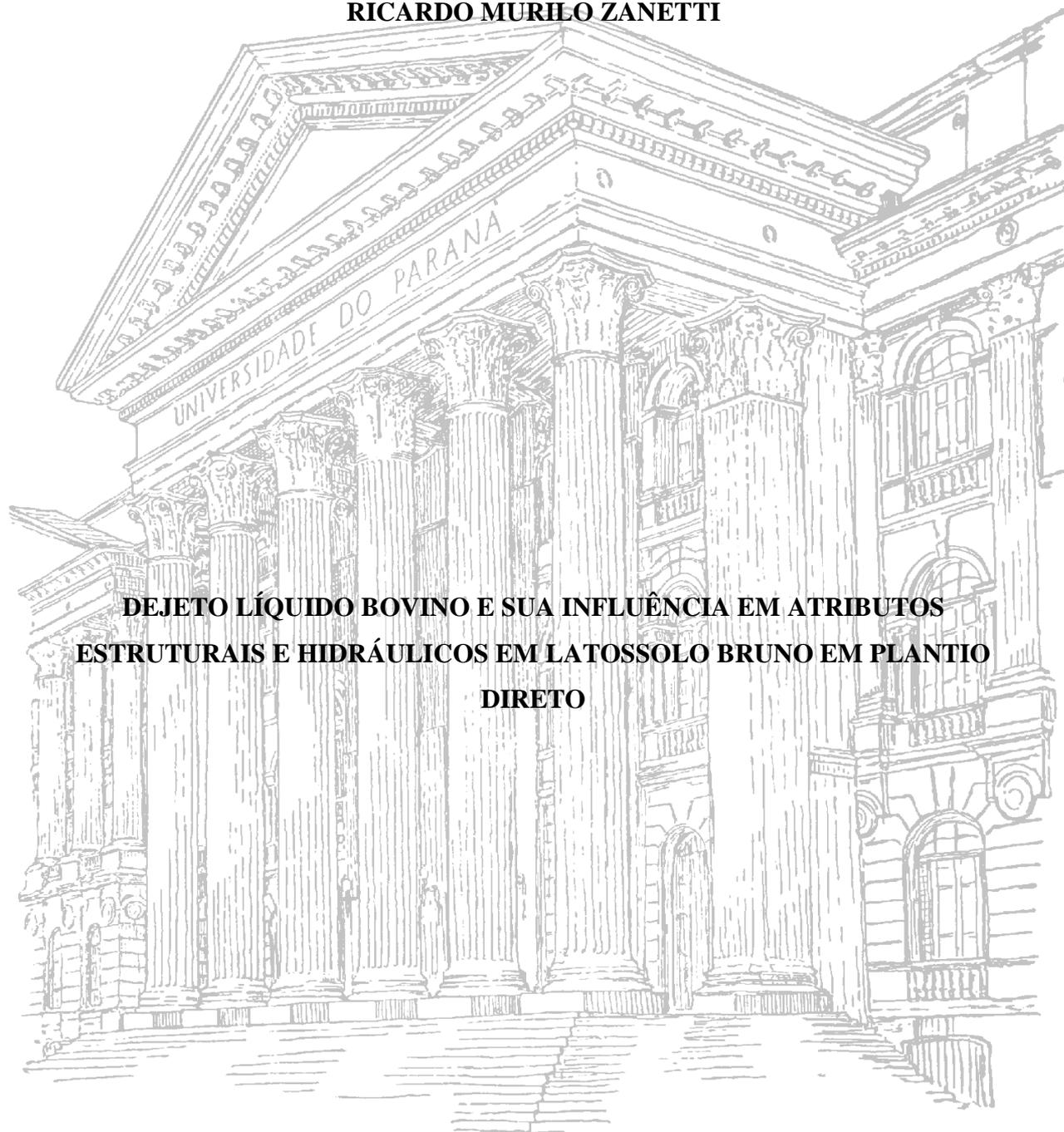


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RICARDO MURILO ZANETTI



**DEJETO LÍQUIDO BOVINO E SUA INFLUÊNCIA EM ATRIBUTOS
ESTRUTURAIS E HIDRÁULICOS EM LATOSSOLO BRUNO EM PLANTIO
DIRETO**

CURITIBA

2012

RICARDO MURILO ZANETTI

**DEJETO LÍQUIDO BOVINO E SUA INFLUÊNCIA EM ATRIBUTOS
ESTRUTURAIS E HIDRÁULICOS EM LATOSSOLO BRUNO EM PLANTIO
DIRETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Dieckow
Co-orientador Prof. Dr. Robson André Armindo

CURITIBA

2012



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIA DO SOLO

PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **RICARDO MURILO ZANETTI**, sob o título: **"Dejeto líquido bovino e sua influência em atributos estruturais e hidráulicos em Latossolo Bruno em plantio direto"**, requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Solo e Ambiente, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Solo e Ambiente"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 20 de abril de 2012.

Prof. Dr. Jeferson Dieckow, Presidente

Engº. Agrº. Dr. Gabriel Barth, Iº. Examinador

Profª. Drª. Nerilde Favaretto, IIª. Examinadora

Prof. Dr. Robson André Armindo, IIIº. Examinador

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Maurilio Zanetti e Marli Barroso Marques Zanetti, meu irmão, Rodrigo Marques Zanetti, minha namorada Raíssa Arantes Barboza, aos orientadores e amigos Jeferson Dieckow e Robson André Armindo e a todos os amigos e colegas que compartilharam desta caminhada ao longo do curso de mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por mais esta etapa.

Ao meu orientador, Prof^o Jeferson Dieckow, pela amizade, orientação, ensinamentos, confiança, paciência e fundamental colaboração para o término desta dissertação.

Aos professores do Programa com os quais tive o privilegio de aprender e poder desenvolver todo o andamento deste trabalho, principalmente ao Professor e co-orientador Robson André Armindo e ao Professor Volnei Pauletti que muito contribuíram com o trabalho.

A Professora Nerilde Favareto e ao Agrônomo Gabriel Barth da Fundação ABC pela participação na banca e pelas contribuições para a finalização deste trabalho.

A todos os meus colegas e amigos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho, em especial aos da minha turma de Mestrado, André Sordi, Andressa Kerecz Tavares, Bruna Raquel Winck, Cleverson Frederico Scheraiber, Daniel Hanke, Emerson Gerstemberger, Franciele Cardoso Muller, Humberto Coelho Queiroz, Jéssica Fernandes Kaseker, João Paulo Viana, Marcio Amaral Albuquerque, Marcos de Vasconcellos Gernet, Mauricio Fabiano Biesek, e a Daniel Ramos Pontoni da turma de 2009.

Aos colegas da turma 2011, cujas sugestões e críticas construtivas durante as aulas de Seminário foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Gerson, Elda, Roberto e Aldair.

A todos os estagiários que ajudaram nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos meus amigos e familiares, em especial meus pais, Maurilio e Marli.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar este trabalho e ao REUNI, pela concessão da bolsa de estudos.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para sua conclusão.

Melhor ser como a água,
Que faz bem às dez mil coisas
E não briga.
Ela se acumula onde os humanos não querem se deter,
Junto ao TAO.

More num bom lugar.
Mantenha a mente profunda.
Trate bem os outros.
Cumpra sua palavra.
Crie normas justas.
Aja com correção.
Trabalhe na hora certa.

Só não entre em conflito
E não poderá errar.

(Tao Te Ching)

DEJETO LÍQUIDO BOVINO E SUA INFLUÊNCIA EM ATRIBUTOS ESTRUTURAIS E HIDRÁULICOS EM LATOSSOLO BRUNO EM PLANTIO DIRETO

Autor: Ricardo Murilo Zanetti

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Dieckow

Co-Orientador: Prof. Dr. Robson André Armindo

RESUMO:

A utilização de dejetos animais na agricultura é uma alternativa para a disposição desse resíduo proveniente da produção de animais em sistemas de confinamento. Perdas de solo, água e nutrientes podem ocorrer quando a aplicação de dejetos líquidos bovinos (DLB) é realizada sem incorporação e seguida por chuvas. Porém, em longo prazo, pouco se conhece sobre os efeitos da aplicação de DLB sobre os atributos físicos e hidráulicos em solo sob plantio direto. Este trabalho foi realizado num experimento de campo instalado há cinco anos num Latossolo Bruno sob plantio direto em Castro-PR, com o objetivo de avaliar a contribuição do DLB na possível melhoria dos atributos estruturais e hidráulicos do solo. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro repetições. Doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) foram aplicadas na superfície do solo, sendo divididas em duas aplicações (inverno e verão). Foram avaliados a densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade de agregados e condutividade hidráulica para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, bem como a infiltração de água a campo (anéis concêntricos). Houve uma tendência de redução da densidade e aumento da macroporosidade na camada de 0-5 cm com aplicação de DLB, porém não foi significativa (p<0,10). Houve uma redução significativa das classes de agregados <2 mm (59% para 49% da massa de solo) e aumento de agregados >2 mm (40% para 51%) de diâmetro na camada de 0-5 cm da testemunha para a dose de 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, possivelmente pela ação cimentante do material orgânico do dejetos. A infiltração de água a campo foi o atributo que melhor

respondeu à aplicação de DLB e ao incremento de suas doses. Houve um aumento na velocidade de infiltração básica (VIB) do solo de 25 mm h⁻¹ na testemunha para 106, 196 e 296 mm h⁻¹ para as doses de 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹, respectivamente, possivelmente devido a formação de canais por raízes e atividade biológica que se beneficiaram da adição de nutrientes via dejetos. As melhorias estruturais e hidráulicas do solo observadas em longo prazo sugerem que a aplicação de DLB em solo sob plantio direto é uma alternativa para a destinação deste resíduo, com potencial de reduzir o volume de escoamento superficial. Porém isso não elimina os riscos em curto prazo, como por exemplo, ocorrência de escoamento logo após a aplicação do dejetos em decorrência de chuva.

Palavras-chave: Campos Gerais; Longo Prazo; Estabilidade de Agregados; Infiltração de Água; Escoamento Superficial.

DAIRY LIQUID MANURE AND IMPROVEMENT OF STRUCTURAL AND HYDRAULIC ATTRIBUTES IN A NO-TILL FERRALSOL

Author: Ricardo Murilo Zanetti

Advisor: Prof. Dr. Jeferson Dieckow

Co-Advisor: Prof. Dr. Robson André Armindo

ABSTRACT:

The use of manure in agriculture is an alternative for the disposal of manure from animal production in confinement systems. Soil, water and nutrient losses can occur when application of dairy liquid manure (DLM) without incorporation is performed and followed by rain. However, in long-term, little is known about the effects of use of manure in physical and hydrological attributes in soil under no-tillage. This study was carried out in a 5-year old field experiment a Ferralsol under no-tillage in Castro-PR, with the aim to study the contribution of DLM to improve the structural and hydraulic attributes. The experimental design was randomized block with four replications. Annual doses of DLM (0, 60, 120 and 180 m³ ha⁻¹ yr⁻¹) were applied on soil surface being divided in two applications (winter and summer). We evaluated the soil bulk density, macro and microporosity, aggregate stability and hydraulic conductivity for layer: 0-0,05, 0,05-0,10 and 0,10-0,20 m depth, as well as the water infiltration rate (concentric rings). There was a trend of reducing bulk density and increasing macroporosity at 0-0,05 m with application of DLM, but that was not significant (p<0,10). There was a significant reduction in the aggregate class <2 mm (59% to 49% of soil mass) and an increase in aggregate >2 mm (41% to 51%) diameter at 0-0,05 m from control treatment to the 180 m³ ha⁻¹ yr⁻¹ application rate, possibly due to cementing process of organic material from manure. Water infiltration at field was the attribute that best responded to the application of DLM and to the increase in their rates. Increased in the infiltration rate from 25 mm h⁻¹, in control, to 106, 196 and 296 mm h⁻¹ at doses of 60, 120 and 180 m³ ha⁻¹ yr⁻¹,

respectively, was observed, possibly due to formation pores and canals derived from roots and biological activities that have benefited by the nutrient increase from manure. The structural and hydrological improvements observed in long term suggest that the application of DLM in soil under no tillage may be an alternative for disposal of this waste with the potential to reduce the volume of runoff. However, this does not eliminate the risks of short term, like the runoff that may occur after application of manure due rainfall.

