

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA
MESTRADO**

**AVALIAÇÃO VISUAL DA ESTRUTURA DO SOLO:
APLICABILIDADE EM UM LATOSSOLO BRUNO SOB
DIFERENTES USOS E MANEJOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SILVANA DO ROCIO BUSS

GUARAPUAVA-PR

2015

SILVANA DO ROCIO BUSS

**AVALIAÇÃO VISUAL DA ESTRUTURA DO SOLO: APLICABILIDADE EM UM
LATOSSOLO BRUNO SOB DIFERENTES USOS E MANEJOS**

Dissertação apresentado à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Prof^a. Dr^a. Aline Marques Genú
Orientadora

Prof. Dr. Marcelo Marques Lopes Müller
Co-orientador

GUARAPUAVA-PR

2015

Catálogo na Publicação
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Cedeteg

B981a Buss, Silvana do Rocio
Avaliação visual da estrutura do solo: aplicabilidade em um latossolo
bruno sob diferentes usos e manejos / Silvana do Rocio Buss. –
Guarapuava, 2015
x, 55 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em
Produção Vegetal, 2015

Orientadora: Alina Marques Genú
Co-orientador: Marcelo Marques Lopes Müller
Banca examinadora: Rachel Muylaert Locks Guimarães, Sidnei Osmar
Jadoski

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Produção vegetal. 3. Escore visual. 4. Manejo do solo. 5.
Qualidade estrutural. 6. Atributos físicos. I. Título. II. Programa de Pós-
Graduação em Agronomia.

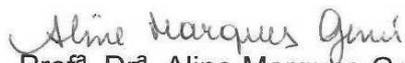
CDD 631.4

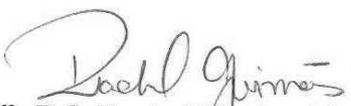
Silvana do Rocio Buss

**AVALIAÇÃO VISUAL DA ESTRUTURA DO SOLO: APLICABILIDADE EM UM LATOSSOLO
BRUNO SOB DIFERENTES USOS E MANEJOS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2015.


Prof^a. Dr^a. Aline Marques Genú
(UNICENTRO)


Prof^a. Dr^a. Rachel Muylaert Locks Guimarães
(UTFPR)


Prof. Dr. Sidnei Osmar Jadoski
(UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR

2015

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela saúde e disposição.

À Universidade Estadual do Centro Oeste- UNICENTRO, por ter proporcionado a realização deste curso de Pós-Graduação.

À professora Dra. Aline Marques Genú, por ter dedicado seu tempo, sabedoria e carinho à orientação deste trabalho.

Ao professor Dr. Marcelo Marques Lopes Müller pela co-orientação.

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Centro Oeste que contribuíram para minha formação.

Aos acadêmicos de Agronomia Dalnei Menon, Joacir Kuxla, Ernesto Berezoski e Leila Bernart e a colega de mestrado Keli Cristina dos Santos pelo auxílio nas coletas de solo.

À colega Silvana Giroto Martins Ferreira no auxílio com as análises estatísticas.

“O desenvolvimento só é progresso quando não se limita a negar ou suprimir, mas quando também conserva; é progresso quando, ao lado do que existe e merece desaparecer, também encontra o que existe e merece ser conservado.”

(Karl Kautsky)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO.....	2
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
3.1 Método de Avaliação Visual da Estrutura.....	3
3.2 Usos e Manejos do solo.....	6
3.3. Atributos físicos do solo.....	7
3.3.1 Estrutura do solo.....	7
3.3.2 Porosidade do solo.....	9
3.3.3 Matéria orgânica do solo.....	10
3.3.4 Densidade do solo.....	11
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1 Caracterização da área.....	13
4.2 Histórico das áreas avaliadas.....	15
4.3 Análises VESS.....	18
4.4 Atributos físicos.....	20
4.4.1 Densidade do solo.....	21
4.4.2 Porosidade do solo.....	22
4.4.3 Carbono orgânico.....	23
4.4 Análises estatísticas.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
6 CONCLUSÕES.....	34
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
ANEXO 1.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização morfológica, física e química do perfil de Latossolo Bruno distrófico típico (LBd) descrito na área de estudo.....	14
Tabela 2. Cultivos realizados na área de Sistema Plantio Direto.....	15
Tabela 3. Cultivos realizados na área de Sistema Plantio Convencional.....	16
Tabela 4. Escores médios, em três profundidades, para os distintos sistemas de uso e manejo....	26
Tabela 5. Atributos físicos do solo, em três profundidades, para os distintos sistemas de uso e manejo.....	30
Tabela 6. Correlação de Pearson para os atributos físicos e os escores.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área experimental no <i>Campus Cedeteg</i>	13
Figura 2. Sistema Plantio Direto.....	15
Figura 3. Sistema de Plantio Convencional.....	16
Figura 4. Sistema Integração Lavoura-Pecuária.....	17
Figura 5. Reflorestamento com Eucalipto.....	17
Figura 6. Floresta Nativa.....	18
Figura 7. Coleta (A) e embalagem (B) do bloco para realização da Análise Visual.....	19
Figura 8. Coleta (A) e embalagem (B) das amostras com anel volumétrico.....	20
Figura 9. Câmara de Richards.....	21
Figura 10. Blocos de solo utilizados em profundidade de 0,0-0,30 m na Avaliação Visual da Qualidade da Estrutura do Solo nas distintas áreas estudadas. (A) Floresta Nativa; (B) Reflorestamento com Eucalipto; (C) Sistema de Plantio Direto; (D) Integração Lavoura-Pecuária e (E) Sistema de Plantio Convencional; valores de profundidade em m.....	25
Figura 11. Blocos de solo utilizados em profundidade de 0,0-0,20 m na Avaliação Visual da Qualidade da Estrutura do Solo nas distintas áreas estudadas. (A) Floresta Nativa; (B) Reflorestamento com Eucalipto; (C) Sistema de Plantio Direto; (D) Integração Lavoura-Pecuária e (E) Sistema de Plantio Convencional; valores de profundidade em m.....	26

