

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**METODOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AVALIAÇÃO DA
ESTRUTURA DO SOLO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS
DE PRODUÇÃO**

Patrícia Helena Junqueira

Aquidauana – MS

Outubro/2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**METODOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AVALIAÇÃO DA
ESTRUTURA DO SOLO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS
DE PRODUÇÃO**

Patrícia Helena Junqueira

Orientador: **Prof. Dr. Júlio César Salton**

Co-orientadora: **Prof.^a Dr.^a Michely Tomazi**

“Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal) ”.

Aquidauana - MS

Outubro/2019

J94m Junqueira, Patrícia Helena

Metodologias alternativas para avaliação da estrutura do solo em sistemas agropecuários de produção/ Patrícia Helena Junqueira. – Aquidauana, MS: UEMS, 2019.

53f.

Dissertação (Mestrado) – Agronomia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Salton.

1. Ultrassom 2. DRES 3. Integração lavoura-pecuária I. Salton, Júlio César II. Título

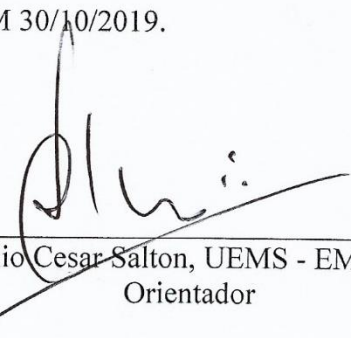
CDD 23. ed. - 631.4

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

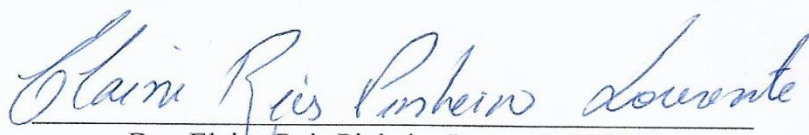
PATRÍCIA HELENA JUNQUEIRA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

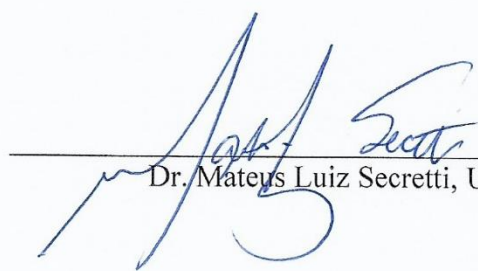
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 30/10/2019.



Dr. Julio Cesar Salton, UEMS - EMBRAPA
Orientador



Dra. Elaine Reis Pinheiro Lourente, UFGD



Dr. Mateus Luiz Secretti, UNIGRAN

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho”.

Dalai Lama.

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus.

Aos meus pais Carlos Eduardo Junqueira e Sylvia Helena Campos de Freitas
Junqueira e toda a família que sempre me apoiou.

Ao meu orientador Dr. Júlio Cesar Salton e a minha Co-orientadora Dr.^a Michely
Tomazi pelos ensinamentos, sugestões, dedicação, e, sobretudo, pela paciência e compreensão
em todos os momentos.

A Embrapa, UEMS e Capes pela oportunidade, aprendizado, experiência e apoio
financeiro pelo qual foi possível a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por me conceder realizar mais um sonho em minha vida. Agradeço aos meus pais, Sylvia e Eduardo, por todo amor, carinho, atenção e suporte durante todo esse período e a toda minha família que sempre me incentivou a correr atrás dos meus sonhos. Aos meus irmãos, Henrique e Júnior, que tanto torceram por mim e por compreenderem meus momentos de ausência, assim como toda a família. Ao meu orientador, Dr Júlio Cesar Salton, por me mostrar que para tudo devemos ter paciência, palavra ainda tão desconhecida por mim, mas que passou a fazer parte da minha vida. Grata pelos conselhos, incentivo, confiança, empenho, conhecimentos repassados e, principalmente, por me conceder a oportunidade de concluir essa etapa, diante de tantos momentos de dificuldade. Agradeço a minha co-orientadora, Dr^a Michely Tomazi, pela oportunidade, amizade, conselhos, aprendizados e por todo auxílio na execução deste trabalho. À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo, a qual permitiu que eu realizasse este trabalho. Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UEMS por contribuírem para enriquecer os meus conhecimentos. À Embrapa Agropecuária Oeste pela estrutura, espaço e materiais necessários. A todos os funcionários da Embrapa envolvidos, saibam, vocês foram essenciais para a execução deste trabalho: do campo, de laboratório e de processamento de amostras e estagiários. Gostaria de fazer um agradecimento especial para Laécio, Marinho, Hermes, Mauro Jr., Gabriel, Ilson Soares (Sabão), Willian Marra, Vladimir, Edson, Isa e Marcelo. Aos professores Dr. Éder Comunello e Dr^a Elaine Lourente por participarem da qualificação e pelas correções, sugestões e conselhos. Aos amigos de Pós-graduação e os conquistados na cidade de Aquidauana, os quais carregarei sempre comigo: Stephany Santos, Yuri Cáceres, Elen Cáceres, Thiara Tezolin, Mayara Simões e Gabriele Mendonça. Aos amigos de Pós-graduação da cidade de Dourados e aos do dia a dia: Antonio Carvalho, Thays Torquato, Lenise Castilho e Roseline por toda força, ajuda e incentivo em todos os momentos. Foram tantas pessoas que direta ou indiretamente me ajudaram e participaram que, para citar todos os nomes, o rol seria longo, poderia ser injusta, esquecer alguém, mas todos serão lembrados com muito carinho. GRATIDÃO!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	09
ABSTRACT	10
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	11
1.1. SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE PRODUÇÃO.....	11
1.2. RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO SOLO.....	13
1.3. QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO.....	15
1.4. ESTABILIDADE DE AGREGADOS.....	16
1.5. TEXTURA DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A AGREGAÇÃO.....	17
1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
CAPÍTULO 2 - MÉTODOS ALTERNATIVOS DE AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
2.1. INTRODUÇÃO.....	22
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.2.1 - MÉTODO DRES (DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO.....	28
2.2.2 - MÉTODO TRADICIONAL.....	30
2.2.3 - MÉTODO DO ULTRASSOM.....	31
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
2.4. CONCLUSÕES	41
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO EM RELAÇÃO A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO	44
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
3.1. INTRODUÇÃO.....	46
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.4. CONCLUSÕES.....	51
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Imagem aérea da área dos sistemas de manejo dispostos em faixas e a classificação do tipo de solo – Google maps25
- Figura 2.** Histórico da implantação dos sistemas de manejo. Legenda: S – Soja, T – Trigo, A – Aveia, E – Eucalipto, M – Milho, X – *Brachiaria brizantha* (cv Xaraés), Br – *Brachiaria ruziziensis*.....27
- Figura 3.** Procedimento de abertura das minitrincheiras e coleta das amostras de solo em blocos.....27
- Figura 4.** DRES - Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo: Exemplo de amostra contendo mais de uma camada. Tratamento: Sistema de Plantio Convencional.....29
- Figura 5.** Correlação entre a metodologia DRES e Tradicional nas duas camadas estudadas, 0-10 e 10-20 cm analisando-se o DMPu – Diâmetro Médio Ponderado úmido e o IEA – Índice de Estabilidade de Agregados em relação a Nota nos diferentes sistemas de manejo.....38
- Figura 6.** Correlação entre a metodologia Tradicional e Ultrassom nas duas camadas estudadas, 0-10 e 10-20 cm analisando-se o DMPu – Diâmetro Médio Ponderado úmido em relação a DMPg - Diâmetro Médio Ponderado grande, DMPm - Diâmetro Médio Ponderado médio, DMPp - Diâmetro Médio Ponderado pequeno nos diferentes sistemas de manejo.....40
- Figura 7.** Correlação entre a metodologia Tradicional e Ultrassom nas duas camadas estudadas, 0-10 e 10-20 cm analisando-se o IEA – Índice de Estabilidade de Agregados em relação a IEAg – Índice de Estabilidade de Agregados grande, IEAm – Índice de Estabilidade de Agregados médio e IEAp – Índice de Estabilidade de Agregados pequeno nos diferentes sistemas de manejo.....41
- Figura 8.** Imagem aérea da área dos sistemas de manejo dispostos em faixas e os pontos onde as amostras foram coletadas – Google maps.....47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tipo de solo e Classificação Textural da área experimental.....	25
Tabela 2. Valores médios para Diâmetro Médio Ponderado (DMP) por via seca (DMPs), via úmida (DMPu) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), obtido através da Metodologia Tradicional para sistemas de manejo e camadas estudadas, em Ponta Porã – MS, 2018.....	34
Tabela 3. Valores médios do Diâmetro Médio Ponderado inicial (DMPi) e Diâmetro Médio Ponderado final (DMPf) obtido através da metodologia Ultrassom para os sistemas de manejo e camadas estudadas, considerando três classes de tamanho de macroagregados via úmida (DMPu) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) em Ponta Porã – MS, 2018.....	35
Tabela 4. Valores médios das notas atribuídas pelo Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES) para os sistemas de manejo e camadas estudados em Ponta Porã – MS, 2018.....	36
Tabela 5. Correlação simples entre variáveis encontradas na camada 0 a 10 cm, sendo: Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES); Diâmetro Médio Ponderado úmido (DMPu); Índice de estabilidade de agregados (IEA); Diâmetro Médio Ponderado grande (DMPg); Índice de estabilidade de agregados grande (IEAg); Diâmetro Médio Ponderado médio (DMPm); Índice de estabilidade de agregados médio (IEAm); Diâmetro Médio Ponderado pequeno (DMPp); Índice de estabilidade de agregados pequeno (IEAp).....	37
Tabela 6. Correlação simples entre variáveis encontradas na camada 10 a 20 cm, sendo: Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES); Diâmetro Médio Ponderado úmido (DMPu); Índice de estabilidade de agregados (IEA); Diâmetro Médio Ponderado grande (DMPg); Índice de estabilidade de agregados grande (IEAg); Diâmetro Médio Ponderado médio (DMPm); Índice de estabilidade de agregados médio (IEAm); Diâmetro Médio Ponderado pequeno (DMPp); Índice de estabilidade de agregados pequeno (IEAp).....	39

Tabela 7. Valores médios dos teores de Matéria Orgânica do Solo (MOS) nos sistemas de manejo e camadas estudadas em Ponta Porã – MS, 2018.....49

Tabela 8. Valores médios para Diâmetro Médio Ponderado (DMP) por via seca (DMPs), via úmida (DMPu) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), obtido através da Metodologia Tradicional para sistemas de manejo e camadas estudadas, em Ponta Porã – MS, 2018.....51

METODOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS DE PRODUÇÃO

RESUMO: A avaliação da estabilidade de agregados e de outras variáveis como densidade do solo, porosidade (macro, micro e porosidade total), infiltração e retenção de água, considerando a textura do solo, indicam o estado da sua atual estrutura. Esse tipo de avaliação é muito importante e utilizado para avaliar a estrutura de um solo quando submetido a diferentes sistemas de manejo. Diante do exposto, a pesquisa teve como objetivo analisar a viabilidade de novas metodologias para avaliar a estabilidade de agregados em comparação com a metodologia tradicional e a influência dos sistemas de manejo na estrutura e agregação do solo. As coletas de amostras e avaliações de campo foram realizadas no ano de 2018 em um experimento de longa duração, implantado no ano de 2009, em área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste no município de Ponta Porã, MS. Foram utilizados oito sistemas de manejo do solo dispostos em faixas com 6 repetições. Para relacionar-se com a metodologia tradicional, onde utilizando o Diâmetro Médio Ponderado úmido obtido no peneiramento em água e o Diâmetro Médio Ponderado seco obtido no peneiramento seco calcula-se o Índice de Estabilidade dos Agregados que indica a capacidade dos mesmos de resistirem à energia de desagregação, utilizou-se o método Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo e a metodologia utilizando o equipamento do Ultrassom. Quando se trata dos macroagregados pequenos não houve diferença significativa quanto a agregação e nem forte correlação devido à maior estabilidade dos mesmos o que é confirmado pelo Teoria da Hierarquia. O método do Ultrassom foi mais eficiente (sensível) para avaliar diferenças entre os sistemas de manejo nos agregados grandes e médios. O uso do método do DRES é viável. O SPC apresentou menor IEA o que demonstra que promove degradação do solo visto que há revolvimento do solo e o material orgânico fica exposto além da falta de cobertura deixando - o susceptível a processos de erosão. Sistemas conservacionistas como Integração Lavoura Pecuária devem ser empregados pois mantém o aporte vegetal e devido o sistema radicular das pastagens mantém uma boa agregação e estruturação do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Ultrassom, DRES, Integração Lavoura-Pecuária.

AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEMS AND ALTERNATIVE METHODOLOGIES FOR SOIL STRUCTURE ASSESSMENT

ABSTRACT: The evaluation of aggregate stability and other variables such as soil density, porosity (macro, micro and total porosity), water infiltration and retention, considering soil texture, indicate the state of its current structure. This type of evaluation is very important and is used to evaluate the structure of a soil when subjected to different management systems. Given the above, the research aimed to analyze the viability of new methodologies to evaluate the stability of aggregates in comparison with the traditional methodology and the influence of management systems on soil structure and aggregation. Sampling and field evaluations were carried out in 2018 in a long-term experiment, implemented in 2009, in an experimental area of Embrapa Agropecuária Oeste in Ponta Porã, MS. Eight soil management systems were used, arranged in bands with 6 repetitions. To relate to the traditional methodology, where using the Wet Weighted Average Diameter obtained in water sieving and the Dry Weighted Average Diameter obtained in dry sieving, we calculate the Aggregate Stability Index which indicates their ability to resist energy. For breakdown, the Rapid Diagnosis of Soil Structure method and the methodology using the Ultrasound equipment were used. When it comes to small macroaggregates, there was no significant difference in aggregation and no strong correlation due to their greater stability, which is confirmed by the Hierarchy Theory. The ultrasound method was more efficient (sensitive) to evaluate differences between management systems in large and medium aggregates. The use of the DRES method is feasible. The SPC presented lower IEA which demonstrates that it promotes soil degradation since there is soil tillage and the organic material is exposed beyond the lack of cover leaving it susceptible to erosion processes. Conservation systems such as Livestock Farming Integration should be employed because it maintains the plant input and due to the root system of the pastures maintains a good aggregation and soil structure.

