma tensão de 60 cm de coluna de água (kg), *b* é a massa de amostra seca a 105° C (kg) e *c* é o volume do cilindro (m^{-3}).

- **Densidade (Ds):**

A densidade foi obtida por meio do valor da massa da amostra seca em estufa a 105°C (subtraindo-se o peso do tecido, do elástico e do anel) e o volume do anel correspondente, utilizando-se a seguinte equação (EMBRAPA, 2011):

$$Ds = \left(\frac{a}{b} \right)$$

Onde: *Ds* é a densidade do solo, *a* é a massa de amostra seca a 105° C (kg) e *b* é o volume do anel ou cilindro (dm^3).

- **Análise de granulometria**

Foi colocado 20g de solo em um copo plástico, onde foi adicionado 100ml de água e 10ml de solução normal de hidróxido de sódio. Após procedeu-se a análise pelo método da pipeta conforme EMBRAPA (2011).

- **Quantificação dos teores de carbono (COT) e nitrogênio (NT)**

Após a secagem por 48h e o peneiramento na malha de 2,00mm, o solo foi colocado em eppendorfs de capacidade 1,5ml, para a análise de carbono orgânico total (COT) e o nitrogênio total (NT) do solo, onde foram quantificados por oxidação a seco, em analisador elementar TruSpec da Leco, sendo os resultados expressos em teor (g Kg).

- **Macro e micronutrientes**

Foi determinado o pH, capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases (V%), matéria orgânica (MO), macronutrientes (Ca, Mg, K e P) e micronutrientes (Mn, Zn, Cu e Fe) segundo metodologia descrita em Tedesco et al. (1985).

- **Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM)**

As amostras foram preparadas em duplicata, sendo uma submetida à irradiação em forno de microondas por 4 minutos em potência máxima, tendo-se assim uma amostra irradiada e outra não irradiada para todas as profundidades e áreas. Posteriormente, o carbono da biomassa microbiana foi obtido pelo método da irradiação-extração conforme metodologia descrita em Mendonça e Matos (2005).

- **Respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (qCO_2)**

A respiração basal do solo foi realizada conforme metodologia descrita por Jenkinson e Powlson (1976). Foram pesados 30g de amostra de solo, que foram acondicionados em potes de vidro de capacidade de 500 ml. Em cada amostra foram colocados 10 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 1 mol L⁻¹ e o pote foi hermeticamente fechado. Foram utilizados 3 frascos de vidros contendo somente NaOH 1 mol L⁻¹ como prova em branco. As amostras ficaram encubadas pelo período de 8 dias e posteriormente tituladas com HCl 0,05 mol L⁻¹ conforme metodologia descrita em Alef e Naninipieri, (1995).

O quociente metabólico foi calculado por meio da divisão da respiração basal pelo carbono microbiano conforme metodologia descrita em Silva et al. (2007), através da equação:

$$qCO_2 \text{ (mgC-CO}_2\text{.g}^{-1}\text{CBM.h}^{-1}\text{)} = \frac{RBS \text{ (mgC-CO}_2\text{.kg}^{-1}\text{ solo.h}^{-1}\text{)}}{CBM \text{ (mgC.kg}^{-1}\text{ solo).}10^{-3}}$$

Onde: qCO_2 = quociente metabólico do solo

RBS = respiração basal do solo

CBM = carbono da biomassa microbiana do solo

- **Presença de Oligochaetas**

A coleta e a triagem do organismo foram realizadas conforme metodologia descrita em USDA (2001) (Anexo B).

- **Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey que considera diferença mínima significativa a 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Macroporosidade, microporosidade e densidade do solo

Não foram verificadas diferenças significativas para a Map na camada de 0,00 – 0,05m, contudo a área CN apresentou maior volume em relação às demais, que apresentaram valores semelhantes entre si (Tabela 1). Apesar da área CN ser pastejada, sua Map foi maior em relação as áreas CP e PC também pastejadas, constata-se, então, que a lotação adequada dos animais em pastejo pode não alterar de forma significativa esse atributo do solo. Segundo Andreolla et al. (2014) o pastejo controlado durante o inverno não afeta a qualidade física do solo e desmistifica que a presença dos animais em áreas de integração lavoura-pecuária causa problemas para a cultura em sucessão.

Tabela 1 - Valores de macroporosidade (Map), microporosidade (Mip) e densidade do solo (Ds) de um Planossolo Háptico Eutrófico típico em sistema Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05 m, de 0,05 - 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m.

Sistemas*	Map -----%-----	Mip	Ds g cm ³
0,00 - 0,05 m			
SP	6,79a	30,26ab	1,45a
CP	6,84a	28,99b	1,51a
PC	6,02a	31,23ab	1,47a
CN	8,30a	35,13a	1,41a
0,05 - 0,10 m			
SP	4,12b	29,61a	1,58a
CP	5,73ab	27,09a	1,66a
PC	5,84ab	31,25a	1,51a
CN	7,53a	31,03a	1,49a
0,10 - 0,20 m			
SP	4,72a	29,88a	1,62a
CP	6,32a	27,70a	1,63a
PC	5,43a	29,89a	1,54a
CN	6,47a	29,88a	1,53a

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* SP - área sem pastejo; CP - área com pastejo; PC - pastagem contínua; CN - campo natural pastejado

Neste sentido, solos de mata e campo nativo apresentam maior Map, comparativamente a solos cultivados (ALBUQUERQUE et al., 2001; FONSECA, et al., 2007; ANDRADE et al., 2009).

Assim como neste estudo, Marchão et al. (2007) ao avaliar a qualidade física de um Latossolo Vermelho no município de Planaltina, DF, encontraram, também, valores maiores para a Map em cerrado nativo quando comparado a sistemas de ILP. Adicionalmente, Bonetti et al. (2015) num Latossolo Vermelho em Goiás, GO, não constataram diferenças significativas entre áreas pastejadas e não pastejadas, concluindo que o pastejo não reduziu a Map do solo, principalmente na camada de 0,00 – 0,05m.

Para a camada de 0,05 – 0,10m foram verificadas diferenças estatísticas para a Map, sendo a área CN com o maior valor. Neste mesmo sentido, Lima et al. (2008) na mesma Estação Experimental deste estudo, também em um Planossolo, ao comparar uma área de campo nativo com uma sob plantio direto e outra sob preparo convencional, na qual as duas últimas estavam cultivadas com azevém+cornichão no inverno e rotação de soja/milho/sorgo no verão, também encontraram maiores valores de Map para a área CN em todas as camadas avaliadas. Costa (2005) não constatou efeito negativo na Map ao avaliar a influência do pastejo em sistemas de ILP sob plantio direto em um estudo no município de Otacílio Costa, SC em um Cambissolo Húmico. De acordo com Balbino et al. (2003), a Map é a primeira propriedade do solo a ser afetada pela introdução de cultivo ou pastejo em áreas nativas, principalmente em camadas superficiais (0,05 - 0,10 m).

Não foram verificadas diferenças significativas para a Map na camada de 0,10 – 0,20m. Assim como neste trabalho, Oliveira (2013) avaliando um Latossolo Vermelho no município de Nova Canaã do Norte, MT, também não encontrou diferenças significativas para a Map na camada de 0,10 – 0,20 m ao avaliar sistemas de ILP. O autor constatou que pode ser resultado da reestruturação do solo influenciada pelo acúmulo de MO, ao longo do tempo, oriundo do plantio direto nos sistemas integrados. Neste mesmo sentido, Araújo (2009) avaliando sistemas de ILP no município de Uruçuí, PI em um Latossolo Amarelo também não encontrou diferenças significativas para a Map nesta mesma camada, porém o maior volume de Map foi encontrado na floresta nativa.

No geral, constata-se ainda, que em todos os sistemas e camadas amostrados, a Map foi inferior a 10%, salientando-se que os solos desse estudo são hidromórficos de terras baixas com altos teores de silte (Tabela 2). Para garantir a difusão do ar no solo e, aeração adequada ao desenvolvimento das plantas, o

volume de Map não deve ser inferior a 10% do volume total do solo (FERREIRA, 2010).

Para a Mip não foram verificadas diferenças significativas nas camadas compreendidas de 0,05 a 0,20 m (Tabela 1). Lanzasova et al. (2007), ao avaliarem um Argissolo Vermelho-Amarelo no município de Jari, RS, em uma área sem pastejo e duas áreas pastejadas também não encontraram diferenças significativas para a Mip. Carvalho et al. (2015) no município de Ribas do Rio Pardo, MS, em um Neossolo Quartzarênico, também não encontraram diferenças significativas nas camadas de 0,05 – 0,10 e de 0,10 – 0,20m para a Mip entre as áreas de ILP avaliadas, sendo verificadas diferenças somente na camada superficial de 0,00 – 0,05m.

Na camada superficial, 0,00 - 0,05m, a Mip foi superior para a área de CN. Bonetti et al. (2015) em um Latossolo Vermelho no município de Goías, GO, não verificou também influência negativa do pastejo na Mip ao avaliar áreas de ILP. Esses autores concluíram que os sistemas quando em plantio direto, conduzidos em intensidades moderadas de pastejo podem ser utilizados sem risco aos atributos físicos do solo.

Não foram verificadas diferenças estatísticas para a Ds em todas as camadas avaliadas (Tabela 1). Contudo, se verificou uma tendência de aumento nos valores em profundidade para todos os tratamentos, sendo assim, os menores valores foram encontrados na camada de 0,00 – 0,05m. Resultados semelhantes foram encontrados por Conte et al. (2011) em um Latossolo Vermelho no município de São Miguel das Missões, RS, ao estudar o efeito das diferentes alturas de pastagem sobre a qualidade física do solo em ILP, que constataram o aumento da Ds em profundidade. Da mesma forma, Spera et al. (2009) ao avaliar áreas de ILP em Passo Fundo, RS, em um Latossolo Vermelho encontraram maiores valores de Ds na camada mais profunda do solo quando comparada as superficiais. Estes mesmos autores concluíram que o pisoteio pelo gado alterou os atributos físicos do solo, mas não em intensidade suficiente para degradar o solo, e ainda que a utilização do sistema plantio direto em vários cultivos pode diminuir a Ds, devido ao acúmulo de resíduos vegetais na superfície, o que favorece a reestruturação do solo.

Diferentemente, Carvalho et al. (2011a) em um experimento de longa duração em um Latossolo Vermelho de São Miguel das Missões, RS, constataram o impacto

do pisoteio animal nos atributos físicos do solo somente na camada de 0,00 – 0,05m, mesmo em condições de pastejo intenso.

Os valores de Ds variaram entre 1,41 à 1,66 Mg m⁻³ neste estudo. Reichert et al. (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais: 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos; 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para os franco-arenosos. Conforme análise granulométrica das áreas em estudo, o solo foi classificado como franco-arenoso, estando assim, abaixo do valor crítico de densidade (Tabela 2).

Tabela 2 – Teores de areia, silte e argila (%) de um Planossolo Háplico Eutrófico típico em sistema Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m.

Sistema	Areia	Silte	Argila	Classe textural
0,00 – 0,05				
SP	41	42	15	Franco-arenoso
CP	48	37	14	Franco-arenoso
PC	47	38	12	Franco-arenoso
CN	54	35	9	Franco-arenoso
0,05 – 0,10				
SP	42	42	15	Franco-arenoso
CP	50	35	14	Franco-arenoso
PC	48	37	13	Franco-arenoso
CN	52	36	11	Franco-arenoso
0,10 – 0,20				
SP	41	43	15	Franco-arenoso
CP	49	36	14	Franco-arenoso
PC	48	38	13	Franco-arenoso
CN	54	35	11	Franco-arenoso

*SP – sem pastejo; CP – com pastejo; PC – pastagem contínua; CN – campo natural pastejado

Adicionalmente, o solo sob CN, por não ter sido cultivado não sofrendo os efeitos do trânsito de máquinas e equipamentos, apesar de ser pastejado, não diferiu da área SP nas camadas de 0,00 – 0,05m e 0,10 – 0,20m, sendo superior na camada de 0,05 – 0,10m. Ainda, os valores de DS não diferiram entre as áreas pastejadas da área SP em todas as camadas, evidenciando que o pastejo pode não ter alterado negativamente as áreas com pastejo.

- Teores de carbono orgânico total, nitrogênio total e relação carbono/nitrogênio

Na camada de 0,00 – 0,05m não foram verificadas diferenças significativas para o COT (Tabela 3). Diferentemente desse estudo, Costa (2005), ao avaliar a qualidade do solo em um Cambissolo Húmico em sistemas de ILP no município de Otacílio Costa, SC, encontrou diferenças entre as áreas avaliadas. Contudo os valores das áreas cultivadas sob plantio direto apresentaram valores semelhantes, assim como nesse estudo, visto que os valores para as áreas, SP, CP e PC, apresentaram valores similares. Neste mesmo sentido, Loss et al. (2014) ao estudar os atributos de um Latossolo Vermelho em pastagem e sistema silvipastoril no município de Santa Tereza, ES, também não encontraram diferenças significativas entre as áreas avaliadas para todas as camadas. Os autores destacaram que o sistema silvipastoril é eficiente para aumentar e/ou manter os teores de COT quando comparado com os demais usos, que possuem maior tempo de implantação.

Tabela 3 - Teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação carbono orgânico total/nitrogênio total (COT/NT), em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistema de Integração Lavoura-pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m.

Sistemas	COT	NT	C/N
-----g Kg-----			
0,00 – 0,05			
SP	6,24a	1,11a	5,62
CP	6,58a	0,62b	10,61
PC	6,49a	0,70b	9,27
CN	7,05a	0,63b	11,19
0,05 – 0,10			
SP	6,59a	1,11a	5,93
CP	6,64a	0,62b	10,70
PC	6,21a	0,68b	9,13
CN	8,65a	0,63b	13,73
0,10 – 0,20			
SP	20,06a	1,14a	17,59
CP	17,05a	0,62b	27,50
PC	16,08a	0,69b	23,30
CN	15,63a	0,63b	24,80

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* SP - área sem pastejo; CP - área com pastejo; PC - pastagem contínua; CN - campo natural pastejado

Por outro lado, alguns trabalhos (NEVES et al. 2005; LOSS et al. 2009; ROSSI et al. 2012; ZSCHORNACK 2007) apresentaram maiores valores de COT na camada superficial do solo. Os autores justificam os maiores valores nesta camada, devido ao aporte residual do plantio direto. Nesse estudo o acúmulo de C em profundidade pode ser explicado pela duração do experimento: dez anos. Neste sentido para Bayer (1996) quando a taxa de acúmulo de COT aparentemente reduz na camada superficial do solo, se dá início a um processo de acúmulo na camada inferior, e assim sucessivamente. Com a utilização do plantio direto durante um período prolongado associado a contribuição do sistema radicular das gramíneas, como neste estudo, ocorre acúmulo de MO em profundidade no solo ao longo do tempo.

O mesmo comportamento é constatado na camada de 0,05 – 0,10m, onde não foram verificadas diferenças significativas para o COT. Oliveira (2013) em um estudo no município de Nova Canaã do Norte, MT, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, não encontrou diferenças significativas para o COT ao avaliar áreas de ILP na camada de 0,00 – 0,10m, sendo que as áreas em estudo se assemelharam a área de referência. Assim como neste trabalho, isto aconteceu, pois em todas as áreas avaliadas, ocorre o acúmulo de material orgânico, resultante da contribuição do sistema de plantio direto e das folhas nos sistemas integrados, se assemelhando as condições do campo natural mesmo que esse seja pastejado. Corroborando com os resultados aqui encontrados, Batista (2011) também não encontrou diferenças estatísticas ao avaliar sistemas de ILP em Maracajú, MS, em um Latossolo Vermelho, devido ao aporte de resíduos vegetais das áreas avaliadas.

Os menores valores de COT para as profundidades que compreendem de 0,00 a 0,10m podem ser explicados, entre outros fatores, pelo baixo teor de argila das áreas em estudo (Tabela 2), o que pode influenciar em estoques mais baixos de COT, visto que Planossolos podem apresentar menores teores de C quando comparados a outros tipos de solos. Zschornack (2007) ao estudar os estoques de C em diferentes solos do sul do Rio Grande do Sul em áreas com gramíneas naturais sob pastejo, encontrou os menores valores de COT, em um Planossolo, em todas as camadas avaliadas (0,00 a 0,20m), visto que a matriz desse solo era basicamente arenosa, resultado que coincide como a classe textural constatada neste estudo.

Na camada de 0,10 – 0,20m as áreas também não diferiram significativamente, os maiores valores de COT são encontrados nesta mesma

camada. Corazza et al. (1999) encontraram os maiores teores de COT para a camada de 0,00 – 0,20m, em um Latossolo Vermelho Escuro, avaliando áreas de pastagem, reflorestamento e cerrado no Distrito Federal. Deste mesmo modo, Gazzola et al. (2015) ao estudar áreas de ILP em diferentes municípios de Goiás verificaram o aumento do COT em profundidade, de modo que os autores atribuíram esse aumento ao consórcio de milho e braquiária, dado a deposição de resíduos culturais de degradação mais lenta, favorecendo maiores aportes de MO pelo sistema radicular das gramíneas. No caso das áreas em estudo, os consórcios de milho ou soja com aveia ou azevém, aliados ao plantio direto, podem favorecer o aumento do COT em profundidade devido à longa duração do experimento.