Key-words: Campos Gerais; Long Term; Aggregate Stability; Water Infiltration; Runoff.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Densidade nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquido bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10)..... 22
- Figura 2 - Macroporosidade nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquido bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10)..... 23
- Figura 3 - Microporosidade nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquido bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10)..... 24
- Figura 4 - Diâmetro médio ponderado úmido nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquido bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10)..... 27
- Figura 5 - Índice de estabilidade de agregados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquido bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10)..... 28
- Figura 6 - Proporção das classes de agregados na camada de 0-5 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquido bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹)...... 29
- Figura 7 - Condutividade hidráulica nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquido bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10)..... 31
- Figura 8 - Infiltração acumulada em um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquido bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Os dados foram ajustados pela equação de Kostiakov ($I = k.t^n$). Com base nos parâmetros k e n da equação de Kostiakov, calculou-se a VIB de acordo com Luque e Paoloni (1974)..... 35
- Figura 9 - Comparações entre velocidade de infiltração básica acumulada por Kostiakov e velocidade de infiltração básica por Luque & Paoloni para as 4 doses de dejetos líquido bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) em um Latossolo Bruno

sob plantio direto. Os dados de infiltração acumulada foram ajustados pela equação de Kostiakov ($I = n.k.t^{n-1}$). Com base nos parâmetros k e n da equação de Kostiakov, calculou-se a VIB de acordo com Luque e Paoloni (1974)..... 36

Figura 10 - Ajuste da velocidade de infiltração básica de água em um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$)..... 37

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1a -	Croqui da área experimental apresentando a disposição das parcelas e tratamentos bem como pontos de coletas de amostras e análises.....	44
Apêndice 1b -	Detalhe das parcelas experimentais	44
Apêndice 2a -	Permeâmetro de carga constante utilizado para avaliações de condutividade hidráulica saturada (ksat).....	45
Apêndice 2b -	Detalhe dos anéis utilizados para avaliações de condutividade hidráulica saturada (ksat).....	45
Apêndice 3 -	Detalhe dos infiltrômetros de anéis concêntricos instalados à campo.....	46
Apêndice 4 -	Tabela de análise de variância para densidade, macro e microporosidade, nas três camadas avaliadas em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹).....	47
Apêndice 5 -	Tabela de análise de variância para DMPu, IEA, nas três camadas avaliadas em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹). Para proporção de agregados é apresentada a análise da camada de 0-5 cm de profundidade a qual apresentou diferença significativa (p<0,10).....	48
Apêndice 6 -	Tabela de análise de variância para condutividade hidráulica saturada, infiltração acumulada e VIB nas três camadas avaliadas em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹).....	49
Apêndice 7 -	Dados originais das avaliações de densidade, macro e microporosidade, DMPu, IEA, Condutividade hidráulica e VIB nas três camadas avaliadas em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹).....	50
Apêndice 8 -	Dados originais de percentagem das classes de agregados (8-4; 4-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25 e <0,25 mm) nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹).....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1. Caracterização da área experimental	16
2.2. Densidade, porosidade e condutividade hidráulica saturada do solo	17
2.3. Estabilidade de agregados	18
2.4. Infiltração de água	20
2.5. Análises estatísticas	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1. Densidade do solo, macro e microporosidade	21
3.2. Estabilidade de agregados	25
3.3. Condutividade hidráulica saturada (K_{sat})	30
3.4. Infiltração de água	32
4. CONCLUSÕES	38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
5. REFERÊNCIAS	40
6. APÊNDICES	44

1. INTRODUÇÃO

O município de Castro é o maior produtor de leite do Paraná, com uma produção de 181 milhões de litros em 2010 (IBGE, 2011). Na região desse município, os principais sistemas de produção são o confinamento total ou semi-confinamento, cuja geração de dejetos é bastante expressiva, pois, segundo Vitko (1999), cada animal pode produzir uma massa de dejetos de 54 kg diários, entre fezes e urina. De 2008 a 2010, houve um aumento de 27,3% na produção de leite no Paraná (IBGE, 2011) que, acompanhado do aumento do número de bovinos confinados, possivelmente aumentou a geração de dejetos e as preocupações quanto a sua destinação. Uma alternativa para destinação do dejetos gerado é a sua aplicação em solos agrícolas, pois desde os primórdios se conhece seu potencial como fonte de nutrientes para as culturas.

De acordo com Risse et al. (2004), o dejetos é uma excelente fonte de macronutrientes para as plantas, como N, P e K, além de micronutrientes. No dejetos, esses nutrientes estão em formas menos disponíveis, melhorando assim a sua utilização e reduzindo perdas por lixiviação. Além disso, esses autores afirmam que a utilização de dejetos pode beneficiar a qualidade e a produtividade das culturas devido a melhorias em atributos físicos e biológicos do solo.

A aplicação de dejetos ao longo do tempo apresenta efeitos diretos como o aumento do estoque de matéria orgânica do solo (MOS) (Sommerfeldt & Chang, 1985; Aoyama et al., 1999; Nyamangara et al., 2001), cujos compostos orgânicos atuam como agentes cimentantes na estrutura do solo que determinam a idade, o tamanho e a estabilidade dos agregados (Tisdall & Oades, 1982). Além disso, apresenta efeitos indiretos proporcionados pela adição de nutrientes, promovendo o desenvolvimento radicular e a atividade biológica as quais apresentam efeitos mecânicos de enredamento da estrutura do solo e formação de canais. O incremento de MOS por meio da aplicação de dejetos animal indiretamente afetam os demais

atributos estruturais e hidráulicos como a densidade, porosidade, infiltração e retenção de água e formação de agregados (Haynes & Naidu, 1998; Bayer & Mielniczuk, 1999; Gilley & Risse, 2000; Zhang et al., 2006; Silva et al., 2008; Mellek et al., 2010).

Wortmann & Shapiro (2008) relataram que a aplicação de dejetos e composto orgânico no solo aumentou as classes de agregados >2 mm, indicando a importância da matéria orgânica como agente cimentante. Os agregados, além de protegerem fisicamente a MOS, afetam a estrutura da comunidade microbiana, limitam a difusão de oxigênio, regulam o fluxo de água, determinam a adsorção e desorção de nutrientes e reduzem o escoamento superficial e a erosão do solo (Six et al., 2004).

Doran & Parkin (1994) incluem, entre outros atributos físicos, a infiltração de água como um dos indicadores de qualidade do solo. A infiltração de água é o parâmetro que melhor reflete as características físicas internas do solo, pois se relaciona com a sua qualidade estrutural, bem como com a distribuição e tamanho de poros favoráveis ao crescimento e desenvolvimento radicular (Alves & Cabeda, 1999). Assim, quanto maior a infiltração de água no solo, menor é o escoamento superficial, minimizando as perdas de solo, água e nutrientes em decorrência de erosão. Além das melhorias estruturais, a aplicação de dejetos também favorece a retenção de água pelo incremento de matéria orgânica, que apresenta maior capacidade de adsorção, melhorando, em consequência, a propriedade física de retenção de água pelos solos.

Muitos trabalhos envolvendo a utilização de dejetos apresentando resultados positivos são em condições de preparo convencional. Sommerfeldt & Chang (1985), avaliando a aplicação de dejetos bovinos e três métodos de incorporação (arado e cultivador até 20 cm e semeadora até 8 cm de profundidade) observaram aumento do estoque de MOS, redução da densidade e aumento de agregados >1 mm com aumento da dose de dejetos e com a incorporação até 8 cm, mostrando maior influência da aplicação do dejetos quando incorporado

na camada superficial do solo. Por outro lado, Sommerfeldt & Chang (1986) reportaram redução da retenção de água com aumento da dose de dejetos possivelmente devido ao selamento do solo pelas partículas de dejetos. No entanto, Wortmann & Shapiro (2008) comparando a aplicação de dejetos sem incorporação e com incorporação até 7,5 cm relataram os efeitos mais persistentes no sistema sem preparo com aumento de até 200% em agregados >2 mm entre 15 dias após aplicação devido a consolidação dos agregados menores.

Sob plantio direto, em curto prazo, até quinze dias após a aplicação do dejetos, os efeitos de seu uso podem ser negativos, como selamento e escoamento superficial, o que ocasiona perdas de P e N que podem contaminar cursos d'água (Gilley et al., 2007; Mori et al., 2009). Estudos tem evidenciado um aumento nas perdas de solo e água (Bertol et al., 2007; Mori et al., 2009) bem como de nutrientes (Ceretta et al., 2005; Timofiecsyk, 2009) com a aplicação de dejetos, sendo essas perdas maiores se houver ocorrência de chuvas logo após a aplicação.

Em longo prazo, após dois ou três anos, a aplicação de dejetos proporciona melhorias em atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Mellek et al. (2010) evidenciaram a contribuição da aplicação de dejetos líquido bovino em Latossolo de textura franco-argilo-arenosa sob plantio direto na qualidade estrutural e hidráulica do solo, além de um acréscimo no teor de carbono orgânico total. Segundo esses autores, a aplicação de dejetos na dose de 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ reduziu a densidade do solo na camada de 0-5 cm, aumentou a macroporosidade na camada de 0-10 cm, bem como a estabilidade de agregados, condutividade hidráulica e capacidade de infiltração de água no solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição em longo prazo do dejetos líquido bovino em melhorar atributos físicos de Latossolo Bruno muito argiloso manejado sob o sistema plantio direto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido a partir de um experimento de campo situado na Estação Experimental da Fundação ABC, em Castro-PR (24°51'50" S e 49°56'25" W), numa rampa com declividade de 9,6%. O solo foi classificado como LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico (EMBRAPA/Fundação ABC, 2001), com textura muito argilosa (699 g kg⁻¹ argila, 113 g kg⁻¹ silte, 188 g kg⁻¹ areia). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfb, com temperatura mínima média anual de 13,3°C e máxima média anual de 24,1°C. A precipitação média anual é de 1554 mm (IAPAR, 2008).

O experimento foi instalado em Maio de 2006 e os tratamentos compreenderam quatro doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) distribuídas no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições (Apêndice 1a e 1b). As parcelas mediram 9,0 m de comprimento por 3,5 m de largura. Metade da dose de DLB era aplicada antes da semeadura da cultura de inverno e o restante antes da cultura de verão, sem incorporação e com regadores manuais. O dejetos utilizado era coletado em propriedades produtoras de gado leiteiro baseado no sistema de confinamento. Algumas características do dejetos aplicado eram: 6,75% de matéria seca; 1,54% de N; 1,41% de P₂O₅; 2,85% de K₂O; 2,35% de CaO e 1,37% de MgO, dados médios para os cinco anos de aplicação (dados cedidos pela Fundação ABC, não publicados).

A adubação mineral foi a mesma em todos os tratamentos conforme recomendação para cada cultura. Por ocasião da instalação do experimento, o solo da camada de 0-20 cm apresentava as seguintes características químicas: pH de 5,4; 0 cmol_c Al³⁺ dm⁻³; 4,5 cmol_c H⁺Al³⁺ dm⁻³; 5,0 cmol_c Ca dm⁻³; 1,4 cmol_c Mg dm⁻³.

A área do experimento, originalmente área de campo nativo substituído pela agricultura sob preparo convencional, há 16 anos vem sendo conduzida sob plantio direto e rotação de culturas num sistema com aveia preta, milho, aveia preta, soja, trigo, soja, aveia preta e milho.

Maiores detalhes sobre a implantação e condução do experimento são obtidos em Timofiecsyk (2009).

2.2. Densidade, porosidade e condutividade hidráulica saturada do solo

Amostras indeformadas de solo foram coletadas com anéis volumétricos (5,1 cm de diâmetro interno e 3,5 cm de altura) em duas trincheiras por parcela no meio das camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. A coleta dos anéis foi realizada em Julho de 2011, cinco anos após a instalação do experimento. As amostras coletadas foram embrulhadas em papel alumínio e transportadas em caixas com o devido cuidado até o laboratório onde se realizou o toaleta das mesmas. Para as avaliações de densidade e porosidade (EMBRAPA, 1997), as amostras foram saturadas em água por um período de 24h e levadas à mesa de tensão (6 kPa) por um período de 48h. Após a retirada da mesa de tensão, as amostras foram levadas a balança para pesagem para posterior cálculo da microporosidade conforme Eq. 1.

$$mP = \frac{Pu - Ps}{Va} \quad \text{Eq. 1.}$$

Onde: mP : microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); Pu : peso do solo úmido (g); Ps : peso do solo seco (g); Va : volume do anel (cm^3).

As amostras foram ressaturadas em água para a avaliação da condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) pelo método do permeâmetro de carga constante (EMBRAPA, 1997). Um segundo anel foi fixado na parte superior do anel contendo a amostra de solo para se manter uma carga hidráulica constante de 5,0 cm sobre este solo (Apêndice 2a e 2b). Cada amostra

permaneceu no permeâmetro por 7 horas contínuas e utilizou-se a média das últimas 3h de avaliação para o cálculo da K_{sat} pela equação de Darcy (Eq. 2).

$$K_{sat} = \frac{Q.L}{H.A.t} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: K_{sat} : condutividade hidráulica saturada (cm h^{-1}); Q : vazão média das últimas 3h de leitura (mL); L : altura do solo (cm); H : altura do solo + coluna de água (cm); A : área do anel (cm^2); t : tempo (h).

Após a avaliação da K_{sat} as amostras foram levadas a estufa a 105°C por 48h, calculando-se a densidade (Eq. 3) e porosidade total (Eq. 4). A macroporosidade foi obtida pela diferença entre porosidade total e microporosidade (Eq. 5).

$$DS = \frac{Ps}{Va} \quad \text{Eq. 3.}$$

$$PT = \left(1 - \frac{DS}{2,65}\right) \quad \text{Eq. 4.}$$

$$MP = PT - mP \quad \text{Eq. 5.}$$

Onde: DS : densidade do solo (g cm^{-3}); Ps : peso do solo seco (g); Va : volume do anel (cm^3); PT : porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); MP : macroporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); mP : microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$).

2.3. Estabilidade de agregados

Amostras de solo em blocos de aproximadamente 15 x 10 cm de dimensões laterais foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, nas duas trincheiras por parcelas, para a avaliação da estabilidade de agregados pelo método de via seca e via úmida (Kemper & Rosenau, 1986). As amostras foram destorroadas cuidadosamente seguindo seus planos de fraqueza até passar em peneira de malha de 8 mm e secas ao ar. Os agregados secos foram

passados em um conjunto de peneiras de 4,00; 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25 mm de malha para em seguida serem pesados para a determinação das proporções das classes de agregados e cálculo do diâmetro médio ponderado seco (DMPs) conforme Eq. 6. Uma amostra de 50 g foi recomposta proporcionalmente a partir das classes de agregados secos e colocada em funil de papel filtro apoiado sobre um béquer com água para seu umedecimento por ascensão capilar. Após este umedecimento, a amostra foi colocada sobre um conjunto de peneiras, também de 4,00; 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25 mm de malha. O conjunto de peneiras foi imerso em água e agitado por 15 minutos (42 oscilações por minuto), em aparelho de Yoder. Os agregados foram secos a 105°C por 48h para determinação do diâmetro médio ponderado úmido (DMPu) conforme Eq. 7. Com base nos dados de DMPs e DMPu foi calculado o índice de estabilidade de agregados (Eq. 8).

$$DMPs = \frac{(Ss_4*6)+(Ss_2*3)+(Ss_1*1,5)+(Ss_{0,5}*0,75)+(Ss_{0,25}*0,375)+(Ss_{<0,25}*0,125)}{50} \quad \text{Eq. 6}$$

$$DMPu = \frac{(Su_4*6)+(Su_2*3)+(Su_1*1,5)+(Su_{0,5}*0,75)+(Su_{0,25}*0,375)+(Su_{<0,25}*0,125)}{50} \quad \text{Eq. 7}$$

$$IEA = \frac{DMPu}{DMPs} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde: *DMPs*: diâmetro médio ponderado seco (mm); *Ss₄*, *Ss₂*, *Ss₁*, *Ss_{0,5}*, *Ss_{0,25}*, *Ss_{<0,25}*: peso do solo seco (g) retido nas peneiras de respectivas malhas 4,00; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e <0,25 mm; *DMPu*: diâmetro médio ponderado úmido (mm); *Su₄*, *Su₂*, *Su₁*, *Su_{0,5}*, *Su_{0,25}*, *Su_{<0,25}*: peso do solo úmido (g) retido nas peneiras de respectivas malhas 4,00; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e <0,25 mm; *IEA*: índice de estabilidade de agregados.