KEY WORDS: Ultrasound, DRES, Crop-Livestock Integration.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE PRODUÇÃO

Temas como exploração racional, exploração ambientalmente correta, sustentabilidade da produção e mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) são atuais e cada vez mais discutidos no desenvolvimento agropecuário do Brasil. O País tem experimentado um grande desenvolvimento tecnológico e produtivo no agronegócio, ampliando suas exportações e a renda dos produtores. Dois grandes aspectos chamam a atenção quando se discute sustentabilidade da produção agrícola: o uso do solo com a agricultura tradicional com preparo contínuo do solo e a degradação das pastagens (MACEDO, 2009).

Com o aumento da demanda por alimentos e a evolução tecnológica na produção, a atividade agrícola moderna passou a se caracterizar por sistemas padronizados e simplificados de monocultura. Além disso, com a expansão da fronteira agrícola, com o manejo mecanizado do solo e o uso de defensivos e da irrigação, as atividades agrícolas pecuárias e florestais passaram a ser realizadas de maneira intensificada, independente e dissociada. Esse modelo da produção agropecuária predomina nas propriedades rurais em todo o mundo; entretanto, tem mostrado sinais de saturação, em virtude da elevada demanda por energia e por recursos naturais (BALBINO et al., 2011).

É importante utilizar-se de práticas conservacionistas que minimizem os efeitos das principais etapas dos processos erosivos, da desagregação e do transporte das partículas através do escoamento superficial e que conciliem com a exploração econômica, maximizando o lucro e otimizando o uso do solo, com a preservação do meio ambiente e conservação dos recursos naturais do solo e da água (PRADO, 2014).

Atualmente houve um aumento na adoção de sistemas integrados de produção agropecuária, como o Sistema Integração Lavoura Pecuária (SILP) e o Sistema Integração Lavoura Pecuária Floresta (SILPF). A utilização de sistemas como o Sistema de Plantio Direto (SPD) é conhecida pelo potencial conservacionista.

Entretanto, os Sistemas de ILP apresentam ainda alguns questionamentos, principalmente quando relacionado à influência do pastejo animal (SILVA, 2016).

Na utilização do Sistema de Plantio Direto (SPD), o revolvimento do solo é dispensado, sendo a semeadura realizada sobre os restos da cultura anterior. A palhada protege o solo de processos erosivos, ajuda a manter a umidade, contribui para o controle de plantas daninhas e para manutenção e melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos, além de influenciar no aumento do teor de matéria orgânica do solo (STONE et al., 2012).

No Sistema de Integração Lavoura Pecuária (SILP) é introduzido na mesma área práticas agrícolas e pecuárias, seja em cultivos consorciados, em sucessão ou rotação, com a finalidade de produção de grãos, leite, fibras, carne, madeira e agro energia. Trata-se de um sistema eficaz para recuperação de áreas degradadas, que busca a manutenção e recuperação dos recursos do solo e da água, ou seja, é a diversificação e rotação das atividades agrícolas e pecuárias dentro da mesma propriedade com benefícios para ambos os sistemas (STONE et al., 2012).

A prática conhecida como sistema de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) consiste no manejo conjunto entre lavouras, criação de bovinos e exploração florestal. A técnica se baseia na integração, sucessão ou rotação dos componentes envolvidos. Dessa forma, o sistema tende a se contrapor aos modelos atuais de monocultura, podendo ampliar os benefícios ambientais e econômicos nas propriedades que o adotam (FLORES et al., 2010).

Atualmente, o conceito de ILPF está sendo ampliado, ultrapassando os limites do sistema agrossilvipastoril e passando a considerar a propriedade como um todo. Deste modo, ao contrário do que muitos escrevem e propagam, a estratégia ILPF indicada pela Embrapa atualmente não se reduz ao uso de sistemas agrossilvipastoris. Estes constituem-se em uma das ferramentas utilizadas, mas existem muitas outras, com destaque para a recuperação e valorização das áreas de preservação permanente, o manejo sustentável das áreas de reserva legal, as inúmeras formas de introdução do componente florestal na propriedade e a silvicultura comercial. Além disso, as espécies arbóreas nativas podem exercer um papel fundamental, contribuindo com projetos redutores da emissão de gases de efeito estufa (carvão vegetal e biocombustíveis, entre outros) por meio de sistemas agroflorestais e plantações florestais comerciais (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2014).

O interesse nesse modelo de exploração apoia-se nos benefícios que podem ser auferidos pelo sinergismo entre os diferentes componentes do sistema. Entre os benefícios da associação entre pastagens, culturas anuais e o componente florestal destacam-se: a) a

melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; b) quebra de ciclo de doenças, redução de insetos-pragas e de plantas daninhas; c) potencial redução de riscos econômicos pela diversificação de atividades; d) redução do custo na recuperação/renovação de pastagens em processo de degradação; e) melhoria na ambiência, influenciando positivamente o desempenho animal, decorrente da presença de árvores adequadamente dispostas em áreas de pastagens; f) a arborização de pastagens, potencialmente, também proporciona: agregação de renda; produtos ambientalmente adequados que melhoram a oportunidade para carne produzida a pasto e diversificação da paisagem; g) aumento na matéria orgânica do solo, determinando maior taxa de infiltração e armazenamento de água no solo e, conseqüentemente, menor perda por escorrimento superficial; h) sequestro de carbono e mitigação das emissões de gases de efeito estufa (VILELA et al., 2012).

1.2 RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO SOLO

A caracterização dos atributos do solo é de extrema importância. É imperativo retratar o diagnóstico atual do solo e verificar se os métodos empregados estão adequados às condições específicas da atividade (AUDEH et al., 2011) e da região, tornando possível um melhor planejamento e execução de práticas de uso e ocupação, que visam minimizar os fatores que levam a degradação do ambiente.

Atualmente são conhecidos e estudados os efeitos isolados de diferentes manejos e uso do solo nos atributos físicos, químicos e biológicos. No entanto, há também a necessidade de avaliar e analisar esses atributos em conjunto, principalmente para verificarmos meios de melhorar o aproveitamento e uso do solo e reduzir o impacto dos sistemas ao ambiente.

De acordo com MIELNICZUK et al., (2003), a crescente expansão da atividade agropecuária na região centro-oeste do Brasil tem levado a questionamentos referentes à qualidade dos sistemas de uso e manejo do solo. Um dos principais atributos do solo relacionados à sua qualidade é a formação de macroagregados estáveis que são responsáveis pela estruturação do solo e outras propriedades relevantes.

De acordo com Doran & Parkin (1994), entre os atributos físicos propostos como indicadores na avaliação da qualidade do solo incluem-se a densidade e a taxa de infiltração de água. Segundo Alves & Cabeda (1999), a infiltração de água é um dos

fenômenos que melhor refletem as condições físicas internas do solo, pois uma boa qualidade estrutural leva a uma distribuição de tamanho de poros favorável ao crescimento de raízes e à capacidade de infiltração de água no solo. Com relação à densidade do solo, quando ocorre a degradação de sua estrutura, o efeito imediato é no seu aumento, acarretando a redução da macroporosidade.

Segundo SECCO et al., (2005) esses atributos físicos do solo, densidade e espaço poroso, podem ser utilizados como indicadores da qualidade física, de acordo com o manejo ao qual o solo está sendo submetido. Uma contínua avaliação, com o tempo, destes atributos físicos do solo torna possível monitorar a eficiência destes sistemas de manejo do solo quando o objetivo é a estabilidade estrutural.

Assim sendo, o preparo do solo interfere na sua estrutura e, conseqüentemente, na capacidade de infiltração de água. No sistema convencional, todo material orgânico da superfície é incorporado deixando a camada superficial de solo desagregada e suscetível ao transporte de sedimentos pelo escoamento, à compactação e à dificuldade de movimentação da água no perfil do solo, além de reduzir e dificultar o crescimento das raízes das plantas (MENDONÇA et al., 2009).

A manutenção da cobertura sobre o solo e seus efeitos no teor de matéria orgânica tem relação direta com a formação de agregados. Como consequência, a estruturação possibilita espaços porosos para desenvolvimento das raízes, da fauna do solo e circulação de ar e água (SALTON et al., 2008).

O manejo inadequado do solo é capaz de alterar os seus atributos físicos, químicos e biológicos. Para que haja preservação desses atributos o preparo convencional, no qual há o revolvimento do solo, deve ser evitado, pois ocorre a quebra dos agregados (raízes e hifas de fungos, húmus e cadeias de polissacarídeos) e a matéria orgânica protegida fica exposta aos processos de decomposição.

Uma forma de minimizar esses impactos é a utilização da rotação de culturas e a manutenção da cobertura morta (palhada) sobre o solo observado no SPD, porém, os sistemas de integração onde há associação da pecuária e florestas junto à lavoura também agregam sustentabilidade aos sistemas agropecuários.

A utilização de sistemas conservacionistas, como o sistema plantio direto, rotação de culturas e a integração lavoura-pecuária são indispensáveis para o desenvolvimento sustentável (COSTA et al., 2015).

A sinergia da interação dos componentes do sistema de integração lavoura-pecuária é sua principal característica de exploração, pois a associação de diferentes cultivos agrícolas e a pecuária em diferentes períodos possibilita a otimização do uso do solo, minimizando os impactos do manejo e garantindo uma produção agropecuária sustentável (MORAES et al., 2014).

1.3 QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO

O conceito de Qualidade Física do Solo (QFS) engloba o conhecimento de propriedades e processos relativos à habilidade do solo em manter efetivamente os serviços ambientais ou serviços ecossistêmicos essenciais à saúde do ecossistema (MEA, 2005), cujo estudo é realizado através de indicadores físicos da qualidade do solo responsáveis pela avaliação da sua estrutura.

A estrutura do solo refere-se ao arranjo das partículas primárias do solo (areia, silte e argila) com outros componentes minerais e orgânicos, constituindo um ambiente dinâmico, cuja alteração determinará um novo comportamento dos processos que nele ocorrem (FERREIRA, 2010). A estrutura é um bom indicador da Qualidade do Solo (QS) devido à sua sensibilidade às práticas de manejo empregadas.

Segundo NEVES et al., (2007), quando o solo é submetido ao processo de produção, os seus atributos físicos sofrem alterações, tornando-se fundamental que esses atributos sejam avaliados após a introdução de atividades de caráter antrópico, pois de acordo com o descrito por BERTOL et al., (2001), essas atividades são capazes de provocar a perda da qualidade estrutural e aumentar a suscetibilidade à erosão e reduzir sua capacidade produtiva.

A avaliação da estabilidade de agregados e de outras variáveis como densidade, porosidade (macro, micro e porosidade total), infiltração e retenção de água, considerando a textura do solo, indicam o estado atual da sua estrutura. Esse tipo de avaliação é muito importante e muito utilizado para mensurar a evolução da estrutura de um solo quando submetido a diferentes sistemas de manejo.

1.4 ESTABILIDADE DE AGREGADOS

A estabilidade de agregados expressa a resistência à desagregação que estes apresentam quando submetidos a forças externas (ação de implementos agrícolas e impacto de gotas de chuva) ou forças internas (compressão de ar, expansão/contração) que tendem a rompê-los. Mais frequentemente medida contra forças aplicadas pela água, a estabilidade é uma medição que tem estreita relação com a habilidade de um solo resistir à erosão. Um dos métodos mais usados para medir a estabilidade aplica forças de desintegração em uma amostra de agregados grandes (4 mm) e mede posteriormente a distribuição do tamanho de agregados resultantes. O tamanho médio e a proporção de tamanho são usados como índice de estabilidade (REINERT & REICHERT, 2016).

O tamanho do agregado e o arranjo do espaço poroso interferem na movimentação de água e de ar no solo, sendo fatores condicionantes do ambiente para o crescimento do sistema radicular (KLEIN, 2014). Segundo KISHOR et al., (2013), o tamanho e a estabilidade de agregados podem ser indicadores dos efeitos do sistema de manejo na estrutura do solo, pois estes podem ser alterados pela mobilização através de implementos e atividades agrícolas que aumentam a decomposição da matéria orgânica.

O crescimento das raízes e o movimento interno de água, ar e calor são fenômenos influenciados pela agregação do solo, sendo que, quanto maior o tamanho e a estabilidade dos agregados, maiores serão os poros do solo, o que corresponde a uma menor resistência à penetração, maior movimento de água, ar e calor e menores valores de densidade do solo, gerando assim condições ideais para o desenvolvimento de plantas. A alteração da organização dos agregados do solo afeta o crescimento radicular das plantas. Para que haja otimização de produtividade de culturas é necessário atenção e manutenção do bom estado de agregação, estabilidade e, conseqüentemente, boa estruturação do solo (OLIVEIRA et al., 2013). PERUSI (2005) afirma que os diferentes sistemas de uso e manejo do solo influenciam a formação e estabilidade dos seus agregados.

1.5 TEXTURA DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A AGREGAÇÃO

A Matéria Orgânica do Solo (MOS) tem sido utilizada como indicador da sua qualidade devido à sua sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de uso e manejo do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005). Por este motivo, avaliações dos teores de Carbono Orgânico Total (COT) têm sido consideradas suficientes para entender a dinâmica da MOS em sistemas de exploração agrícola. Uma alternativa de incrementar a sensibilidade e a precisão durante a avaliação de diferentes sistemas de manejo consiste na avaliação de frações da MOS, como a Particulada (MOP) (BAYER et al., 2004).

A dinâmica da matéria orgânica no solo sofre influência do clima e de atributos do solo como a textura, além de outros fatores. Partículas de argila aumentam a estabilidade dos substratos orgânicos e a biossíntese microbiana, de forma que em solos mais argilosos há maior proteção da matéria orgânica pela formação de complexos organo-minerais, o que resulta em acúmulo da matéria orgânica com o aumento do teor de argila.