RESUMO

BUSS, S. do R., Avaliação visual da estrutura do solo: Aplicabilidade em um Latossolo Bruno solo sob diferentes sistemas de uso e manejo. Guarapuava: UNICENTRO, 2015. 55p

O presente trabalho analisa os atributos físicos dos solos sob diferentes sistemas de uso e manejos, tendo por objetivo verificar a aplicabilidade do Método da Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS) e sua relação com os atributos físicos de um Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de uso e manejo. Para tanto, o trabalho foi desenvolvido na área experimental do *Campus Cedeteg*, da UNICENTRO, localizado no município de Guarapuava, no qual foram selecionadas áreas de diferentes usos e manejos, os quais foram: culturas anuais (produção de grãos) em sistema de plantio direto (SPD); culturas anuais (produção de batata) em sistema de plantio convencional (SPC); sistema de integração lavoura-pecuária (SILP); reflorestamento com eucalipto (RE) e floresta nativa (FN), com três repetições. Para cada uso foram coletadas, nas camadas 0,00 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, amostras deformadas para determinação do teor de carbono orgânico; amostras indeformadas com o uso de anel volumétrico para a determinação da densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade e, ainda, nos mesmos locais, foram coletados blocos de solo para definição da qualidade estrutural pelo Método de Avaliação Visual da Estrutura do Solo, que varia de 1 (melhor qualidade estrutural) a 5 (pior qualidade estrutural). Observou-se variação da qualidade estrutural (Q_e) do solo sob os diferentes usos avaliados, sendo que FN foi o que apresentou melhor qualidade estrutural e também de melhores condições físicas pelos dados analíticos obtidos enquanto o SPC e ILP foram os de pior qualidade estrutural. Observou-se correlação positiva da Q_e com a densidade do solo e negativa com a macroporosidade e porosidade total. Conclui-se que a aplicação do método da análise visual da estrutura do solo foi confirmada em Latossolo Bruno argiloso assim como sua relação, através do escore visual, com os atributos densidade do solo, porosidade total e macroporosidade em diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

Palavras-chave: escore visual, manejo do solo, qualidade estrutural, atributos físicos.

ABSTRACT

BUSS, R. S., Visual evaluation of soil structure: Aplicability in a Typic Haplustox under different use and management systems. Guarapuava: UNICENTRO, 2015. 55p

This work analyzes the physical attributes of soils under different soil use and management systems, aiming to verify the applicability of the method of Visual Evaluation of Soil Structure (VESS) and its relationship to the physical attributes of an clayey Typic Haplustox under different use and management systems. Therefore, the study was conducted in the experimental area of the *Campus* CEDETEG, UNICENTRO, located in Guarapuava, in which areas of different uses and management were selected, which were: annual crops (grain production) in no-till system (SPD); annual crop (potato planting) in conventional system (SPC); integrated crop-livestock system (SILP); reforestation area with eucalyptus (RE) and native forest (FN), with three replications. For each use, were collected in the layers from 0.00 to 0.10 and 0.10 to 0.20 m, deformed samples for organic carbon content; undisturbed samples using volumetric ring for the determination of bulk density, total porosity, macroporosity and microporosity and also in the same locations were collected soil blocks for defining the structural quality by Visual Evaluation of Soil Structure, ranging from 1 (best structural quality) to 5 (worst structural quality). There was variation in the structural quality (Q_e) of the soil under the different evaluated uses, and FN showed the best structural quality and also better physical condition by analytical data obtained while the SPC and ILP were the worst structural quality. There was a positive correlation with the Q_e and bulk density and negative with macroporosity and total porosity. The applicability of the Visual Evaluation of Soil Structure was confirmed in clayey Typic Haplustox as well as its relation, trough visual score, with the attributes bulk density, total porosity and macroporosity in different soil use and management systems.

Key words: visual scores, soil management, structural quality, physical attributes.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas de manejo conservacionistas nas áreas agrícolas brasileiras tem sido apresentada como uma opção para assegurar a manutenção ou melhoria da qualidade do solo e do ambiente assim como manter a produtividade das culturas.