Observa-se que, as áreas não diferirem estatisticamente para o COT, visto que as gramíneas contribuem para elevar os teores de MO em solos sob pastagem, dada sua eficiência de incorporação, podendo, em alguns casos, ser superior ao encontrados em áreas sob vegetação nativa. Neste sentido, Oliveira (2013) em um estudo no município de Nova Canaã do Norte, MT, em um Latossolo Vermelho-Amarelo não encontrou diferenças significativas ao avaliar sistemas de ILP, no entanto, constatou os maiores valores nas áreas sob pastagem.

Seguindo esta tendência, Muniz et al. (2011) ao estudarem um Latossolo Vermelho com pastagens no sistema de ILP, no município de Santo Antônio de Goiás, GO, concluíram que o solo sob sistema de ILP é capaz de manter níveis mais elevados de C do que o solo sob vegetação natural.

Os teores de NT diferiram estatisticamente em todas as camadas avaliadas, sendo a área SP com os maiores valores (Tabela 3), visto que nesta área não ocorre pastejo, possibilitando que o N seja incorporado no solo em maior quantidade quando comparado as áreas pastejadas. O incremento nos estoques de NT em sistemas de ILP, em geral, ocorre nos primeiros anos de implantação das culturas, decorrentes das adições diferenciadas dos resíduos resultantes do manejo das pastagens. Carvalho et al. (2011a) constataram o aumento do NT do primeiro ao sexto ano em áreas sob ILP em São Miguel das Missões, RS. Após o sexto ano os estoques decresceram substancialmente em áreas pastejadas, corroborando com os resultados encontrados neste estudo, onde as áreas pastejadas apresentaram menores teores de NT quando comparadas a área SP.

A relação C:N é um indicador importante da decomposição da MO, dando informação sobre o estado de humificação, neste estudo os valores variaram entre

5,62 a 27,50 (Tabela 3). Segundo Santos, (2007) os valores para a relação C:N da MO em solos agrícolas normalmente variam entre 9 e 14, valores esses encontrados nos tecidos dos microorganismos e no húmus. A área SP apresentou valores abaixo dos citados como referência 5,62 e 5,93 para as camadas de 0,00 – 0,05m e de 0,05 – 0,10m respectivamente, podendo ser considerada com baixa relação C:N.

- Macro e micronutrientes

Para a camada de 0,00 – 0,20m em todas as áreas o pH é considerado baixo variando de 4,30 a 4,76, assim como a MO classificada como baixa para todas as áreas, apresentando valores de 1,65 a 1,79% (CQFS, 2004) (Tabela 4).

Tabela 4 – Macro e micronutrientes de um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05 m, de 0,05 - 0,10m, 0,10 - 0,20m e 0,00 – 0,20m.

Sistemas	pH	Ca	Mg	CTC	MO%	P	K	Cu	Zn	Mn	Fe%	V%
		-----cmol _c /dm ³ -----				-----mg/dm ³ -----						
-----0,00 – 0,05-----												
SP	4,60	3,20	1,30	11,70	2,21	50,10	68	0,80	0,60	19	0,11	41
CP	4,40	2,60	0,80	10,70	2,35	58,20	128	1,60	1,60	16	0,11	36
PC	4,10	2,20	1,10	13,20	2,21	21,70	40	1,00	1,00	19	0,10	27
CN	4,80	2,20	1,30	10,70	2,21	8,70	41	1,20	0,40	27	0,12	36
-----0,05 – 0,10-----												
SP	4,40	2,60	1,10	10,90	1,52	49,00	42	0,80	0,30	15	0,10	37
CP	4,30	2,60	0,80	10,60	1,79	38,40	104	1,40	0,90	11	0,10	35
PC	4,30	2,10	1,00	11,00	1,38	10,80	33	1,11	0,80	15	0,11	30
CN	4,80	2,00	1,00	8,20	1,66	8,70	37	1,00	0,30	21	0,11	40
-----0,10 – 0,20-----												
SP	4,40	2,60	1,10	11,70	1,38	20,70	36	1,00	0,30	13	0,12	34
CP	4,50	2,50	0,90	9,20	1,24	11,80	56	1,80	1,10	12	0,09	41
PC	4,50	2,20	1,00	10,30	1,38	3,90	30	1,20	0,80	12	0,10	33
CN	4,70	1,70	0,80	7,70	1,38	6,50	22	1,00	0,30	16	0,11	36
-----0,00 – 0,20-----												
SP	4,46	2,80	1,16	11,43	1,70	39,93	48,66	0,86	0,40	15,66	0,11	37,33
CP	4,40	2,53	0,83	10,16	1,79	36,13	96	1,60	1,20	13	0,10	37,33
PC	4,30	2,16	1,03	11,50	1,65	12,13	34,33	1,10	0,86	15,33	0,10	30
CN	4,76	1,96	1,03	8,86	1,75	7,96	33,33	1,06	0,33	21,33	0,11	37,33

*pH: em água 1:1; Ca: cálcio; Mg: magnésio; CTC: capacidade de troca de cátions; MO: matéria orgânica; P: fósforo (extraído Mehlich-1); K: potássio; Cu: cobre; Zn: zinco; Mn: manganês; Fe: ferro e V%: saturação por bases.

** SP - área sem pastejo; CP - área com pastejo; PC - pastagem contínua; CN - campo natural pastejado

Segundo Gomes et al. (2006), estes resultados são comuns para os solos hidromórficos, apresentando fertilidade natural de baixa a moderada.

No entanto, segundo a CQFS (2004) a elevação do pH pela calagem aumenta a disponibilidade de molibdênio (Mo), podendo afetar o metabolismo do cobre em ruminantes. Verificou-se também, a redução da MO em profundidade, dado que o teor de MO normalmente apresenta valores mais elevados na camada superficial do solo, sobretudo em sistemas conservacionistas, onde não ocorre o revolvimento do solo e decorre o acúmulo de resíduos vegetais sobre o solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Sereia (2014) em um estudo em Dourados, MS, em um Latossolo Vermelho ao avaliar a qualidade do solo sob diferentes coberturas.

A CTC foi classificada como média para todas as áreas (CQFS, 2004), sendo que esta é influenciada pelos teores de MO. Logo, a V% foi considerada média baixa para todas as áreas (CQFS, 2004), visto que esta, por sua vez, é influenciada pela CTC.

O K foi considerado alto para as áreas SP e CP, enquanto que para a área PC foi classificado como baixo (CQFS, 2004). Segundo a CQFS (2004) é difícil classificar o teor de K em áreas de CN, pois estas apresentam uma diversidade muito grande de espécies. O K diminuiu em profundidade em todas as áreas. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa (2005), ao avaliar sistemas de ILP no município de Otacílio Costa, SC em um Cambissolo Húmico. O autor atribuiu essa diminuição à exportação de K pelos grãos, a perda pela água de escoamento superficial e pela lixiviação.

O Ca foi considerado médio para todas as áreas variando de 1,96 a 2,80 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, e o Mg foi classificado como alto para a área SP, PC e CN e médio para a área CP (CQFS, 2004). No entanto, observando a Tabela 4 nota-se que os valores de Mg são superiores aos de Ca em todas as camadas avaliadas. Segundo Quaggio (2000), teores de Ca maiores que os de Mg estão relacionados pela retenção de cátions, onde o Ca é mais fortemente retido na matriz coloidal do solo do que o Mg.

O P foi classificado como alto para as áreas SP e CP considerado a camada de 0,00 – 0,20m e baixo para as áreas PC e CN (CQFS, 2004). A área SP apresentou o maior valor para todas as camadas exceto na profundidade de 0,00 – 0,05m, onde a área CP apresentou o maior teor de P. Costa (2005) avaliando a qualidade de um Cambissolo Húmico sob diferentes coberturas no município de Otacílio Costa, SC, constatou a redução do P pelo pastejo de inverno, no entanto

esta redução não modificou a qualidade do solo. Da mesma forma, Sereia (2014), em um estudo em Dourados, MS, em um Latossolo Vermelho, verificou que os teores de P decresceram com a profundidade, sendo os maiores valores na camada superficial. O autor atribuiu essa redução à baixa mobilidade desse elemento no solo, resultando em maiores teores em camadas superficiais, onde há adição desse elemento na forma mineral e orgânica.

No que se refere aos micronutrientes, o Cu e o Mn foram considerados altos para todas as áreas, visto que a CQFS, (2004) considera alto valores acima de $0,4\text{mg/dm}^3$ e 5mg/dm^3 para o Cu e o Mn, respectivamente. Diferentemente deste estudo, Pereira et al. (2011) encontraram níveis baixos de Cu e Mn ao avaliar diferentes sistemas de manejo sob soja e braquiária nos Tabuleiros Costeiros em Alagoas. Entretanto, o Zn foi classificado como alto para as áreas CP e PC médio para a área SP e CN (CQFS, 2004). A sensibilidade à deficiência de micronutrientes varia conforme a espécie vegetal, sendo que o milho tem alta sensibilidade à deficiência de Zn, pois é um micronutriente mais limitante à sua produção (COELHO; RESENDE, 2008). A área SP, cultivada com milho na ocasião da coleta de solo, apresentou um bom valor para esse micronutriente. Segundo a CQFS (2004), teores de Fe acima de 5g/dm^3 são considerados altos podendo estar relacionado com a ocorrência de toxidez por ferro ("bronzeamento"). Neste estudo os teores deste micronutriente variaram de 0,10 e 0,11 % ou 1,00 e 1,11 g/dm^3 .

- Carbono da biomassa microbiana do solo

Na camada de 0,00 – 0,05m os valores de CBM diferiam entre si, sendo o maior valor encontrado na área CN (Tabela 5).

Tabela 5 - Teores de carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS), e quociente metabólico (qCO_2) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico em sistema Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m.

Sistema	CBM mg Kg ⁻¹	RBS μg C-CO ₂ /h/g	qCO_2 $qCO_2 \times 10^{-3}$
0,00 – 0,5m			
SP	291,32b	0,57a	1,85a
CP	330,88b	0,45a	1,36b
PC	334,14b	0,42a	1,35b
CN	450,39a	0,60a	1,23b
0,05 – 0,10m			
SP	167,35b	0,30b	1,79a
CP	166,24b	0,30b	1,80a
PC	307,81a	0,54ab	1,75a
CN	333,57a	0,66a	1,97a
0,10 – 0,20m			
SP	228,72a	0,36a	1,57b
CP	148,90a	0,33a	2,21a
PC	174,34a	0,42a	2,44a
CN	204,01a	0,51a	2,50a

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..

* SP - área sem pastejo; CP - área com pastejo; PC - pastagem contínua; CN - campo natural pastejado

De uma forma geral, os maiores valores de CBM foram verificados nesta camada. A área CN pode ter apresentado o maior valor de CBM, uma vez que não sofre influência de cultivos e de trânsito de máquinas. Segundo Powlson et al. (1987), a biomassa microbiana é sensível às alterações nas formas de C orgânico do solo, em função das mudanças no manejo ou uso do solo. Corroborando com este estudo, Lopes et al. (2012) em um Cambissolo Háplico no município de Quixeré, CE, encontraram os maiores valores de CBM na camada superficial de solos cultivados em rotação de culturas milho/mucuna e melão em um estudo de dez anos, devido a maior disponibilidade de MO, água e nutrientes. Santos et al. (2004), ao avaliar a atividade microbiana em áreas sob plantio direto, preparo convencional e rotação de culturas sob o cultivo de arroz em um Planossolo, na mesma Estação Experimental deste estudo, também encontraram valores superiores de CBM nesta mesma camada para a área que não sofria interferência antrópica.

Gonçalves et al. (1999) ao analisar a atividade microbiana em diferentes tipos de solo e diferentes coberturas de forrageiras, com e sem pastejo, no estado do Rio de Janeiro, concluíram que a maior atividade de CBM e RBS foi encontrada na camada de 0,00 – 0,05m, e ainda que, a camada mais superficial do solo acumula maior quantidade de material orgânico que é depositado pelas plantas e animais, refletindo no CBM e na RBS.

Na camada de 0,05 – 0,10m os valores de CBM diferiram estatisticamente entre si, e os maiores valores foram encontrados nas áreas de CN e de PC. Segundo Carvalho et al. (2011a), mesmo em situações adversas, o sistema de ILP, em intensidades moderadas de pastejo (20 a 30cm de altura do pastejo), consegue manter os teores de nutrientes da CBM, em níveis iguais ou superiores às áreas não pastejadas. Santos et al. (2004) no estudo citado anteriormente, encontraram valores próximos entre a área sem interferência antrópica e a área de rotação de arroz no verão e azevém no inverno, cultura utilizada na área de PC deste estudo. Segundo esses mesmo autores, o sistema radicular do azevém contribui para o efeito rizosférico, proporcionando maior disponibilidade de substrato orgânico para a microbiota do solo. Dessa maneira, a grande renovação da biomassa vegetal devido aos ciclos de pastejo e a deposição de excrementos pelos animais também favorece o desenvolvimento da microbiota do solo.

Silva (2008) em um estudo em áreas de ILP em um Latossolo Vermelho em Planaltina, DF, também encontrou valores semelhantes para o CBM entre a área de referência e a área de pastagem contínua, segundo o autor esse resultado evidencia a capacidade dos pastos bem manejados em minimizar efeitos decorrentes da retirada de sua cobertura vegetal original. Ainda, este mesmo autor encontrou os menores valores de CBM na camada de 0,00 – 0,10m nas áreas onde na ocasião das coletas de solo estavam sendo cultivadas culturas anuais, soja e milho, as mesmas presentes e também cultivadas neste estudo na ocasião das coletas.

Na camada de 0,10 – 0,20m, os valores de CBM decresceram quando comparados as demais camadas, exceto para área SP, não diferindo entre si. Conceição et al. (2005) e Ferreira et al. (2007) mostraram que o teor de CBM mantiveram-se significativamente maiores na camada de 0 a 0,10 m de profundidade, independente das características das áreas estudadas.

Adicionalmente, a granulometria do solo também está relacionada à biomassa microbiana, onde maior quantidade de biomassa microbiana é encontrada no solo

com maior quantidade de argila em relação ao de menor quantidade (PFENNING et al., 1992). Analisando a tabela 2, nota-se que o solo das áreas em estudo apresentaram baixo teor de argila. Gonçalves et al. (1999), já citado anteriormente, observaram menores valores de CBM em solos com menores teores de argila, corroborando com os resultados da presente pesquisa.

Quando analisamos a profundidade total, de 0,00 – 0,20m, os maiores valores para o CBM são encontrados nas áreas CN e PC, seguidas das áreas SP e CP (Figura 1). Campos (2011) em um estudo no município de Campo Verde, MT, analisando um Latossolo Vermelho-Amarelo também encontrou os maiores valores de CBM na área de cerrado e pastagem cultivada ao compará-las com áreas de cultivos anuais, nessa mesma profundidade. A ausência de revolvimento e a presença de gramíneas e leguminosas podem ter favorecido os maiores teores nessas duas áreas.

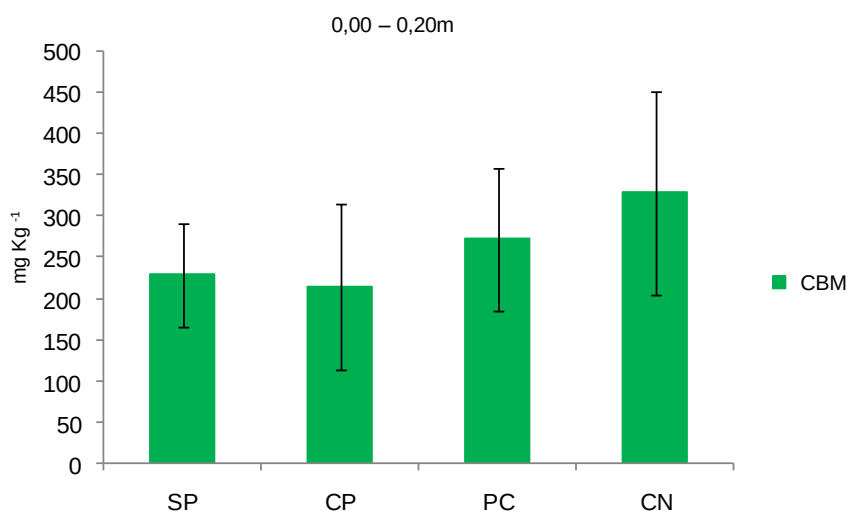


Figura 1 – Teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na camada de 0,00 - 0,20m.