A textura do solo afeta a estabilidade e a formação de agregados, solos com maior teor de argila favorecem a agregação. Segundo VEZZANI & MIELNICZUK (2011), a maior presença de argila contribui para aumentar a aproximação das partículas do solo. Por outro lado, horizontes arenosos dificultam a proteção física da matéria orgânica, dificultando a formação de agregados (SANTOS et al., 2011).

Em áreas com textura arenosa a formação de palhada é fundamental para proteger o solo de erosão, reduzir a velocidade de infiltração e a evaporação de água, além de reduzir a elevação da temperatura do solo. O aporte de resíduos orgânicos sobre o solo, a médio e longo prazos, pode aumentar o teor de matéria orgânica, implicando em maior capacidade de retenção de água e nutrientes.

Diante desse contexto, a adoção de práticas conservacionistas, como o sistema de plantio direto e integração lavoura pecuária, é de fundamental importância. Deve-se evitar ao máximo o revolvimento e o tráfego de máquinas e equipamentos para minimizar os riscos de erosão e danos à estrutura do solo e o manter sempre sob cobertura vegetal, com plantas de elevado potencial de produção de matéria seca, como o milho e a braquiária (SANTOS & FILHO, 2019).

1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

AUDEH, S.J.S.; LIMA, A. C. R.; CARDOSO, I.M.; CASALINHO, H.; JUCKSCH, I.J. Qualidade do solo: uma visão etnopedológica em propriedades agrícolas familiares produtores de fumo orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.6, p.34-48, 2011.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011.130p.

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** v.39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 555-560, 2001.

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**, v. 29, p. 777–788, 2005.

COSTA NR, ANDREOTTI, M, LOPES, KSM, YOKOBATAKE, KL, FERREIRA, JP, PARIZ, CM, BONINI, CSB, LONGHINI, VZ. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Rev Bras Cienc Solo**, v. 39, p. 852-63, 2015.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F. & Stewart, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. **Madison, ASA, CCSA, SSSA**, 1994. p.3-21 (SSSA Spec. Publ., 35).

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: Lier, Q. J. van (ed.). Física do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2010. p.1-27.

FLORES, C. A.; RIBASKI, J.; MATTE, V. L. **Sistema agrossilvipastoril na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul**. 2010.

KISHOR, P.; GHOSH, A.K.; CLARAMMA, P.V. Influence of Tillage on Soil Physical Environment. **International Journal of Agronomy and Plant Production**. 4 (10): 2592-2597, 2013.

KLEIN, V. A. Física do Solo. 3. ed. **Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo**, 2014. 263 p.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura pecuária: O estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and human well-being: **Synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 137p.

MENDONÇA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F.; FRANCA, R. M.; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.1 89-98, 2009.

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

MORAES, A.; CARVALHO, P.C de F.; ANGHINONI, S. B. C. L.; COSTA, S. E. V.G de A. C.; KUNRATH, T.R. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v. 57, p. 4-9, 2014.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. S. Atributos indicadores da qualidade do solo em Sistemas Agrossilvipastoril no Noroeste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 74, p. 45-53, 2007.

OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; ROSSETTI, K. V.; FERRAUDO, A. S.; FRANCO, H. B. J.; PEREIRA, F. S.; BÁRBARO JÚNIOR, L. S. Qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho submetido à compactação. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:604-612, 2013.

PERUSI, M.C. **Discriminação de Argissolos e avaliação da estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo**. Tese (Doutorado Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2005. 113 f.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. A integração lavoura-pecuária-floresta. **Opiniões**, v. 11, n. 35, p. 38, mar/maio 2014.

PRADO, L.N. **Incentivos financeiros para implementação de práticas conservacionistas do solo na bacia do rio Canoinhas, Santa Catarina**. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. 2014.

REINERT, J.D; REICHERT, J.M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria – Centro de ciências rurais. Santa Maria, 2016.

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 em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.32, p.11-21, 2008.

SANTOS, F. dos S.; FILHO, M. R de A. Importância da matéria orgânica e cobertura vegetal para os solos arenosos do Cerrado. **Revista Cultivar**. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/importancia-da-materia-organica-e-cobertura-vegetal-para-os-solos-arenosos-do-cerrado>>. Acesso em: 09 out. 2019.

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

SECCO, D.; DA ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.29, n.3, p. 407-414, 2005.

SILVA, E. C. **Propriedades físicas e infiltração de água no solo em diferentes tipos de manejo em condições de Cerrado**. 2016. 42p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da.; MOREIRA, J. A. A.; Efeitos do sistema plantio direto no uso da água pelas culturas e no manejo da irrigação. **Comunicado Técnico – Embrapa**, Santo Antonio de Goiás, n. 207, jul. 2012.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L. Integração Lavoura-PecuáriaFloresta: alternativa para intensificação do uso. **Revista UFG**, ano XIII, n. 13, p. 92-99, 2012.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **R Bras Ci Solo**, v.35, p.213-223, 2011.

CAPÍTULO 2 – MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS

RESUMO: A estabilidade de agregados é uma importante variável para avaliação do efeito do manejo do solo. Sistemas conservacionistas de produção agropecuária visam produtividades sustentáveis que incluem a manutenção da qualidade estrutural do solo. Por isso, torna-se necessário o estudo de métodos eficientes que avaliem essa qualidade estrutural e a eficiência do sistema de uso e manejo. O objetivo foi avaliar a viabilidade de métodos alternativos para determinação da estabilidade de agregados em relação a metodologia tradicional. As coletas das amostras e avaliações de campo foram realizadas no ano de 2018 em um experimento de longa duração, implantado no ano de 2009 em área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste ocupando área de 16 ha, onde se encontra predominantemente Latossolo Vermelho Distroférrico típico (LVdf3) de textura argilosa (média de 45% de argila), no município de Ponta Porã, MS. Foram utilizados oito sistemas de manejo dispostos em faixas, sendo eles: Sistema de Plantio Direto, Sistema de Preparo Convencional, Floresta de Eucalipto, Integração Lavoura-Pecuária com e sem Floresta, na fase Pastagem, Integração Lavoura-Pecuária com e sem Floresta, na fase Lavoura e Pastagem Permanente. Em cada sistema foram realizadas coletas de solo com 6 repetições. Para relacionar-se com a metodologia tradicional, Diâmetro Médio Ponderado úmido obtido no peneiramento em água e o Diâmetro Médio Ponderado seco obtido no peneiramento seco é utilizado para o cálculo do Índice de Estabilidade dos Agregados, utilizou-se o método Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo e a metodologia do Ultrassom. DRES e Ultrassom apresentam vantagens como maior agilidade e praticidade, sendo, portanto, metodologias viáveis para análises rotineiras de laboratórios de solos e prática de campo. Quando se trata dos macroagregados pequenos não houve diferença significativa quanto a agregação e nem forte correlação devido à maior estabilidade dos mesmos o que é confirmado pelo Teoria da Hierarquia. O método do Ultrassom foi mais eficiente (sensível) para avaliar diferenças entre os sistemas de manejo nos agregados grandes e médios. O uso do método do DRES é viável.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologia Tradicional, Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo, Ultrassom.

CHAPTER 2 - METHODS FOR EVALUATING SOIL STRUCTURE IN AGRICULTURAL SYSTEMS

ABSTRACT: Aggregate stability is an important variable to evaluate the effect of soil management. Conservationist systems of agricultural production aim at sustainable yields that include the maintenance of structural soil quality. Therefore, it is necessary to study efficient methods that evaluate this structural quality and the efficiency of the use and management system. The objective was to evaluate the viability of alternative methods to determine the stability of aggregates in relation to the traditional methodology. Sample collection and field evaluations were carried out in 2018 in a long-term experiment, implemented in 2009 in an experimental area of Embrapa Agropecuária Oeste, occupying an area of 16 ha of that has predominantly Dystroferric Red oxisol typical of clay texture (average of 45% of clay), in the municipality of Ponta Porã, MS. Eight management systems were used, which were: No-Tillage System, Conventional Tillage System, Eucalyptus Forest, Crop-Livestock Integration with and without Forest, in the Pasture phase, Crop-Livestock Integration with and without Forest, in the Crop and Permanent Pasture phase. In each system soil samples were collected with 6 repetitions. In order to relate to the traditional methodology, Wet Weighted Average Diameter obtained in water sieving and Dry Weighted Average Diameter obtained in dry sieving is used to calculate the Aggregate Stability Index, the Rapid Structure Diagnostic Method Solo was used and the ultrasound methodology. DRES and Ultrasound have advantages such as greater agility and practicality, and are therefore viable methodologies for routine analysis of soil laboratories and field practice. When it comes to small macroaggregates, there was no significant difference in aggregation and no strong correlation due to their greater stability, which is confirmed by the Hierarchy Theory. The ultrasound method was more efficient (sensitive) to evaluate differences between management systems in large and medium aggregates. The use of the DRES method is feasible.

KEY WORDS: Traditional Methodology, Rapid Diagnosis of Soil Structure, Ultrasound.

2.1. INTRODUÇÃO

A qualidade do solo é considerada um dos fatores-chave para alcançar a sustentabilidade de um sistema de produção. Diante disso, torna-se importante estudar o efeito que o uso, o manejo e o tempo de utilização do solo promove em seus atributos (WENDLING et al., 2005).

Das práticas de manejo, o preparo do solo talvez seja o que mais influencia os atributos indicadores da qualidade física do solo, pois relaciona-se diretamente com sua estrutura (HAMZA & ANDERSON, 2005). A estabilidade de agregados constitui-se de um importante variável para avaliação do efeito do manejo na agregação do solo.

O revolvimento do solo reduz a Matéria Orgânica e esta tem efeito determinante na estruturação e agregação do solo pois atua como agente cimentante.

Dentre os atributos do solo que podem ser utilizados para avaliar o efeito dos sistemas de uso sobre sua qualidade, podemos destacá-la. Pode ser definida como a soma de todas as substâncias orgânicas, composta por uma mescla de resíduos animais e vegetais, em diversos estágios de decomposição (SILVA & MENDONÇA, 2007).

O uso de diferentes sistemas de produção pode sujeitar o solo a um novo estado de equilíbrio, afetando seus atributos, podendo estes serem favoráveis ou desfavoráveis em termos de conservação. A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada por indicadores, sendo estes subdivididos em físicos, químicos, biológicos e visuais (BRITO et al., 2015).

Não há, em face das limitações envolvidas, metodologia analítica quantitativa que seja totalmente aceitável para avaliar a estrutura do solo. Os métodos existentes determinam de forma indireta os efeitos das alterações na estrutura do solo, mas não a caracterizam propriamente. Portanto, habituou-se a avaliar e analisar os efeitos das alterações estruturais do solo promovidas pelas práticas agrícolas. Isto traz uma dificuldade suplementar para a compreensão da relação de causa e efeito quanto ao manejo do solo e torna as análises quantitativas simplistas ou até impróprias para representar as relações solo-planta-atmosfera induzidas por esse importante atributo do solo (RALISCH et al., 2017).

Os métodos tradicionais para a avaliação das propriedades e da qualidade do solo exigem conhecimentos metodológicos, infraestrutura de recursos (equipamentos e laboratórios) e considerável tempo e dinheiro (GUIMARÃES et al., 2011). Por

consequente, promover a construção de um método para avaliar a qualidade estrutural do solo, que seja viável, rápido e sensível às alterações induzidas pelo manejo, é uma necessidade premente, de grande utilidade no âmbito científico e na qualificação da gestão do solo na propriedade rural (RALISCH et al., 2017).

Estes modelos tradicionais foram inicialmente propostos por YODER (1936). No entanto, surgiram modificações a partir desse modelo, como de KEMPER & CHEPIL (1965); OLIVEIRA et al. (1983); KEMPER & ROSENAU (1986); POJASOK & KAY (1990); CARPENEDO & MIELNICZUK (1990); SILVA & MIELNICZUK (1997a) e (SALTON et al., 2012).

Inicialmente o método tradicional utilizado apresentava limitações, pois considerava somente uma determinada classe de agregados. Na separação das classes eram utilizados apenas agregados de tamanho entre 4,75 e 2,00 mm de diâmetro. Os agregados que não se encontravam nesse intervalo eram descartados, tornando restrita a mensuração das demais classes. Os resultados eram expressos em Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e a porcentagem de agregados estáveis que resistiram ao processo de peneiramento.

Modificações mais recentes propostas por SALTON et al., (2012) usam como base o método descrito por KEMPER & CHEPIL (1965) com alterações propostas por CARPENEDO & MIELNICZUK (1990) e por SILVA & MIELNICZUK (1997a), que consideram amostra integral, todas as classes de agregados o que torna o método muito mais representativo. O mesmo consiste na separação dos agregados em classes de tamanho pela desagregação e peneiramento em meio seco e em água, considerando o DMP determinado a seco, o DMP determinado em água e o Índice de Estabilidade de Agregados (IEA). A diferença está na consideração de todos os agregados de tamanho menor que $< 9,52$ mm de diâmetro, o que permite a avaliação de todas as partes do solo e melhor representa a influência do manejo. Um quarteador é utilizado de forma a permitir operações repetidas, obtendo uma sub-amostra homogênea, tornando este método o mais representativo possível.

Métodos para avaliação da estrutura do solo como os visuais podem ser realizados em campo, sendo mais simples, rápidos e de baixo custo, além de poderem ser realizados por produtores rurais, pela comunidade acadêmica, por consultores e por laboratórios de análise de solos (comunidade científica). Porém, existem questionamentos sobre a subjetividade do método, visto que a manipulação e fragmentação das amostras

dos agregados sofre influência do operador na atribuição das notas (BALL et al., 2007). Requer um treinamento mínimo para que haja comparabilidade e confiabilidade nas informações obtidas e é importante ter habilidade para considerar diferenças entre classes de solos para observar as variações das características da estrutura do solo em função da textura no procedimento de manipulação das amostras.