2.4. Infiltração de água

A avaliação da capacidade de infiltração de água no solo foi realizada a campo de acordo com a metodologia dos anéis concêntricos (EMBRAPA, 1979). Foram instalados dois conjuntos de anéis por parcela, constituídos de um anel interno com 20 cm de diâmetro e um anel externo com 40 cm de diâmetro. No anel externo, uma lâmina de água de 5,0 cm era mantida por meio de galões de 20L de água. No anel interno era mantida uma lâmina de 5,0 cm de água por meio de um tubo de PVC de 10,0 cm de diâmetro e 110,0 cm de altura contendo, na sua lateral, uma fita métrica e uma mangueira transparente para leituras do consumo de água a cada intervalo de tempo (Apêndice 3). As avaliações foram feitas aos 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 105, 120, 135 e 150 minutos após o início da infiltração.

Os dados obtidos foram ajustados pela equação de Kostiakov (1932) (Eq. 9) que apresentou melhor ajuste aos dados obtidos. Com base nos parâmetros k e n da equação de Kostiakov, calculou-se a VIB de acordo com a equação 10 proposta por Luque e Paoloni (1974).

$$I = k \cdot t^n \quad \text{Eq. 9}$$

$$VIB = 60 \cdot k \cdot n \cdot \left\{ \frac{-0,01}{(60 \cdot k \cdot n) - (n-1)} \right\}^{\frac{(n-1)}{(n-2)}} \quad \text{Eq. 10}$$

Onde: I : taxa de infiltração (mm h^{-1}); k e n : constantes da equação; t : tempo (h); VIB : velocidade básica de infiltração.

2.5. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey para comparação de médias a 10% de probabilidade. As análises foram rodadas no programa estatístico ASSISTAT Versão 7.6 beta (Silva & Azevedo, 2006). As análises foram realizadas separadamente para cada camada, pelo fato de não haver aleatoriedade para este fator.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Densidade do solo, macro e microporosidade

Tendência de redução da densidade do solo de 0,97 e 1,13 Mg m⁻³, sem aplicação de DLB, para 0,90 e 1,11 Mg m⁻³, com a aplicação de 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, foi observada nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, respectivamente, porém não foi significativa (p<0,10) (Figura 1). Macro e microporosidade também não foram alteradas significativamente (p<0,10) com a aplicação das doses de DLB (Figuras 2 e 3).

Em relação aos dados originais de densidade do solo antes da instalação do experimento (0,88; 1,00 e 1,10 Mg m⁻³ para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, respectivamente) (Timofiecsyk, 2009) observa-se um certo aumento da densidade e isso pode ser uma consequência natural do plantio direto aliado ao tráfego de máquinas ao longo dos anos (Reichert et al., 2004).

O fato de não ocorrer diferença significativa na densidade do solo com a aplicação de DLB pode estar associada com o efeito de tráfego em plantio direto, o qual possivelmente estaria neutralizando a ação do DLB sobre a densidade neste solo muito argiloso. O alto teor de argila encontrado neste Latossolo também pode contribuir para maior resistência tênsil, pois a fração argila apresenta elevada área superficial específica e reatividade devido a presença de cargas elétricas que favorecem a ligação entre partículas minerais e/ou partículas minerais e orgânicas (Barros et al., 2007), reduzindo a expressão de fragmentação que a aplicação de DLB pode apresentar e, em consequência, afetando a redução da densidade.

Em relação à macro e microporosidade, observa-se que houve também uma tendência de aumento da microporosidade com aplicação de 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, mas este aumento não foi significativo (p<0,10). Segundo Kay & Vandenbygaart (2002), uma redução da porosidade é esperada com adoção do sistema sem preparo devido a compactação pelo tráfego de máquinas,

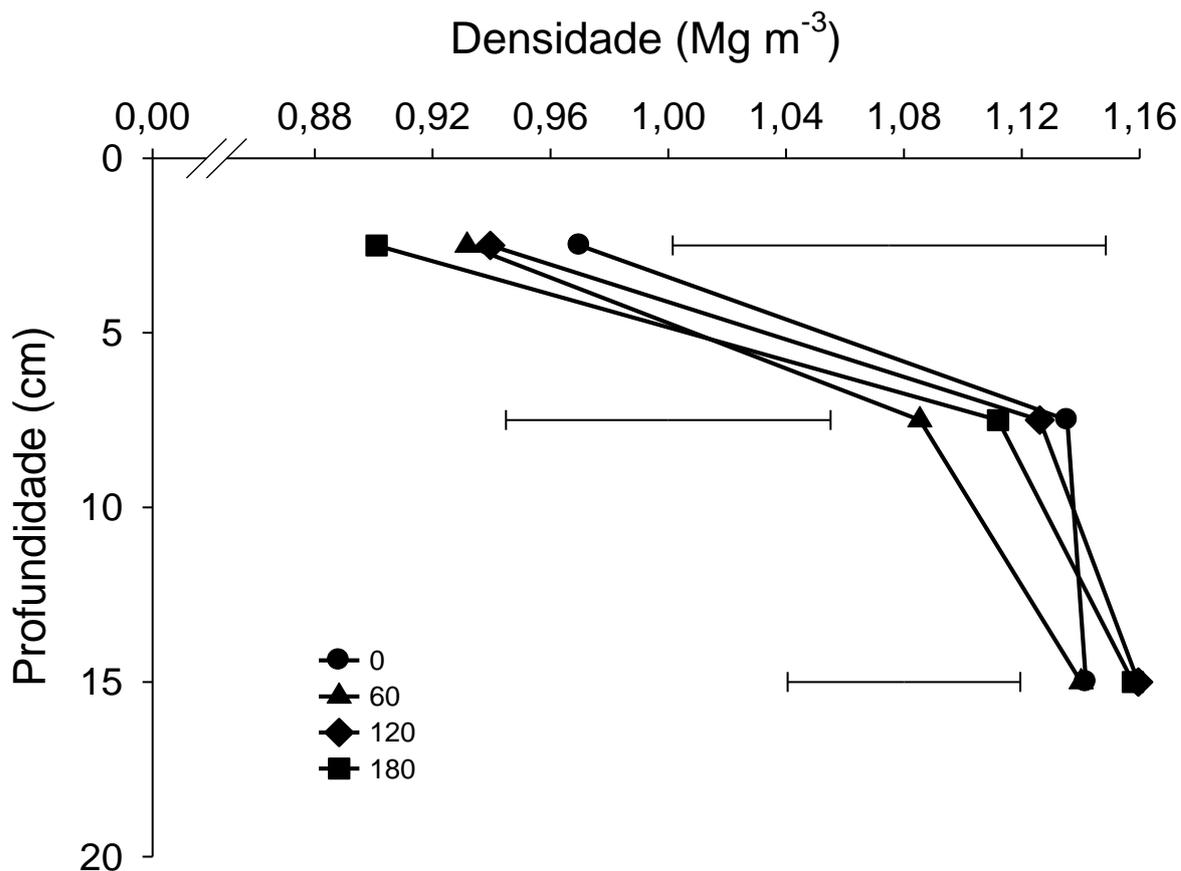


Figura 1. Densidade nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10).

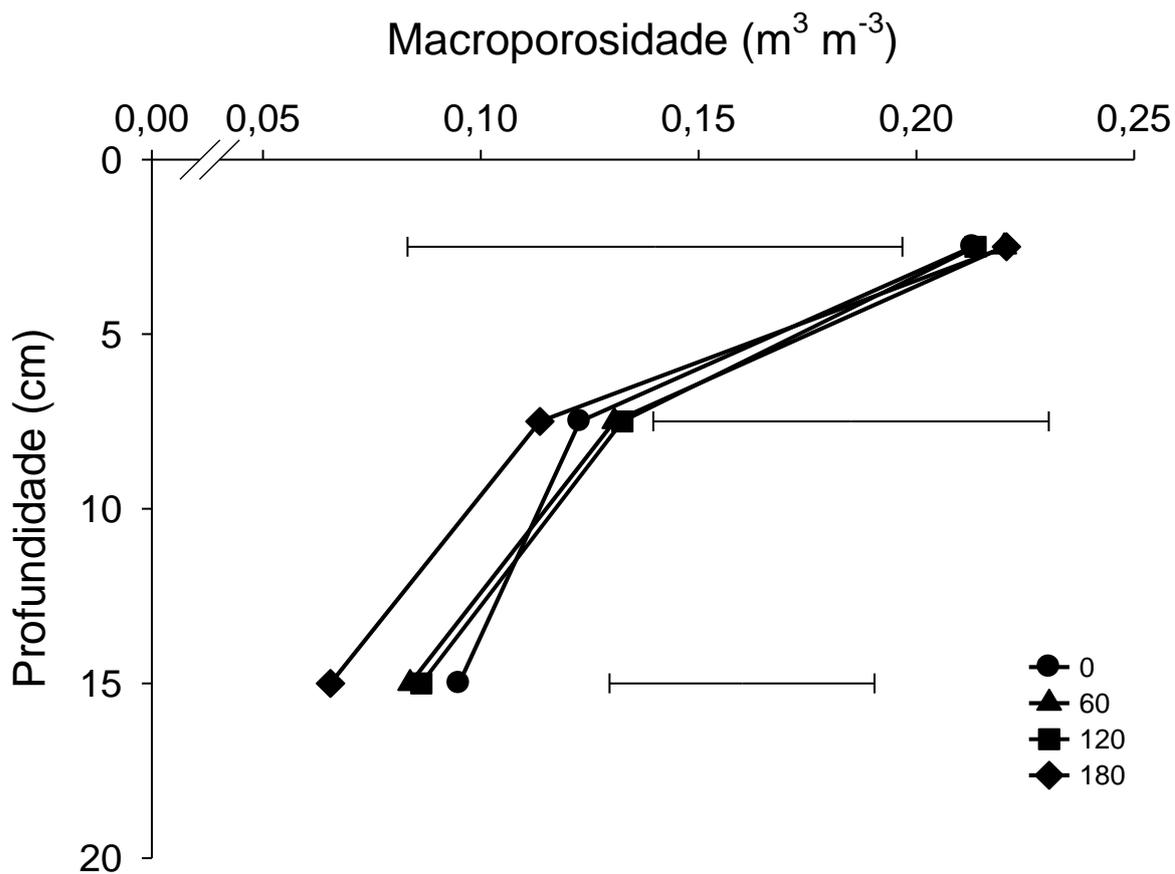


Figura 2. Macroporosidade nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,10$).

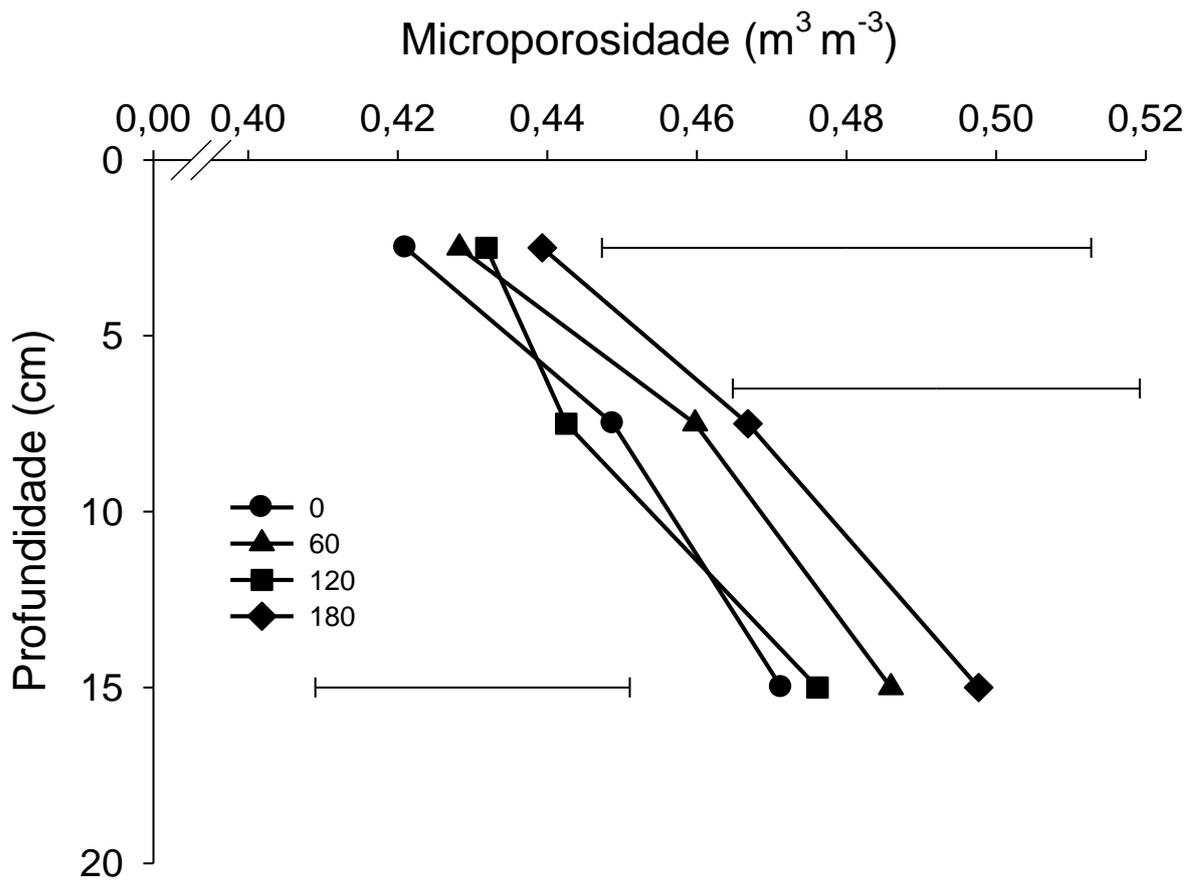


Figura 3. Microporosidade nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10).

porém, com resultados mais consistentes em longo prazo (>15 anos).