* SP - área sem pastejo; CP - área com pastejo; PC - pastagem contínua; CN - campo natural pastejado

Corroborando com este estudo, Garcia e Nahas (2007) em um Latossolo Vermelho no município de Jabotical, SP, também constataram os maiores teores de CBM em áreas sob pastejo com lotação animal adequada nas camadas de 0,00 – 0,10 e 0,10 – 0,20m. Os maiores teores de CBM em áreas pastejadas, em relação às áreas sem pastejo, mostram o efeito diferenciado, resultante, possivelmente, da excreção dos animais. Adicionalmente, Silva (2008) em um estudo em Planaltina,

DF, em um Latossolo Vermelho, também verificou os menores valores de CBM nas áreas de ILP que no momento da coleta de solo estavam sob o cultivo anual, visto que na ocasião da coleta de solo, assim como neste estudo, a área SP estava sob cultivo de milho e área CP sob cultivo de soja. Pastos bem manejados e diversificados, como o da área em estudo que apresenta azevém, BRS Ponteio, trevo branco e cornichão, podem apresentar maiores teores de CBM. Toda et al. (2010) estudando um Argissolo Vermelho-Amarelo, no município de Presidente Prudente, SP, também constataram, nesta mesma profundidade, o incremento nos teores de CBM em áreas pastejadas ao avaliar áreas de pastagem, plantio direto e plantio convencional.

- Respiração Basal do Solo e Quociente Metabólico

Não houve diferença significativa para a camada de 0,00 – 0,05m nos teores de RBS, com isso se observa um equilíbrio nos teores entre as áreas avaliadas (Tabela 5). Stieven et al. (2014) também não encontraram diferenças significativas para esta mesma camada ao avaliar sistemas de ILP no município de Nova Canãa do Norte, MS, em um Latossolo Vermelho. Em outro estudo, Campos (2011) ao avaliar os atributos microbiológicos do solo em um Latossolo Vermelho–Amarelo no município de Campo Grande, MT, observou os maiores teores de RBS para a área de pastagem, nesta mesma camada, ao avaliar sistemas de ILP, sendo que esta área apresentou valor semelhante à área de referência Cerrada Nativo.

Ao avaliar um Latossolo Vermelho–Amarelo de Brasília, DF, Araújo et al. (2007) também não encontraram diferenças estatísticas em solos com pastagem plantada pastejada por bovinos, pastagem natural, cultivo convencional de milho, florestamento de pínus e cerrado nativo, nessa mesma camada. No entanto, os autores observaram um intenso desenvolvimento radicular das gramíneas forrageiras na camada superior do solo, possivelmente favorecendo a atividade biológica, refletindo o valor próximo à área de referência (cerrado nativo).

Além disso, D'Andrea et al. (2002) encontraram valores maiores para RBS em plantio direto quando comparado ao preparo convencional, segundo estes autores no plantio direto e na sucessão de culturas, assim como nas áreas deste estudo, ocorre maior diversificação de resíduos culturais favorecendo o aumento da quantidade e heterogeneidade dos microorganismos do solo.

Para a camada 0,05 – 0,10m verificaram-se diferenças significativas de RBS entre as áreas estudadas, sendo a área CN com o maior valor, seguida da área PC e das áreas CP e SP com os menores teores. Gomes et al. (2014), ao estudar os atributos microbiológicos em um Argissolo Vermelho, cultivado com feijoeiro e milho consorciados com leguminosas, no município de Glória de Dourados, MS, encontraram os maiores teores de RBS na área de referência vegetação nativa. Jakelaitis et al. (2008) encontraram o maior teor de RBS na camada de 0,00 – 0,10m para a área de referência, área de mata, ao estudar áreas de pastagens em um Argissolo Vermelho, no município de Rio Casca, MG. Isto acontece devido às áreas de referência não sofrerem nenhuma intervenção antrópica, além de possuírem grande diversidade arbórea.

Na camada de 0,10 – 0,20m não foram encontradas diferenças estatísticas quando os valores de RBS foram analisados entre as áreas avaliadas. Resultados semelhantes foram observados por D'Andréa et al. (2002), ao estudar áreas de pastagem de *Brachiaria decubens*, plantio direto de milho/feijão e milho/feijão/arroz, plantio convencional de milho e abóbora/feijão/milho-doce nesta mesma camada.

Ressalta-se a importância da lotação adequada dos animais nos sistemas, assim como nas áreas do presente estudo, garantindo o equilíbrio para a microbiota do solo. Neste sentido, Garcia e Nahas (2007) ao avaliarem a atividade microbiana em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos, em um Latossolo Vermelho no município de Jaboticabal, SP, concluíram que pastos com alta lotação de ovinos resultaram em diminuição das propriedades microbianas do solo, enquanto que em pastos com baixa lotação de ovinos, propiciaram o aumento da atividade respiratória do solo. Adicionalmente, em áreas com animais a circulação da forragem ingerida via esterco e urina, que servem de fonte de energia aos microrganismos do solo, aumenta a intensidade dos fluxos de matéria e energia. Além disso, especialmente em pastagem de gramíneas, como as presentes nas áreas deste estudo, a maior quantidade de raízes nas áreas pastejadas resulta em maior proporção de solo rizosférico, permitindo com isso, que a ação do pastejo provoque liberação de ácidos orgânicos simples na superfície das raízes (exsudatos), que estimulam a formação de biomassa microbiana e, por consequência, a sua atividade no solo (ANGHINONI, et al., 2013).

Analisando a profundidade total de 0,00 – 0,20m o maior valor de RBS é verificado na área CN (Figura 2). Oliveira (2013) também verificou o maior teor de

RBS para área de vegetação nativa ao avaliar sistemas de ILP em um Latossolo Vermelho–Amarelo no município de Nova Canaã do Norte, MT. A maior liberação de CO₂ nos solos em condições naturais, isto é, sem ação antrópica, pode ser em função da constante incorporação de resíduos, com acúmulo de MO em frações lábeis, promovendo uma alta atividade biológica sobre esse material, liberando CO₂.

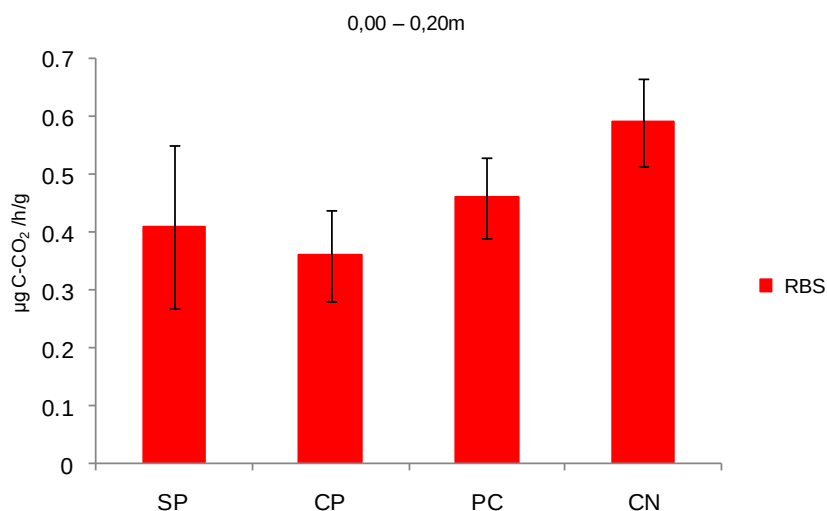


Figura 2 – Teores de respiração basal do solo (RBS) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na camada de 0,00 - 0,20m.

* SP - área sem pastejo; CP - área com pastejo; PC - pastagem contínua; CN - campo natural pastejado

Souza et al. (2010) estudando os atributos microbiológicos do solo no município de São Miguel das Missões, RS, em um Latossolo Vermelho, não verificaram efeito negativo na RBS, quando em intensidade moderadas de pastejo. No mesmo experimento, Carvalho et al. (2011a) verificaram que a RBS aumenta com a intensidade de pastejo, o que faz pensar que a biomassa microbiana esteja dependendo C para se manter, ou seja, uma situação típica de estresse, no entanto os autores concluíram que a quantificação da RBS mostrou relação positiva com as intensidades de pastejo.

Os resultados do qCO₂ na camada de 0,00 – 0,05m, diferiram estatisticamente entre si, sendo a área SP com valor superior, contudo as demais áreas apresentaram valores semelhantes entre si (Tabela 5). Diferentemente deste estudo, Santos (2004) ao avaliar os atributos microbiológicos em diferentes sistemas de manejo, na mesma Estação Experimental deste estudo, em um Planossolo, verificou o maior qCO₂ para o solo mantido em condições naturais nesta mesma

camada. Entretanto, a respiração microbiana por unidade de biomassa microbiana pode diminuir em sistemas mais estáveis, o que pode explicar os valores semelhantes de qCO_2 para as áreas CP, PC e CN na camada superficial de 0,00 – 0,05m. Este mesmo comportamento é verificado para a camada de 0,05 – 0,10m, onde não foram encontradas diferenças significativas entre as áreas em estudo, verificando-se um equilíbrio entre as áreas avaliadas. Ainda, à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos C é perdido como CO_2 pela respiração e uma fração significativa é incorporada ao tecido microbiano, como ocorre nas intensidades moderadas de pastejo. Desta forma, solos com baixo qCO_2 estariam mais próximos ao estado de equilíbrio, incorporando C na biomassa microbiana e contribuindo para a redução de carbono na atmosfera, ou seja, sequestrando carbono (CARVALHO et al., 2011a).

Na camada de 0,10 – 0,20m as áreas diferiram significativamente, sendo a área SP inferior as demais. O plantio direto pode aumentar os conteúdos de RBS e qCO_2 , sobretudo em áreas onde esse sistema já está consolidado, assim como nas áreas em estudo. A permanente cobertura do solo e a falta de revolvimento do mesmo produz condições mais favoráveis para o desenvolvimento microbiano em tais ambientes (FRAZÃO et al., 2010). Além disso, a incorporação de resíduos de culturas ao solo aumenta o quociente metabólico. Os maiores valores de qCO_2 corroboram com os maiores valores de COT encontrados nesta camada (Tabela 3).

Nota-se na profundidade total de 0,00 – 0,20m, que as áreas pastejadas apresentaram maiores valores de qCO_2 , enquanto que a área sem pastejo apresentou o menor valor (Figura 3). Souza et al. (2010) ao avaliar diferentes intensidades de pastejo no município de São Miguel das Missões, RS em um Latossolo Vermelho, concluiu que o qCO_2 não sofreu impactos negativos em intensidades moderadas de pastejo.

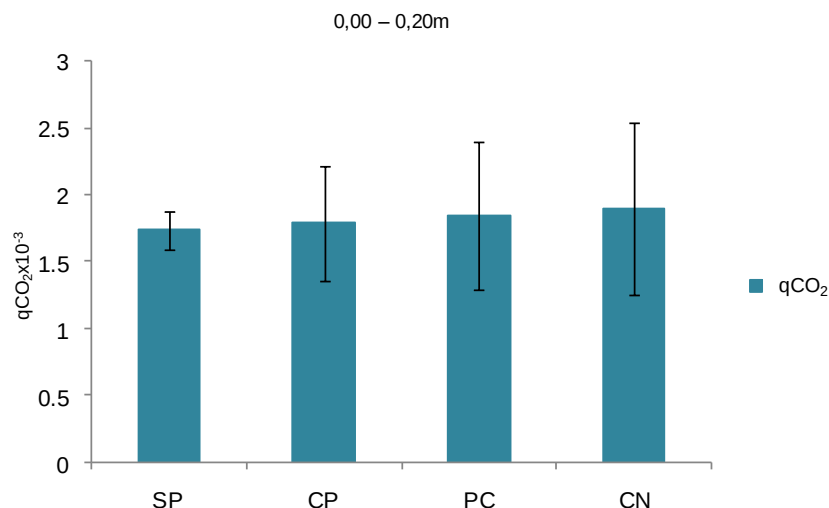


Figura 3 – Teores de quociente metabólico (qCO₂) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na camada de 0,00 - 0,20m.

* SP - área sem pastejo; CP - área com pastejo; PC - pastagem contínua; CN - campo natural pastejado

Fonseca et al. (2007), em um estudo sobre um Latossolo Vermelho no município de Santo Antônio de Goiás, GO, também encontraram menores valores de qCO₂ nas áreas sob rotação de culturas para a profundidade de 0 – 17,5cm quando comparadas a área de campo natural, dado que este último não sofre interferência antrópica.

- Presença de Oligochaetas

O número de Oligochaetas (minhocas) decresce na ordem SP>CP>PC>CN (Tabela 6). Segundo Morselli (2009), a densidade populacional de Oligochaetas em solos cultivados não ultrapassa 100 a 200 indivíduos por m², enquanto que em pastagens esse número varia de 400 a 500 indivíduos por m², no entanto para promover a estruturação do solo é necessário no mínimo 100 indivíduos por m².

Tabela 6 – Número de Oligochaetas (indivíduos m⁻²) e umidade do solo (U%) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico em sistema Integração Lavoura-Pecuária na camada de 0,00 - 0,20m.

Sistema	Número de Oligochaetas	U%
SP	46	16,10
CP	45	15,67
PC	13	16,94
CN	2	18,83

* SP - área sem pastejo; CP - área com pastejo; PC - pastagem contínua; CN - campo natural pastejado

Esses organismos são influenciados por diversos fatores como: tipo de solo, cobertura vegetal, disponibilidade de alimentos, manejo do solo, temperatura, umidade e uso de agrotóxicos. Segundo Lima e Rodríguez (2007), a diversidade de Oligochaetas no Rio Grande do Sul, é de 36 espécies e 20 gêneros, pertencentes a sete famílias.

As áreas sob plantio direto apresentaram maior número desse organismo do que a área sob CN. Segundo Chan (2001) a adoção de práticas conservacionistas como o sistema plantio direto na palha tem sido, na maioria dos casos, altamente benéfico às populações de Oligochaetas. De modo geral, a estrutura da comunidade edáfica é menos afetada por práticas de manejo do solo mais conservacionistas como os sistemas de ILP e plantio direto (SILVA et al., 2006a). Kovács-Hostyánszki et al. (2013) em um estudo conduzido em fazendas da Hungria, em solo arenoso, demonstrou que o pastejo não exerceu qualquer diminuição na riqueza, abundância e diversidade de espécies da fauna edáfica, sobretudo nas populações de Oligochaetas.

Contudo, as populações de Oligochaetas também sofrem influência da sazonalidade, como constatado por Batista (2011) em um estudo em Maracajú, MS em um Latossolo Vermelho, onde o autor encontrou maior número de indivíduos na época chuvosa quando comparada a época seca. O mesmo autor verificou também que o maior número desses organismos, na camada de 0,00 – 0,10m foi constatado na área de pasto/milho. Vale salientar que a contagem do número de Oligochaetas, neste estudo, foi realizada no verão, ou seja, na estação seca, podendo ter influenciado o número de indivíduos, pois a umidade do solo estava em torno de 17% em média (Tabela 6).

No entanto, diferentemente deste estudo, Silva et al. (2006b) avaliando diferentes sistemas de manejo no município de Dourados, MS, em um Latossolo Vermelho, encontraram o maior número de Oligochaetas na área de sistema natural ao compará-la com sistemas de ILP, plantio direto e preparo convencional. Os autores atribuíram esse resultado às características químicas favoráveis do solo e à variabilidade de microhabitats encontradas em sistemas sem interferência antrópica. Lourente et al. (2007) no município de Maracajú, MS, em um Latossolo Vermelho, avaliando a macrofauna edáfica (organismos do solo com diâmetro corporal maiores que 2mm), entre eles o grupo pertencente das Oligochaetas, constataram que a

macrofauna é influenciada por algumas propriedades químicas do solo, como Ca, K, P e MO. Assim como, também são influenciadas pelo Mg, CTC, COT e NT.

Neste estudo, nota-se que os teores de Ca, K e P são mais elevados nas áreas SP e CP, de Mg é mais elevado na área SP, a CTC é maior nas áreas PC e SP para a camada de 0,00 – 0,20m. NT é superior na área SP em todas as profundidade (Tabela 4), onde também foram verificados o maior número de Oligochaetas, entretanto, o COT é semelhante em todas as áreas para todas as profundidades.

As duas áreas que apresentaram maior número de Oligochaetas, SP e CP, na ocasião da coleta de solo estavam sendo cultivadas com milho e soja respectivamente. Silva et al. (2009) ao avaliar a macrofauna em sistemas de ILP em Londrina, PR em um Latossolo Vermelho, também encontraram maior número de Oligochaetas na área que estava sendo cultivada com soja. A palhada, portanto, da cultura anterior (pastagem), proveniente do sistema plantio direto, pode estar favorecendo, e mantendo, a menor temperatura e a maior umidade do solo formando um ambiente favorável para esses organismos.

Assim, populações e diversidade de Oligochaetas podem, além de contribuir para a qualidade dos solos, ser também componentes na avaliação de sistemas de cultivo e, assim, auxiliar na compreensão dos impactos de sistemas de manejo nas questões de sustentabilidade (LIMA; BRUSSAARD 2010).

3.4 CONCLUSÕES

O efeito do pastejo não altera as propriedades físicas do solo, estas sofrem influência das culturas e do manejo do solo, visto que os maiores valores de Map e Mip e os menores valores de Ds são verificados na área CN, a qual é pastejada.