Um método que tem sido importante e utilizado em campo é o DRES (Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo), foi desenvolvido com o intuito de ser de fácil aplicabilidade e possibilitar o monitoramento e a comparação de áreas com diferentes situações de manejo, bem como verificar os efeitos deste uso e manejo na construção ou degradação da estrutura do solo (RALISCH et al., 2017). Entretanto, como se trata de um método relativamente novo existem poucos estudos que correlacionam sua eficiência com metodologias desenvolvidas em laboratórios.

NORTH (1976) foi o primeiro a propor uma metodologia para quantificar a energia gasta na dispersão de agregados por meio do Ultrassom (sonificação). Posteriormente, CHRISTENSEN (1985) relacionou a energia emitida pelo equipamento por unidade de volume de suspensão solo-água, sendo esse critério adotado em diversos trabalhos. Uma vantagem que esse método oferece em relação aos métodos tradicionais está na sua praticidade e por permitir o conhecimento da energia necessária para desagregar o solo, o que possibilita avaliar com mais propriedade a qualidade do sistema de manejo empregado.

Diante disso, o objetivo foi relacionar a viabilidade de novos métodos para determinação da estabilidade de agregados com a metodologia tradicional.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

As coletas de amostras e avaliações de campo foram realizadas no ano de 2018 em um experimento de longa duração, implantado no ano de 2009, em área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste (22°32'56"S 55°38'56"W), com altitude de 680 metros ocupando área de 16 ha classificado como Latossolo Vermelho (AMARAL, 2000) conforme Figura 1 e descrito na Tabela 1 (EMBRAPA, 1997), no município de Ponta Porã, MS. A área encontra-se no Bioma de transição entre Cerrado e Mata Atlântica, com clima classificado como Cwa (Köppen), mesotérmico úmido, com os verões quentes e invernos secos.

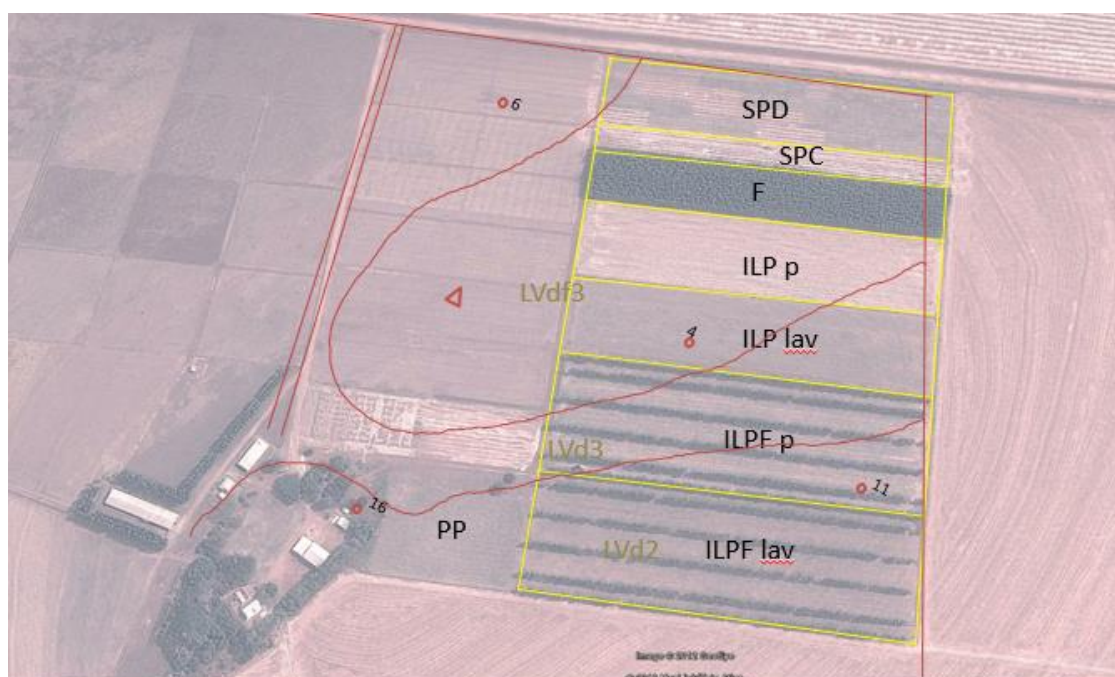


Figura 1. Imagem aérea da área dos sistemas de manejo dispostos em faixas e a classificação do tipo de solo – Google maps.

Tabela 1. Tipo de solo e Classificação textural da área experimental.

Tratamento	Tipo de solo	Prof (cm)	Areia	Silte	Argila	Classificação Textural
			g Kg ⁻¹			
SPD	LVdf3 - Latossolo Vermelho distroférico típico	0-10	33,88	10,96	55,16	Textura argilosa
		10-20	30,34	9,37	60,29	Textura muito argilosa
SPC	LVdf3 - Latossolo Vermelho distroférico típico	0-10	37,93	10,16	51,91	Textura argilosa
		10-20	33,21	9,39	57,40	Textura argilosa
F	LVdf3 - Latossolo Vermelho distroférico típico	0-10	41,12	9,38	49,49	Textura argilosa
		10-20	38,59	7,91	53,50	Textura argilosa
ILP p	LVdf3 - Latossolo Vermelho distroférico típico	0-10	51,36	8,67	39,96	Textura argilo arenosa
		10-20	46,49	8,66	44,86	Textura argilo arenosa
ILP lav	LVdf3 - Latossolo Vermelho distroférico típico	0-10	42,01	9,05	48,94	Textura argilosa
		10-20	39,94	8,26	51,80	Textura argilosa
	LVd3 - Latossolo Vermelho distrófico típico	0-10	49,40	8,98	41,63	Textura argilo arenosa
		10-20	41,91	8,90	49,20	Textura argilosa
ILPF p	LVdf3 - Latossolo Vermelho distroférico típico	0-10	41,68	9,77	48,55	Textura argilosa
		10-20	39,07	7,39	53,55	Textura argilosa
	LVd3 - Latossolo Vermelho distrófico típico	0-10	47,42	9,05	43,53	Textura argilo arenosa
		10-20	44,54	7,03	48,43	Textura argilo arenosa
ILPF lav	LVd2 - Latossolo Vermelho distrófico típico	0-10	57,41	8,74	33,85	Textura franco argiloso arenosa
		10-20	55,26	7,94	36,80	Textura argilo arenosa
PP	LVd2 - Latossolo Vermelho distrófico típico	0-10	61,22	9,05	29,73	Textura franco argiloso arenosa
		10-20	57,32	7,82	34,86	Textura franco argiloso arenosa

Fonte: Amaral et al., 2000; EMBRAPA, 1997.

Foram avaliados oito sistemas de manejo do solo dispostos em faixas (Figura 2), os tratamentos foram:

Sistema de Plantio Direto – SPD: Lavoura em plantio direto, tendo no verão a soja e milho consorciado com forrageira *Brachiaria ruziziensis* no outono/inverno.

Sistema de Preparo Convencional – SPC: Lavoura de soja no verão com sucessão de milho no outono/inverno e preparo do solo utilizando grades de discos pesada + niveladora.

Floresta de Eucalipto – F: Floresta formada por cultivo de eucalipto com 8 anos de idade de espécies variadas em espaçamento de 3 x 2 metros, totalizando 1666 plantas ha⁻¹.

Integração Lavoura Pecuária na fase pastagem – ILP p: Integração Lavoura Pecuária com alternância entre lavoura soja/milho + *Brachiaria brizantha* (cv Xaraés) em ciclos de dois anos, conduzida em sistema de plantio direto e que possuía pastagem no momento da coleta.

Integração Lavoura Pecuária na fase lavoura – ILP lav: Integração Lavoura Pecuária com alternância entre lavoura soja/milho + *B. brizantha* (cv Xaraés) em ciclos de dois anos, conduzida em sistema de plantio direto e que possuía lavoura no momento da coleta.

Integração Lavoura Pecuária Floresta na fase pastagem – ILPF p: Integração Lavoura Pecuária Floresta com alternância entre lavoura soja/milho + *B. brizantha* (cv Xaraés) em ciclos de dois anos conduzida em sistema de plantio direto + linhas simples de Eucalipto espaçamento entre árvores de 2 metros e entre linhas 25 metros totalizando 200 árvores ha⁻¹ e que possuía lavoura no momento da coleta.

Integração Lavoura Pecuária Floresta na fase lavoura – ILPF lav: Integração Lavoura Pecuária Floresta com alternância entre lavoura soja/milho + *B. brizantha* (cv Xaraés) em ciclos de dois anos conduzida em sistema de plantio direto + linhas simples de Eucalipto espaçamento entre árvores de 2 metros e entre linhas 25 metros totalizando 200 árvores ha⁻¹ e que possuía lavoura no momento da coleta.

Pastagem Permanente – PP: Pastagem contínua de *B. brizantha* (cv Xaraés).

Sistemas	2009/10	2010	2010/11	2011	2011/12	2012	2012/13	2013	2013/14	2014	2014/15	2015	2015/16	2016	2016/17	2017	2017/18	2018
SPD	S	T	S	M+Br	S	M+Br	S	M+Br	S	M+Br	S	M+Br	S	M+Br	S	M+X	S	M
SPC	S	A	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
F	-	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
PP	S	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ILP p	S	X	X	X	S	M+Br	S	M+X	X	X	X	X	S	M+Br	S	M+X	X	X
ILP lav	S	T	S	M+X	X	X	X	X	S	M+Br	S	M+X	X	X	X	X	S	M
ILPF p	S+E	A	S	M+Br	S	M+Br	S	M+X	X	E+X	X	E+X	S	M+Br	S	M+X	X	X
ILPF lav	S+E	A	S	M+X	X	X	X	X	S	M+Br	S	M+X	X	X	X	X	S	M

Figura 2. Histórico da implantação dos sistemas de manejo. Legenda: S – Soja, T – Trigo, A – Aveia, E – Eucalipto, M – Milho, X – *Brachiaria brizantha* (cv Xaraés), Br – *Brachiaria ruziziensis*.

Em cada sistema de manejo foram realizadas coletas de amostras de solo com 6 repetições. As amostras foram coletadas no mês de abril e as análises realizadas entre os meses de maio a dezembro de 2018 no laboratório de análises de solos da Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO) localizado no município de Dourados (MS).

Para as avaliações realizou-se a coleta de blocos de solo com espessura de 10 cm, largura mínima de 20 cm e profundidade de 25 cm com o auxílio de uma pá de corte para que a amostra se mantivesse da forma mais intacta possível, conforme Figura 3.



Figura 3. Procedimento de abertura das minitrincheiras e coleta das amostras de solo em blocos.

2.2.1 – MÉTODO DRES (DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO)

Neste método os blocos de solo foram colocados em uma bandeja plástica com 25 cm de largura, 50 cm de comprimento e 15 cm de altura, devidamente identificados e posteriormente manipulados para a fragmentação. Pelo menos duas estratégias básicas podem ser utilizadas: aplicando força com apenas uma das mãos, ou seja, o agregado na palma e os dedos desta mão o manipulam, buscando as linhas de ruptura da estrutura, em uma aplicação crescente de pressão com os diferentes dedos. Isto limita a energia aplicada e faz com que o agregado rotacione na mão, buscando fissuras/linhas de ruptura com diferentes orientações; usando as duas mãos, procurando aplicar um torque nas estruturas em diferentes posições, em sentidos inversos com cada mão, como querendo torcer a amostra. Isto visa identificar as linhas de menor coesão. A tentativa de “abrir” os agregados, que é a ação intuitiva da maioria das pessoas, concentra a energia em determinados pontos, criando fissuras onde não havia. Quando houve necessidade de aplicação de uma força maior em determinado ponto para obter a fissuração e ou a mesma causou o rompimento apenas das bordas do agregado chegou ao limite da fragmentação (RALISCH et al., 2017).

Os agregados foram obtidos e de acordo com suas características (tamanho, forma e resistência à ruptura dos agregados e torrões, rugosidade das faces de ruptura), atribuíram-se notas de 1 a 6, sendo 1 para estrutura totalmente degradada e 6 para a melhor condição estrutural. Notas que variam de 6 a 4 são atribuídas às camadas da amostra que demonstram evidências de conservação e recuperação. As que variam de 3 a 1 são as atribuídas as camadas da amostra que indicam evidências de degradação (RALISCH et al., 2017).

A amostra pode ser constituída de uma ou mais camadas, identificadas a partir de variações nas características da estrutura como tamanho, grumosidade, coesão entre agregados, orientação das faces de ruptura, porosidade, cor, presença e aparência morfológica de raízes e outros organismos vivos, desagregação ou pulverização (formação de pó) e partículas soltas, como areia e outras. As camadas foram delimitadas, no sentido da profundidade, por meio de separadores, como régua ou outros materiais com dimensões similares ao comprimento da bandeja, Figura 4. A espessura e a nota atribuída em função da condição estrutural de cada camada da amostra foram anotadas em planilha específica.



Figura 4. DRES - Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo: Exemplo de amostra contendo mais de uma camada. Tratamento: Sistema de Plantio Convencional.

O método DRES prevê pontuação para cada camada identificada na amostra. As notas atribuídas à qualidade estrutural de cada camada (Q_{ec}) detectada na amostra serviram de base para cálculo e definição da qualidade estrutural dessa amostra (IQEA). Calculou-se o Índice de Qualidade Estrutural do solo da Amostra (IQEA), por meio da equação:

$$IQEA = \frac{(E_{c1} \times Q_{ec1}) + (E_{c2} \times Q_{ec2}) + (E_{c3} \times Q_{ec3})}{E_{total}}$$

Onde:

IQEA = índice de qualidade estrutural do solo da amostra; E_c = espessura de cada camada, em cm (o número de camadas pode variar de 1 a 3); Q_{ec} = nota de qualidade estrutural atribuída à cada camada; E_{total} = espessura/profundidade total da amostra (25 cm).

O IQEA corresponde à média das notas atribuídas às camadas, ponderada pela espessura das mesmas. Para o método proposto e considerando se tratar de uma avaliação para uma profundidade de 25 cm, não é necessário separar a amostra em mais de 3

camadas, visto que isto não afeta o resultado pela baixa representatividade que se teria no IQEA. Portanto, por questões de praticidade, emprega-se no máximo três (RALISCH et al., 2017). Para que fosse possível realizar-se a avaliação relacionando-se às outras metodologias após atribuídas as notas do DRES em planilha específica foi realizado o processo de interpolação através da realização da média ponderada no programa Excel.