A camada de 0-5 cm apresentou menor densidade do solo em relação às demais possivelmente devido ao revolvimento do solo pelos discos da semeadora. Nas camadas mais profundas houve aumento da densidade do solo e conseqüente redução de macroporos e aumento de microporos. Em solos sob plantio direto, Reichart et al. (2004) afirmam que há um aumento da densidade em conseqüência do tráfego de máquinas e que geralmente a camada de maior compactação está entre 8 e 15 cm de profundidade.

Os resultados obtidos neste trabalho contrariam aqueles obtidos por Mellek et al. (2010) trabalhando na mesma região e com as mesmas doses de DLB, porém num Latossolo Bruno de textura franco-argilo-arenosa. Os autores observaram uma redução significativa na densidade de 1,32 Mg m³ para 1,17 Mg m³ e um aumento da macroporosidade de 0,24 m³ m⁻³ para 0,33 m³ m⁻³ na camada de 0-5 cm, com a dose de 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em relação ao tratamento sem aplicação.

O fato do solo mais arenoso responder a aplicação do dejetos e o solo argiloso não, sugere que o último, possui um certo “poder tampão” com relação ao atributo densidade diminuindo a expressão dos efeitos da aplicação de DLB. Mas em geral, apesar dos dados não evidenciarem resultados significativos para estes atributos observa-se que a aplicação de dejetos líquido bovino apresenta certa tendência de efeitos positivos sobre a densidade do solo e microporosidade ao longo do tempo.

3.2. Estabilidade de agregados

A aplicação de 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLB aumentou significativamente (p<0,10) o DMPu na camada de 0-5 cm, para um valor médio de 2,69 mm em relação ao tamanho médio de 2,23 mm observado nas doses de 0 e 60 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 4). Tendência semelhante, embora não significativa, ocorreu em 5-10 cm. O índice de estabilidade de agregados (IEA)

apresentou melhor resultado com a aplicação de DLB na camada superficial (0-5 cm) para a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (0,85) (Figura 5). A aplicação de DLB aumentou a classe de agregados $>2 \text{ mm}$ (41, 45, 48 e 51% para as doses de 0, 60, 120 e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente) e reduziu as classes de agregados menores (Figura 6), indicando um efeito direto sobre a estabilidade de macroagregados no solo. A melhor resposta do solo para estes atributos na camada de 0-5 cm deve-se a aplicação em superfície do DLB.

O DLB teve efeitos sobre a estabilidade de agregados do solo possivelmente devido ao incremento de compostos orgânicos que atuam na cimentação agregados, além disso, a aplicação de DLB pode apresentar efeitos indiretos pelo incremento de nutrientes e o consequente crescimento radicular e atividade biológica que também favorecem a estabilidade de agregados pelo efeito mecânico de enredamento. O incremento na estabilidade de agregados evidencia um efeito positivo do DLB na qualidade do solo e sugere que a utilização do dejetos em lavouras sob plantio direto pode ser uma alternativa para a disposição deste resíduo.

A aplicação de dejetos bovino promove a agregação do solo por ser uma fonte de matéria orgânica e conter polissacarídeos e outros compostos que podem cimentar partículas de solo (Whalen & Chang, 2002; Bandyopadhyay et al., 2010). Além disso, o dejetos é uma fonte de energia e nutrientes para os microrganismos do solo e raízes de plantas que produzem polissacarídeos extracelulares que podem agregar partículas minerais (Tisdall & Oades, 1982). Segundo Bossuyt et al. (2001), os principais agentes que atuam na estabilidade de agregados são: i) produtos da decomposição de restos de plantas, animais e microrganismos; ii) os próprios microrganismos e, iii) os produtos de síntese microbiana formados durante a decomposição de materiais orgânicos. Assim, a aplicação de DLB, sendo uma fonte de matéria orgânica e nutrientes, favorece o desenvolvimento de raízes e a atividade biológica do solo melhorando sua estrutura pelo efeito de enredamento das partículas além de liberar compostos orgânicos que agem na sua cimentação (Bronick & Lal, 2005).

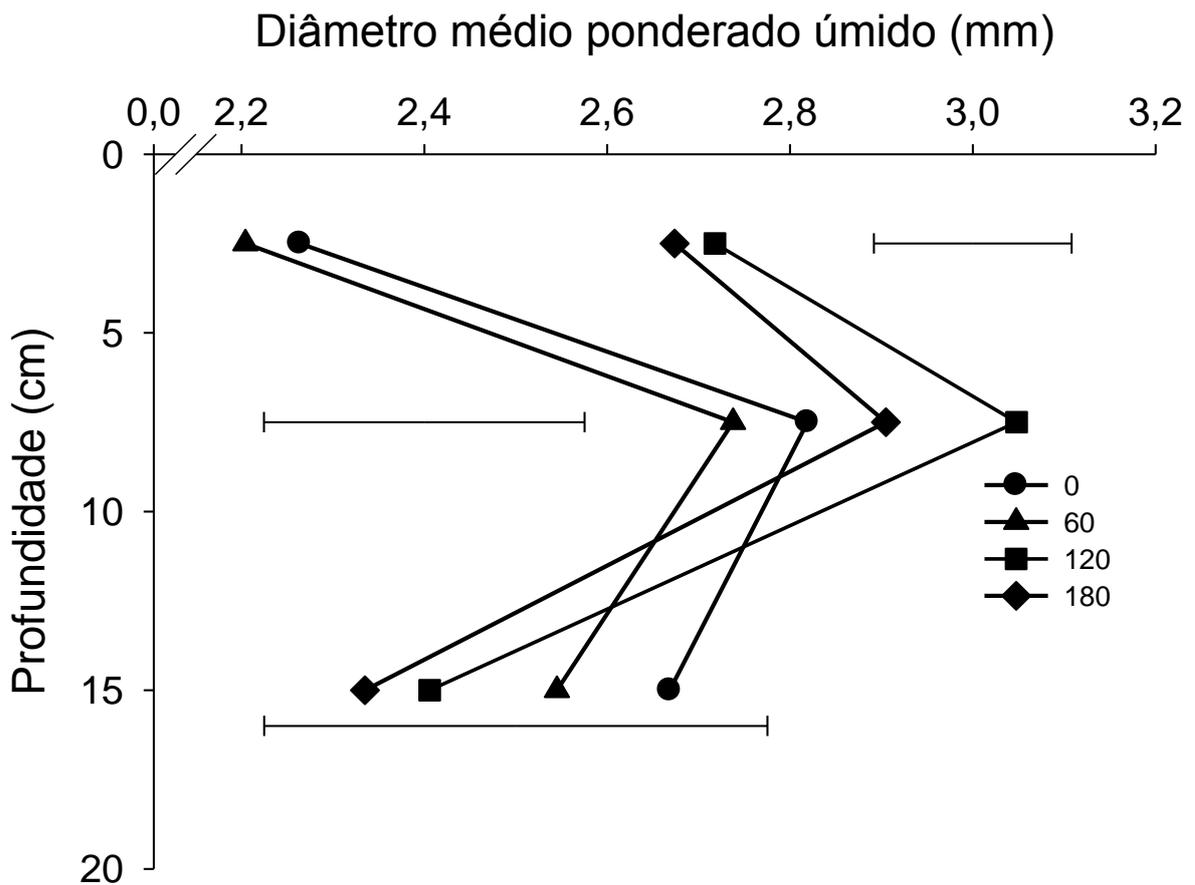


Figura 4. Diâmetro médio ponderado úmido nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10).

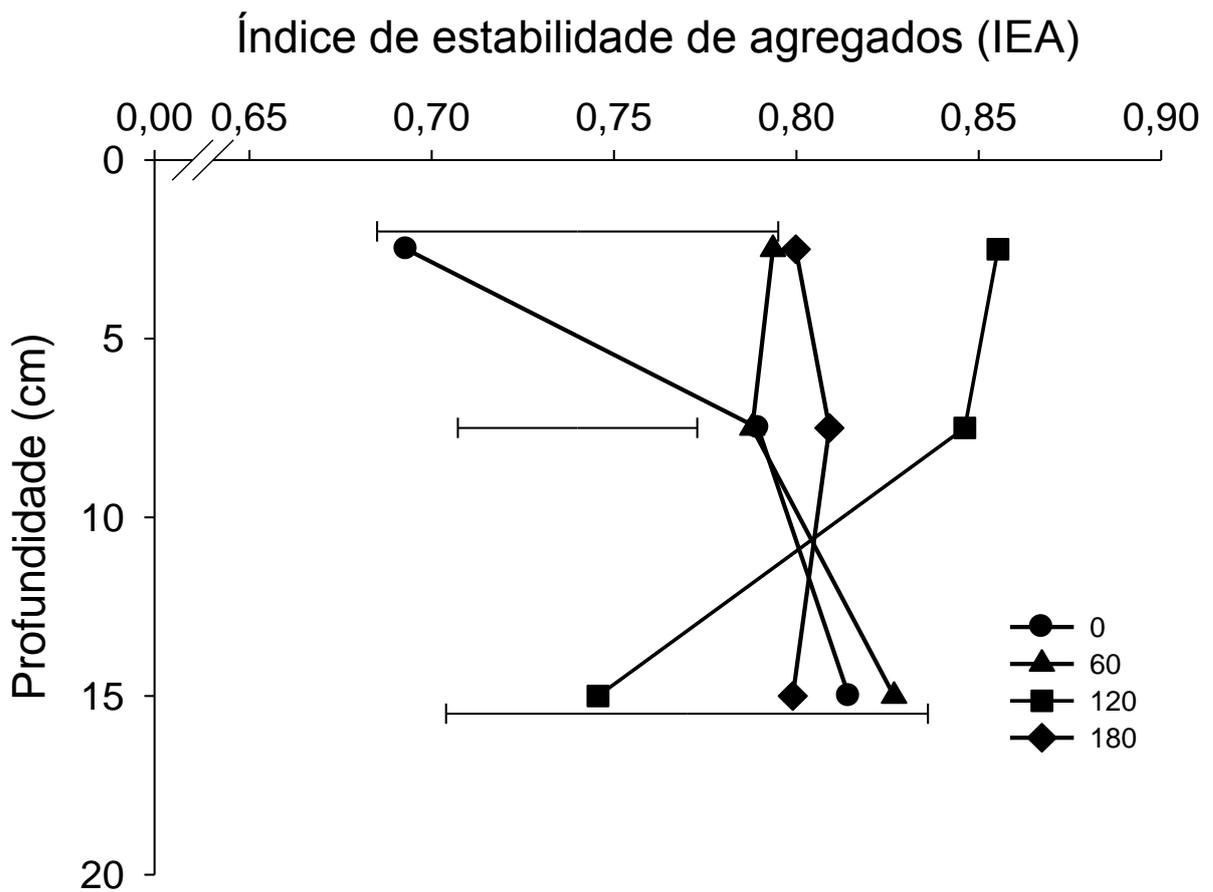


Figura 5. Índice de estabilidade de agregados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovino (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10).

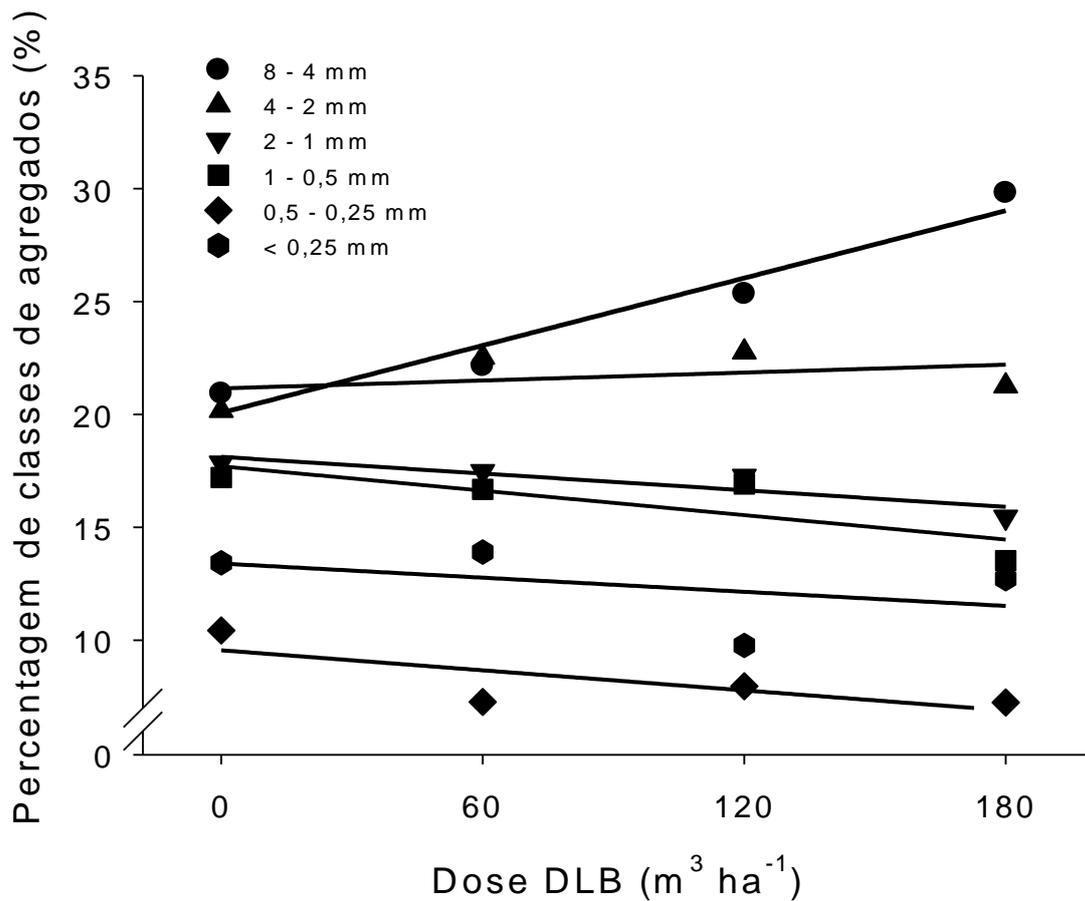


Figura 6. Proporção das classes de agregados na camada de 0-5 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹).