Os teores de COT aumentam com a profundidade, em razão de que o presente estudo se dá em um experimento de longa duração sob plantio direto, onde este sistema favorece o acúmulo de C na camada mais profunda do solo. Os teores de NT diferem em todas as camadas, sendo a área SP superior. A relação C:N varia de 5,62 a 27,50, apresentando na área SP os menores valores. O pH e a MO são considerados baixos para todas as áreas, dado que os solos em estudo são hidromórficos considerados de fertilidade baixa à moderada e com a MO decrescendo com a profundidade. A CTC é classificada como média e a saturação de bases considerada média baixa. Já os valores de macro e micronutrientes variam de baixo a alto entre as áreas.

A atividade microbiológica é superior na camada de 0,00 – 0,05m para o CBM e para a RBS. Em geral, os maiores valores são verificados na área CN dado que esta não sofre interferência antrópica, contudo as demais áreas se assemelham a esta. Os valores de qCO_2 aumentam com a profundidade e são superiores nas áreas pastejadas. O número de Oligochaetas decresce na ordem SP>CP>PC>CN entre as áreas, e é, portanto, superior nas áreas com rotações de culturas, as quais fornecem maior diversidade de alimento, além do plantio direto que mantém a umidade do solo e é favorável a criação de microhabitats para estes organismos.

4 CAPÍTULO 2 - Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos de um Planossolo em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Pampa

4.1 INTRODUÇÃO

A rotação de culturas agrícolas para produção de grãos com espécies forrageiras acelera a construção de sistemas sustentáveis para produção animal e vegetal, e possibilita melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SILVA et al., 2011b). Neste sentido, os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) são sistemas de produção sustentáveis, visto que, o sistema radicular de gramíneas explora um volume maior de solo, auxiliando na redução da densidade do solo (Ds), recicla grande quantidade de nutrientes, favorece a elevação dos teores de MO e reduz a erosão, além de aumentar a atividade biológica do solo. As leguminosas, por sua vez, reduzem o uso de nitrogênio no sistema e melhoram a cobertura do solo.

No sul do país, a ILP é divulgada como alternativa às rotações que usam cereais de inverno e para o uso eficiente da terra no período entre sucessões de lavouras de verão, diversificando a propriedade, diminuindo o risco da lavoura e melhorando o solo (CARVALHO et al., 2011a) .

Os sistemas de ILP são dinâmicos e complexos, em virtude das interações entre culturas, animais e diversas práticas. Por serem dinâmicos, esses sistemas necessitam de pesquisas científicas e tecnológicas contínuas, quase sempre realizadas por meio de experimentos de longa duração e regionalizados, sem os quais haveria comprometimento da sua sustentabilidade, o que dificultaria a sua adoção por produtores rurais (BALBINO et al., 2011a).

Neste sentido, alguns trabalhos avaliando a qualidade do solo em sistemas de ILP vêm evidenciando os benefícios desse sistema nos atributos do solo ao longo do tempo. Dentre eles destacam-se: Spera et al. (2009; 2010) que constataram melhoria nos atributos físicos do solo em um experimento de dez anos, Loss et al. (2011) e Salton et al. (2008) que verificaram o aumento da agregação do solo, Corazza et al. (1999) que relataram o aumento de C e Almeida (2012) que verificou os benefícios das rotações de culturas sobre a diversidade e abundância da

macrofauna edáfica. No entanto, é notável a necessidade de estudos que avaliem, em conjunto, a evolução de atributos do solo em sistemas de ILP.

Portanto, esse trabalho teve por objetivo avaliar a evolução dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, a relação entre eles e a influência do pastejo e das culturas em um Planossolo localizado no Bioma Pampa em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.

4.2 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Wilhelm Köppen, é do tipo Cfa (C: clima temperado quente, com temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18°C; f: em nenhum mês a precipitação pluvial é inferior a 60mm; a: temperatura do mês mais quente é superior a 22°C).

As áreas de estudo fazem parte de modelos de sistemas de ILP: uma área sem pastejo (SP), uma área com pastejo (CP) e campo natural pastejado (CN) (Anexo A). Todas estão situadas entre as coordenadas 31°49'13" S, 52°27'50" O e apresentam altitude de aproximadamente 14 m, sobre Planossolo Háplico Eutrófico típico (CUNHA; COSTA, 2013).

A área SP possui 6 ha, onde cultivou-se arroz irrigado até a safra de 2004/2005. A área foi sistematizada em camalhões de base larga com 7 a 8 m de largura. Nesta área é cultivado alternadamente milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* L.) no verão e pastagens como aveia (*Avena strigosa* S.), azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) e ervilhaca (*Vicia sativa* L.) no inverno.

O CP possui 5,7 ha, foi cultivado com arroz irrigado até a safra de 2005/2006. Posteriormente à colheita, o solo foi sistematizado em camalhões de base larga com 7 a 8 m de largura. Nos períodos do inverno de 2006/2007/2008, estabeleceram-se respectivamente as seguintes sequências anuais: (i) pousio e soja; (ii) aveia+azevém+ervilhaca e milho; (iii) aveia+azevém+ervilhaca de ressemeadura e soja; no inverno e início da primavera de 2009 houve pastejo e manejo para ressemeadura no azevém anual.

Durante as safras 2009/10, 2011/12, 2013/14 foi cultivado soja no verão intercalada com milho nos outros anos, ambas as culturas em sucessão com pastagem de azevém anual de ressemeadura natural. As adubações foram colocadas de acordo com a recomendação da análise do solo para gramíneas forrageiras de inverno e as devidas culturas no verão.

O pastejo com bovinos vem sendo realizado de forma contínua com carga animal variável, iniciando entre os meses de maio a agosto e término entre outubro e novembro, antes do plantio direto de milho e/ou soja. Os pastejos são controlados com cargas ajustadas para manter um nível e oferta de forragem entre 12 e 15% do

peso vivo (PV), iniciando quando a massa de forragem estiver acima de 1600 kg/ha de massa seca.

Na área com sistema de campo natural pastejado (CN), o único manejo é o pastejo contínuo com bovinos ou bubalinos, com cargas animal ajustadas ao longo do ano de acordo com o crescimento do pasto, que apresenta maiores taxas nas estações de primavera, verão e início do outono ficando um resíduo que oscila entre 500 a 1600 kg/ha de massa seca.

4.2.1 Coleta das amostras e análise de solo

As coletas de amostras de solo foram realizadas em dezembro de 2011 e em janeiro/fevereiro de 2014, e as amostras de macrofauna edáfica em janeiro/fevereiro de 2013 e janeiro/fevereiro de 2014. Foram delimitados cinco pontos, aproximadamente na parte central das áreas, equidistantes de 20m e, assim, coletadas amostras indeformadas e deformadas de solo. Foram feitas trincheiras em cada ponto no local de avaliação nas profundidades de 0,00 – 0,05m, 0,05 – 0,10m e 0,10 – 0,20m em todas as áreas. As análises foram realizadas no laboratório de Física do Solo na EMBRAPA Clima Temperado, Pelotas, RS.

As amostras indeformadas foram coletadas com auxílio de anéis volumétricos (0,030m por 0,048m) sendo cada ponto constituído por três anéis (um anel em cada profundidade). Os anéis foram envolvidos com papel alumínio e posteriormente levados ao laboratório. Estas amostras foram utilizadas para a determinação da macroporosidade, microporosidade e densidade.

As amostras deformadas foram coletadas com auxílio de pá de corte. Para as análises de granulometria, COT, NT e fracionamento físico granulométrico da MO as amostras foram peneiradas em malha de 2,00mm e secas ao ar por aproximadamente 48 horas. Para a análise de estabilidade de agregados estáveis em água foram constituídas amostras compostas de 5 subamostras de cada profundidade, constituindo assim uma amostra de cada profundidade por área. Após a coleta, as amostras foram espalhadas e secas a sombra até atingirem a umidade correspondente ao ponto de friabilidade, sendo, em seguida, destorroadas manualmente de forma suave para não provocar compactação ou ruptura dos agregados. Posteriormente, foram passadas em peneira de malha de 8,00mm.

- **Macroporosidade:**

Utilizou-se o método da mesa de tensão. As amostras foram preparadas (toilet e proteção da face inferior do anel com auxílio de um tecido preso com elástico) e saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água em uma bandeja, até atingir 2/3 da altura das amostras conforme EMBRAPA (2011).

Depois de saturadas e pesadas, as amostras foram colocadas sobre a mesa de tensão e o “frasco de nível” foi baixado para o nível de sucção correspondente a 60cm de altura de coluna d’água (0,006 Mpa). Após 24h os anéis foram retirados da mesa e pesados. Obteve-se o volume dos macroporos através da pesagem do anel antes de ir à mesa (saturado) e depois de ir à mesa, conforme a seguinte equação (EMBRAPA, 2011):

$$Map = Vs - Mip$$

Onde: *Map* é a macroporosidade ($m^3 m^{-3}$), *Vs* é o volume de saturação ($m^3 m^{-3}$) e *Mip* é a microporosidade ($m^3 m^{-3}$).

- **Microporosidade:**

Foi realizado o mesmo procedimento da análise de macroporosidade e posteriormente realizado o cálculo descrito em EMBRAPA (2011), sendo:

$$Mip = \left(\frac{a-b}{c} \right)$$

Onde: *Mip* é a microporosidade ($m^3 m^{-3}$), *a* é a massa da amostra após submetida a uma tensão de 60 cm de coluna de água (kg), *b* é a massa de amostra seca a 105° C (kg) e *c* é o volume do cilindro (m^{-3}).

- **Densidade:**

A *Ds* foi obtida por meio do valor da massa da amostra seca em estufa a 105°C (subtraindo-se o peso do tecido, do elástico e do anel) e o volume do anel correspondente, utilizando-se a seguinte equação (EMBRAPA, 2011):

$$Ds = \left(\frac{a}{b} \right)$$

Onde: D_s é a densidade do solo, a é a massa de amostra seca a 105° C (kg) e b é o volume do anel ou cilindro (dm³).

- **Análise de granulometria**

Foi colocado 20g de solo em um copo plástico, onde foi adicionado 100ml de água e 10ml de solução normal de hidróxido de sódio. Após procedeu-se a análise pelo método da pipeta conforme EMBRAPA (2011).

- **Quantificação dos teores de COT e NT**

Após a secagem por 48h e o peneiramento na malha de 2,00mm, o solo foi colocado em eppendorfs de capacidade 1,5ml, para a análise de carbono orgânico total (COT) e o nitrogênio total (NT) do solo, onde foram quantificados por oxidação a seco, em analisador elementar TruSpec da Leco, sendo os resultados expressos em teor (g Kg).

- **Fracionamento físico granulométrico da MO do solo**

O fracionamento físico granulométrico foi realizado conforme metodologia descrita em Cambardella e Elliott (1992), onde o C proveniente do material retido na peneira, correspondente ao carbono da fração grosseira (CFG) foi quantificado por oxidação a seco, em analisador elementar TruSpec da Leco, sendo os resultados expressos em teor (g Kg) e o carbono associado aos minerais (CAM) foi obtido por diferença entre o COT e o CFG.

- **Estabilidade de agregados estáveis em água**

A análise de estabilidade de agregados em água foi realizada conforme metodologia descrita em Kemper e Rosenau (1986) e Palmeira et al. (1999). Foram pesadas 50g das amostras, sendo estas transferidas para um jogo de peneiras com malha 8,00 - 4,76mm, 4,76 - 2,0mm, 2,0 - 1,0mm; 1,0 - 0,50mm, 0,50 - 0,25mm e <0,25mm umedecidas com pulverizador, sendo submetidas à agitação vertical no aparelho Yoder (Yoder, 1936), durante 10 minutos. Após, o material retido em cada

peneira foi retirado, colocado em latas para secagem em estufa a 60°C até atingirem a massa constante, e posteriormente foram pesados em balança de precisão. Após, as amostras foram submersas em solução de hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹ a 6% durante meia hora. Procedeu-se, então, a lavagem do material na mesma peneira que lhe deu origem, obtendo, assim, após seco em estufa, o material inerte (cascalho, areia, restos de raízes e de culturas). Os macroagregados e microagregados foram separados segundo critério estabelecido por Tisdall e Oades (1982).

- **Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey que considera diferença mínima significativa a 5% de probabilidade.

- **Avaliação da diversidade, riqueza e abundância da macrofauna edáfica**

A amostragem da fauna do solo foi realizada nos dias 22/jan, 29/jan e 5/fev de 2013 e 30/jan, 07/fev e 14/fev de 2014. Para a coleta dos organismos foram utilizadas armadilhas *pitfall* do tipo trampa de Tretzel (BACHELIER, 1963). As armadilhas consistiam em um pote plástico com capacidade 1 kg, enterrado no solo na altura da abertura do mesmo, sendo protegido por uma telha de barro apoiada a uma estaca de madeira (Anexo C). No interior de cada armadilha foi adicionada uma solução de 200mL, sendo 5% de glicerina bihidratada, 22% de água destilada e 73% de álcool 96° Gl. A cada semana, as armadilhas foram retiradas e substituídas, sendo a macrofauna edáfica separada com auxílio de peneira de 2mm e posteriormente acondicionada em frascos plásticos de 80 mL em álcool 70° Gl. A identificação da macrofauna se deu por meio de chaves de identificação obtidas junto à bibliografia técnica até o nível de Classe e Ordem, com o uso de estereoscópio binocular e a diversidade foi comparada utilizando-se os índices de Diversidade (H') e Equabilidade (J') de Shannon-Wiener e de Simpson conforme Begon et al. (2007).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Macroporosidade, Microporosidade e Densidade

O sistema de ILP melhorou a qualidade física do solo da primeira para a segunda amostragem, em todas as áreas e profundidades estudadas, indicando melhoria ao longo do tempo. Com relação aos valores da Map esta constatação foi pronunciada especificamente para a área CP. E para os valores de Ds foi na camada de 0,00 – 0,05m, em todas as áreas (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores de macroporosidade (Map), microporosidade (Mip) e densidade do solo (Ds) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m, nos anos de 2011 e 2014.

Sistemas	Map	Mip	Ds
0,00 – 0,05m			----g cm ⁻³ ----
-----2011-----			
SP	7,12a	27,96ab	1,49b
CP	5,60a	27,02b	1,60a
CN	7,16a	29,75a	1,47b
-----2014-----			
SP	6,70a	30,62a	1,45b
CP	6,48a	28,99a	1,51a
CN	8,30a	35,14a	1,41b
0,05 – 0,10m			
-----2011-----			
SP	4,97a	27,42a	1,57a
CP	4,97a	26,48a	1,61a
CN	5,29a	27,86a	1,58a
-----2014-----			
SP	4,12b	29,61a	1,58a
CP	5,73ab	27,09a	1,66ab
CN	7,53a	31,03a	1,49b
0,10 – 0,20m			
-----2011-----			
SP	4,18b	27,75a	1,60a
CP	5,19b	26,78a	1,60a
CN	6,46a	28,77a	1,54a
-----2014-----			
SP	3,97a	29,88a	1,62a
CP	6,22a	27,70a	1,63a
CN	6,47a	29,89a	1,53a

*Médias seguidas da mesma letra minúscula em cada atributo comparam os sistemas de manejo não diferindo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* SP - Sem pastejo; CP - Com pastejo; CN - Campo natural pastejado

Estes resultados corroboram com os encontrados por Spera et al. (2009) que ao avaliarem sistemas integrados de produção em Passo Fundo, RS, em um Latossolo Vermelho, constataram melhoria do ponto de vista agrônomo para os atributos Map, Mip e Ds em um intervalo de dois anos entre a primeira e a segunda coleta. Segundo esses mesmos autores, a utilização do sistema plantio direto em vários cultivos pode diminuir a Ds, devido ao acúmulo de resíduos vegetais na superfície, o que favorece a reestruturação do solo.

Silva et al. (2000) pesquisando áreas de ILP em um Argissolo Vermelho-Amarelo em Santa Maria, RS, constataram que o pisoteio animal não teve efeito sobre as características físicas do solo para a camada 0,00 - 0,05m já que a presença de gramíneas, como azevém e aveia proporcionaram uma boa cobertura do solo, protegendo-o do impacto do pisoteio animal. Para Flores et al. (2007), culturas de grãos em rotação com pastagens, corretamente manejadas, e ou, pastejadas, aumentaram a MO e melhoraram a estrutura física do solo, particularmente seu espaço poroso, resultados que corroboram com os encontrados aqui nesta pesquisa.

Em todas as profundidades avaliadas verificou-se diminuição da Map para a área SP e o aumento da Mip no decorrer no tempo. Segundo Bertol et al. (2000), menor Map, com conseqüente aumento na Mip, na profundidade de 0,00 – 0,15m de solo sob plantio direto, podem estar relacionados à pressão exercida no mesmo pelo manejo efetuado durante os cultivos, bem como sua consolidação natural em função desse sistema de manejo. Para Reichert et al. (2003) em sistemas de produção integrados de grãos e carne, de maneira geral, a Map pode variar entre 5 e 8%. Segundo Ferreira (2010) para garantir a difusão do ar no solo e, conseqüente, aeração adequada ao desenvolvimento das plantas, a Map não deve ser inferior a 10% do volume total do solo. Observa-se, no entanto, que em todos os sistemas e camadas aqui estudados, a Map foi inferior a 10% (Tabela 1) salientando-se que os solos desse estudo são hidromórficos de terras baixas com altos teores de silte (Tabela 2).