2.2.2 – MÉTODO TRADICIONAL

Para avaliação da estabilidade de agregados pela metodologia tradicional, o qual vem sendo utilizada pela EMBRAPA desde 2006, foram utilizadas das mesmas amostras das camadas 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, fragmentados cuidadosamente com objetivo de padronizar o tamanho máximo ao transpassar a peneira de malha de 9,52 mm, seguindo como base o método descrito por KEMPER & CHEPIL (1965) com alterações propostas por CARPENEDO & MIELNICZUK (1990) e por SILVA & MIELNICZUK (1997a). A separação dos agregados em classes de tamanho foi realizada pela dispersão e peneiramento em meio seco e em água. Com o auxílio de um equipamento quarteador tipo Jones, o volume total da amostra foi subdividido em operações repetidas, até atingir uma massa de aproximadamente 50 g, para desta forma se obter uma sub amostra contendo agregados e solo solto, sendo o mais representativo possível da amostra integral. Após a obtenção da amostra de 50 g, o material foi colocado em um conjunto de peneiras com aberturas de 4,76 mm, 2 mm, 1 mm; 0,5 mm, 0,25 mm, 0,105 mm e 0,053 mm e agitada em um agitador mecânico vibratório marca Solotest, durante 1 minuto, com potência de 30%. A energia do equipamento foi necessária apenas para separar os agregados e não para fragmentá-los.

Em seguida, determinou-se a massa dos agregados retidos em cada peneira e posteriormente utilizou-se da mesma amostra reconstituída para a etapa do peneiramento em água. Para o peneiramento em via úmida, o método utilizado foi o descrito por SALTON et al., (2013), que consiste em separar em classes de tamanho pela dispersão e peneiramento via úmida, o tempo de peneiramento das amostras foi de 15 minutos, em conjunto de peneiras com malhas de 4,76 mm, 2 mm, 1 mm; 0,5 mm, 0,25 mm, 0,105 mm e 0,053 mm, acopladas a um agitador com oscilações verticais tipo Yoder marca Marconi. Após peneiramento, as amostras foram separadas em recipientes devidamente

identificados e levadas a estufa para serem secas a 105°C por 24 h e posteriormente foram pesadas.

Para o cálculo do Diâmetro Médio Ponderado (DMP) seco e úmido foram utilizados os valores obtidos nos dois peneiramentos, de acordo com a equação:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (X_i \times W_i)$$

Onde:

W_i = proporção de cada classe em relação ao total; X_i = diâmetro médio das classes de agregados (mm); n = número total de classes de agregados; i = número de classes.

A partir da relação entre o DMP obtido no peneiramento em água e o DMP obtido no peneiramento seco calculou-se o Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA), que indica a capacidade dos agregados de resistirem à energia de desagregação. O IEA equivale à relação DMP_u/DMP_s apresentada por SILVA & MIELNICZUK (1997b).

2.2.3 – MÉTODO DO ULTRASSOM

Outra metodologia utilizada foi a realização da análise através do equipamento de Ultrassom (sonificação), considerando-se três classes de tamanho de macroagregados diferentes: 9,52 a 4,75 mm (macroagregados grandes); 4,75 a 2,00 mm (macroagregados médios); e 2,00 a 1,00 mm (macroagregados pequenos). Esses agregados foram obtidos considerando as camadas 0-10 e 10-20 cm da mesma amostra utilizada para determinação do método DRES.

Cada subamostra foi umedecida por capilaridade durante o período de 16 horas. Posteriormente foram transferidas para um béquer de 500 mL de volume, contendo 200 mL de água destilada (relação solo: água de 1:20), no qual foram realizadas sonificações com uma sonda marca Sonics®, modelo VC 750 operando a 20 kHz, nos tempos 60, 300, 600, 900, 1.800, e 2.400 segundos. A partir da prévia calibração do equipamento, estabeleceu-se que os tempos de sonificação correspondem às energias aplicadas (EA) de

16,30, 81,50, 162,99, 244,49, 488,97 e 651,96 J mL⁻¹, respectivamente, na amplitude de 60% de regulagem do equipamento (RAMOS, 2016) calculadas conforme a relação:

$$EA = \frac{(P_c \times t_s)}{V}$$

Em que:

EA é a energia ultrassônica aplicada à amostra (energia aplicada 100 J mL⁻¹) necessária para desagregação, baseado em literatura e calibração prévia do equipamento. Após essa quantidade de energia aplicada a desagregação começa a se estabilizar; (P_c) é a potência emitida do aparelho (81,8W) na amplitude de 60%, calculada através de calibração prévia; (t_s) é o tempo de sonificação em segundos (240 segundos) e (V) é o volume da suspensão em mL (10 g de solo e 200 mL de água destilada).

Após cada sonificação, as amostras foram transferidas para um conjunto de peneiras, com abertura de malhas de 4,75, 2,0, 1,0, 0,500, 0,250 e 0,106 mm, sendo posteriormente submetidas a 3 oscilações verticais manualmente em um recipiente com água durante 5 segundos. O conteúdo das peneiras foi seco em estufa por 24 horas a 105° C sendo determinada a massa correspondente. Com a massa resultante de cada classe calculou-se a distribuição percentual de agregados em cada classe de diâmetro e o Diâmetro Médio Ponderado (DMP), conforme proposto por SALTON et al., (2012):

$$DMP = \sum_{i=1}^n (X_i \times W_i)$$

Onde, W_i = massa de cada classe em gramas e X_i = diâmetro médio das classes expresso em mm. Para o cálculo do IEA considerou-se como tamanho médio inicial dos macroagregados (DMP_i) para cada classe de tamanho, o valor médio do tamanho das peneiras. Para calcular o índice de estabilidade de agregados foi utilizada a equação:

$$IEA (\%) = \left(\frac{DMP_f}{DMP_i} \right) \times 100$$

Onde:

IEA (%) = Índice de Estabilidade de Agregados da amostra em função da energia de sonificação; DMP_f = Diâmetro Médio Ponderado final e DMP_i = Diâmetro Médio Ponderado inicial.

Quanto a análise estatística, considerou-se delineamento inteiramente casualizados simples, sendo os dados analisados através do software R Studio e submetidos ao teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de manejo não influenciaram o Diâmetro Médio Ponderado seco (DMPs) na camada 0-10 cm (Tabela 2). Entretanto, quando os agregados foram submetidos ao peneiramento úmido houve uma redução significativa no Diâmetro Médio Ponderado úmido (DMPu) no SPC quando comparados aos sistemas conservacionistas de uso do solo. Os maiores índices de Estabilidade de Agregados (IEA) ocorreram nos sistemas que incluem o componente animal (ILP p, ILP lav, ILPF p e PP) exceto ILPFlav.

O sistema ILPFlav apresentou maior teor de areia que impacta negativamente a estabilidade de agregados quando comparado a áreas com maiores teores de argila. O aporte de resíduos orgânicos sobre o solo é, a médio e longo prazo, de grande importância para aumentar os teores de matéria orgânica importante na estruturação e agregação do solo. O menor DMPu no SPC contribuiu para menor IEA.

Na camada 10-20 cm foram significativamente diferentes todas as variáveis analisadas com destaque para os sistemas de ILP p, ILP lav e PP (Tabela 2).

Os menores IEA nos SPD e F se devem ao efeito da matéria orgânica no solo que em sua maioria é fornecida pelo sistema radicular das gramíneas presente nos sistemas com pastagens (SALTON et al., 2008), além do favorecimento ao crescimento de hifas de fungos e liberação de exsudatos (SALTON et al., 2014). De acordo com CARVALHO et al., (2010), as gramíneas produzem grande quantidade de raízes e contribuem com o processo de agregação e maior acúmulo de resíduo vegetal.

Considerando o Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA), o SPC apresentou estabilidade inferior aos demais sistemas, dados que corroboram com SILVA, (2016).

Tabela 2. Valores médios para Diâmetro Médio Ponderado (DMP) por via seca (DMPs), via úmida (DMPu) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), obtido através da Metodologia Tradicional para sistemas de manejo e camadas estudadas, em Ponta Porã – MS, 2018.

	Sistema de Manejo								
	SPD	SPC	F	ILP p	ILP lav	ILPF p	ILPF lav	PP	CV(%)
Camada 0-10 cm									
DMPs (mm)	4,84 a	4,65 a	5,31 a	4,77 a	5,01 a	4,78 a	4,81 a	4,76 a	10,8
DMPu (mm)	4,19 a	3,49 b	4,58 a	4,41 a	4,71 a	4,39 a	4,20 a	4,40 a	10,7
IEA (%)	86,6 b	75,1 c	86,2 b	92,8 a	93,9 a	92,0 a	87,4 b	93,0 a	5,6
Camada 10-20 cm									
DMPs (mm)	5,50 a	4,98 b	5,02 b	5,18 a	4,99 b	4,80 b	4,84 b	4,82 b	7,5
DMPu (mm)	3,92 b	3,82 b	3,64 b	4,38 a	4,43 a	3,72 b	3,45 c	4,33 a	8,8
IEA (%)	78,7 b	69,5 c	72,6 c	84,6 a	88,8 a	77,6 b	71,4 c	89,8 a	5,2

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. SPD – Sistema de Plantio Direto, SPC – Sistema de Plantio Convencional, F - Floresta, ILP p - Integração Lavoura-Pecuária na fase pastagem, ILP lav - Integração Lavoura-Pecuária na fase lavoura, ILPF p - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase pastagem, ILPF lav - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase lavoura, PP - Pastagem permanente. CV (%) – Coeficiente de Variação.

Com relação a metodologia do Ultrassom na camada 0-10 cm houve diferença significativa em todas as variáveis analisadas, Diâmetro Médio Ponderado considerando as três classes de tamanho dos agregados e o Índice de Estabilidade sendo os sistemas de ILP p, ILP lav e PP os que se destacaram, dados observados na Tabela 3.

Na camada 10-20 cm quanto ao Diâmetro Médio Ponderado grande final (DMPgf) e Índice de Estabilidade de Agregados grande (IEAg) houve diferença entre os tratamentos e assim como na camada 0-10 cm destacaram-se os sistemas ILP p, ILP lav e PP. O Diâmetro Médio Ponderado médio (DMPmf) e o IEAm (Índice de Estabilidade de Agregados médio) foram os que sofreram maior variação. Menores valores de desagregação e variação foram observados no Diâmetro Médio Ponderado pequeno final (DMPpf) e Índice de Estabilidade de Agregados pequeno (IEAp), o que reforça a sua maior estabilidade o que é esperado devido ao seu processo hierárquico de formação. Proposto por TISDALL & OADES (1982), neste modelo, partículas primárias livres e agregados de tamanho de silte são unidos por agentes ligantes persistentes, como matéria orgânica humificada ou complexos com cátions polivalentes, óxidos e aluminossilicatos, formando microagregados (20 a 250 μm). Esses microagregados estáveis são unidos por agentes ligantes temporários (raízes ou hifas de fungos) e transientes (polissacarídeos derivados de microrganismos ou plantas), resultando em macroagregados (>250 μm).

Assim, os microagregados foram considerados como mais estáveis e, portanto, menos suscetíveis a práticas de manejo e uso do solo do que os macroagregados.

Conforme seus tamanhos, cada classe será unida por diferentes agentes cimentantes. A Matéria Orgânica do solo (MOS) possui uma ação de estabilização mais significativa na macroagregação, enquanto a composição mineralógica teria ação mais pronunciada sobre os microagregados (TISDALL & OADES, 1982; OADES, 1984).

Tabela 3. Valores médios do Diâmetro Médio Ponderado inicial (DMPi) e Diâmetro Médio Ponderado final (DMPf) obtido através da metodologia Ultrassom para os sistemas de manejo e camadas estudadas, considerando três classes de tamanho de macroagregados via úmida (DMPu) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) em Ponta Porã – MS, 2018.

	Sistema de Manejo								CV(%)
	SPD	SPC	F	ILP p	ILPlav	ILPF p	ILPF lav	PP	
Camada 0-10 cm									
DMPgi(mm)									7,135
DMPgf(mm)	4,05 b	3,30 b	3,94 b	5,48 a	5,57 a	4,57 b	4,12 b	5,97 a	16,3
IEAg (%)	57,0 b	46,0 b	55,0 b	77,0 a	78,0 a	64,0 b	58,0 b	84,0 a	16,5
DMPmi(mm)									3,375
DMPmf(mm)	2,03 b	1,57 b	1,85 b	2,32 a	2,57 a	2,01 b	1,71 b	2,39 a	17,2
IEAm (%)	60,0 b	47,0 b	54,0 b	69,0 a	76,0 a	60,0 b	51,0 b	71,0 a	17,3
DMPpi(mm)									1,5
DMPpf(mm)	1,07 b	0,99 b	0,93 b	1,11 a	1,21 a	1,04 b	0,95 b	1,16 a	10,7
IEAp (%)	71,0 b	66,0 b	62,0 b	74,0 a	81,0 a	69,0 b	63,0 b	77,0 a	10,7
Camada 10-20 cm									
DMPgi(mm)									7,135
DMPgf(mm)	2,75 b	3,03 b	2,43 b	3,59 a	3,59 a	2,52 b	2,52 b	3,87 a	25,9
IEAg (%)	39,0 b	43,0 b	34,0 b	50,0 a	50,0 a	35,0 b	36,0 b	54,0 a	25,9
DMPmi(mm)									3,375
DMPmf(mm)	1,94 a	1,69 b	1,69 b	2,00 a	2,03 a	1,59 b	1,16 c	1,84 a	18,5
IEAm (%)	57,0 b	50,0 c	50,0 c	59,0 b	60,0 b	47,0 c	34,0 d	54,0 b	18,5
DMPpi(mm)									1,5
DMPpf(mm)	1,03 a	0,95 a	0,91 a	0,96 a	1,00 a	0,90 a	0,67 b	0,94 a	12,4
IEAp (%)	69,0 a	63,0 a	60,0 a	64,0 a	67,0 a	60,0 a	45,0 b	63,0 a	12,5

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. DMPg – Diâmetro Médio Ponderado macroagregados grandes (9,52 a 4,75 mm), DMPm - Diâmetro Médio Ponderado macroagregados médios (4,75 a 2,00mm), DMPp - Diâmetro Médio Ponderado macroagregados pequenos (2,00 a 1,00 mm). SPD – Sistema de Plantio Direto, SPC – Sistema de Plantio Convencional, F - Floresta, ILP p - Integração Lavoura-Pecuária na fase pastagem, ILP lav - Integração Lavoura-Pecuária na fase lavoura, ILPF p - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase pastagem, ILPF lav - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase lavoura, PP - Pastagem permanente. CV (%) – Coeficiente de Variação.