Esta relação do manejo com a qualidade dos solos pode ser verificada através do efeito deste, sobre os seus atributos químicos, físicos e biológicos (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009) sendo que, um bom indicador da qualidade do solo deve ser sensível às variações de manejo ao qual este é submetido (BEUTLER et al., 2001). Dentre os atributos físicos do solo, densidade, porosidade, retenção de água, resistência a penetração e condutividade hidráulica têm sido comumente utilizados como indicadores desta qualidade (MARCHÃO et al., 2007) entretanto, a aquisição destas informações é difícil e de elevado custo de tempo e recursos.

Desta forma, além da determinação dos atributos físicos do solo, o uso de metodologias que quantifiquem e qualifiquem as suas condições estruturais são importantes para o desenvolvimento de modelos que visem a melhoria da produtividade e sustentabilidade dos sistemas de uso e manejo do solo, como a análise visual da estrutura, que permite um diagnóstico a campo, são indicativos úteis para manutenção da qualidade física (ARSHAD et al., 1996; LLANILLO et al., 2013).

Diante disso, novos métodos têm sido desenvolvidos, como o Método da Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS), o qual é realizado no campo com amostras de solo retiradas com pá reta, e os resultados são prontamente disponíveis, possibilitando sua utilização até mesmo pelo produtor rural treinado. Este método pode fornecer, de maneira rápida, confiável e barata, (GUIMARÃES et al., 2013; GIAROLA et al., 2013) informações necessárias ao planejamento agrícola, constituindo uma importante ferramenta para identificar ou monitorar práticas de manejo sustentáveis.

2. OBJETIVO

Verificar a aplicabilidade do Método da Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS) e sua relação com os atributos físicos de um Latossolo Bruno argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Método de Avaliação Visual da Estrutura

O Método de Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS), por ser realizado no campo com amostra de solo retirada com pá reta, é rápido e de baixo custo, e os resultados prontamente disponíveis, tornando-o uma ferramenta prática e sensível às alterações do manejo (GUIMARÃES et al., 2013; GIAROLA et al., 2013; ASKARI et al., 2013). Este método foi originalmente desenvolvido entre as décadas de 1950 e 1960, por Peerlkamp e, posteriormente, utilizado por Ball et al. (2007) cujo resultado do trabalho definiu o termo qualidade estrutural (Qe), que está relacionado à matéria orgânica do solo, teor de argila e desempenho das culturas.

Nos últimos anos, diversos pesquisadores das mais variadas nacionalidades desenvolveram métodos baseados nas avaliações visuais da qualidade da estrutura do solo como na Nova Zelândia (Shepherd, 2000), Austrália (McKenzie, 2001), Escócia (Ball & Douglas, 2003), França (Roger-Estrade et al., 2004), e o seu uso tem sido incentivado pelas atividades do Grupo de Trabalho “Visual soil examination and evaluation” da ISTRO (International Soil Tillage Research Organisation). Este grupo de trabalho promoveu uma reunião em 2005, no norte da França, onde foram discutidos dez métodos de avaliação da estrutura do solo.

Em 2011, na Dinamarca, no Centro de Investigação Flakkebjerg University, o grupo reuniu-se com o objetivo de continuar as discussões sobre a utilização e experiências de métodos de campo para análise e avaliação do solo e também os métodos que analisam o subsolo. Destacaram-se as aplicações dos métodos visuais para garantir a qualidade do solo, visando sanidade e quantidade na produção agrícola, evitando a compactação, perdas ambientais e melhorando o armazenamento de carbono.

Moncada et al. (2014a) relatam sobre a publicação de diversos estudos relacionados a utilização e o aperfeiçoamento dos métodos visuais de avaliações da estrutura do solo a campo (MUELLER et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2013; MCKENZIE, 2013;), desenvolvidos para solos de regiões de clima temperado.

Mueller et al. (2013), estudando o método Classificação M-SQR, avaliou a estrutura do solo e também características agronômicas como disponibilidade de água, declividade, indicadores de risco como contaminantes, seca, inundações.

Giarola et al. (2013) comentam que no Brasil, avaliações utilizando o Método VESS iniciaram-se em 2008 assim como os estudos para validar seu uso e eficácia na determinação de diferenças na qualidade da estrutura dos solos sob diferentes sistemas de uso e manejo (GIAROLA et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2013). Metodologias semelhantes foram utilizadas por Estrade et al. (2004), como "Le profil cultural" método que foi testado para a avaliação física do solo tropical (MONCADA et al., 2014a).

O encontro do Grupo de Trabalho "Visual soil examination and evaluation" da ISTRO (International Soil Tillage Research Organisation) de 2014 ocorreu no Brasil, onde pode-se analisar a qualidade estrutural de solos tropicais, com textura argilosa e arenosa, sob plantio direto, produção de culturas anuais (soja e milho) e cana colhida mecanicamente. Foram discutidas estratégias de prevenção de compactação do solo, explorando os métodos para a avaliação visual e investigar as estratégias de prevenção da compactação em superficial e subsolo em solos tropicais.

Ball et al. (2015) estudaram a estrutura do subsolo pelo método SubVESS para avaliação estrutural de qualidade, cuja profundidade do subsolo a ser analisada, não é constante, sendo o limite inferior de avaliação de pelo menos 1 m. Os autores comentam que um método que assemelha-se ao SubVESS é o SOILpak (McKenzie, 2001) onde são cavadas trincheiras e analisados os primeiros 90 cm do solo, torrões são extraídos para análise e são aplicadas pontuações.