Em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob aplicação de composto orgânico, Matos et al. (2008) encontraram maior proporção de agregados estáveis em água dentro da classe de 4-2 mm na camada de 0-10 cm, correspondendo a 68% dos agregados e associaram este incremento ao aporte de MOS o que proporciona aumento da estabilidade. Nyamangara et al. (2001) reportaram aumento na estabilidade de agregados em água (2-10 mm) de 27,27 g kg⁻¹ na testemunha para 148,27 g kg⁻¹ no tratamento com aplicação anual de dejetos em um Argissolo no Zimbabwe. Segundo estes autores, a estabilidade de agregados é sensível às mudanças no estoque de carbono no solo, pois um aumento de 10-38% de aumento no C orgânico resultou num aumento de 4,5 a 5,5 vezes na estabilidade de agregados em água dentro da classe de 2-10 mm.

Em geral, a aplicação de DLB apresenta efeitos positivos na estrutura do solo, melhorando sua qualidade e indicando que a aplicação de dejetos no solo pode ser uma alternativa apropriada para a disposição deste resíduo.

3.3. Condutividade hidráulica saturada (K_{sat})

A condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) apresentou maior tendência de resposta à aplicação de dejetos na camada de 0-5 cm de profundidade (Figura 7), mas os resultados não foram significativos ($p < 0,10$), possivelmente em decorrência dos altos coeficientes de variação (97, 233 e 65% para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20, respectivamente). Zhang et al. (2006) também não encontraram efeitos significativos sobre K_{sat} após 13 anos de aplicação de dejetos e atribuíram o resultado ao elevado CV, assim como Shirani et al. (2002) em experimento de 2 anos em solo argiloso avaliando a aplicação de três doses de dejetos animal e dois métodos de preparo em atributos físicos do solo. Desta forma, os resultados de K_{sat} concordam com os obtidos para densidade e macroporosidade, que também não foram afetados significativamente pela aplicação de DLB.

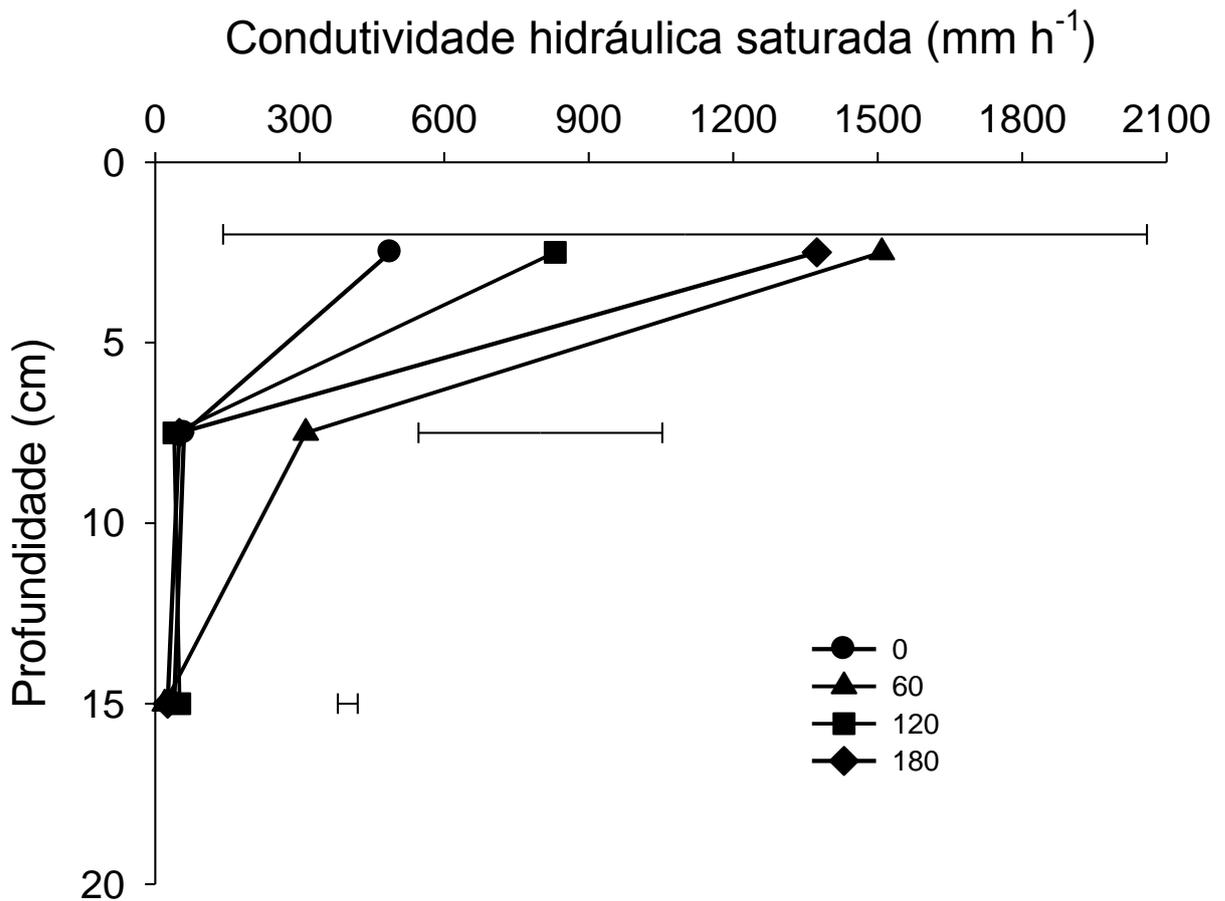


Figura 7. Condutividade hidráulica nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Barras horizontais representam a diferença mínima significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0,10).

De acordo com Bronick & Lal (2005), a agregação e a continuidade de poros aumentam o fluxo de água no solo o que resulta em maior infiltração e menor escoamento de água. Dessa forma, era de se esperar que, com a aplicação de DLB na superfície do solo e a melhor estruturação da camada superior, houvesse maior taxa de K_{sat} nas camadas avaliadas, o que não foi observado. A maior K_{sat} para a camada de 0-5 cm observada pode ser devido ao revolvimento superficial do solo durante as operações de semeadura e ao maior desenvolvimento radicular nesta camada, mas nas camadas inferiores observa-se uma K_{sat} bastante reduzida, podendo-se atribuir este fato a maior densidade do solo e consequente redução da porosidade propiciada pelo efeito de compactação.

Além disso, podem haver problemas relacionados à metodologia utilizada, pois a coleta de amostras pontuais pode acarretar no rompimento da continuidade e interligação da porosidade do solo, o que poderá reduzir a percolação de água durante as análises (Dalmago et al., 2009).

Por outro lado, Bandyopadhyay et al., (2010) obtiveram aumentos de 95% na K_{sat} com aplicação de adubo mineral e dejetos em relação a testemunha em um Vertissolo, devido principalmente a redução da densidade do solo e aumento da porosidade pela melhor agregação do solo. Segundo Celik et al., (2004) maiores valores para K_{sat} foram obtidos com a aplicação de dejetos em um solo argiloso devido possivelmente a um efeito na estrutura do solo e aumento da porosidade. Mellek et al. (2010) também reportaram aumento de quase 5 vezes da K_{sat} de 50 $mm\ h^{-1}$ na testemunha para 245 $mm\ h^{-1}$ com aplicação de 180 $m^3\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de DLB na camada de 0-5 cm de profundidade para um Latossolo de textura franco-argilo-arenosa.

3.4. Infiltração de água

A infiltração de água foi o atributo que melhor respondeu à aplicação de DLB. Houve um aumento da infiltração acumulada de água no solo com a aplicação de DLB (Figura 8)

conforme ajuste pela equação de Kostiakov (1932) que apresentou uma boa correlação para este Latossolo Bruno ($R^2 = 0,99$), pois descreve bem a infiltração para curtos períodos de tempo. A aplicação de dejetos aumentou a VIB de 25 mm h^{-1} na testemunha, para 106; 196 e 295 mm h^{-1} com as doses de 60, 120 e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. O cálculo da VIB conforme Luque & Paoloni ajusta melhor os dados obtidos a campo, pois aproxima os valores obtidos aos da VIB real (Figura 9), neste caso, seria necessário maior tempo de avaliação para se atingir a VIB do solo. De acordo com a Figura 10, observa-se um aumento linear da VIB do solo com o aumento da aplicação de DLB.

O aumento na VIB com aplicação de DLB é possivelmente devido aos efeitos indiretos da adição de material orgânico no desenvolvimento de raízes e atividade biológica que pode ter influências na infiltração de água pela formação e continuidade de poros. Devido a aplicação de DLB, há um grande incremento de MO e nutrientes no solo que favorece o crescimento e desenvolvimento de raízes de plantas bem como a atividade biológica do solo favoráveis ao surgimento e a manutenção dos bioporos. Quando as raízes se decompõem, ou a macrofauna deixa esta área, estes canais ficam abertos no perfil do solo facilitando a infiltração de água. A dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ apresentou maiores valores de infiltração de água, podendo ser justificado pelo maior aporte de nutrientes e MO ao solo promovendo esta atividade biológica e desenvolvimento radicular para a formação dos bioporos. Resultados semelhantes foram obtidos por Mellek et al. (2010) trabalhando em Latossolo com textura franco-argilo-arenosa em que a dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ apresentou taxa de infiltração de água de 245 mm h^{-1} .

Segundo Silva et al. (2005) a atividade biológica da fauna edáfica e de raízes contribuem para o estabelecimento de uma porosidade contínua no solo (bioporos), tornando a porosidade mais eficiente no transporte líquido e gasoso (Dalmago et al., 2009). De acordo com Lanza et al. (2010) a maior taxa de infiltração e retenção de água e menor escoamento superficial no sistema plantio direto é devido a maior continuidade e estabilidade dos bioporos e macroporos

bem como a maior estabilidade estrutural do solo. Rodrigues et al. (2011) observaram redução da macroporosidade e aumento da microporosidade em função da adoção do sistema plantio direto mas mesmo com a redução de macroporos, a infiltração de água é mais rápida no sistema plantio direto em função desta continuidade de poros.

O fato de a aplicação de DLB ter aumentado o potencial de infiltração de água no solo e não ter afetado características como densidade e macroporosidade é, aparentemente, uma incoerência. Porém no presente estudo, isto pode ter ocorrido devido ao fato da avaliação de infiltração de água à campo ser realizada por meio dos anéis concêntricos, cujo diâmetro do anel interno é de 20 cm. Durante a instalação deste anel, é grande a possibilidade da área interna conter bioporos e, por ser uma avaliação realizada à campo, não há o rompimento da continuidade e interligação de poros que vão facilitar a infiltração de água durante a avaliação. Já na avaliação de densidade e porosidade, pelo método do anel volumétrico realizada com a coleta de um anel de 5,0 cm de diâmetro, a presença destes canais preferenciais, bem como a continuidade e interligação de poros se torna nula ou muito reduzida, apresentando então esta discordância em relação à infiltração. Como salienta Dalmago et al. (2009), amostras pontuais podem discordar da situação real de campo, pois a continuidade e a interligação de poros, em razão do rompimento dos mesmos durante a coleta da amostra, não são identificadas, devendo-se ter maior cautela em relação aos resultados.