Os sistemas contendo lavouras ficaram em posições intermediárias, sendo que aqueles contendo pastagem em rotação, os sistemas de integração lavoura pecuária tanto

na fase lavoura quanto pastagem (ILP lav e ILP p) apresentaram valores mais próximos ao PP enquanto o SPD se aproximou do SPC. Assim, pode-se depreender que a presença da pastagem no sistema de manejo pode proporcionar e influenciar uma maior estabilidade dos macroagregados. Segundo SALTON et al. (2008) sistemas de manejo do solo com pastagem permanente ou em rotação com lavoura em plantio direto favorecem a formação de agregados estáveis de maior tamanho em relação a sistemas apenas com lavouras ou com lavouras em rotação com pastagens em ciclos maiores que três anos.

Analisando o efeito dos diferentes sistemas de manejo nas condições estruturais do solo utilizando-se o método DRES, observou-se que os tratamentos ILP p, ILP lav e PP foram os que apresentaram maiores notas e melhores condições estruturais. A pior condição estrutural foi observada no SPC, indicando que o revolvimento do solo e ausência de cobertura leva a perda de qualidade da sua estrutura. Verificou-se também que a estrutura do solo foi beneficiada pela presença de pastagem, quando não havia presença de árvores (Tabela 4).

Um fator interessante a se observar é que a metodologia DRES enfatiza a importância da textura em relação à estrutura do solo e que deve ser levado em consideração para se avaliar a qualidade do solo (RALISCH et al., 2017).

Tabela 4. Valores médios das notas atribuídas pelo Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES) para os sistemas de manejo e camadas estudados em Ponta Porã – MS, 2018.

Camada (cm)	Sistema de Manejo								
	SPD	SPC	F	ILP p	ILP lav	ILPF p	ILPF lav	PP	CV(%)
0-10	3,15 b	1,95 c	3,50 b	4,83 a	5,00 a	3,67 b	3,67 b	4,83 a	29,3
10-20	4,10 b	2,50 c	3,73 b	5,00 a	5,00 a	4,00 b	3,50 b	5,00 a	22,2

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. SPD – Sistema de Plantio Direto, SPC – Sistema de Plantio Convencional, F - Floresta, ILP p - Integração Lavoura-Pecuária na fase pastagem, ILP lav - Integração Lavoura-Pecuária na fase lavoura, ILPF p - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase pastagem, ILPF lav - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase lavoura, PP - Pastagem permanente. CV (%) – Coeficiente de Variação.

O SPD apresentou em algumas de suas amostras material solto na superfície, agregados com boa grumosidade e presença de raízes. O SPC as amostras apresentaram torrões com tamanho maior do que 7cm e presença de solo solto (pulverizado) que impediram o desenvolvimento das raízes que foram raros, quando não achatadas. A classe de agregados maior que 7 cm foi adotada por representar características e condições de

solo em processo avançado de compactação por ações inadequadas de manejo, de acordo com RALISCH et al., (2017).

Correlacionando-se as metodologias DRES (Nota) e Tradicional (DMPu e IEA) através do software Sigmaplot (Tabela 5), correlação de Pearson os valores apresentaram forte correlação demonstrando que o método DRES pode ser utilizado para análise assim como a metodologia tradicional que é comumente utilizada nos laboratórios de análises de solos, com a vantagem de apresentar maior rapidez, praticidade e menor custo.

Tabela 5. Correlação simples entre variáveis encontradas na camada 0 – 10 cm, sendo: Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES); Diâmetro Médio Ponderado úmido (DMPu); Índice de estabilidade de agregados (IEA); Diâmetro Médio Ponderado grande (DMPg); Índice de estabilidade de agregados grande (IEAg); Diâmetro Médio Ponderado médio (DMPm); Índice de estabilidade de agregados médio (IEAm); Diâmetro Médio Ponderado pequeno (DMPp); Índice de estabilidade de agregados pequeno (IEAp).

	DMPu	IEA	DMPg	IEAg	DMPm	IEAm	DMPp	IEAp
DRES	0,819	0,932*	0,949*	0,948*	0,896*	0,895*	0,711	0,711
DMPu (mm)		0,871*	0,658	0,655	0,715	0,695	0,409	0,412
IEA (%)			0,868	0,869	0,838	0,838	0,634	0,626
DMPg (mm)				1,000*	0,930*	0,936*	0,838	0,834
IEAg (%)					0,928*	0,935*	0,837	0,832
DMPm (mm)						0,999*	0,921*	0,922*
IEAm (%)							0,931*	0,931*
DMPp (mm)								0,999*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Na Figura 5 demonstrando a Correlação entre a metodologia DRES e Tradicional nas duas camadas estudadas. A forte correlação entre ambas metodologias.

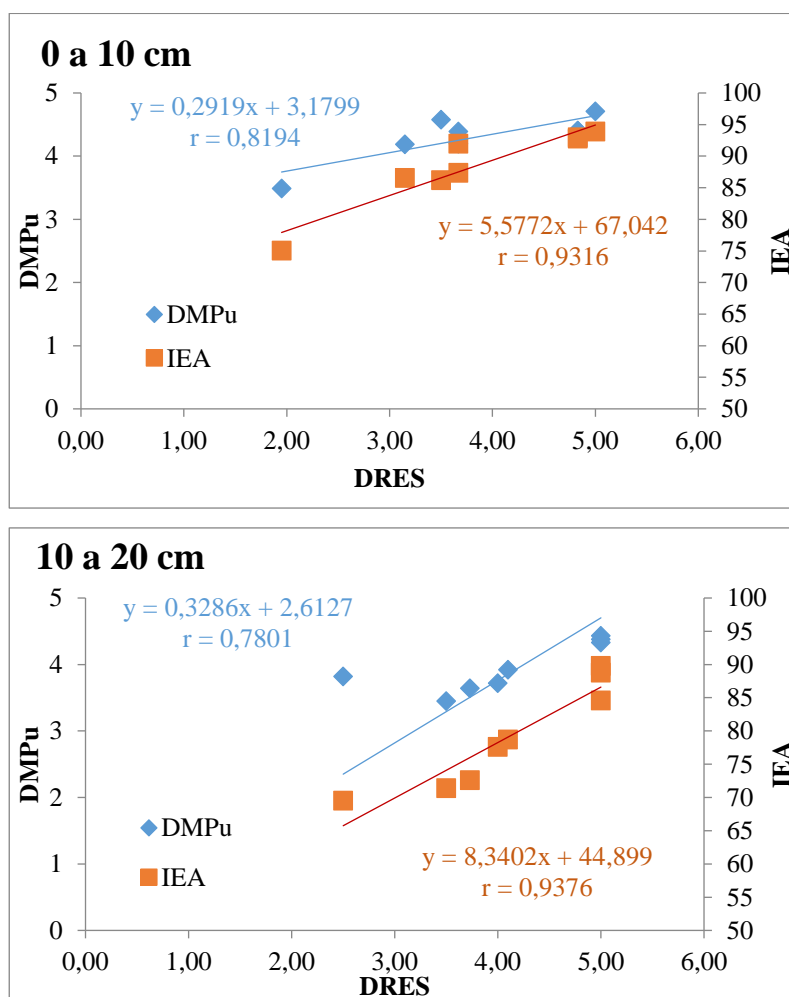


Figura 5. Correlação entre a metodologia DRES e Tradicional nas duas camadas estudadas, 0-10 e 10-20 cm analisando-se o DMPu – Diâmetro Médio Ponderado úmido e o IEA – Índice de Estabilidade de Agregados em relação a Nota nos diferentes sistemas de manejo.

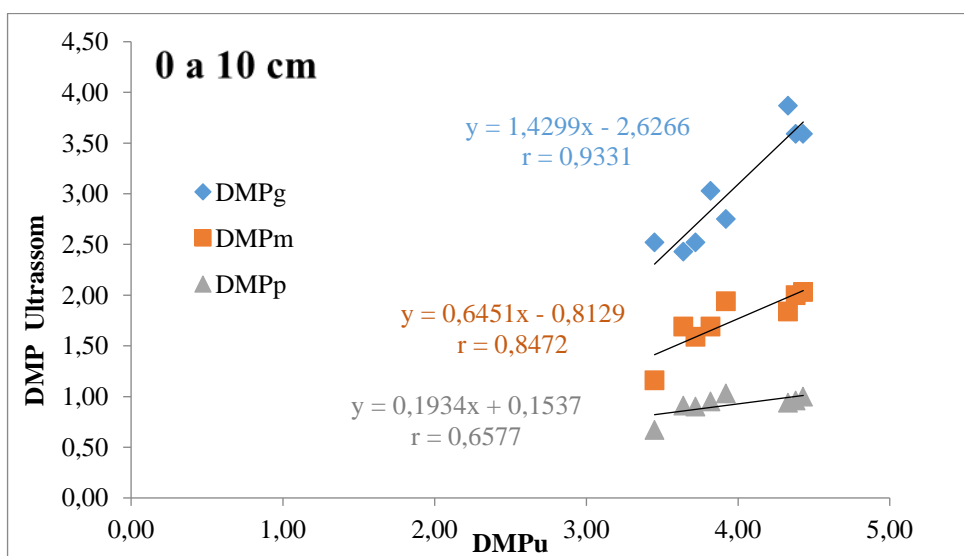
Realizando-se a correlação entre a metodologia Tradicional (DMPu e IEA) e o Ultrassom (DMPg, DMPm, DMPp e IEAg, IEAm, IEAp) através do software Sigmaplot (Tabela 6) onde os valores apresentaram forte e média relação entre os magroagregados grandes e médios respectivamente sendo essa relação fraca considerando os macroagregados pequenos o que reforça a teoria da hierarquia, por serem mais estáveis e menos susceptíveis a desagregação e a importância de magroagregados grandes mais estáveis.

Tabela 6. Correlação simples entre variáveis encontradas na camada 10 - 20 cm, sendo: Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES); Diâmetro Médio Ponderado úmido (DMPu); Índice de estabilidade de agregados (IEA); Diâmetro Médio Ponderado grande (DMPg); Índice de estabilidade de agregados grande (IEAg); Diâmetro Médio Ponderado médio (DMPm); Índice de estabilidade de agregados médio (IEAm); Diâmetro Médio Ponderado pequeno (DMPp); Índice de estabilidade de agregados pequeno (IEAp).

	DMPu	IEA	DMPg	IEAg	DMPm	IEAm	DMPp	IEAp
DRES	0,780	0,938*	0,660	0,636	0,593	0,585	0,343	0,370
DMPu (mm)		0,901*	0,933*	0,922*	0,847	0,843	0,658	0,677
IEA (%)			0,830	0,812	0,684	0,676	0,478	0,508
DMPg (mm)				0,999*	0,648	0,642	0,448	0,469
IEAg (%)					0,634	0,628	0,436	0,458
DMPm (mm)						1,000*	0,936*	0,942*
IEAm (%)							0,938*	0,943*
DMPp (mm)								0,999*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Na Figura 6 demonstra-se a Correlação entre a metodologia Tradicional e Ultrassom nas duas camadas estudadas. Relacionando-se o DMPu com DMPg, DMPm e DMPp. Possível observar a forte correlação entre o DMPu e o DMPg, seguida do DMPm e correlação fraca entre o DMPp.



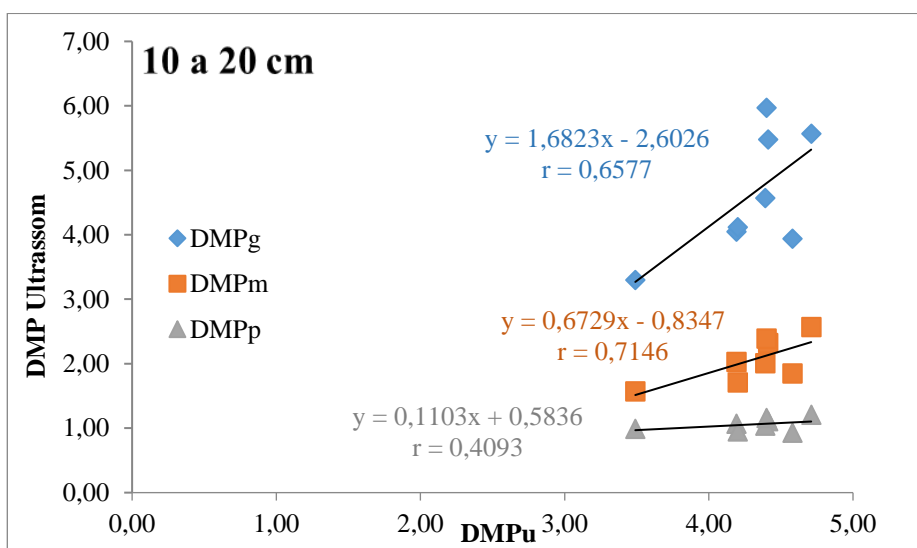
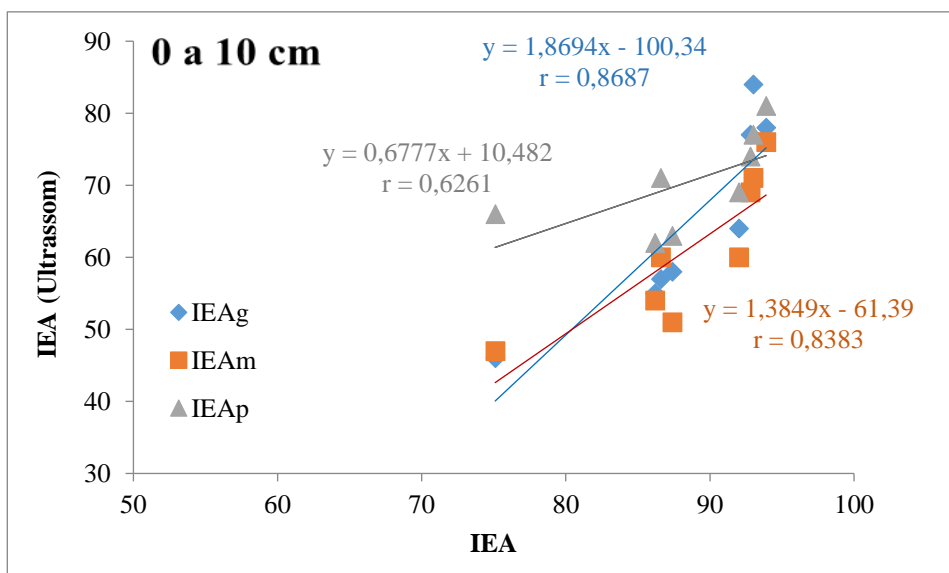


Figura 6. Correlação entre a metodologia Tradicional e Ultrassom nas duas camadas estudadas, 0-10 e 10-20 cm analisando-se o DMPu – Diâmetro Médio Ponderado úmido em relação a DMPg - Diâmetro Médio Ponderado grande, DMPm - Diâmetro Médio Ponderado médio e DMPp - Diâmetro Médio Ponderado pequeno nos diferentes sistemas de manejo.