O método Peerlkamp original foi adaptado por Ball (2003), devido algumas dificuldades encontradas no método original, como o fato da escala da qualidade estrutural ser inicialmente de 10 classes, e as mesmas não estarem bem definidas assim como a necessidade de se incluir mais detalhes para observações tais como cor, forma e orientação de agregados, poros e raízes. Com isso, foi desenvolvida uma chave visual, para atender algumas dessas necessidades (BALL et al. 2007; GUIMARÃES et al., 2011). Esta chave inclui fotografias de amostras típicas para diferentes tipos de solo, em cada categoria de qualidade estrutural (Qe) ou para tipos de lavouras diferentes no mesmo solo. Na tabela desenvolvida, cada categoria tem uma característica distintiva, sendo dividida em cinco qualidades estruturais (Qe), em uma escala de pontuação que

vai do menor (Qe1), para o solo com melhores características até (Qe5) para solo com as piores características (Anexo 1). As avaliações podem ser feitas a qualquer momento do ano, mas, de preferência, quando o solo estiver úmido, de modo que um bloco de solo pode ser retirado, sem alterar a estrutura. Se o solo estiver seco, pode quebrar por estar duro e mais difícil de cavar, de modo que a avaliação pode ser imprecisa (BALL et al., 2007; GIAROLA et al., 2013).

Vezzani & Mielniczuk (2009) relatam que no Brasil pesquisadores da área de ciência do solo vêm buscando indicadores de qualidade do solo (QS) surgindo algumas sugestões de indicadores físicos (COSTA et al., 2003; ALVES et al., 2007; FIDALSKI & TORMENA, 2007), químicos (RIBEIRO et al., 2007), biológicos (BARETTA et al., 2005; RIBEIRO et al., 2007) e a integração destes (ARAÚJO et al., 2007).

Amado et al. (2007) utilizaram um Kit de qualidade do solo (KQS), denominado “soil quality kit test”, desenvolvido pelo Instituto de Qualidade do Solo, vinculado ao Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, em dois experimentos de longa duração (10 e 15 anos) localizados no Rio Grande do Sul e, quando comparado com os métodos tradicionais, o kit se mostrou eficiente na avaliação da qualidade do solo.

Um método simples que tem sido bastante utilizado, é o da avaliação visual do solo (VSA) desenvolvido por Shepherd (2000) que avalia a qualidade física superficial do solo, no qual um bloco de 20 cm de solo é retirado e colocado em uma caixa, a qual sofre uma queda à 0,1 a 1 m de altura, sobre superfície sólida, são retiradas fotografias dos agregados e comparadas com um guia de campo (MUELLER et al., 2013).

No trabalho realizado por Giarola et al. (2009) o objetivo foi verificar a aplicabilidade do Método Visual da Qualidade Estrutural (VESS) em um Latossolo Vermelho Distroférico sob sistemas de uso e manejo característicos na Região Central do Paraná. A hipótese de aplicabilidade da metodologia de avaliação visual da estrutura foi corroborada e indicou a exequibilidade desta na avaliação e monitoramento da qualidade da estrutura do solo e na distinção de sistemas de manejo com diferentes qualidades estruturais.

A qualidade de um solo está relacionada ao conjunto de seus atributos, sendo que, um indicador, sozinho, não conseguirá abranger todos os fatores envolvidos, havendo assim a necessidade de se estabelecer critérios para seleção de indicadores que correlacionem os processos do agroecossistema envolvido (ALVES et al., 2007; ASKARI et al., 2015).

3.2 Usos e Manejos do solo

A estrutura do solo é alterada por operações de manejo como o intenso tráfego de máquinas agrícolas ou pisoteio animal, perdas de matéria orgânica ou mesmo por fenômenos de natureza pedogênica (GAGGERO et al., 2002; MONCADA et al., 2014b). Segundo Tormena et al. (1998a), as propriedades físicas do solo são alteradas pela compactação, geralmente com aumento na densidade, diminuindo a porosidade total e a porosidade de aeração, sendo este efeito maior na superfície do solo e interfere na disponibilidade de água e ar, afetando o ambiente radicular. Segundo Niero (2009) os sistemas de cultivo ao modificar os atributos do solo podem alterar sua qualidade.

O preparo convencional do solo foi a prática de manejo mais utilizada, desde o início da colonização agrícola até os anos 80, com sérias consequências, tendo como principal a erosão hídrica e, geralmente neste sistema, observa-se uma camada subsuperficial compactada (ALBUQUERQUE et al., 2005).

Sistemas de manejo como o Plantio Direto, que não ocasionam revolvimento do solo, aumentam conseqüentemente o teor de matéria orgânica, com resíduos culturais na superfície, diminuindo a erodibilidade (FERNANDES et al., 2007), aliados a rotação de culturas, nas últimas décadas vem contribuindo para o aumento de produtividade, porém o intenso tráfego do maquinário agrícola, juntamente com o não revolvimento do solo, pode trazer prejuízos ao desenvolvimento das plantas, devido à compactação subsuperficial (KRAMER, 2012).