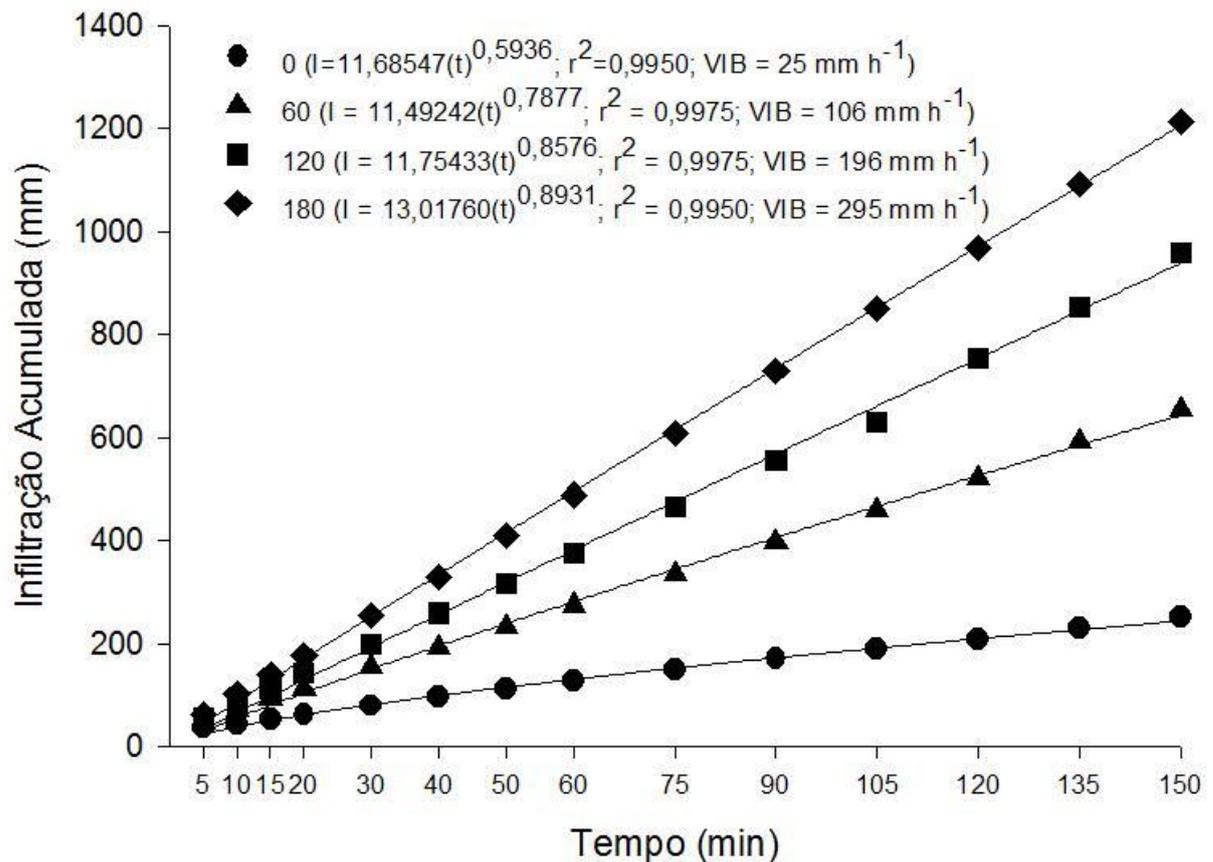


Figura 8. Infiltração acumulada em um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Os dados foram ajustados pela equação de Kostiakov ($I = k.t^n$). Com base nos parâmetros k e n da equação de Kostiakov, calculou-se a VIB de acordo com Luque e Paoloni (1974).

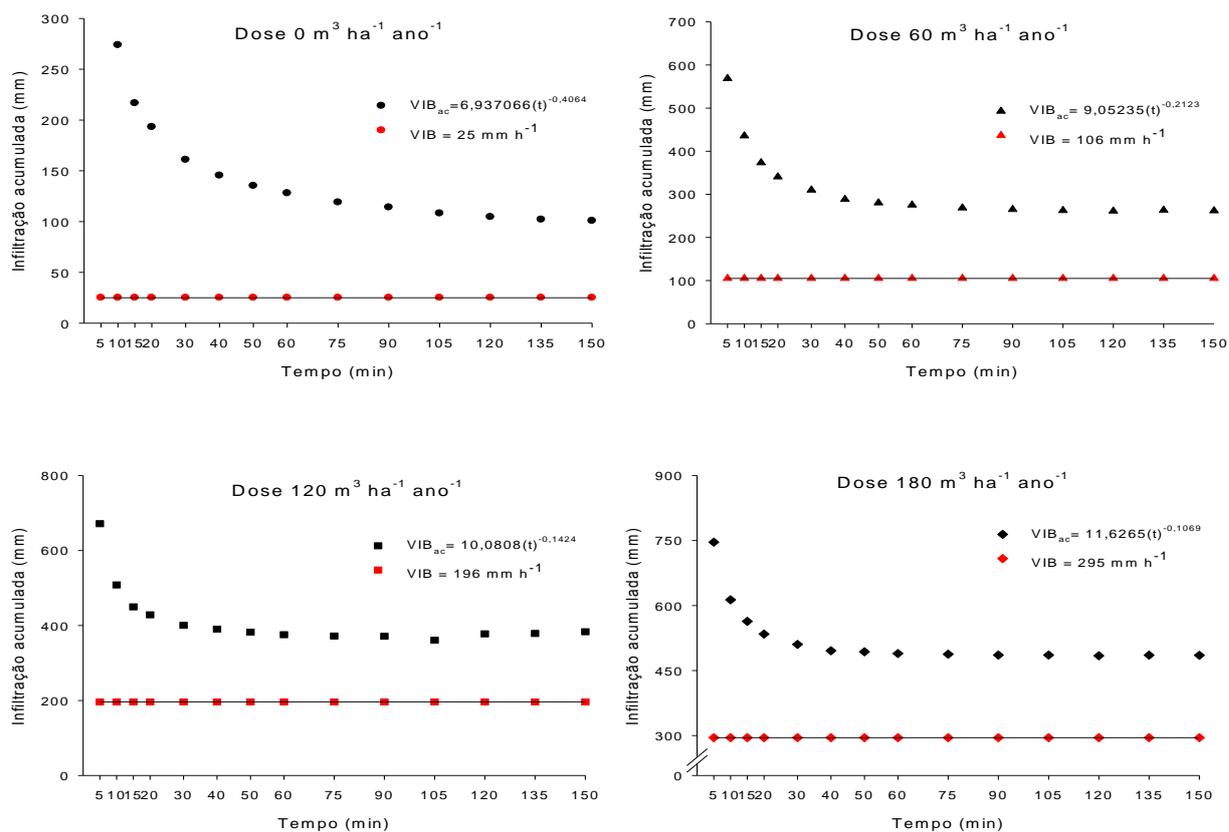


Figura 9. Comparações entre velocidade de infiltração básica acumulada por Kostiakov e velocidade de infiltração básica por Luque & Paoloni para as 4 doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) em um Latossolo Bruno sob plantio direto. Os dados de infiltração acumulada foram ajustados pela equação de Kostiakov ($I = n.k.t^{n-1}$). Com base nos parâmetros k e n da equação de Kostiakov, calculou-se a VIB de acordo com Luque e Paoloni (1974).

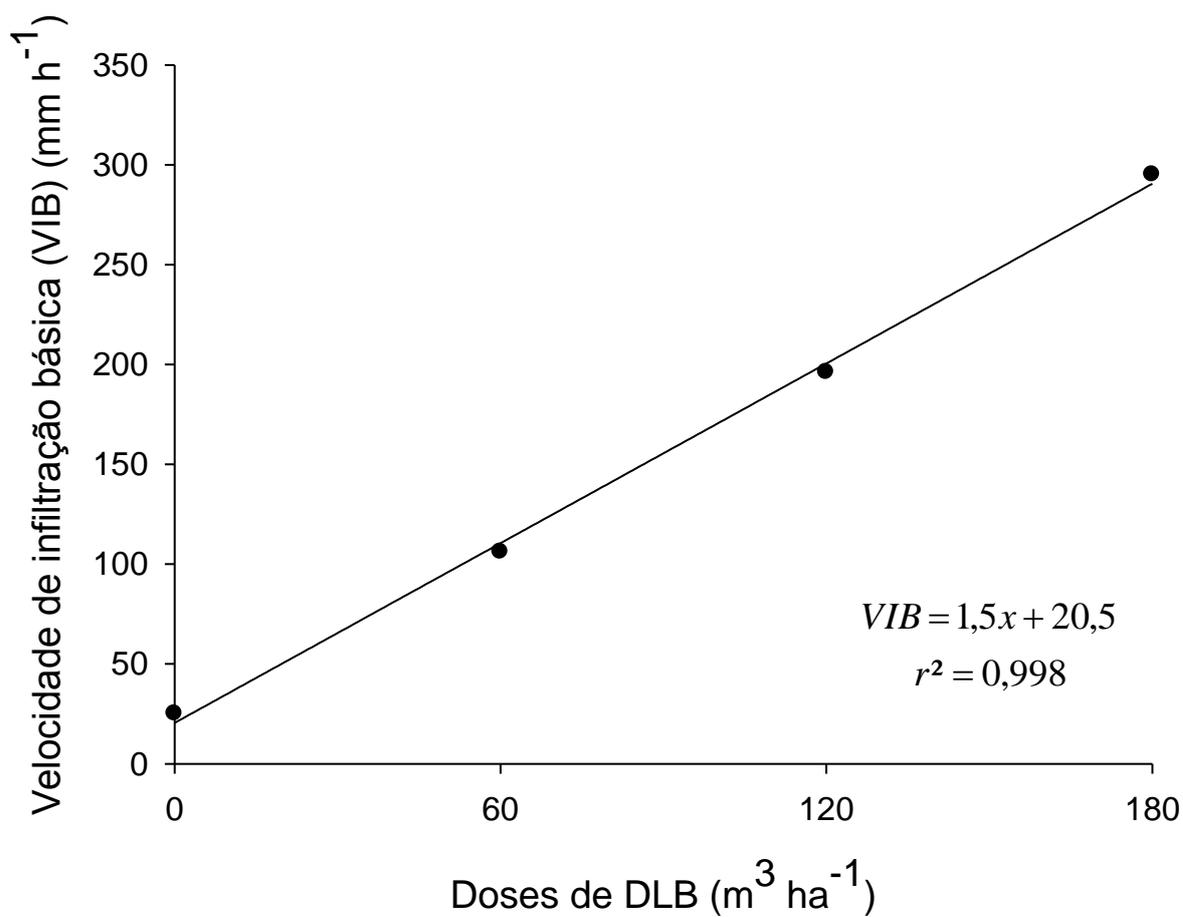


Figura 10. Ajuste da velocidade de infiltração básica de água em um Latossolo Bruno sob plantio direto com aplicação de doses de dejetos líquidos bovinos (DLB) (0, 60, 120 e 180 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

4. CONCLUSÕES

A aplicação anual de 120 e 180 m³ ha⁻¹ de dejetos líquidos bovinos (DLB) em solo sob plantio direto aumentou a estabilidade de agregados na camada de 0-5 cm de profundidade, bem como a velocidade de infiltração básica do solo.

A adição de material orgânico ao solo por meio do DLB melhora a sua estrutura do solo pelo efeito direto na cimentação e favorece a infiltração de água pelo efeito indireto na formação de bioporos radiculares, com potencial para reduzir o escoamento superficial e, conseqüentemente, perdas de solo, água e nutrientes.

A utilização de DLB no solo é uma alternativa para a destinação deste resíduo no ambiente, devendo-se observar seus efeitos em curto prazo que podem causar problemas como o selamento superficial se houver ocorrência de chuvas logo após a aplicação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante e após as avaliações realizadas neste trabalho, foram observados alguns fatores que são importantes sua citação. Nas avaliações de infiltração de água, realizadas a campo pelo método dos anéis concêntricos, ficou evidenciado a importância da coleta de dados de minuto em minuto nos primeiros 10 ou 15 minutos de avaliação para se construir curva de infiltração de água no solo melhor, além disso, para estas avaliações, realizaram-se duas repetições por parcela, o ideal seriam repetições entre 3 e 5 por parcela para se ter uma melhor média das avaliações. Outro fator que deve ser observado durante a avaliação de infiltração de água no solo, é a sua umidade inicial, pois se o solo estiver muito seco ou muito úmido, pode influenciar nos resultados. Estes fatores podem se constituir em fontes de erros ao se trabalhar com os resultados obtidos.

Outras questões observadas durante a realização deste trabalho, dizem respeito às coletas e avaliações das amostras em anéis volumétricos. Aqui também se realizou a coleta em duas trincheiras por parcela, o ideal seria a abertura de 3 a 5 trincheiras. Neste caso, a parcela experimental apresentava um tamanho que não possibilitava a abertura de maior número de trincheiras. Para o preparo e realização das análises dos anéis coletados houve um período de “espera” um pouco longo por questões de logística e laboratoriais, o que pode ter constituído alguma fonte de erro durante as análises, principalmente em relação as avaliações de condutividade hidráulica, o ideal é a realização das análises logo nos primeiros dias após a coleta. Sugere-se também, que para as avaliações de densidade e porosidade do solo, sejam utilizadas amostras diferentes das utilizadas para a condutividade hidráulica, quando possível maior número de coletas, para se minimizar os erros que possam prejudicar as avaliações de condutividade.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, M.C. & CABEDA, M.S.V. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:753-761, 1999.
- AOYAMA, M.; ANGERS, D.A. & N'DAYEGAMIYE, A. Particulate and mineral-associated organic matter in water-stable aggregates as affected by mineral fertilizer and manure applications. *Can. J. Soil Sci.*, 79:295-302, 1999.
- BANDYOPADHYAY, K.K.; MISRA, A.K.; GHOSH, P.K. & HATI, K.M. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. *SoilTill. Res.*, 110:115-125, 2010.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.9-26.
- BARROS, C. A. P. DE; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; MENTGES, M. I.; VIEIRA, D. A.; HILBIG, V. S.; ROSA, D. P. DA Resistência tênsil de agregados de solos com argilominerais 1:1 e óxidos na fração argila. Anais: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Gramado, Rio Grande do Sul. 2007.
- BERTOL, O.J.; RIZZI, N.E.; BERTOL, I. & ROLLOF, G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associada à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:781-792, 2007.
- BOSSUYT, H.; DENEFF, K.; SIX, J.; FREY, S.D.; MERCKX, R. & PAUSTIAN, K. Influence of microbial populations and residue quality on aggregate stability. *Appl. Soil Ecol.*, 16:195-208, 2001.
- BRONICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124:3-22, 2005.
- CELIK, I.; ORTAS, I. & KILIC, S. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *SoilTill. Res.*, 78:59-67, 2004.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F.C.B.; HERBES, M.G.; MOREIRA, I.C.L. & BERWANGER, A.L. Dejetos líquidos de suínos: I – perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. *Ciência Rural*, 35:1296-1304, 2005.

DALMAGO, G.A.; BERGAMASCHI, H.; BERGINCI, J.I.; KRÜGER, A.M.B.; COMIRAN, F. & HECKLER, B.M.M. Retenção e disponibilidade de água às plantas em solo sob plantio direto e preparo convencional. R. Bras. Eng. Agric.Ambiental, 13:855-864, 2009.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, 1994. p.1-10.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA / Fundação ABC. Mapa do levantamento de solos: Município de Castro. Elaborado por FASOLO, P.J.; CARVALHO, A.P.; BOGNOLA, I.A.; POTER, R.O. EMBRAPA – Fundação ABC, 2001.