Na Figura 7 demonstra-se a Correlação entre a metodologia Tradicional e Ultrassom nas duas camadas estudadas. Relacionando-se o IEA com IEAg, IEAm e IEAp. Possível observar a forte correlação entre o IEA e o IEAg, seguida do IEAm e correlação fraca entre o IEAp. Assim como o observado com relação ao DMP.



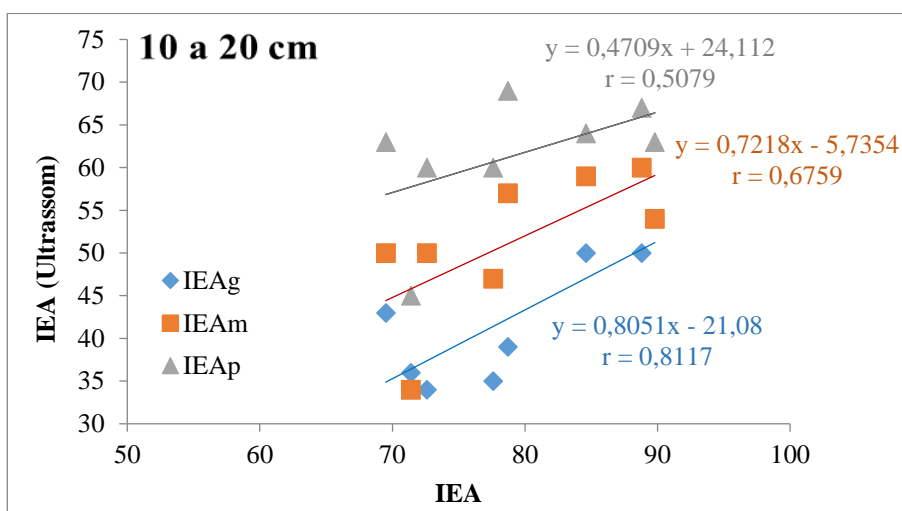


Figura 7. Correlação entre a metodologia Tradicional e Ultrassom nas duas camadas estudadas, 0-10 e 10-20 cm analisando-se o IEA – Índice de Estabilidade de Agregados em relação a IEAg – Índice de Estabilidade de Agregados grande, IEAm – Índice de Estabilidade de Agregados médio e IEAp – Índice de Estabilidade de Agregados pequeno nos diferentes sistemas de manejo.

2.4 CONCLUSÕES

O uso do Ultrassom e do DRES em estudos de estabilidade de agregados do solo têm apresentado resultados promissores para avaliação da agregação do solo principalmente quando se trata de macroagregados grandes e médios.

DRES e Ultrassom apresentam vantagens como maior agilidade e praticidade, sendo, portanto, metodologias viáveis para análises rotineiras de laboratórios de solos e prática de campo.

Quando se trata dos macroagregados pequenos não houve diferença significativa quanto a agregação e nem forte correlação devido à maior estabilidade dos mesmos o que é confirmado pelo Teoria da Hierarquia.

O método do Ultrassom foi mais eficiente (sensível) para avaliar diferenças entre os sistemas de manejo nos agregados grandes e médios.

O uso do método do DRES é viável.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J. A. M.; MOTCHI, E. P.; OLIVEIRA, H. et al. **Levantamento detalhado dos solos do Campo Experimental de Ponta Porã, da Embrapa Agropecuária Oeste**, município de Ponta Porã, MS. 2000.

BALL, B.C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L.J. Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerkamp test. **Soil Use and Management**, v.23, p.329-337, 2007.

BRITO, N. C. de; SILVA, F. D da; PACHECO, L. P. et al. Indicadores de qualidade do solo em sistema integrado de produção agropecuária sob sistema de plantio direto. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do solo**. Natal, 2015.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.14, n. 1, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v. 88, p. 259-273, 2010.

CHRISTENSEN, B.T. & SORENSEN, L.H. The distribution of native and labelled carbon between soil particle size fractions isolated from long-term incubation experiments. **J. Soil Sci.**, 36:219-229, 1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

GUIMARÃES, R.M.L.; BALL, B.C.; TORMENA, C.A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, v. 27, p. 395-403, 2011.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions, **Soil & Tillage Research**, v.82, p.121-145, 2005.

KEMPER, W. D. & CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C.A., eds. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy. p. 499-510, 1965.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy. pt 1: Physical and mineralogical methods, p. 425-443, 1986.

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

NORTH, P.F. Towards an absolute measurement of soil structural stability using ultrasound. **J. Soil Sci.**, 27:451-459, 1976.

OADES, J. M. Soil organic-matter and structural stability- mechanisms and implications for management. **Plant Soil**, p.76:319-337, 1984.

OLIVEIRA, M.; CURI, N.; FREIRE, J. C. Influência do cultivo na agregação de um podzólico vermelho-amarelo textura média/argilosa da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.3, p.317-322, 1983.

POJASOK, T.; KAY, B. D. Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the structural stability of moist aggregates. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.70, n.1, p.33- 42, 1990.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. et al. Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES. **Documentos 390, Embrapa soja**, Londrina, 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/dres>>. Acesso em: 31 agosto. 2019.

RAMOS, F. da S. **Energia ultrassônica associada a estabilidade de agregados de um latossolo sob sistemas de manejo**. Aquidauana, 2016. 70p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.32, p.11-21, 2008.

SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZZI, M.; HERNANI, L. C. Determinação da agregação do solo: Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste (**Comunicado técnico**, 184), ISSN-1679-0472, 2012.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. **Sistema São Mateus - Sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 186).

SALTON, J. C., MERCANTE, F. M., TOMAZI, M. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

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

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 313- 319, 1997a.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 313-319, abr./jun. 1997b.

SILVA, E. C. **Propriedades físicas e infiltração de água no solo em diferentes tipos de manejo em condições de Cerrado**. Dourados, 2016. 42p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Grande Dourados.

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

WENDLING, B.; JUKSCH, I.; MENDOÇA, E, SÁ. et al. Carbono orgânico e Estabilidade de agregados de um latossolo vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.

YOODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.28, p.337-351, 1936.

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO EM RELAÇÃO A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

RESUMO: A utilização de diferentes sistemas de manejo proporciona principalmente alterações na estrutura do solo. Comparações entre sistemas de manejo têm sido abordadas na literatura e demonstram alterações nos atributos físicos do solo ocasionados pelas diferentes formas de cultivo. O objetivo foi analisar a influência que os sistemas de manejo exercem sobre a agregação e estruturação do solo. As coletas das amostras e avaliações de campo foram realizadas no ano de 2018 em um experimento implantado desde 2009 em área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste ocupando área de 16 ha, onde se encontra predominantemente Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf3) de textura argilosa (média de 45% de argila), no município de Ponta Porã (MS). Foram utilizados oito sistemas de manejo dispostos em faixas, sendo eles: Sistema de Plantio Direto – SPD, Sistema de Preparo Convencional - SPC, Floresta de Eucalipto – F, Integração Lavoura-Pecuária com e sem Floresta, na fase Pastagem - ILPp e ILPFp, Integração Lavoura-Pecuária com e sem Floresta, na fase Lavoura - ILPlav e ILPFav, Pastagem Permanente – PP. Em cada sistema foram realizadas coletas de solo com 6 repetições. Realizou-se a análise avaliando o DMPu (Diâmetro Médio Ponderado úmido) obtido no peneiramento em água e o DMPs (Diâmetro Médio Ponderado seco) obtido no peneiramento seco e a relação utilizada para o cálculo do Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA). O Índice de Estabilidade de Agregados diminuiu com o aumento da profundidade. O SPC apresentou menor IEA o que demonstra que promove degradação do solo visto que há revolvimento do solo e o material orgânico fica exposto além da falta de cobertura deixando - o susceptível a processos de erosão. Sistemas conservacionistas como Integração Lavoura Pecuária devem ser empregados pois mantém o aporte vegetal e devido o sistema radicular das pastagens mantém uma boa agregação e estruturação do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Agregação, Sistema Convencional, Sistemas Conservacionistas.

CHAPTER 3 - EVALUATION OF SOIL STRUCTURE FOR DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

ABSTRACT: The use of different management systems mainly provides changes in soil structure. Comparisons between management systems have been approached in the literature and show alterations in the physical attributes of the soil caused by the different forms of cultivation. The objective was to analyze the influence that management systems have on soil aggregation and structure. Sample collection and field evaluations were carried out in 2018 in an experiment implemented since 2009 in an experimental area of Embrapa Agropecuária Oeste occupying an area of 16 ha, where there is a predominantly clayey texture Red Latosol (LVdf3, 45% clay), in the municipality of Ponta Porã (MS). Eight management systems were used, which were: Direct Tillage System - SPD, Conventional Tillage System - SPC, Eucalyptus Forest - F, Crop-Livestock Integration with and without Forest, in the Pasture phase - ILPp and ILPFp, Crop-Livestock Integration with and without Forest, in Crop phase - ILPlav and ILPFlav, Permanent Pasture - PP. In each system soil samples were collected with 6 repetitions. The analysis was performed by evaluating the wet weighted average diameter (DMPu) obtained in the water sieving and the dry weighted average diameter (DMPs) obtained in the dry sieving and the relation used to calculate the aggregate stability index (IEA). The Aggregate Stability Index has decreased with increasing depth. The SPC presented lower IEA which demonstrates that it promotes soil degradation as there is soil tillage and the organic material is exposed beyond the lack of cover leaving it susceptible to erosion processes. Conservation systems such as Livestock Farming Integration should be employed because it maintains the plant input and due to the root system of the pastures maintains a good aggregation and soil structure.

KEY WORDS: Aggregation, Conventional System, Conservation Systems.

3.1 INTRODUÇÃO

A utilização de diferentes sistemas de manejo proporciona principalmente alterações na estrutura do solo (TAVARES FILHO & TESSIER, 2010). Comparações entre sistemas de manejo têm sido abordadas na literatura e demonstram alterações nos atributos físicos do solo ocasionados pelas diferentes formas de cultivo (TAVARES FILHO & TESSIER, 2010; TORRES et al., 2011). TORRES et al., (2011) estudaram sistemas de manejo e verificaram que os mesmos alteram, de forma diferente, os atributos físicos do solo, fato que se deve sobretudo ao revolvimento, sistemas de conservação e tráfego aplicados os quais, dependendo da intensidade, promovem alterações físicas distintas no solo ao longo do tempo.

Obviamente existe um conjunto de fatores que atuam de forma interativa na redução da estabilidade de agregados em solos sob sistemas convencionais de manejo, destacando-se o efeito do sistema de culturas de baixo aporte de resíduos resultante numa restrita produção de agentes ligantes transitórios e temporários, além do preparo de solo intensificando a decomposição da matéria orgânica do solo e atuando no rompimento de hifas de fungos (TISDALL et al., 1997; CASTRO FILHO et al., 1998; SALTON et al., 2008).

Segundo KISHOR et al., (2013), o tamanho e a estabilidade de agregados podem ser indicadores dos efeitos do sistema de cultivo na estrutura do solo, pois estes podem ser alterados pela mobilização através de implementos e atividades agrícolas que aumentam a decomposição da matéria orgânica.

Sistemas conservacionistas de manejo do solo, por sua vez, resultam em aumento expressivo da agregação do solo e diversos estudos têm registrado a importância do manejo de solo na estabilidade de agregados de solos tropicais e subtropicais brasileiros. A redução ou eliminação do revolvimento do solo, associada ao uso de sistemas de rotação de culturas com frequente aporte de resíduos vegetais ao solo, normalmente, resulta em maior estabilidade de agregados, evidenciada pelos maiores valores de Diâmetro Médio Ponderado (DMP) dos agregados, o que em grande parte, é relacionado com o efeito dos sistemas de manejo sobre os teores de Carbono Orgânico do solo.

O objetivo foi analisar a influência que os sistemas de manejo exercem sobre a agregação e estruturação do solo.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

As coletas de amostras e avaliações de campo foram realizadas no ano de 2018 em um experimento de longa duração, implantado no ano de 2009, em área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste (22°32'56"S 55°38'56"W), com altitude de 680 metros ocupando área de 16 ha com presença predominante de Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf3) de textura argilosa (média 45% de argila) (AMARAL, 2000) no município de Ponta Porã (MS). A área encontra-se no Bioma de transição entre Cerrado e Mata Atlântica, com clima classificado como Cwa (Köppen), mesotérmico úmido, com os verões quentes e invernos secos. Em cada sistema de manejo foram realizadas coletas de amostras de solo com 6 repetições. As amostras foram coletadas no mês de abril e as análises realizadas entre os meses de maio a dezembro de 2018 no laboratório de análises de solos da Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO) localizado no município de Dourados (MS).