Como o aumento das áreas de plantio direto, e a possibilidade da junção da produção agrícola com a pecuária, o sistema de integração lavoura-pecuária, teve um significativo aumento na Região Sul do Brasil, proporcionando melhor utilização destas áreas (PETEAN, 2011). Segundo o mesmo autor, se estas áreas não forem bem manejadas, respeitando a quantidade de animais por área e condições ideais de umidade do solo, os animais podem causar efeito negativo como a compactação.

Os diferentes sistemas de uso e manejo do solo interferem diretamente na capacidade de retenção e evaporação de água. Gava (2010) em experimento com diferentes taxas de resíduos culturais (palha de trigo), em Latossolo Vermelho eutrófico, observou que com o aumento de cobertura, a evaporação diminuiu, intensificando este efeito com precipitações frequentes. Manejos que ocasionam movimentação do solo como o plantio convencional, causam uma

ruptura na capilaridade, interferindo na movimentação de água ascendente no solo, interferindo no seu regime hídrico, ocorrendo uma secagem mais rápida na superfície (ANDRADE, 2008).

A maior coesão das partículas do solo ocorre quando o teor de água diminui, ocasionando um aumento na resistência à penetração, para evitar esta interferência ao comparar diferentes sistemas de uso e manejo, medições devem ser realizadas estando este solo na capacidade de campo (BEUTLER et al., 2001). A condutividade hidráulica, a tensão da água, a difusão de gases e a resistência do solo à penetração, são atributos que estão diretamente relacionado a quantidade de água neste solo (CAVALIERI et al., 2006).

Com a diminuição nas intervenções sobre o solo, como nos sistemas agroflorestais, que caracterizam-se como opções para a produção agropecuária sustentável, levam em conta a interação entre as diferentes espécies utilizadas (NEVES et al., 2007).

3.3. Atributos físicos do solo

A qualidade de um solo para o desenvolvimento das plantas está diretamente relacionada às suas propriedades físicas, tendo como indicadores características como densidade, porosidade, disponibilidade de água (BONO, 2007) e resistência do solo à penetração, todas características afetadas pelos distintos sistemas de uso e manejo (ARAUJO et al., 2004). Segundo Argenton et al. (2005) sistemas de manejo intensivo, que causam degradação no carbono orgânico, reduzem a estabilidade dos agregados, vindo a ocorrer compactação, erosão e conseqüentemente queda de produtividade. A produtividade das culturas sofre influência da qualidade estrutural do solo, sendo que um equilíbrio do fluxo de nutrientes para as plantas depende desta. Pensando em sustentabilidade dos agroecossistemas, este equilíbrio do fluxo de nutrientes é de fundamental importância para a manutenção da produtividade agrícola (MUELLER et al., 2013).

3.3.1 Estrutura do solo

A estrutura é uma das características mais importante do solo, relacionada ao uso e manejo, sendo influenciada diretamente pelo seu preparo (NEVES et al., 2007). É definida como

o ordenamento das partículas primárias juntamente com componentes minerais e orgânicos, formando as unidades estruturais do solo, os agregados (CAPECHE, 2008), tendo influencia na movimentação de água, transferência de calor, aeração, densidade e porosidade. No entanto, a estrutura por si só não é considerada um fator de crescimento das plantas, entretanto, influencia em quase todos os fatores de crescimento vegetal, como fornecimento de água e fluxo de nutrientes, dentre outros (AMARO FILHO et al., 2008) e, ao contrário da textura, é dinâmica, alterando-se constantemente pela ação do homem e da natureza.

A avaliação da estrutura do solo é realizada tanto em condições de campo como em laboratório. Existe um número grande de métodos para esse fim e a tendência é que novas metodologias sejam ampliadas continuamente (FERREIRA, 2010). Moncada et al. (2014a) caracterizam os métodos da avaliação da estrutura do solo em diretos e indiretos. Em indiretos incluem aqueles cuja avaliação é realizada a partir de propriedades do solo, como condutividade hidráulica, taxa de infiltração de água, densidade e distribuição e tamanho dos poros enquanto os diretos são os que avaliam as características estruturais morfológicas, como microscopia, análise de imagens, medição de estabilidade dos agregados em laboratório e avaliação visual da estrutura a campo.

Para que o solo tenha sustentabilidade em diferentes sistemas de uso e manejo, a utilização de métodos que quantifiquem e qualifiquem a sua qualidade e estabilidade estrutural, são de fundamental importância (ARATANI et al., 2009).

Devido a interrelação da estrutura com fatores como disponibilidade de nutrientes, aeração, fornecimento de água a mesma está diretamente relacionada à produtividade das culturas (FERNANDES et al., 2007). As alterações causadas pelos sistemas de uso e manejo podem resultar em compactação, em conjunto com a redução do aporte de matéria orgânica, ocasionando degradação da estrutura, o que favorece o processo erosivo (MERTEN & MINELLA, 2002). No entanto, sistemas que rotacionam culturas, mantendo os restos das culturas anteriores e não revolvimento do solo diminuem este processo erosivo, mantendo melhor condição estrutural (FERNANDES et al., 2007).