GILLEY, J.E. & RISSE, L.M. Runoff and soil loss as affected by the application of manure. Biological Systems Engineering, 43(6):1583-1588, 2000.

GILLEY, J.E.; EGHBALL, B. & MARX, D.B. Nutrient concentrations of runoff during the year following manure application. Am. Soc. Agric. Biol. Engineers, 50(6):1987-1999, 2007.

HAYNES, R.J. & NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 51:123-137, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa pecuária municipal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ppm/default.asp>>. Acesso em 20 out. 2011.

KAY, B.D. & VANDENBYGAART, A.J. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. Soil Till. Res., 66:107-118, 2002.

KEMPER, W.D. & ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. Methods of soil analysis. Madison American Society of Agronomy, 1986. P.425-442.

KOSTIAKOV, A.N. On the dynamics of the coefficient of water percolation in soil and the necessity of studying it from dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans. 6th Committee of International Society of Soil Science, Rússia. A15-21, 1932.

LANZANOVA, M.E.; ELTZ, F.L.F.; NICOLOSO, R.S.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. & ROCHA, M.R. Atributos físicos de um Argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. R. Bras. Ci. Solo, 34:1333-1342, 2010.

LUQUE, J.A. & PAOLONI, J.D.; Manual de operación de Riego. Argentina, 1974. 330p.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; LEITE, L.F.C. & GALVÃO, J.C.C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolosob adubação orgânica e mineral. Pesq.Agropec.Bras. 43(9):1221-1230, 2008.

MELLEK, J.E.; DIECKOW, J.; SILVA, V.L.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F.M. & SOUZA, J.L.M. Dairy liquid manure and no-tillage: physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of southern Brazil. SoilTill. Res., 110:69-76, 2010.

MORI, H.F.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; DIECKOW, J. & SANTOS, W.L. Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquido bovino em latossolosob plantio direto e com chuva simulada. R. Bras. Ci. Solo, 33:189-198, 2009.

NYAMANGARA, J.; GOTOSA, J. & MPOFU, S.E. Cattle manure effects on structural stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. SoilTill. Res., 62:157-162, 2001.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & SILVA, V.R. Compactação do solo em sistema de plantio direto: limites críticos e mitigação. In: COUTO, E.G. & BUENO, J.F. Os (des)caminhos do uso da água na agricultura brasileira. Cuiabá, UFMT, 2004. p.167-198.

RISSE, L.M.; CABRERA, M.L.; FRANZLUEBBERS, A.J.; GASKIN, J.W.; GILLEY, J.E.; KILLORN, R.; RADCLIFFE, D.E.; TOLLNER, W.E. & ZHANG, H. Land applicationofmanure for beneficial reuse. 2001. Disponível em <http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/natlcenter/whitepapersummaries/landapplication.pdf>. Acesso em 15 nov. 2011.

RODRIGUES, S.; SILVA, A.P.; GIAROLA, N.F.B. & ROSA, J.A. Permeabilidade ao ar em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 35:105-114, 2011.

SHIRANI, H.; HAJABBASI, M.A.; AFYUNI, M. & HEMMAT, A. Effects of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. SoilTill. Res., 68:101-108, 2002.

SILVA, M.A.S.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um argissolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo. Ci. Rural, 35(3):544-552, 2005.

SILVA, F.A.S. & AZEVEDO, C.A.V. A new version of the Assistat-Statistical assistance software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4. Orlando-FL-USA. Anais. Orlando, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.393-396.

SILVA, J.C.P.M.; MOTTA, A.C.V.; PAULETTI, V.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A.S.; VELOSO, C.M. & SILVA, L.F.C. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um latossolo bruno. R. Bras. Ci. Solo, 32:2563-2572, 2008.

SIX.J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S. & DENEFF, K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil Till. Res., 79:7-31, 2004.

SOMMERFELDT, T.G. & CHANG, C. Changes in soil properties under annual applications of feedlot manure and different tillage practices. Soil Sci. Soc. Am. J., 49:983-987, 1985.

SOMMERFELDT, T.G. & CHANG, C. Soil-water properties as affected by twelve annual applications of cattle feedlot manure. SoilSci. Soc. Am. J., 51:7-9, 1986.

TIMOFIECSYK, A. Perdas de água, solo e nutrientes com aplicação de dejetos líquido bovino sob plantio direto e chuva natural em latossolo bruno. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2009. 72p. (Dissertação de Mestrado).

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Sci., 33:141-163, 1982.

VITKO, T.G. Expected quality of dairy wastewater based on the characterization of a dairy farm in Chino, California. Oakland: CWEA, 1999. (Technical Articles).

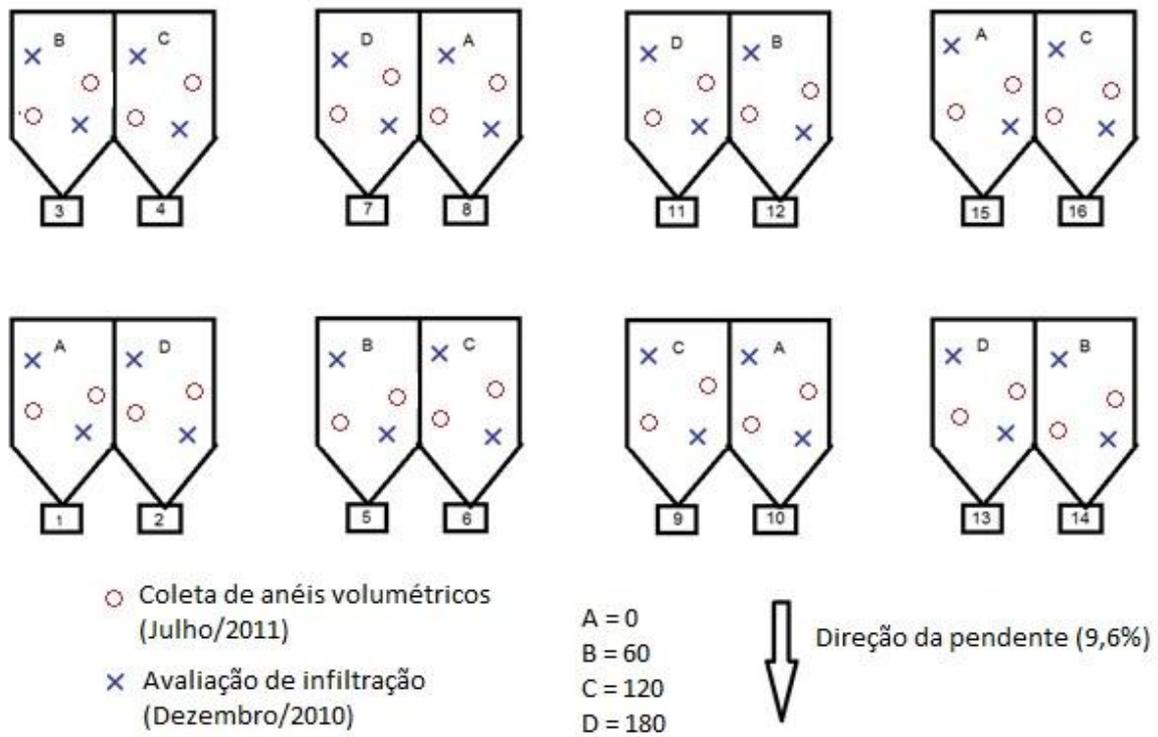
WHALEN, J.K. & CHANG, C. Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications. Soil Sci. Soc. Am. J., 66:1637-1647, 2002.

WORTMANN, C.S. & SHAPIRO, C.A. The effects of manure application on soil aggregation. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 80:173-180, 2008.

ZHANG, S.; YANG, X.; WISS, M.; GRIP, H. & LÖVDAHL, L. Changes in physical properties of a loess soil in China following two long-term fertilization regimes. Geoderma, 136:579-587, 2006.

6. APÊNDICES

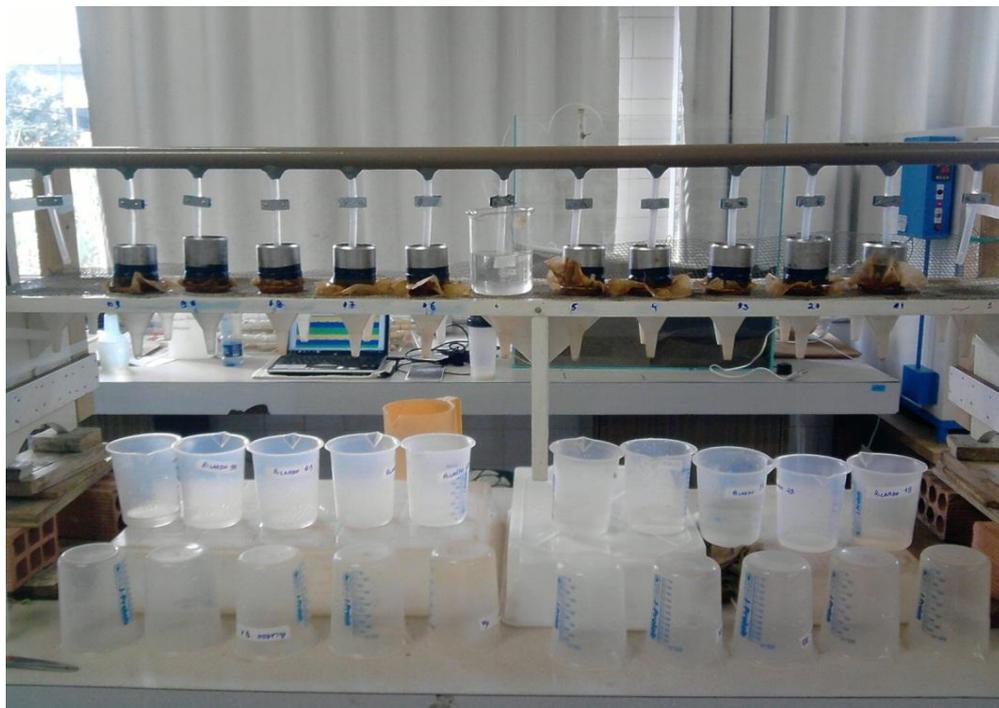
Apêndice 1a. Croqui da área experimental apresentando a disposição das parcelas e tratamentos bem como pontos de coletas de amostras e análises.



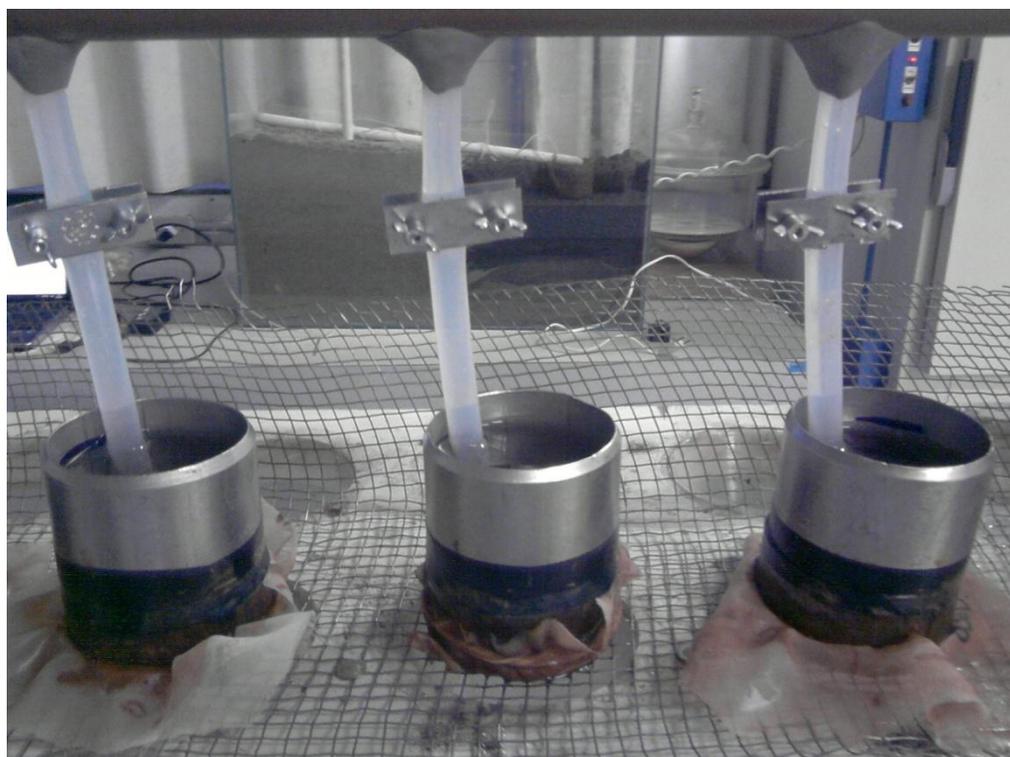
Apêndice 1b. Detalhe das parcelas experimentais.



Apêndice 2a. Permeômetro de carga constante utilizado para avaliações de condutividade hidráulica saturada (k_{sat})



Apêndice 2a. Detalhe dos anéis utilizados para avaliações de condutividade hidráulica saturada (k_{sat})



Apêndice 3. Detalhe dos infiltrômetros de anéis concêntricos instalados à campo.