Na camada de 0,00 – 0,05m os valores de Ds foram superiores na área CP nas duas avaliações. A utilização agrícola do solo pode provocar aumentos em sua Ds, no entanto, observa-se que para esta mesma camada nas áreas de ILP a Ds diminuiu ao longo tempo. Esses resultados corroboram com os encontrados por Spera et al. (2010) em um estudo no município de Coxilha, RS onde avaliaram o

efeito de ILP em um Latossolo Vermelho sob plantio direto, os quais verificaram a diminuição da Ds na camada de 0,00 – 0,05m em todas as áreas de ILP avaliadas após dez anos de produção de trigo/soja e diferentes pastagens. Para Reinert et al. (2008), plantas de cobertura de verão, como as utilizadas neste estudo, têm potencial para aliviar os efeitos da compactação pelos bioporos formados por suas raízes, que geralmente são agressivas, bem como diminuir a Ds, principalmente nas camadas superficiais. Estudos demonstram que a compactação está diretamente associada à taxa de lotação animal empregada, e quando a carga animal é ajustada corretamente restringe a compactação apenas à camada superficial e com o passar do tempo o solo retoma a sua condição inicial. Assim sendo, alterações na Ds e na porosidade do solo são geralmente de pequena magnitude e não atingem níveis críticos ao crescimento das raízes das plantas cultivadas, pois a pressão aplicada pelas patas dos animais não é superior à resistência do solo à deformação plástica (DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996).

Ainda, segundo Carvalho et al. (2011b) a presença de uma leguminosa, no sistema de ILP, pode melhorar a condição física do solo pela presença do sistema radicular e da ação dos microrganismos do solo, além de permitir maior aeração pela exploração de áreas para absorção de nutrientes. Conte et al. (2011) após um estudo de sete anos de aplicação de tratamentos de altura de pastejo, em sistema de ILP no município de São Miguel das Missões, RS, em um Latossolo Vermelho, não verificaram alterações significativas na densidade e na porosidade do solo. Além disso, segundo Andrade et al. (2009), à medida que se aumenta a profundidade têm-se menor volume e atividade de raízes, que são fatores diretamente relacionados à Ds.

Os valores de Ds variaram entre 1,41 à 1,66 neste estudo. Reichert et al. (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais: 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos, 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para os franco-arenosos. Conforme análise granulométrica das áreas em estudo, o solo foi classificado como franco-arenoso, estando, assim, abaixo do valor crítico de densidade (Tabela 2).

Tabela 2 – Proporções relativas das frações granulométricas e respectiva classe textural de um Planossolo Háptico Eutrófico típico em sistema de Integração Lavoura-Pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m.

Sistema	Areia	Silte	Argila	Classe textural
0,00 – 0,05				
SP	41	42	15	Franco-arenoso
CP	48	37	14	Franco-arenoso
CN	54	35	9	Franco-arenoso
0,05 – 0,10				
SP	42	42	15	Franco-arenoso
CP	50	35	14	Franco-arenoso
CN	52	36	11	Franco-arenoso
0,10 – 0,20				
SP	41	43	15	Franco-arenoso
CP	49	36	14	Franco-arenoso
CN	54	35	11	Franco-arenoso

*SP – sem pastejo; CP – com pastejo; CN – campo natural pastejado

- Percentual de agregados estáveis em água

Analisando o percentual de agregados estáveis em água para a camada de 0,00 – 0,05m (Tabela 3) nota-se o aumento de agregados na classe de 8,00 – 4,76 para todas as áreas e a conseqüente diminuição de agregados da classe <0,25 para as áreas CP e CN entre os anos de 2011 e 2014.

O percentual de agregados aumentou também para a classe de 1,00 – 0,50 nas áreas SP e CP. Loss et al. (2011) no município de Montividiu, GO e Salton et al. (2008) nos municípios de Dourados, Maracaju e Campo Grande, MS, ambos em um Latossolo Vermelho, também verificaram melhoria da qualidade física do solo através do aumento da agregação do solo na camada de 0,00 – 0,05m, em sistemas de ILP. Espécies com bom potencial de cobertura, como as presentes neste estudo (ervilhaca, azevém e aveia), favorecem a agregação do solo nas camadas superficiais, além do sistema plantio direto que, através dos resíduos adicionados no solo ao longo do tempo, funcionam como núcleo orgânico de formação de agregados.

Tabela 3 - Percentual de agregados estáveis em água (AEA%) de um Planossolo Háplico Eutrófico típico em sistema de integração lavoura-pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m nos anos de 2011 e 2014.

Sistemas	Classes de diâmetro (mm)					
	8,00 - 4,76	4,76 - 2,00	2,00 - 1,00 0,00 - 0,05m	1,00 - 0,50	0,50 - 0,25	<0,25
-----2011-----						
CP	18,82a	21,02a	8,53a	8,19a	8,17a	31,45a
SP	20,47a	23,81a	9,61a	9,76a	8,54a	30,36a
CN	21,55a	24,18a	12,49a	11,46a	9,26a	21,04b
-----2014-----						
CP	27,41ab	12,40b	8,69a	16,71a	12,18a	22,60b
SP	23,91b	17,37ab	8,62a	10,72b	10,48a	32,70a
CN	41,51a	18,76a	8,93a	4,23b	3,32b	13,25c
0,05 - 0,10m						
-----2011-----						
CP	17,58b	19,71a	9,01a	11,74a	12,47a	29,46a
SP	15,19b	22,44a	10,22a	10,90b	9,99a	31,23a
CN	21,91a	21,28a	11,52a	12,13a	9,41a	23,71b
-----2014-----						
CP	7,28c	2,40b	10,41a	18,22a	15,75a	45,92a
SP	7,71b	9,34ab	9,24a	17,41a	18,74a	37,54b
CN	42,11a	18,82a	12,16a	10,54a	4,28c	12,07c
0,10 - 0,20 m						
-----2011-----						
CP	13,96b	18,80a	9,10a	12,22a	14,23a	31,65a
SP	10,18b	17,53a	10,33a	13,02a	13,70a	35,21a
CN	20,14a	17,60a	9,86a	11,86a	10,16a	30,34b
-----2014-----						
CP	2,30c	0,78c	9,41a	17,87a	23,42a	46,22a
SP	14,37b	10,55a	9,71a	16,85a	16,16ab	32,88b
CN	37,81a	16,61a	12,48a	14,71a	6,62b	11,93c

*Médias seguidas da mesma letra minúscula em cada classe de agregados comparam os sistemas de manejo não diferindo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*CP - Com pastejo; SP - Sem pastejo; CN - Campo natural pastejado

Salton et al. (2008) relataram que sistemas de uso que proporcionem agregados mais resistentes são desejáveis, pois mantêm a estrutura do solo sem proporcionar alterações quando submetida à determinada força externa. A palhada, proveniente da associação gramínea/leguminosa, oferece excelente proteção à superfície do solo, mantém a umidade e principalmente a atividade microbiana, proporcionando agregados mais estáveis (ELTZ et al.,1989). Essa prática de manejo reduz o processo erosivo do solo, diminuindo o assoreamento de cursos d'água e a sua contaminação e, portanto, garantindo maior conservação do solo e preservação do meio ambiente. Os agregados são fatores de grande importância para a conservação do solo por conferirem maior resistência ao processo erosivo, proteção

à MO e, conseqüentemente, à população microbiana, por outro lado, a MO exerce um importante papel na formação de agregados, como agente cimentante (FONSECA et al., 2007). Vezzani e Mielniczuk (2011) destacaram a importância de se manter plantas de cobertura de solo durante todo ano, como o que ocorre em sistemas de ILP, de preferência as que dispõem de rápido crescimento inicial e alta atividade de raízes, bem como alta capacidade de aporte de material orgânico.

O percentual de agregados aumentou na classe $<0,25$ para a camada de 0,00 – 0,05m na área SP, de acordo com Rozane et al. (2010), o maior percentual de agregados nas classes de menor diâmetro pode ser justificada pela predominância de práticas de manejo utilizadas durante o cultivo, podendo causar a desestruturação do solo e à oxidação da MO.

Para a camada de 0,05 – 0,10m, o percentual de agregados na classe 8,00 – 4,76 foi reduzido nas áreas CP e SP da primeira para a segunda avaliação, sendo superior na área de CN. Vários fatores podem ter influenciado, como o tempo de permanência dos animais em pastejo, o efeito das raízes das gramíneas que deveriam aumentar a formação de agregados maiores, além da diminuição dos agregados das classes menores que 1,00mm, a atividade microbiana e a quantidade de resíduos sobre o solo.

Diferentemente deste estudo, Marchão et al. (2008) em um Latossolo Vermelho em Planaltina, DF, constataram o efeito benéfico das pastagens sobre o percentual de agregados maiores que 2,00mm independente da profundidade avaliada. Da mesma forma, Conte et al. (2011) em um Latossolo Vermelho no município de São Miguel das Missões, RS, ao avaliarem o efeito do pastejo durante o inverno em pastagens de azevém e aveia preta sobre a física do solo não verificaram efeitos negativos na camada 0,05 – 0,10m para o percentual de agregados maiores em sistemas de ILP. Ainda, os maiores percentuais de agregados obtidos no solo sob CN nas classes de maior diâmetro podem ser justificadas pela ausência de atividade antrópica nesta área, favorecendo a formação de agregados estáveis nestas classes. A maior estabilidade dos agregados deve-se, provavelmente, também ao contínuo fornecimento de material orgânico, no caso deste estudo proveniente do plantio direto, que serve como fonte de energia para a atividade microbiana, que atua como agente de estabilização dos agregados (CAMPOS et al., 1995).

Na classe de 8,00 – 4,76 o percentual de agregados aumentou na camada de 0,10 – 0,20m nas áreas SP e CN, e diminuiu para a área CP comparando a primeira e a segunda avaliação. Da mesma forma, Conte et al. (2011) em um Latossolo Vermelho no município de São Miguel das Missões, RS, ao comparar áreas de ILP com e sem pastejo, constataram o aumento no percentual de agregados para áreas sem pastejo e diminuição para áreas pastejadas. Por outro lado, Maciel (2008) em Planaltina, DF, verificou menor percentual de agregados estáveis na camada de 0,10 – 0,20m ao compará-las as camadas de 0,00 – 0,05m e 0,05 – 0,10m em áreas de ILP. Neste sentido, Santos et al. (2012) também encontraram maior percentual de agregados nas camadas superficiais de um Latossolo Vermelho, em áreas de ILP, no município de Santo Antônio de Goiás, GO. Os autores atribuíram esses resultados ao sistema radicular abundante e agressivo das gramíneas presentes no sistema de ILP e à exsudação de compostos orgânicos por suas raízes que, possivelmente, devem ter contribuído à formação de agregados mais estáveis, evidenciando assim a importância do sistema radicular das gramíneas no processo de agregação das partículas do solo.

- Teores de carbono orgânico total, nitrogênio total e relação carbono/nitrogênio

Comparando a primeira com a segunda avaliação os teores de COT diminuíram em todas as áreas e camadas avaliadas (Tabela 4), e aumentaram na camada de 0,10 – 0,20m, mostrando-se indicadores sensíveis ao longo do tempo.

Tabela 4 - Teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação carbono orgânico total/nitrogênio total (COT/NT), carbono da fração grosseira (CFG) e carbono associado aos minerais (CAM) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistema de Integração Lavoura-pecuária nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m, nos anos de 2011 e 2014.

Sistemas	COT	NT	C/N	CFG	CAM
-----g Kg-----					
0,00 – 0,05m					
-----2011-----					
SP	13,42a	0,97ab	13,83	4,06a	9,36a
CP	11,71a	1,04a	11,25	4,07a	7,63a
CN	13,58a	0,81b	16,76	4,19a	9,38a
-----2014-----					
SP	6,24a	1,11a	5,62	4,24a	1,99a
CP	6,58a	0,62b	10,61	5,12a	1,46a
CN	7,05a	0,63b	11,19	5,22a	1,83a
0,05 – 0,10m					
-----2011-----					
SP	11,64a	0,85a	13,69	2,37b	9,27a
CP	10,13a	0,82a	12,35	2,40b	7,73ab
CN	10,10a	0,63a	16,03	3,08a	7,02b
-----2014-----					
SP	6,59a	1,11a	5,93	4,03a	2,56a
CP	6,64a	0,62b	10,70	5,00a	1,64a
CN	8,65a	0,63b	13,73	6,49a	2,16a
0,10 – 0,20m					
-----2011-----					
SP	10,80a	0,78a	13,84	2,28a	8,51a
CP	9,36ab	0,56b	16,71	2,25a	7,11ab
CN	8,58b	0,56b	15,31	2,52a	6,04b
-----2014-----					
SP	20,06a	1,14a	17,59	12,03a	8,03a
CP	17,05a	0,62b	27,50	13,89a	3,16a
CN	15,63a	0,63b	24,80	12,52a	3,11a

*Médias seguidas da mesma letra minúscula em cada teor comparam os sistemas de manejo não diferindo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*SP – Sem pastejo; CP – Com pastejo; CN – Campo natural pastejado

Assim como neste estudo, Corazza et al. (1999) ao avaliarem área de reflorestamento de eucalipto, cerrado nativo, área sob plantio direto e área de pastagem contínua em Latossolo Vermelho no Distrito Federal, GO, verificaram o

aumento de C em profundidade na camada de 20cm, sendo os maiores valores encontrados em pastagem contínua. Esse resultado foi atribuído ao sistema radicular mais agressivo com conseqüente liberação de exsudatos radiculares, quando comparado ao dos outros sistemas. Estes mesmos autores verificaram a concentração de C principalmente nos primeiros 20cm dos 100cm avaliados, para todas as áreas, constatando que as alterações na dinâmica do C, no que se refere à distribuição, adições e perdas, ocorreram nas camadas superficiais do solo. Já Souza et al. (2006), no município de Costa Rica, MS, verificaram reduções no COT ao estudar áreas manejadas com forrageiras e pastagens em um Latossolo Vermelho de Cerrado, indicando a suscetibilidade da oxidação do COT do solo sob vegetação natural, quando esses solos são submetidos à agricultura.

Ainda, para Bayer (1996) aparentemente quando a taxa de acúmulo de COT e NT reduz na camada superficial do solo, se dá início a um processo de acúmulo na camada inferior, e assim sucessivamente. Dessa forma, com a utilização do plantio direto durante um período prolongado, como constatado neste estudo, ocorre acúmulo de MO em profundidade no solo.

No entanto, Salton et al. (2011), ao estudarem a dinâmica do C em um Latossolo Vermelho sob sistemas de ILP, nos municípios de Dourados, Maracaju e Campo Grande, MS, constataram que o teor de C foi maior nas camadas superficiais do solo e decresceu com a profundidade, visto que o plantio direto favorece o acúmulo de resíduos sobre a camada superficial do solo. Ainda, Souza et al. (2009) verificaram que intensidades moderadas de pastejo (20 a 40 cm de altura de pasto) aumentaram os teores de COT e NT, avaliando sistemas de ILP após 6 anos em um Latossolo Vermelho no município de São Miguel das Missões, RS, sendo que as taxas anuais de adição variaram em função da intensidade de pastejo. Segundo Salton et al. (2005), o principal destino do C do solo é para a atmosfera, que se dá através da atividade dos microrganismos no interior do solo, sendo a intensidade da decomposição da MO relacionada com vários fatores como tipo do solo (textura e mineralogia), ocorrência e magnitude dos mecanismos de proteção presentes (agregação e interação com minerais). Além disso, a intensidade de pastejo possui grande influência sobre a quantidade total de resíduos orgânicos adicionados ao solo, influenciando assim a entrada de C e N no sistema, uma vez que há relação direta entre a altura do pasto e a massa de forragem da parte aérea (SOUZA et al.,

2009). Intensidades moderadas de pastejo (20 cm de altura do pasto) proporcionam um equilíbrio, de modo que, não há excesso nem falta de forragem.

Não foram verificadas diferenças estatísticas na camada de 0,00 – 0,05m nas duas avaliações para o COT, porém em 2011 a área SP apresentou o maior estoque. No entanto, na avaliação de 2014 a área CN apresentou o maior valor para este atributo. Já para a camada de 0,05 – 0,10m, a primeira avaliação apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, sendo a área SP com o maior teor, a segunda avaliação não apresentou diferenças significativas entre as áreas, porém o maior teor de C foi encontrado na área CN. Dessa forma, foi verificada redução nos teores de COT para a área SP nessas duas profundidades. Segundo Salton et al. (2008) para a obtenção de acúmulo de C no solo é necessário que a adição seja superior à decomposição, ainda, Mielniczuk et al. (2003) concluíram que para manter estável o estoque de COT no solo, para condições do Rio Grande do Sul, é necessária a adição de 4,4 Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹ para o plantio direto.