3.3.2 Porosidade do solo

O solo é composto por partículas sólidas, sendo que da organização destas partículas originam-se espaços de diferentes tamanhos, denominados poros, compondo a fração volumétrica do solo ocupada pelo ar e pela água (RIBEIRO et al., 2007). A porosidade é um importante atributo que confere condições adequadas para o desenvolvimento radicular e a existências de organismos vivos. Segundo Lepsch (2011) os poros ocupam cerca da metade do volume do solo e observam-se dois tipos, os macroporos, maiores que 0,06 mm, onde a água e o ar encontram maior facilidade de movimentação e os microporos, menores que 0,06 mm, que devido à capilaridade, a água permanece por mais tempo, sendo estes, de fundamental importância para o desenvolvimento das plantas, principalmente em períodos de déficit hídrico (SANCHEZ, 2012). A fase gasosa é denominada de ar do solo e a fase líquida, que é chamada de solução do solo, contém os nutrientes. Segundo Ferreira & Dias (1997), as proporções relativas das fases sólida, líquida e gasosa no solo variam continuamente e dependem de condições climáticas, vegetação e, sobretudo, manejo sendo a porosidade no solo diretamente relacionada com sua estrutura, que por sua vez está relacionada com a matéria orgânica do solo.

Segundo Reinert et al. (2008) a utilização de plantas de cobertura com sistema radicular abundante e vigoroso, além de reciclar nutrientes no perfil, aporta matéria orgânica e melhora a estabilidade dos agregados, conferindo ao solo maior porosidade e resistência mecânica sendo a qualidade da porosidade diretamente relacionada a esta resistência mecânica. Bortoluzzi et al. (2008), comparando a porosidade em um solo sob duas formas de manejo, preparo convencional e plantio direto, observou que sob preparo convencional, devido ao menor espaço poroso, o solo apresentou maior sensibilidade à compressão unidimensional aplicada, quando comparado com o sob plantio direto.

A permeabilidade à água de um solo é influenciada diretamente pelos diferentes sistemas de uso e manejo, pois estes interferem na quantidade e dimensão dos poros (BEUTLER et al., 2001). A umidade do solo influencia na aeração, temperatura e na sua resistência mecânica, que são afetadas pela densidade e distribuição do tamanho de poros do solo. Esses atributos físicos interagem entre si e regulam o crescimento e a funcionalidade das raízes, com reflexo no crescimento e produtividade das plantas cultivadas (COLLARES et al., 2006). Um fenômeno que

demonstra as boas condições físicas de um solo é a infiltração de água, pois esta relacionada às suas condições estruturais, sendo um indicador de qualidade (ALVES et al., 2007).

Em sistemas onde não ocorre o revolvimento do solo, constata-se uma lenta diminuição da porosidade, em plantio direto estudos têm observado uma diminuição no volume total de poros, de macroporosidade e um aumento na microporosidade (FERNANDES et al., 2007).

3.3.3 Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) exerce um papel importante sobre as características física, química e biológica do solo, sendo um indicador de qualidade nos diferentes sistemas de uso e manejo (NASCIMENTO et al., 2009). A MOS auxilia na recuperação da porosidade, em função de ser um condicionador biofísico e sua baixa densidade em comparação com os minerais, reduz a densidade do solo e após alguns anos de cultivo seu teor se estabiliza, para solos argilosos, entre 25 a 30 g dm⁻³ (RONQUIM, 2010).

Sua importância em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados é tanto no fornecimento de nutrientes às culturas, retenção de cátions e complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, como na estabilidade da estrutura, aeração, infiltração e retenção de água (RIBAS, 2010). Tem como principais componentes o C e o N, com estoques variando de acordo com as adições (resíduos vegetais e, ou, animais) e perdas (erosão, oxidação por microrganismos), sendo que em solos naturais sofre a influência dos fatores edafoclimáticos enquanto que em solos cultivados sofre também com o sistema de manejo adotado (SOUZA et al., 2009).

A adoção de sistemas de uso e manejo que visam à proteção do solo através do contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção de uma boa estrutura. O fornecimento de material orgânico serve como fonte de energia para a atividade microbiana, que atua como agente de estabilização dos agregados (CAMPOS et al., 1995). A cobertura pela palhada (resteva) impede a formação de camada superficial compactada diminuindo assim o deflúvio e conseqüentemente a erosão, ao contrário, sistemas que revolvem o solo fazendo a incorporação do resto cultural, proporcionando maior atividade dos microrganismos do solo, aumentando as perdas de carbono orgânico, seja pela oxidação da matéria orgânica ou por erosão (CALEGARI et al., 2006). Wendling et al. (2005) analisando o carbono orgânico como

estabilizador dos agregados em um Latossolo Vermelho sob diferentes usos e manejos, constataram melhores índices de agregação em área de mata nativa, seguido da área de plantio direto e por último a área de plantio convencional.

Em um experimento de 23 anos constituído de quatro sistemas de manejo: plantio direto, preparo com arado de disco, preparo com arado de disco e grade pesada, preparo com grade pesada, com duas gradagens, Hickmann & Costa (2012) verificaram que o sistema plantio direto na camada de 0,0-0,5 cm aumentou o teor carbono orgânico total e o estoque de carbono orgânico total, comparado com o manejo convencional. Porém as camadas 0,5-10; 10-20 e 20-40 cm, não demonstraram variações entre os manejos, mas um decréscimo em profundidade, demonstrando assim o efeito dos diferentes manejos no aporte de carbono orgânico do solo.