Apêndice 4. Tabela de análise de variância para densidade, macro e microporosidade, nas três camadas avaliadas em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹)

Densidade					
Profundidade (cm)	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
0-5	Blocos	3	0,01805	0,00602	0,9833 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,00963	0,00321	0,5244 ^{ns}
	Resíduo	9	0,05507	0,00612	
	CV (%)		8,36148		
5-10	Blocos	3	0,00565	0,00188	0,5484 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,00572	0,00191	0,5543 ^{ns}
	Resíduo	9	0,03093	0,00344	
	CV (%)		5,25899		
10-20	Blocos	3	0,00123	0,00041	0,2331 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,00126	0,00042	0,2370 ^{ns}
	Resíduo	9	0,01589	0,00177	
	CV (%)		3,65429		
Macroporosidade					
Profundidade (cm)	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
0-5	Blocos	3	0,02392	0,00797	2,1777 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,00021	0,00007	0,0189 ^{ns}
	Resíduo	9	0,03295	0,00366	
	CV (%)		27,90232		
5-10	Blocos	3	0,01138	0,00379	1,6184 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,00090	0,00030	0,1276 ^{ns}
	Resíduo	9	0,02110	0,00234	
	CV (%)		38,77040		
10-20	Blocos	3	0,00384	0,00128	1,2236 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,00182	0,00061	0,5790 ^{ns}
	Resíduo	9	0,00942	0,00105	
	CV (%)		38,18059		
Microporosidade					
Profundidade (cm)	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
0-5	Blocos	3	0,01180	0,00393	3,2498 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,00069	0,00023	0,1907 ^{ns}
	Resíduo	9	0,01089	0,00121	
	CV (%)		8,08884		
5-10	Blocos	3	0,00975	0,00325	3,8562 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,00142	0,00047	0,5616 ^{ns}
	Resíduo	9	0,00759	0,00084	
	CV (%)		6,38799		
10-20	Blocos	3	0,00310	0,00103	2,0716 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,00162	0,00054	1,0822 ^{ns}
	Resíduo	9	0,00449	0,00050	
	CV (%)		4,62822		

ns: não significativo; * significativo ao nível de 10% de probabilidade (p<0,10); ** significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05); *** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01).

Apêndice 5. Tabela de análise de variância para DMPu, IEA, nas três camadas avaliadas em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Para proporção de agregados é apresentada a análise da camada de 0-5 cm de profundidade a qual apresentou diferença significativa (p<0,10).

DMPu					
Profundidade	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
0-5	Blocos	3	0,29019	0,09673	7,2963 *
	Tratamentos	3	0,86433	0,28811	21,7323 *
	Resíduo	9	0,11932	0,01326	
	CV (%)		4,67109		
5-10	Blocos	3	0,29194	0,09731	2,7939 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,21075	0,07025	2,0170 ^{ns}
	Resíduo	9	0,31347	0,03483	
	CV (%)		6,4858		
10-20	Blocos	3	0,31758	0,10586	1,2346 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,26402	0,08801	1,0264 ^{ns}
	Resíduo	9	0,77172	0,08575	
	CV (%)		11,76667		
IEA					
Profundidade	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
0-5	Blocos	3	0,00887	0,00296	0,8616 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,05353	0,01784	5,2014 *
	Resíduo	9	0,03087	0,00343	
	CV (%)		7,44018		
5-10	Blocos	3	0,02346	0,00782	6,3955 *
	Tratamentos	3	0,00843	0,00281	2,2990 ^{ns}
	Resíduo	9	0,01101	0,00122	
	CV (%)		4,32411		
10-20	Blocos	3	0,01492	0,00497	1,0048 ^{ns}
	Tratamentos	3	0,01304	0,00435	0,8782 ^{ns}
	Resíduo	9	0,04455	0,00495	
	CV (%)		8,83804		

Proporção de Agregados (0-5 cm)					
Classes de	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
8-4	Blocos	3	79,23462	26,41154	3,8918 *
	Tratamento	3	184,76497	61,58832	9,0752 *
	Resíduo	9	61,07798	6,78644	
	CV (%)		10,62835		
4-2	Blocos	3	10,27399	3,42466	2,9395 ^{ns}
	Tratamento	3	16,69234	5,56411	4,7759 *
	Resíduo	9	10,48543	1,16505	
	CV (%)		4,97514		
2-1	Blocos	3	13,34736	4,44912	1,6761 ^{ns}
	Tratamento	3	13,61787	4,53929	1,7101 ^{ns}
	Resíduo	9	23,88972	2,65441	
	CV (%)		9,57591		
1-0,5	Blocos	3	15,83244	5,27748	2,2199 ^{ns}
	Tratamento	3	35,12267	11,70756	4,9246 *
	Resíduo	9	21,39616	2,37735	
	CV (%)		9,57826		
0,5-0,25	Blocos	3	5,63491	1,8783	0,7269 ^{ns}
	Tratamento	3	26,11686	8,70562	3,3651 ^{ns}
	Resíduo	9	23,28335	2,58704	
	CV (%)		19,49942		
< 0,25	Blocos	3	3,79213	1,26404	0,3279 ^{ns}
	Tratamento	3	41,19775	13,73258	3,5619 ^{ns}
	Resíduo	9	34,6983	3,85837	
	CV (%)		15,79157		

ns: não significativo; * significativo ao nível de 10% de probabilidade (p<0,10); ** significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05); *** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01).

Apêndice 6. Tabela de análise de variância para condutividade hidráulica saturada, infiltração acumulada e VIB nas três camadas avaliadas em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹).

Condutividade Hidráulica					
Profundidade (cm)	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
0-5	Blocos	3	6778534,83329	2259511,61110	2,1715 ^{ns}
	Tratamentos	3	2715071,50466	905023,83489	0,8698 ^{ns}
	Resíduo	9	9364826,46994	1040536,27444	
	CV (%)		97,11404		
5-10	Blocos	3	251918,39094	83972,79698	1,1603 ^{ns}
	Tratamentos	3	208464,76019	69488,25340	0,9602 ^{ns}
	Resíduo	9	651321,66166	72369,07352	
	CV (%)		232,97733		
10-20	Blocos	3	1805,10005	601,70002	1,2453 ^{ns}
	Tratamentos	3	2393,51028	797,83676	1,6512 ^{ns}
	Resíduo	9	4348,73096	483,19233	
	CV (%)		64,62087		
Infiltração Acumulada					
	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
	Blocos	3	273917,28418	91305,76139	1,6276 ^{ns}
	Tratamentos	3	2057032,92480	685677,64160	12,2228 [*]
	Resíduo	9	504882,43066	56098,04785	
	CV (%)		30,75946		
VIB					
	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
	Blocos	3	43826,76547	14608,92182	1,6276 ^{ns}
	Tratamentos	3	329125,26797	109708,42266	12,2228 [*]
	Resíduo	9	80781,18891	8975,68766	
	CV (%)		30,75946		

ns: não significativo; * significativo ao nível de 10% de probabilidade (p<0,10); ** significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05); *** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01).

Apêndice 7. Dados originais das avaliações de densidade, macro e microporosidade, DMPu, IEA, Condutividade hidráulica e VIB nas três camadas avaliadas em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹).

Camada 0-5 cm de Profundidade								
Dose	Bloco/Repetição	Densidade	Macroporosidade	microporosidade	DMPu	IEA	Condutividade Hidráulica	VIB*
0	1	1,04	0,16	0,45	2,52	0,83	286,04	38,31
	2	0,82	0,32	0,37	2,65	0,81	1604,42	11,67
	3	1,03	0,18	0,43	2,24	0,76	401,16	27,51
	4	1,00	0,19	0,43	2,29	0,75	183,57	33,65
60	1	0,79	0,35	0,36	2,47	0,80	3529,05	146,43
	2	0,91	0,22	0,44	2,23	0,78	903,45	36,95
	3	0,86	0,27	0,40	2,52	0,81	1567,67	241,77
	4	0,99	0,15	0,48	2,35	0,84	33,98	99,07
120	1	0,92	0,24	0,41	2,44	0,84	1777,68	242,14
	2	0,85	0,29	0,39	2,91	0,72	1173,91	79,06
	3	0,93	0,23	0,42	2,65	0,81	1732,74	445,52
	4	1,05	0,09	0,51	2,38	0,79	56,74	110,60
180	1	0,88	0,28	0,39	2,27	0,77	1979,98	175,66
	2	1,08	0,11	0,48	2,99	0,79	113,91	412,88
	3	0,83	0,26	0,43	2,79	0,83	1648,95	300,33
	4	0,91	0,17	0,49	2,75	0,85	104,30	358,00

* A avaliação da VIB foi realizada a campo sem a estratificação em camadas. Os dados da VIB apresentados se referem à média das duplicatas por parcela e ao perfil do solo como um todo.

Camada 5-10 cm de Profundidade							
Dose	Bloco/Repetição	Densidade	Macroporosidade	microporosidade	DMPu	IEA	Condutividade Hidráulica
0	1	1,19	0,10	0,46	2,76	0,80	72,49
	2	1,07	0,19	0,41	3,02	0,79	327,02
	3	1,13	0,11	0,47	2,58	0,74	34,20
	4	1,15	0,10	0,47	2,92	0,82	9,67
60	1	1,03	0,22	0,40	2,95	0,88	1757,58
	2	1,19	0,06	0,49	2,65	0,78	16,25
	3	1,06	0,14	0,46	2,93	0,80	67,82
	4	1,06	0,11	0,49	2,87	0,82	37,98
120	1	1,10	0,16	0,43	2,76	0,84	410,34
	2	1,11	0,19	0,40	3,07	0,86	331,31
	3	1,14	0,12	0,45	3,03	0,81	209,56
	4	1,19	0,05	0,51	2,92	0,87	6,10
180	1	1,07	0,18	0,42	2,70	0,84	313,32
	2	1,23	0,07	0,46	3,44	0,90	28,65
	3	1,06	0,12	0,48	2,72	0,74	52,06
	4	1,12	0,07	0,51	2,97	0,82	20,44

Camada 10-20 cm de Profundidade							
Dose	Bloco/Repetição	Densidade	Macroporosidade	microporosidade	DMPu	IEA	Condutividade Hidráulica
0	1	1,12	0,13	0,45	2,35	0,73	112,79
	2	1,15	0,12	0,45	3,16	0,86	46,94
	3	1,16	0,11	0,46	2,29	0,76	36,31
	4	1,15	0,09	0,48	2,60	0,81	7,84
60	1	1,07	0,16	0,44	2,41	0,78	217,06
	2	1,18	0,04	0,52	2,25	0,72	8,43
	3	1,12	0,10	0,48	2,62	0,84	13,14
	4	1,17	0,06	0,50	3,54	0,83	5,81
120	1	1,23	0,06	0,48	2,15	0,73	46,05
	2	1,10	0,14	0,45	2,44	0,78	162,93
	3	1,08	0,01	0,59	2,80	0,80	46,14
	4	1,17	0,04	0,53	2,32	0,69	21,19
180	1	1,20	0,07	0,48	2,18	0,77	20,70
	2	1,17	0,06	0,50	2,22	0,77	20,65
	3	1,12	0,08	0,50	2,81	0,86	18,34
	4	1,09	0,09	0,50	2,29	0,75	21,62

Apêndice 8. Dados originais de percentagem das classes de agregados (8-4; 4-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25 e <0,25 mm) nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em função da aplicação de quatro doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹)

Camada 0-5 cm de Profundidade						
Dose	Percentagem de agregados					
	8-4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
0	18,67	21,99	19,56	17,66	9,88	12,25
	25,47	20,19	14,38	15,69	10,08	14,20
	18,89	21,33	17,56	19,49	10,07	12,66
	20,65	17,34	19,84	16,00	11,62	14,54
60	22,41	23,06	17,71	16,53	6,51	13,78
	20,98	23,31	18,06	16,45	8,54	12,66
	23,89	22,21	16,99	17,03	6,03	13,84
	21,19	21,60	17,19	16,71	8,08	15,24
120	22,17	23,05	15,48	18,24	8,68	12,38
	29,84	23,99	16,82	14,75	6,32	8,29
	25,66	22,59	18,52	15,34	8,11	9,78
	23,55	21,33	18,30	19,47	8,78	8,58
180	23,49	21,78	16,40	15,02	10,50	12,82
	34,47	20,04	13,72	10,82	4,63	16,34
	32,55	22,16	13,95	13,20	7,83	10,31
	28,31	21,16	17,75	15,17	6,32	11,29

Camada 5-10 cm de Profundidade						
Dose	Percentagem de agregados					
	8-4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
0	29,60	21,05	12,62	14,65	10,29	11,79
	35,71	20,41	8,60	12,91	4,47	17,90
	23,31	19,83	15,24	12,67	10,17	18,78
	32,87	19,99	12,56	14,57	9,91	10,10
60	33,27	19,96	13,74	14,88	7,90	10,26
	26,14	21,91	13,37	13,11	9,58	15,88
	24,65	25,59	14,96	15,66	9,69	9,44
	32,15	20,53	12,52	11,71	6,45	16,64
120	27,76	23,65	15,30	15,65	7,01	10,63
	34,64	21,09	14,37	13,61	7,83	8,47
	33,79	22,59	12,36	12,97	6,54	11,76
	25,75	23,79	14,85	15,68	7,18	12,74
180	29,54	24,26	17,54	9,54	7,44	11,68
	42,59	19,11	12,93	11,87	6,08	7,43
	29,31	20,53	12,62	13,82	7,79	15,93
	33,26	21,12	13,54	12,48	8,39	11,21

Camada 10-20 cm de Profundidade						
Dose	Percentagem de agregados					
	8-4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
0	19,09	20,30	13,57	17,56	13,82	15,66
	33,08	21,48	11,53	12,68	9,65	11,59
	13,43	22,67	16,95	17,56	13,29	16,10
	24,75	19,78	13,87	15,53	10,03	16,04
60	24,61	18,44	13,95	14,44	10,12	18,45
	17,63	22,12	19,52	22,58	16,86	1,29
	26,28	22,43	13,83	13,63	10,40	13,44
	44,81	20,39	9,74	8,20	6,10	10,76
120	18,51	19,84	15,68	18,99	12,06	14,92
	24,85	18,39	15,11	14,54	9,81	17,31
	25,70	22,08	13,83	15,83	6,14	16,41
	23,14	17,68	14,32	17,47	10,06	17,32
180	20,21	18,95	13,21	18,64	11,29	17,70
	22,83	20,80	14,98	15,65	10,12	15,61
	30,91	20,71	12,19	13,82	9,15	13,22
	20,30	22,78	14,68	15,99	6,97	19,27