Os teores de NT aumentaram para a área SP em todas as profundidades avaliadas. É constatado que a utilização do sistema plantio direto favorece o aumento do NT do solo, o qual é detectado inicialmente na camada mais superficial e, com o passar dos anos, estende-se para camadas mais profundas (BAYER; MIELNICZUK, 1997; AMADO et al., 1999). O aumento do teor de N no solo está relacionado com a diminuição nas perdas, especialmente por erosão, e com o aumento das adições pela fixação biológica do N atmosférico e pela ciclagem do N disponível no solo.

A relação C:N é um indicador importante da decomposição da MO do solo, dando informação sobre o estado de humificação. Neste estudo se verificou a diminuição desta relação na profundidade de 0,00 a 0,10m, onde os valores variaram entre 5,62 a 13,73. Segundo Santos, (2007) os valores para a relação C:N da MO em solos agrícolas normalmente variam entre 9 e 14, valores esses encontrados nos tecidos dos microorganismos e no húmus. Sendo assim, a área SP apresentou valores abaixo dos citados como referência: 5,62 e 5,93 para as camadas de 0,00 – 0,05m e de 0,05 – 0,10m respectivamente, podendo ser considerada com baixa relação C:N, contudo indicando alta atividade biológica na área.

- Fracionamento físico granulométrico da matéria orgânica

Os sistemas de uso do solo alteraram os estoques de CFG e CAM em todas as camadas ao longo do tempo (Tabela 4).

Segundo Santos et al. (2013) maiores proporções relativas de CFG são coerentes com a baixa capacidade da fração mineral em manter um maior estoque relativo de CAM devido ao baixo teor de argila, o que impõe uma condição de vulnerabilidade desse agroecossistema, especialmente se as adições de resíduos culturais forem reduzidas ou sazonais.

Batista et al. (2014) ao avaliarem sistemas de ILP no município de Maracajú, MS, em um Latossolo Vermelho, verificaram a influência da sazonalidade nos teores de CFG e CAM para todas as áreas avaliadas e, assim como neste estudo, encontraram acréscimo mais pronunciado na camada de 0,10 – 0,20m para o CFG, sobretudo na área de milho+braquiária/algodão, sendo esta pastejada.

O CFG é composto principalmente por resíduos culturais em vários estágios de decomposição. Em geral, se encontra em menor proporção, contribuindo com cerca de 3 a 20% do COT (SILVA; MENDONÇA, 2007). Neste estudo, o CFG acumulado na profundidade de 0,00 a 0,20m em 2011 representou 24%, 28% e 30% do COT no SP, CP e CN respectivamente. Entretanto, na avaliação de 2014, para as mesmas áreas, representou 62%, 79% e 77%, respectivamente (Figura 1). Para os valores de CAM acumulado ocorreu o inverso, na profundidade 0,00 a 0,20m, onde na primeira avaliação representou 76%, 72% e 70% do COT no SP, CP e CN respectivamente, e na avaliação de 2014, para as mesmas áreas, representou 38%, 21% e 23%, respectivamente (Figura 1).

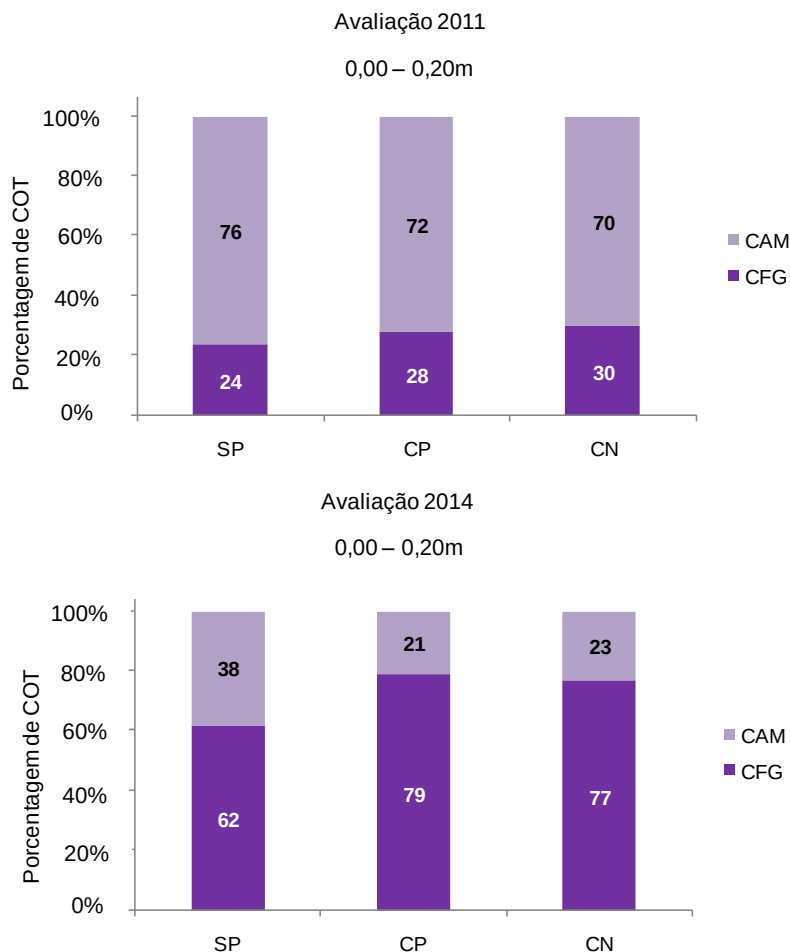


Figura 1 – Porcentagem de carbono associado aos minerais (CAM) e carbono da fração grosseira (CFG) em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-pecuária na camada de 0,00 – 0,20m nos anos de 2011 e 2014.

*CP - Com pastejo; SP - Sem pastejo; CN - Campo natural pastejado

O aumento do CFG pode ser resultado do aporte de resíduos culturais do plantio direto e da rotação de culturas oriundas do sistema de ILP. Santos (2011) ao avaliar os estoques de COT em um Planossolo Háplico localizado na mesma Estação Experimental deste estudo, verificou o aumento dos estoques de CFG no plantio direto em comparação ao preparo convencional ambos cultivados com azevém+cornichão no inverno e rotação de soja/milho/sorgo no verão. O autor constatou que este efeito foi restrito à camada superficial em curto prazo (quatro anos), contudo os sistemas de manejo não afetaram o CAM. Bayer et al. (2004) em um estudo de quatro rotações de culturas estivais e outonais sob plantio direto em um Latossolo Vermelho no município de Costa Rica, MS, verificaram sensibilidade no estoque de CFG na camada de 0,00 – 0,20m quando compararam os resultados a uma área sob preparo convencional, verificando, assim, um aumento neste

atributo. Segundo estes mesmo autores, o efeito positivo do plantio direto com culturas estivais e outonais sobre o CFG pode estar relacionado à maior adição anual e manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, em adição à diminuição da atividade microbiana pela redução da temperatura do solo e menor aeração, e principalmente, à proteção física da MO no interior de agregados.

Neste sentido, Cruz (2009) ao avaliar a dinâmica de decomposição de resíduos em sistemas rotacionados de manejo em um Planossolo, na mesma Estação Experimental deste estudo, utilizando como culturas de verão arroz, milho, soja e de inverno azevém, trevo e azevém+trevo branco, verificou que os resíduos da decomposição inicial das leguminosas foi mais rápido do que o das gramíneas. Contudo, durante o período do estudo, o autor constatou que todos os resíduos vegetais obedeciam a mesma tendência, uma fase inicial mais rápida, seguida de uma fase mais lenta. Dessa forma, espécies leguminosas como a soja, apresentam maior taxa de decomposição quando comparada as gramíneas, o que pode ter influenciado o aumento do CFG nas áreas de SP e CP, já que estas durante o inverno são cultivadas com gramíneas: azevém e aveia.

Além disso, segundo Paul e Clark (1996), componentes solúveis de relativa facilidade de degradação, como açúcares e proteínas, são rapidamente utilizados pelos decompositores, enquanto que materiais mais recalcitrantes como a celulose, gorduras, ceras, taninos e ligninas são decompostos a uma taxa relativamente mais lenta.

Da mesma forma que aqui encontrado, Salton (2005) encontrou diferenças no CAM, ao longo do tempo, quando lavoura sob plantio direto foi avaliada em Latossolo Vermelho nos municípios de Dourados, Maracaju e Campo Grande, MS, em rotação soja/pastagem, pastagem permanente e vegetação natural, sendo este atributo influenciado, entre outros fatores, pelas variações no estoque de CGF.

- Avaliação da macrofauna edáfica

Foram coletados 1351 macroinvertebrados edáficos entre as duas épocas de amostragem, sendo 801 organismos capturados em 2013 e 550 capturados em 2014, divididos em sete ordens: Coleoptera, Orthoptera, Hymenoptera, Blattodea, Araneae, Opiliones e Isopoda (Tabela 5). Na avaliação de 2013 o total de organismos coletados em cada área decresce na ordem SP>CN>CP, na avaliação

de 2014 os totais decrescem na ordem CN>CP>SP. Observa-se, no entanto para a área de CN a diminuição da abundância, mas o aumento da riqueza e para área CP o aumento da abundância e o número de ordens preservado (Tabela 6). Vários estudos como ALMEIDA, (2012); ERROUISSI, et al. (2011); CIVIDANES, (2002) vem demonstrando os benefícios do plantio direto para a fauna edáfica, já que este sistema favorece a abundância e diversidade dos organismos, como constatado nesta pesquisa.

Tabela 5 - Abundância de organismos edáficos classificados por grupos taxonômicos e total em um Planossolo Háptico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-pecuária nos anos de 2013 e 2014.

Trat	Col	Ort	Hym	Bla	Ara	Opi	Iso	Total
-----2013-----								
SP	173	17	25	21	33	30	71	370
CP	27	16	11	5	24	1	13	97
CN	71	0	171	0	27	3	62	334
Subtotal	271	33	207	26	84	34	146	801
-----2014-----								
SP	90	3	1	9	23	0	5	131
CP	68	29	64	5	21	1	9	197
CN	197	1	9	4	7	2	2	222
Subtotal	355	33	74	18	51	3	16	550
Total	626	66	281	44	134	37	162	1351

* SP - Sem Pastejo, CP - Com Pastejo, e CN – Campo natural pastejado.

**Col – Coleoptera; Ort – Orthoptera; Hym – Hymenoptera; Blat – Blattodea; Ara – Araneae; Opi – Opiliones; Iso – Isopoda.

Nos dois anos de amostragem ocorreu um grande número de indivíduos coletados da ordem Coleoptera para as áreas SP e CP. Esta ordem, representada pelos besouros, que são predadores e transformadores da liteira, particularmente sensível ao preparo do solo e operações de cultivo. De acordo com Marchão et al. (2009), a grande quantidade de cobertura morta proveniente do sistema plantio direto favorece a presença de indivíduos desta Ordem. Auad e Carvalho (2011), analisando a fauna de Coleópteros em um sistema silvipastoril no município de Coronel Pacheco, MG, atribuem a grande quantidade desses organismos ao sistema de manejo utilizado, onde muitas famílias desta ordem podem estar associadas às fezes de gado bovino em pastagem.

Segundo Koller (1998), os besouros coprófagos, popularmente conhecidos como “rola-bosta”, como muitos coletados durante o período deste estudo, ao lado de outros insetos predadores ou competidores que atuam nas massas fecais, são grandes parceiros biológicos da pecuária. Estes podem proporcionar benefícios ao

enterrar as fezes dos animais porque aceleram a absorção de nutrientes pelo solo (adubação orgânica), o que evita perdas significativas de N, um dos nutrientes de maior custo na conservação das pastagens cultivadas (MIRANDA et al., 2000). Além disso, besouros coprófagos ao cavar galerias, melhoram a aeração do solo e contribuem para a infiltração da água, melhorando suas características físicas (FINCHER, 1981).

Do mesmo modo, observou-se na primeira avaliação um número expressivo de indivíduos da ordem Hymenoptera, representado pelas formigas, coletados nas áreas de SP e CP. Para a segunda avaliação esses organismos continuaram expressivos na área de CP. Segundo Almeida (2012), as formigas beneficiam o solo sob manejo com plantio direto pela ação detritívora, além de produzirem estruturas biogênicas que estimulam a atividade microbiana e contribuem com a porosidade do solo, como verificado na Tabela 1 que mostra a melhoria da qualidade física do solo para a área CP ao longo do tempo. Além disso, sua presença pode indicar decomposição mais lenta, maior quantidade de resíduos sobre o solo por mais tempo, ou seja, capacidade de proteção por um período maior.

Quando o índice de diversidade Shannon-Wiener (H') e a abundância são analisados constata-se que houve uma diminuição dos respectivos valores nas áreas SP e CN (Tabela 6).

Tabela 6 - Riqueza, abundância total e índices de Dominância (D), Simpson (1-D) e Shannon-Wiener (H') de grupos taxonômicos em um Planossolo Háplico Eutrófico típico sob sistemas de Integração Lavoura-pecuária nos anos de 2013 e 2014.

Índice	SP	CP	CN
-----2013-----			
Riqueza	7	7	5
Abundância	370	97	334
Dominância (D)	0,3060	0,1995	0,3484
Simpson (1-D)	0,6938	0,8005	0,6516
Shannon-Wiener (H')	1,5000	1,7150	1,2300
-----2014-----			
Riqueza	6	7	7
Abundância	131	197	222
Dominância (D)	0,5096	0,2605	0,7906
Simpson (1-D)	0,4904	0,7395	0,2094
Shannon-Wiener (H')	0,9957	1,5140	0,5265

*SP - Sem pastejo; CP - Com pastejo; CN: Campo natural pastejado

A área CN teve seu índice H' reduzido, na segunda época de amostragem tendo em vista a dominância da ordem Coleoptera sobre as demais, ou seja, teve

seu índice de Dominância (D) elevado, o mesmo ocorre para a área SP. Na área CP o índice D se elevou pouco, já que nesta área para a segunda avaliação duas ordens são dominantes: Coleoptera e Hymenoptera. Kovács-Hostyánszki et al. (2013) em um estudo conduzido em fazendas da Hungria em solo arenoso demonstrou que o pastejo não exerceu qualquer diminuição na riqueza, abundância e diversidade de espécies da fauna edáfica, sobretudo de minhocas (Oligochaetas). Ainda, Ludwig et al. (2012) ao comparar a diversidade e dominância da fauna edáfica em diferentes épocas de coleta no município de Mata, RS, em um Argissolo Vermelho, também encontraram diferenças no número de indivíduos e nos índices de diversidade e dominância para os diferentes sistemas de uso do solo, sendo o menor número de indivíduos coletados na época com maior precipitação e temperatura. Esses autores atribuíram esta diferença às condições de temperatura e precipitação, além da disponibilidade de alimento. No presente estudo, comparando a primeira com a segunda amostragem, foram coletados um maior número de organismos em 2013 em relação a 2014 (Tabela 5), já que as temperaturas foram mais amenas e a precipitação menor (Apêndices A e B).

Além destes fatores que influenciam os organismos edáficos, segundo Baretta et al. (2003) a diversidade da fauna edáfica em áreas agrícolas pode também ser influenciado pelo método de preparo do solo, dependendo do sistema de cultivo e condições edafoclimáticas. Ademais, segundo Aquino et al. (2008), a fauna também pode ser influenciada pela densidade de plantas, culturas envolvidas, adaptabilidade do predador à cultura, disponibilidade de outras formas de alimento e pelo teor de MO. A abundância, riqueza e diversidade de organismos da fauna são importantes para o equilíbrio do agroecossistema, pois esses indivíduos podem servir como vetores de microrganismos simbióticos de plantas, de fixadores de N e de fungos micorrízicos, além disso eles também podem digerir microrganismos patogênicos de forma seletiva.

A fauna edáfica torna-se de extrema importância em sistemas de plantio direto, visto que a decomposição nesse sistema se torna mais lenta, pois o contato com a liteira é reduzido (MELERO et al, 2011; HUNGRIA et al. 2009), o que se pode verificar na Tabela 4 onde os estoques de CFG são elevados, indicando que a adição de MO é mais alta do que a taxa de decomposição.

4.4 CONCLUSÕES

O sistema de ILP melhora a qualidade física do solo ao aumentar a Map na área CP, aumentar a Mip em todas as áreas e diminuir a Ds na camada superficial de 0,00 – 0,05m em todas as áreas. Além disso, aumenta o percentual de agregados estáveis em água na classe 9,52 - 4,76 em todas as áreas na camada superficial de 0,00 – 0,05m e diminui o percentual de agregados da classe <0,25 para as áreas CP e CN, resultados decorrentes do efeito do pastejo do sistema radicular das gramíneas. Para a camada de 0,05 - 0,10m o percentual de agregados maiores aumenta para a área CN, na camada de 0,10 - 0,20m o percentual de agregados na classe de 9,52 - 4,76 aumenta nas áreas SP e CN.