3.3.4 Densidade do solo

Um fator que afere características distintas ao solo é a densidade, que varia nos solos arenosos entre 1,3 e 1,8 g cm⁻³, nos argilosos de 0,9 a 1,6 g cm⁻³ e nos orgânicos é menor, entre 0,2 e 0,6 g cm⁻³ (MARCOLIN, 2006). Ao comparar diferentes classes texturais, uma densidade de 1,5 g cm⁻³, em solo arenoso não apresenta problema de compactação, já em solo argiloso com este mesmo índice apresentaria uma forte compactação (SANCHEZ, 2012). Na avaliação de qualidade do solo é uma propriedade física considerada indicador, pois está relacionada com a sua estrutura, porosidade e taxa de infiltração de água, levando em consideração a textura deste solo (ALVES et al., 2007).

A densidade do solo demonstra sua condição estrutural, estando diretamente relacionada a umidade e à resistência a penetração (RP) assim, em condições de degradação do solo, as raízes das plantas tem seu crescimento limitado (BLAINSKI et al., 2008). Segundo Reichert et al. (2010) a resistência a penetração tem sido utilizada para identificar camadas compactadas e mudanças nas propriedades físicas do solo associadas aos seus horizontes. Segundo Blainski et al. (2008) uma RP entre 1,0-3,5 MPa limita o crescimento radicular porém índices superiores a 5,0 MPa, são aceitos em sistema de plantio direto, devido neste sistema, a presença de raízes e maior atividade biológica, resultarem em melhor agregação, e conseqüentemente melhor estrutura e menor RP (BEUTLER et al., 2001).

Aratani et al. (2009) comparando diferentes usos e manejos em um Latossolo Vermelho acriférrico típico de textura argilosa, verificou menor densidade na área de mata nativa, enquanto o plantio direto apresentou maior densidade em relação ao plantio convencional, provavelmente pelo tráfego do maquinário utilizado. Porém Costa et al. (2003), em experimento de longa duração (21 anos), em Latossolo Bruno alumínico câmbico, com horizonte A proeminente, sob sistema de plantio direto (SPD) e convencional (SPC), constatou no último um aumento da densidade de 1986 para 2000, enquanto no SPD este aumento foi constatado superficialmente (0,00-0,05m), havendo uma redução nas demais camadas, ao que os autores atribuem às atividades de raízes e a fauna edáfica.

Em sistemas de plantio que não realizam o preparo do solo, mesmo havendo aumento na densidade, pode-se observar um aumento na disponibilidade de água para as plantas, quando comparado com sistema de plantio convencional, porém podem ocorrer variações, dependendo do teor de matéria orgânica e da textura do solo (CAVALIERI et al., 2006). Neves et al. (2007) ao analisarem a densidade do solo em sistema agrossilvopastoril em diferentes profundidades, verificaram que houve uma diminuição em profundidade, porém obteve índices baixos, ficando entre 0,93 e 1,18 g cm⁻³, demonstrando que este sistema não afetou a densidade de maneira significativa, ficando abaixo do nível crítico para solos argilosos e não interferindo no desenvolvimento das plantas.

Um parâmetro utilizado como indicativo de qualidade física do solo, é o Intervalo Hídrico Ótimo (IHO), que reúne os efeitos da aeração, resistência mecânica, potencial mátrico com o teor de água no solo (TORMENA et al., 1998b). A resistência à penetração (RP) é uma das propriedades físicas que mais interfere no IHO, o crescimento das plantas pode ser restrito nos índices de RP entre 1,0-3,5 MPa, porém na quantificação do IHO em culturas anuais vem se empregando um índice de 2 MPa (BLAINSKI et al., 2008).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado em novembro de 2013, na área experimental do *Campus Cedeteg* da Unicentro (Figura 1), no município de Guarapuava, localizado no centro-sul do estado do Paraná.