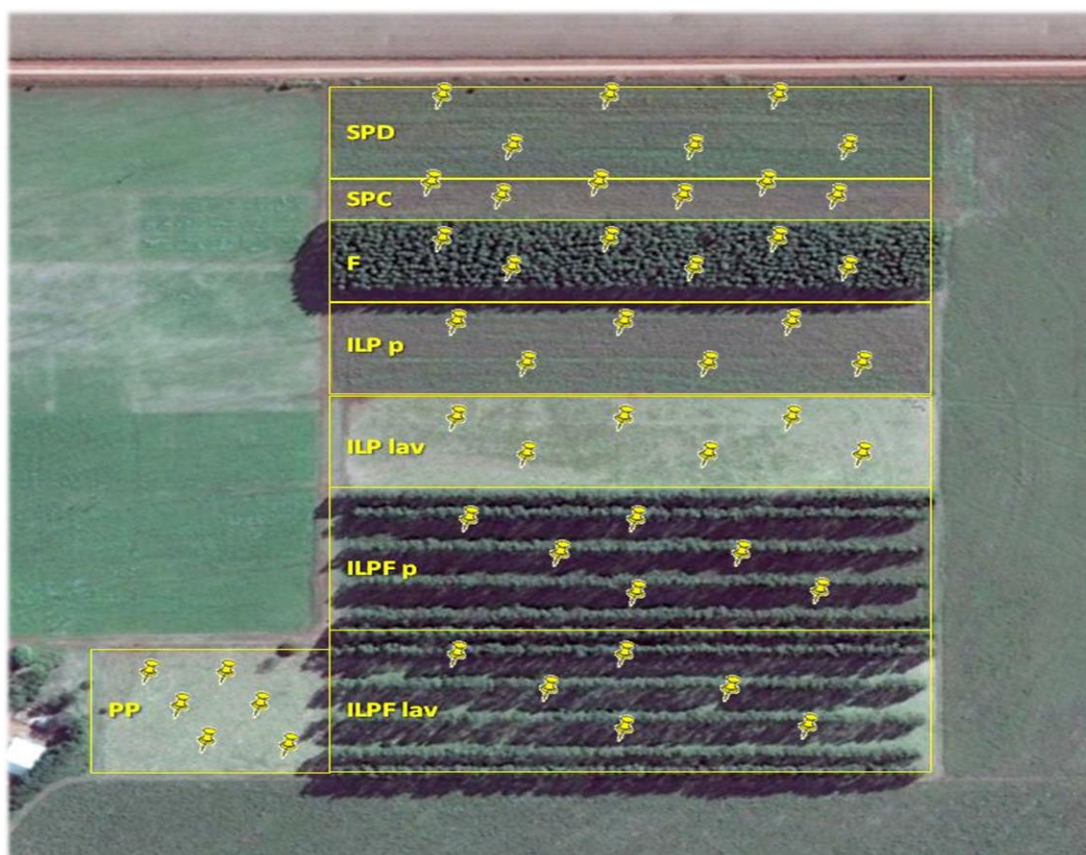


Figura 8. Imagem aérea da área dos sistemas de manejo dispostos em faixas e os pontos onde as amostras foram coletadas – Google maps.

Foram avaliados oito sistemas de manejo do solo dispostos em faixas (Figura 8), sendo os tratamentos:

Sistema de Plantio Direto – SPD: Lavoura em plantio direto, tendo no verão a soja e milho consorciado com forrageira *Brachiaria ruziziensis* no outono/inverno.

Sistema de Preparo Convencional – SPC: Lavoura de soja no verão com sucessão de milho no outono/inverno e preparo do solo utilizando grades de discos pesada + niveladora.

Floresta de Eucalipto – F: Floresta formada por cultivo de eucalipto com 8 anos de idade de espécies variadas em espaçamento de 3 x 2 metros, totalizando 1666 plantas ha⁻¹.

Integração Lavoura Pecuária na fase pastagem – ILP p: Integração Lavoura Pecuária com alternância entre lavoura soja/milho + *Brachiaria brizantha* (cv Xaraés) em ciclos de dois anos, conduzida em sistema de plantio direto e que possuía pastagem no momento da coleta.

Integração Lavoura Pecuária na fase lavoura – ILP lav: Integração Lavoura Pecuária com alternância entre lavoura soja/milho + *B. brizantha* (cv Xaraés) em ciclos de dois anos, conduzida em sistema de plantio direto e que possuía lavoura no momento da coleta.

Integração Lavoura Pecuária Floresta na fase pastagem – ILPF p: Integração Lavoura Pecuária Floresta com alternância entre lavoura soja/milho + *B. brizantha* (cv Xaraés) em ciclos de dois anos conduzida em sistema de plantio direto + linhas simples de Eucalipto espaçamento entre árvores de 2 metros e entre linhas 25 metros totalizando 200 árvores ha⁻¹ e que possuía lavoura no momento da coleta.

Integração Lavoura Pecuária Floresta na fase lavoura – ILPF lav: Integração Lavoura Pecuária Floresta com alternância entre lavoura soja/milho + *B. brizantha* (cv Xaraés) em ciclos de dois anos conduzida em sistema de plantio direto + linhas simples de Eucalipto espaçamento entre árvores de 2 metros e entre linhas 25 metros totalizando 200 árvores ha⁻¹ e que possuía lavoura no momento da coleta.

Pastagem Permanente – PP: Pastagem contínua de *B. brizantha* (cv Xaraés).

Os valores médios dos teores de Matéria Orgânica do solo encontram-se na Tabela 7. Amostras coletadas no ano de 2018 após 9 anos de implantação do experimento.

Tabela 7. Valores médios dos teores de Matéria Orgânica do Solo (MOS) nos sistemas de manejo e camadas estudados em Ponta Porã – MS, 2018.

Camada (cm)	Sistema de Manejo								
	SPD	SPC	F	ILP p	ILP lav	ILPF p	ILPF lav	PP	CV(%)
0-10	28,85 a	27,59 a	23,35 b	28,30 a	30,78 a	25,46 a	19,11 c	29,73 a	11,5
10-20	21,68 a	21,83 a	19,84 a	18,57 b	21,64 a	19,13 b	16,01 c	20,78 a	9,5

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. SPD – Sistema de Plantio Direto, SPC – Sistema de Plantio Convencional, F - Floresta, ILP p - Integração Lavoura-Pecuária na fase pastagem, ILP lav - Integração Lavoura-Pecuária na fase lavoura, ILPF p - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase pastagem, ILPF lav - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase lavoura, PP - Pastagem permanente. CV (%) – Coeficiente de Variação.

Para avaliação da estabilidade de agregados utilizou-se a metodologia empregada pela EMBRAPA desde 2006, onde foram coletados monólitos de solo 10 x10 x10 cm nas camadas 0 – 10 e 10 – 20 cm, fragmentados cuidadosamente com objetivo de padronizar o tamanho máximo ao transpassar a peneira de malha de 9,52 mm. Com o auxílio de um equipamento quarteador tipo Jones, o volume total da amostra foi subdividido em operações repetidas, até atingir uma massa de aproximadamente 50 g, para desta forma se obter uma sub amostra contendo agregados e terra solta, sendo o mais representativo possível da amostra original. Após a obtenção da amostra de 50 g, o material foi colocado em um conjunto de peneiras com aberturas de 4,76 mm, 2 mm, 1 mm; 0,5 mm, 0,25 mm, 0,105 mm e 0,053 mm e agitada em um agitador mecânico vibratório marca Solotest, durante 1 minuto, com potência de 30%. A energia do equipamento foi necessária apenas para separar os agregados e não para fragmentá-los.

Em seguida, determinou-se a massa dos agregados retidos em cada peneira e posteriormente utilizou-se da mesma amostra reconstituída para a etapa do peneiramento em água. Para o peneiramento em via úmida, o método utilizado foi o descrito por SALTON et al. (2013), que consiste em separar em classes de tamanho pela dispersão e peneiramento via úmida, o tempo de peneiramento das amostras foi de 15 minutos, em conjunto de peneiras com malhas de 4,76 mm, 2 mm, 1 mm; 0,5 mm, 0,25 mm, 0,105 mm e 0,053 mm, acopladas a um agitador com oscilações verticais tipo Yoder marca Marconi. Após peneiramento, as amostras foram separadas em recipientes devidamente

etiquetados e levadas a estufa para serem secas a 105°C por 24 h. Posteriormente, foram pesadas e organizadas em planilha para análise dos dados.

Para o cálculo do Diâmetro Médio Ponderado (DMP) seco e úmido foram utilizados os valores obtidos nos dois peneiramentos, de acordo com a equação:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (X_i \times W_i)$$

Onde:

W_i = proporção de cada classe em relação ao total; X_i = diâmetro médio das classes de agregados (mm); n = número total de classes de agregados; i = número de classes.

A partir da relação entre o DMP obtido no peneiramento em água e o DMP obtido no peneiramento seco calculou-se o Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA), que indica a capacidade dos agregados de resistirem à energia de desagregação. O IEA equivale à relação DMP_u/DMP_s apresentada por SILVA & MIELNICZUK (1997b).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, os atributos avaliados refletem a maior resiliência do solo sob sistemas ILP, onde os efeitos sinérgicos das interações entre os diversos componentes do sistema promovem melhor qualidade do solo. A melhor estrutura do solo permite a exploração de maior volume de solo pelo sistema radicular, estão relacionados com a presença das gramíneas, que graças a sua elevada capacidade de produção de massa vegetal, tanto da parte aérea quanto da subterrânea, torna-as indispensáveis para melhoramento do solo. Em decorrência dos efeitos da interação entre os componentes dos sistemas de produção, a ILP é recomendada como forma mais eficiente e sustentável de produção, e está relacionada a Matéria Orgânica do solo (SALTON et al., 2013).

Tabela 8. Valores médios para Diâmetro Médio Ponderado (DMP) por via seca (DMPs), via úmida (DMPu) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) obtidos sobre a influência dos diferentes sistemas de manejo e camadas estudadas, em Ponta Porã – MS, 2018.

	Sistema de Manejo								
	SPD	SPC	F	ILP p	ILP lav	ILPF p	ILPF lav	PP	CV(%)
	Camada 0-10 cm								
DMPs (mm)	4,84 a	4,65 a	5,31 a	4,77 a	5,01 a	4,78 a	4,81 a	4,76 a	10,84
DMPu (mm)	4,19 a	3,49 b	4,58 a	4,41 a	4,71 a	4,39 a	4,20 a	4,40 a	10,73
IEA (%)	86,6 b	75,1 c	86,2 b	92,8 a	93,9 a	92,0 a	87,4 b	93,0 a	5,55
	Camada 10-20 cm								
DMPs (mm)	5,50 a	4,98 b	5,02 b	5,18 a	4,99 b	4,80 b	4,84 b	4,82 b	7,49
DMPu (mm)	3,92 b	3,82 b	3,64 b	4,38 a	4,43 a	3,72 b	3,45 c	4,33 a	8,82
IEA (%)	78,7 b	69,5 c	72,6 c	84,6 a	88,8 a	77,6 b	71,4 c	89,8 a	5,24

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. SPD – Sistema de Plantio Direto, SPC – Sistema de Plantio Convencional, F - Floresta, ILP p - Integração Lavoura-Pecuária na fase pastagem, ILP lav - Integração Lavoura-Pecuária na fase lavoura, ILPF p - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase pastagem, ILPF lav - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na fase lavoura, PP - Pastagem permanente. CV (%) – Coeficiente de Variação.

Para solos arenosos, como é o caso de alguns dos sistemas da área de estudo ILPF p, ILPF lav e PP é de grande importância o uso de sistemas onde em sua maioria é fornecida pelo sistema radicular das gramíneas nos sistemas com pastagens (SALTON et al., 2008), pela renovação da parte aérea (PINHEIRO et al. 2004), além do favorecimento ao crescimento de hifas de fungos e liberação de exsudatos (SALTON et al., 2014) para formação e estruturação de agregados, Tabela 8.

O SPC apresentou estabilidade inferior aos demais sistemas. Este fato denota o efeito do manejo empregado sobre a agregação do solo, no caso do SPC acelerando o processo de degradação da matéria orgânica, favorecendo a desestruturação ao longo do perfil do solo, como observado por Wohlenberg et al., (2004).

3.4 CONCLUSÕES

O SPC apresentou menor IEA o que demonstra que promove degradação do solo visto que há revolvimento do solo e o material orgânico fica exposto além da falta de cobertura deixando - o susceptível a processos de erosão.

Sistemas conservacionistas como Integração Lavoura Pecuária devem ser empregados pois mantém o aporte vegetal e devido o sistema radicular das pastagens mantém uma boa agregação e estruturação do solo.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J. A. M.; MOTCHI, E. P.; OLIVEIRA, H. et al. **Levantamento detalhado dos solos do Campo Experimental de Ponta Porã, da Embrapa Agropecuária Oeste**, município de Ponta Porã, MS. 2000.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:527-538, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

KISHOR, P.; GHOSH, A.K.; CLARAMMA, P.V. Influence of Tillage on Soil Physical Environment. **International Journal of Agronomy and Plant Production**. 4 (10): 2592-2597, 2013.

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 77, n. 1, p. 79-84, 2004.

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 em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:11-21, 2008.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. **Sistema São Mateus - Sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 186).

SALTON, J. C., MERCANTE, F. M., TOMAZI, M., ZANATTA, J. A., CONCENÇO, G., SILVA, W. M., & RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:113-117, 1997b.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Effects of different management systems on porosity of oxisols in Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.899-906, 2010.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, M. G.; PEREIRA, M. G. Alterações dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Ciência & Agrotecnologia**, v.35, p.437-445, 2011.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:891-900, 2004.