Com relação à química do solo, os teores de COT reduzem nas camadas 0,00 - 0,05m e de 0,05 - 0,10m e aumentam na camada de 0,10 - 0,20m devido o longo tempo do experimento sob plantio direto, permitindo armazenar C nas camadas mais profundas do solo, assim como o aumento do NT para a SP em todas as camadas e, conseqüentemente, a relação C:N diminui na profundidade de 0,00 - 0,10m. Os estoques de CFG aumentam devido aos resíduos oriundos do plantio direto, enquanto que os estoques de CAM diminuem ao longo do tempo.

Quanto à biologia do solo, a área SP diminui a abundância e a riqueza de organismos, a área CP teve sua riqueza preservada e sua abundância aumentada e a área CN teve aumento da riqueza e a diminuição da abundância. O plantio direto aliado à rotação de culturas e ao pastejo favorece, portanto, a fauna edáfica na área CP.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade do solo nas áreas em estudo não foi alterada pelo sistema de Integração Lavoura-Pecuária, visto que este sistema aliado ao plantio direto é capaz de melhorar e/ou preservar sua qualidade ao longo do tempo através do sistema radicular das gramíneas e leguminosas e da rotação de culturas.

As áreas pastejadas apresentam qualidade física superior à área não pastejada, através da maior macroporosidade e menor densidade. O sistema não compromete a densidade do solo, visto que os menores valores são encontrados na camada superficial. Com lotações adequadas, de acordo com a capacidade de suporte dos pastos, o pastejo favorece a estruturação do solo através do aumento dos agregados estáveis maiores.

Com relação a química do solo, os teores de carbono e nitrogênio aumentam com a profundidade, visto a longa duração do experimento que favorece o acúmulo nas camadas mais profundas do solo. Os estoques de carbono da fração grosseira aumentam devido ao aporte de resíduos oriundos do plantio direto. Os níveis de macro e micronutrientes são considerados bons para todas as áreas.

Quanto a biologia do solo, a atividade microbiológica é superior na camada superficial e o pastejo não influenciou de forma negativa a atividade dos microorganismos. A presença de Oligochaetas é superior nas áreas com rotação de culturas, dado que este ambiente fornece maior diversidade de alimento para esses organismos. As áreas pastejadas apresentam maior abundância e riqueza de macrofauna edáfica.

Todos os atributos selecionados e estudados são sensíveis às práticas de manejo, apontando potenciais indicadores para a avaliação da qualidade do solo ao longo do tempo. Em geral, o desempenho dos atributos avaliados sugere que os atributos físicos dos solos analisados se apresentam com níveis adequados e próximos das condições encontradas na área de campo natural. Os atributos biológicos e químicos, da mesma forma, sugerem níveis adequados e boa fertilidade, respectivamente.

Com isso, modelos tecnológicos de Integração Lavoura-Pecuária com sistema de plantio direto contribuem na manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.717-723, 2001.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic, 1995. 576p.
- ALMEIDA, D. O. **Fauna epiedáfica e atributos microbiológicos de solo sob sistemas de manejo no subtrópico brasileiro**. 2012. 95f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.679-686, 1999.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.411-418, 2009.
- ANDREOLLA, V. R. M.; MORAES, A.; BONINI, A. K.; DEISS, L.; SANDINI, I. E. Soil physical attributes in integrated bean and sheep system under nitrogen levels. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 45, n. 5 (Especial), p. 922-930, 2014.
- ANGHINONI, I.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; SOUZA, E. D.; CONTE, O.; LANG, C. R. **Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto**. In: Da Fonseca, A.F.; Caires, E.F.; Barth, G. Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto. AEACG/Inpag: Ponta Grossa, 2011.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C.; COSTA, S. E. V. G. A. **Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtrópico brasileiro**. *Tópicos em Ciência do Solo*, v.8, p.325-380, 2013.
- AQUINO, A. M.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. E. F.; GUIMARÃES, M. F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, v.44, p.91-97, 2008.
- ARAÚJO, A. F. S.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.3, p.66-75, 2007.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1099-1108, 2007.
- ARAÚJO, F. S. **Qualidade física e biológica de um Latossolo Amarelo sob sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado piauiense**. 2009. 76p.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2009.

AUAD, A. M.; CARVALHO, C. A.; Análise faunística de coleópteros em sistema silvipastoril. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.1, p.31-39, 2011.

BACHELIER, G. **La vie animale dans les solo**. ORSTOM, Paris: 1963. 279p.

BALBINO, L. C.; BROSSARD, M.; STONE, L. F.; BRUAND, A.; LEPRUN, J. C. **Estrutura e propriedades hidráulicas em latossolos sob cultivo na região do cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 43p.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1-12, 2011a.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília – DF: Embrapa 2011b, 310p.

BALBINO, L. C.; MARTINEZ, G. B.; GALERANI, P. R. **Ações de transferência de tecnologia para sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta 2007-2010**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011c. 52 p.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.6, p.1925-1933, 2009.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, A. L.; WILDNER, L. P.; MIQUELLUTI, D. J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, SC, v.2, n.2, p.97-106, 2003.

BATISTA, I. **Atributos edáficos e fauna do solo em áreas de integração lavoura-pecuária no Bioma Cerrado, Mato Grosso do Sul**. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

BATISTA, I.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J. A.; ROUWS, J. R. C. Frações Oxidáveis do Carbono Orgânico Total e Macrofauna Edáfica em Sistema de Integração Lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.797-809, 2014.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas conservacionistas de manejo de solos**. 1996. 241p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.235-239, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.599-607, 2000.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos à ecossistemas**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J. M. REIS, E. F.; DILLY, L. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.91- 95, 2000.

BONETTI, J. A.; PAULINOM H. B.; SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, G. N. Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 104-112, 2015.

BORTOLINI, D.; BRAIDA, J. A.; CASSOL, L. C.; MIGLIORINI, F.; SILVA, M. R.; FERRAZZA, J. M. Altura de manejo de papua e propriedades do solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.4, p. 535-543, 2013.

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

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. ; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p.121-126, 1995.

CAMPOS, J. J. **Avaliação de atributos do solo sob diferentes sistemas de manejo e uso**. 2011. 60f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

CARVALHO, P. C. F.; SANTOS, D. T.; GONÇALVES, E. N.; MORAES, A.; NABINGER, C. Forrageiras de Clima Temperado. In: Dilermando Miranda da Fonseca; Janaina Azevedo Martuscello. (Org.). **Plantas Forrageiras**, Viçosa, v. 1, p. 494-537, 2010.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; MARTINS, A, P.; COSTA, S. E. V. G. A.; SILVA, F. S.; ASSMANN, J. M.; LOPES, M. L. T.; PFEIFER, F. M.;

CONTE, O.; SOUZA, E. D. **Integração Soja-Bovinos de Corte no Sul do Brasil**. Faculdade de Agronomia, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011a. 60p.

CARVALHO, P. C. F.; BARRO, R. S.; KUNRATH, T. R.; SILVA, F. D.; NETO, A. B.; SAVIAN, J. V.; PFEIFER, F. M.; TISCHLER, M. R.; ANGHINONI, I. Experiências de integração lavoura-pecuária no Rio Grande do Sul. **Synergismus Scyentifica**, UTFPR, Pato Branco, v.06, n.2, 2011b.

CARVALHO, R. P.; OMAR, D.; DAVIDE, A. C.; SOUZA, F. R. Atributos físicos e químicos de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 148-159, 2015.

CHAN, K.Y. An overview of some tillage impacts on earthworms population abundance and diversity implications for functioning soils. **Soil and Tillage Research**, v. 57, p.179-191, 2001.

CHIODEROLI, C. A. **Consortiação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura pecuária**. 2010. 84p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

CIVIDANES, F. J. Efeito do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Brasília, v. 37, n.1, p.15-23, 2002.

CQFS - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DE SOLO DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do RS e SC**. 3.ed. Passo Fundo, Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC, SBSC-Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

CRAVO, M. S.; CORTELETTI, J.; NOGUEIRA, O. L.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. **Sistema Bragantino: agricultura sustentável para a Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 93p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 218).

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2009. 10p. (Circular Técnica 111).

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

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHIONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L., Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1301-1309, 2011.

CORAZZA, E. J., J.; SILVA E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

COSTA, A. **Qualidade do solo, crescimento e desenvolvimento do milho sob diferentes sistemas de manejo na integração lavoura-pecuária**. 2005. 157p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2005.

CRUZ, L. E. C. **Dinâmica de decomposição de resíduos culturais em sistemas rotacionados de manejo em um Planossolo Háplico do sul do Brasil**. 2009, 118f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

CUNHA, N. G.; COSTA, F. A. **Solos da Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado**, Circular Técnica 152, Pelotas, RS. p.1-6, 2013.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. I. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.4, p. 913-923, 2002.

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.175-182, 1996.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J.W. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Minneapolis, MN: SSA/ASA; Special Publication, v.35, 1994, p.3-21.

ELTZ, F. L. P., PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 13, p.259-257, 1989.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

ERROUISSI, F.; MOUSSA-MACHRAOUI, S. B.; BEM-HAMMOUDA, M.; NOUIRA, S. Soil invertebrates in durum wheat (*Triticum durum* L.) cropping system under Mediterranean semi arid conditions: A comparison between conventional and no-tillage management. **Soil and Tillage Research**, v.112, p.122-132, 2011.

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco diferentes épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1625-1635, 2007.

FERREIRA, M. M. **Caracterização Física do solo**. In: Física do Solo. Viçosa, 2010. Cap. 1. p. 1-27.

FINCHER, G. T. The potential value of dung beetles in pasture ecosystems. **Journal of the Georgia Entomological Society**, Griffin-GA, v. 16, p. 316-333, 1981.

FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.135, p.161-167, 2010.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R.; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.1, p.22-30, 2007.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. de F.; J. LEITE, G. D. B.; FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.31, p.771- 780, 2007.

GALHARTE, C. A.; CRESTANA, S. Avaliação do impacto ambiental da integração lavoura-pecuária: Aspecto conservação ambiental no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1202-1209, 2010.

GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.2, p.269-276, 2007.

GAZZOLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; PEREIRA, M. G.; ROSSI, C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 693-704, 2015.

GOMES, A. S.; SILVA, C. A. S.; PARFITT, J. M. A.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. **Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Documentos, 169. 2006. 40p.

GOMES, M. S.; AGOSTINHO, P. R.; COSTA, M. A. S.; SOARES, A.; MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F. Biomassa microbiana do solo cultivado com feijoeiro em sucessão ao milho consorciado com leguminosas. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v.9, n.4, 2014.

GONÇALVES, A. S.; MONTEIRO, M. T.; BEZERRA, F. E. A.; GUERRA, J. G. M.; DEPOLLI, E. **Estudo de Variáveis de Solo, Vegetação e Condicionamento de Amostras de Solo Sobre a Biomassa Microbiana do Solo no Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 18p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 90).

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with

three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v.42, p.288-296, 2009.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.2, p.118-127, 2008.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. **Soil Biology Biochemistry**, v.8, 167-177, 1976.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; GHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of soil Biology**, v.33, n.4, p.159-193, 1997.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2nd ed. Madison: **American Society of Agronomy: Soil Science Society of America**, 1986. p. 425-442.

KOLLER, W. W.; GOMES, A.; RODRIGUES, S. R., ALVES, R. G. de O. Besouros coprófagos (Coleoptera; Scarabaeidae) coletados em Campo Grande, MS, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 3, p. 403-412, 1998.

KOVÁCS-HOSTYÁNSKI, A.; ELEK, Z.; BALÁZS, K.; CENTERI, C.; FALUSI, E.; JEANNERET, P.; PENKSZA, K.; PODMANICZKY, L.; SZALKOVSKI, O.; BALDI, A. Earthworms, spiders and bees as indicators of habitat quality and management in a low-input farming region – A whole farm approach., **Ecological Indicators**, v.33, p.111-120, 2013.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1131-1140, 2007.

LAVELLE, P.; BIGNELL, S.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; GHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, n.4, p.159-193, 1997.

LIMA, A. C. R.; RODRÍGUEZ, C. Earthworm diversity from Rio Grande do Sul, Brazil, with a new native criodrilid genus and species (Oligochaeta: Criodrilidae), **Megadrilogica**, Canadá, v.11, n.2, p.9-18, 2007.

LIMA, C. L. R.; PILLON, C. N.; SUZUKI, L. E. A. S.; CRUZ, L. E. C. Atributos físicos de um Planossolo Háplico sob sistemas de manejo comparados aos do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1849-1855, 2008.

LIMA, A. C. R.; BRUSSAARD, L. Earthworms as soil quality indicators: local and scientific knowledge in rice management systems. **Acta Zoológica Mexicana** (nueva serie), Xalapa, n. 2, p. 109-116, 2010.

LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G.; SILVA, J. R.; MEDEIROS JÚNIOR, F. A.; SANTOS, M. N.; BATISTA, R. O. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 4, p. 565-570, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p.1077-1082, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

LOSS, A.; RIBEIRO, E. C.; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M. Atributos físicos e químicos do solo em sistemas de consórcio e sucessão de lavoura, pastagem e silvipastoril em Santa Teresa, ES. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, 2014.

LOURENTE, E. R. P.; SILVA, R. F.; SILVA, D. A.; MARCHETTI, M. E.; Marlene MERCANTE, F. M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 17-22, 2007.

LUDWIG, R. L.; PIZZANI, R.; SCHAEFER, P. E.; ZIANI, R. G.; LOVATO, T. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, n.14; p.485-495, 2012.

MACIEL, G. A. **Integração lavoura pecuária e a qualidade física do solo na região do Cerrado**. 2008. 72p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2008.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42 n.6, p.873-882, 2007.

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; BALBINO, L. C.; BECQUER, T. Integração Lavoura-pecuária no cerrado: efeito de 13 anos de cultivo sobre a densidade e agregação do solo. **IX Simpósio Nacional cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais**. Brasília, DF, 2008.

MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian

Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.1011-1020, 2009.

MATSOUKA, M.; MENDES, L. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.425-433, 2003.

MELO, A. S. O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, São Paulo, v.8, n.3, 2008.

MELERO, S.; PANETTIERI, M.; MADEJÓN, E.; GÓMEZ MACPHERSON, H.; MORENO, F.; MURILLO, J. M. Implementation of chiselling and mouldboard ploughing in soil after 8 years of no-till management in SW, Spain: Effect on soil quality. **Soil and Tillage Research**, v.112, p.107-113, 2011.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV, 2005. 107p.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. **Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo**. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S. & ALVAREZ V., V. H. Tópicos em ciência do solo., eds. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3. p.209-248, 2003.

MIRANDA, C. H. B.; SANTOS, J. C.; BIANCHIN, I. The role of Digitonthophagus gazella in pasture cleaning and production as a result of burial of cattle dung. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 22, n.1, p.14-18, 2000.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/pampa>> Acesso em 20 de jun. 2015.

MORAES, M. T. **Qualidade física do solo sob diferentes tempos de adoção e de escarificação do sistema plantio direto e sua relação com a rotação de culturas**. 2013. 192p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MORSELLI, T.B.G.A. **Biologia do Solo**. Pelotas: Universitária UFPEL/PREC, 2009. 146p.

MUNIZ, L. C.; MADARI, B. E.; TROVO, J. B. F.; CANTANHÊDE, I. S. L.; MACHADO, P. L. O. A.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A. F. S. Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop-livestock integrated system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1262-1268, 2011.

NEVES, C. S. V. J.; FELLER, C.; LARRÉ-LARROURY, M. C. Matéria orgânica nas frações granulométricas de um latossolo vermelho distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n.1, p.17-26, 2005.

OLIVEIRA, B. S. **Atributos físicos e biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na Amazônia meridional.** 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistema de Produção Agrícola) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2013.

PALMEIRA, P. R. T., PAULETTO, E. A., TEIXEIRA C. F. A.; GOMES A. S.; SILVA J. B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 189-195, 1999.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry.** 2.ed. San Diego: Academic Press, 1996. 340p

PEREIRA, L. G. R.; VOLTOLINI, T. V.; MORAES, S. A.; ARAGÃO, A. S. L.; BRANDÃO, L. G. N.; CHIZZOTTI, M. L. **Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): sistema de integração fruticultura pecuária.** In: Simpósio de Produção Animal do Vale de São Francisco, 2., 2009, Petrolina. Anais. Petrolina: Universidade Federal do Vale do São Francisco: Embrapa Semi-Árido, 2009. 11p.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; SOUZA, R. O.; SILVA, A. D.; SANTOS, J. P. A.; BARROS, E. S.; MEDEIROS, P. V. Q. Sistemas de manejo do solo: Soja [Glycine max (L.)] consorciada com Brachiaria decumbens. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 44-51, 2011.

PFENNING, L.; EDUARDO, B. P.; CERRI, C. C. Os Métodos de Fumigação-Incubação e Fumigação-Extração na Estimativa da Biomassa Microbiana de Solos da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, n.31-37, 1992.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology Biochemistry**, v.19, p.159-164, 1987.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1805-1816, 2008.

RESENDE, A. V. **Micronutrientes na agricultura brasileira: disponibilidade, utilização e perspectivas.** Série Estudos e Documentos. CETEM/MCT, 2005.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, 2012.

ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, p. 24-32, 2010.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 158p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; CIMÉLIO, B.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M. CONCEIÇÃO, P. C. Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Agropecuária Oeste**, 2005. 58p.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 11-21, 2008.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1349-1356, 2011.

SANTOS, V. B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, D. G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, n. 3, p. 333-338, 2004.

SANTOS, E. **Carbono, nitrogênio e relação C/N em Gleissolo e Cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência na floresta ombrófila densa, Antononina – PR**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2007.

SANTOS, D. C. **Frações físicas e qualidade da matéria orgânica em agroecossistemas do Bioma Pampa**. 2011. 147f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

SANTOS, G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p.1171–1178, 2012.

SANTOS, D. C.; FARIAS, M. O., LIMA, C. L. R., KUNDE, R. J.; PILLON, C. N., FLORES, C. A. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.5, p.838-844, 2013.

SEREIA, R. C. **Atributos físicos e químicos do solo sob cultivos de outono-inverno em sistema de semeadura direta.** 2014. 119f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2014.

SILVA, V. R.; REINERT D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.191-199, 2000.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. B.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.697-704, 2006a.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.673-677, 2006b.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 275-374, 2007.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂).** Embrapa Agrobiologia - Comunicado Técnico 99, Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007, 4p.

SILVA, L. G. **Uso e monitoramento de indicadores microbiológicos para avaliação da qualidade dos solos de cerrado sob diferentes agroecossistemas.** 2008. 137p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SILVA, J. R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; PASINI, A. **Abundância da macrofauna do solo em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária no arenito paranaense.** In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 2009, Londrina. Resumos... Londrina: Embrapa Soja, 2009. p. 51-56. (Embrapa Soja. Documentos, 312)

SILVA, J. L. S.; THEISEN, G.; DAMÉ, M. C. F.; SCHAFHAUSER JÚNIOR, G. **Manejo de Azevém Anual e Rendimento de Bovinos de Corte em Integração Lavoura-Pecuária nas Terras Baixas do Bioma Pampa.** Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica 119. Pelotas, RS, p.1-8, 2011a.

SILVA, V. J., CAMARGO, R., WENDLING, B., PIRES, S. C. Integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto no cerrado brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.7, n.12, p.1-12, 2011b.

SILVA, J. L. S.; VARELLA, A. C.; SAIBRO, J. C.; CASTILHOS, Z. M. S. **Manejo de animais e pastagens em sistemas de integração silvipastoril.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 98p. (Embrapa Clima Temperado, Documentos, 335). 2011c.

SILVA, J. L. S.; SANTOS, D. T.; VIEIRA, P. C.; PILLON, C. N. Integração Lavoura Pecuária-Floresta (ILPF) Boletim Técnico Informativo Plano ABC. 2015. 16p.

SNIF – Sistema Nacional de Informações Florestais

<<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/os-biomas-e-suas-florestas>>

Acesso em: 20 jun. 2015.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.1829-1836, 2009.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidade de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.79-88, 2010.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.129-136, 2009.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de integração entre lavoura e pecuária, sob plantio direto, em alguns atributos físicos do solo após dez anos. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.3, p.695-704, 2010.

STIEVEN, A. C.; OLIVEIRA, D. A.; SANTOS, J. O.; WRUCK, F. J.; CAMPOS, D. T. S. Impacts of integrated crop-livestock-forest on microbiological indicators of soil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.9, n.1, p.53-58, 2014.

TEDESCO, M. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Departamento de solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, p.188, Porto Alegre – RS, 1985.

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

TODA, F. E.; VASQUES, T.; ARAÚJO, F. F. Biomassa microbiana e sua correlação com a fertilidade de solos em diferentes sistemas de cultivo. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 6, n.2, p. 01-07, 2010.

USDA – United States Department of Agriculture. **Soil Quality Test Kit Guide**.

USDA, 2001. Disponível em:

<http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051290.pdf>

Acessado em: 23 jun. 2015.

VARELLA, A. C. **Uso de herbicidas e de pastejo para o controle da vegetação nativa no ano do estabelecimento de três densidades de Eucalyptus saligna Smith.** 1997. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola.** 2001. 184f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.743-755, 2009.

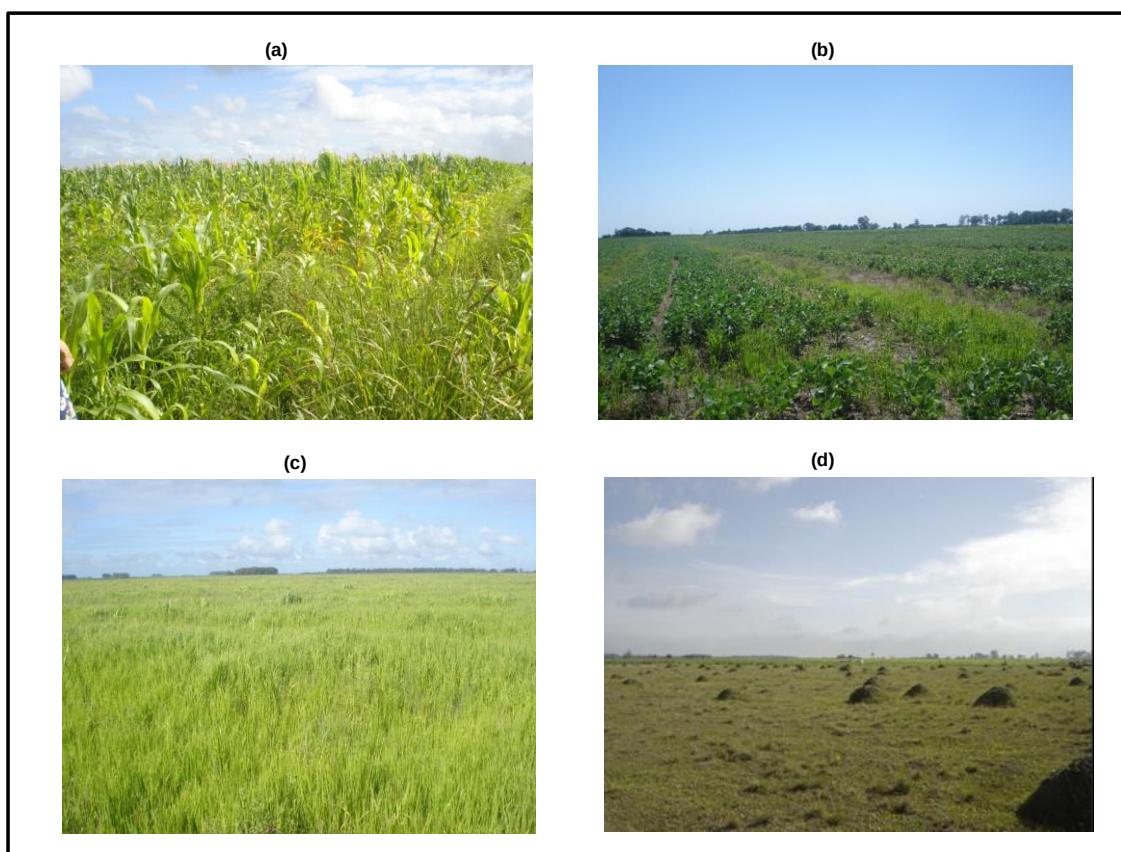
VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.213-223, 2011.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1127-1138, 2011.

ZSCHORNACK, T. **Fracionamento e estoques de carbono orgânico de solos de várzea sob campo natural no Rio Grande do Sul.** 2007. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2007.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of America Society of Agronomy**, v.28, p.337-357, 1936.

ANEXOS



Anexo A. (a) Área sem pastejo; (b) área com pastejo; (c) área de pastagem contínua e (d) área de campo natural pastejado.



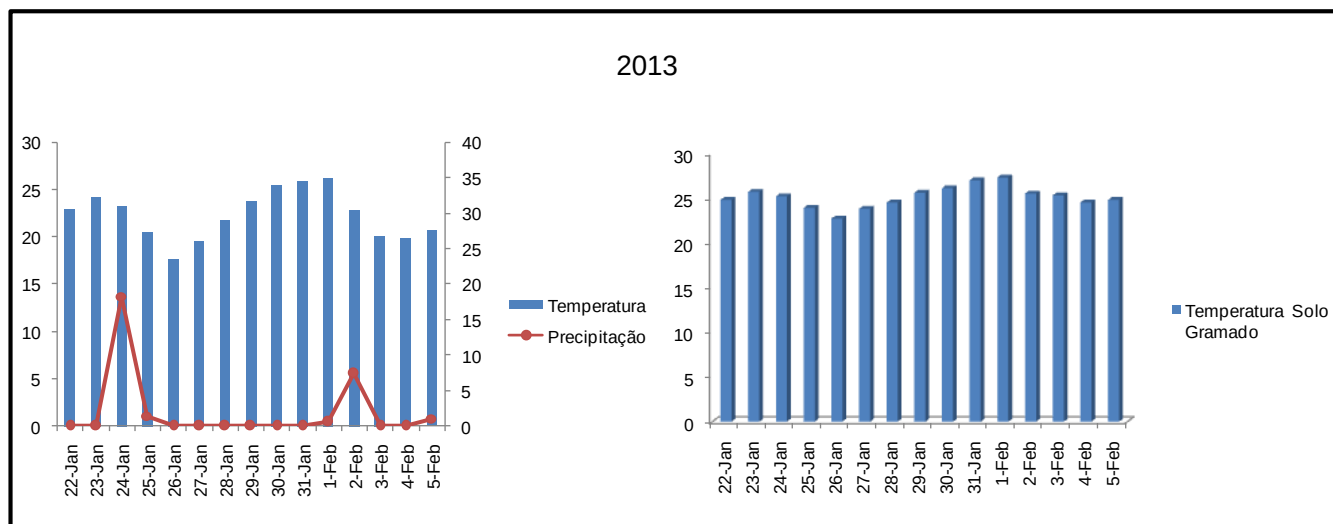
Anexo B. (a) Método de avaliação da presença de Oligochaetas e (b) Oligochaeta presente nas áreas em estudo.



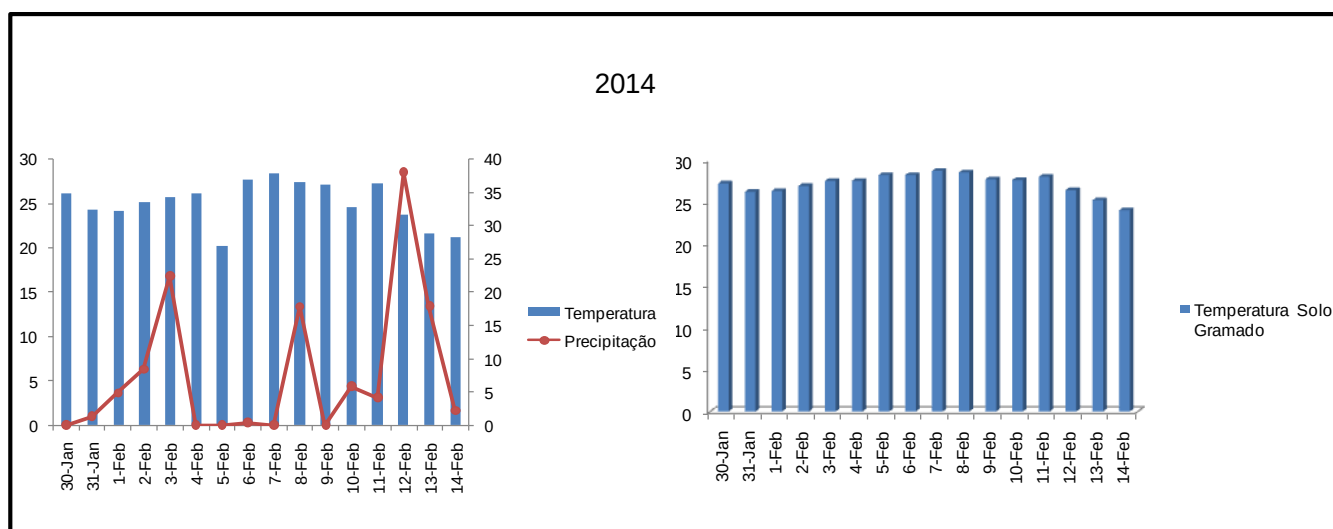
Anexo C. (a) e (b) Armadilhas Trampa de *Tretzel* e (c) potes retirados das áreas experimentais contendo a macrofauna.

Fotos: Tamires R. Ribeiro

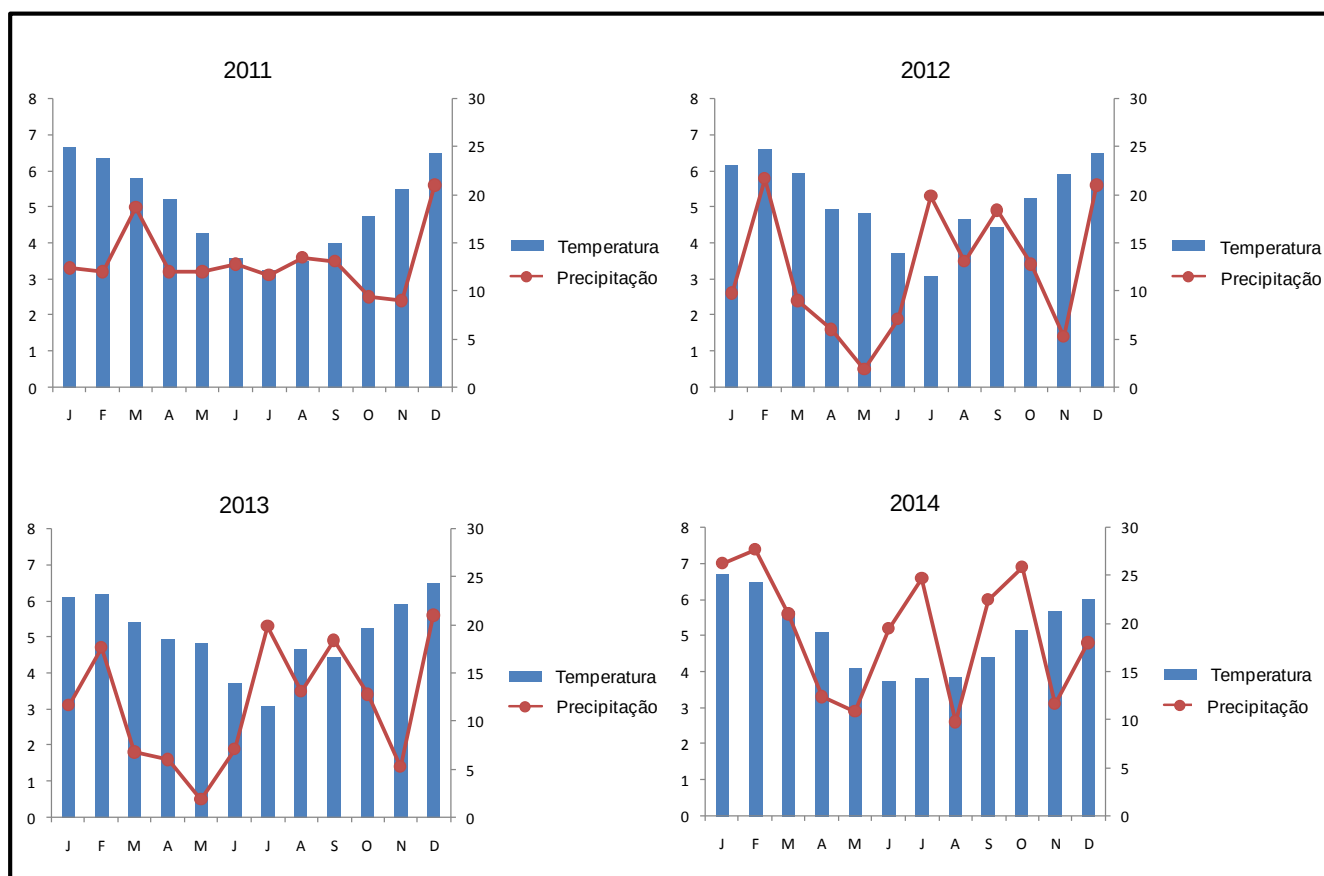
APÊNDICES



Apêndice A. Média das temperaturas (°C), precipitação (mm) e temperatura do solo gramado (°C) na profundidade de 0,00 – 0,20m, entre os dias de 22 de janeiro a 5 de fevereiro de 2013. Capão do Leão, RS, 2013.



Apêndice B. Média das temperaturas (°C), precipitação (mm) e temperatura do solo gramado (°C) na profundidade de 0,00 – 0,20m, entre os dias de 30 de janeiro a 14 de fevereiro de 2014. Capão do Leão, RS, 2014.



Apêndice C. Média das temperaturas (°C) e precipitação (mm) nos anos de 2011, 2012, 2013 e 2014. Capão do Leão, RS.