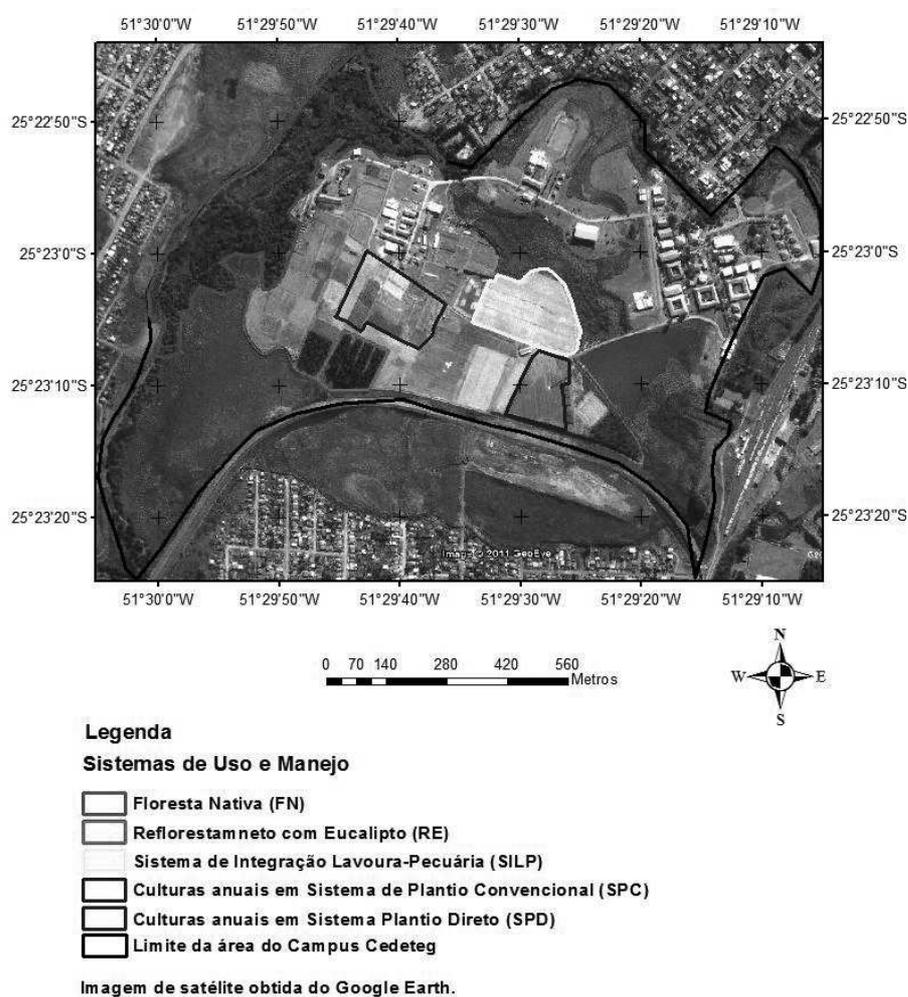


Figura 1. Mapa de localização da área experimental no *Campus Cedeteg*.
Fonte: BUSS, 2015

O clima, segundo a classificação de Köppen, é subtropical mesotérmico-úmido (Cfb), sem estação seca, com verões frescos e temperatura média entre 13 e 22 °C, invernos com geadas

severas e frequentes e temperatura média entre 3 e 18 °C (WAGNER et al., 2009). Segundo o mesmo autor, os índices de precipitação nos meses de primavera e verão são superiores a 160 mm, os meses de outono com média de 140 mm e os meses de inverno com os índices inferiores a 130 mm.

O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo Bruno distrófico típico (EMBRAPA, 2013) a partir da descrição morfológica (SANTOS et al., 2013) e das análises químicas e físicas (EMBRAPA, 2011) dos horizontes identificados no perfil de solo. Os dados da caracterização morfológica, física e química do Latossolo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização morfológica, física e química do perfil de Latossolo Bruno distrófico típico (LbD) descrito na área de estudo.

Atributo	Horizontes				
	A	BA	Bw ₁	Bw ₂	
Morfológico	Profundidade (cm)	0 – 22	22 – 40	40 – 94	94 – 125
	Cor (úmida)	7,5 YR 3/3	7,5 YR 3/4	7,5 YR 3/4	2,5 YR 3/6
	Textura ¹	MArg	MArg	MArg	MArg
	Estrutura ²	Mod; P; Gr	Ft; P; Gr	Ft; P; Gr	Ft; P; Gr
	Consistência ³	Fr; LPl, LPj	Fr; Pl, Pj	Fr; Pl, Pj	Fr; LPl, Pj
	Transição ⁴	Pn e Gd	Pn e Df	Pn e Gd	-
Físico	Dp (g cm ⁻³) ⁵	2,41	2,50	2,47	2,56
	Ds (g cm ⁻³) ⁶	1,01	0,99	0,94	0,99
	Pt (%) ⁷	64,42	65,13	66,62	63,40
	Map (%) ⁸	12,69	13,11	15,45	9,94
	Mip (%) ⁹	51,73	52,02	51,18	53,46
	Areia (g kg ⁻¹)	270	180	170	170
	Silte (g kg ⁻¹)	80	70	50	40
	Argila (g kg ⁻¹)	650	750	780	790
Químico	pH em KCl	5,40	4,87	4,52	5,37
	pH em H ₂ O	6,30	5,70	5,40	5,50
	P (mg dm ⁻³)	1,10	0,80	0,20	0,30
	C _{org} (g dm ⁻³)	23,56	22,80	16,34	6,46
	Ca (cmol _c dm ⁻³)	4,90	1,74	0,42	0,25
	Mg (cmol _c dm ⁻³)	3,47	1,95	0,60	0,21
	K (cmol _c dm ⁻³)	0,08	0,04	0,04	0,02
	Al (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	0,40	0,00
	H+Al (cmol _c dm ⁻³)	4,96	6,18	7,66	3,97
	V (%)	63,01	37,64	12,16	10,79
	m (%)	0,00	0,00	27,40	0,00

¹ MArg = Muito argilosa; ² Mod = Moderado, Ft = Forte, P = Pequeno, Gr = Granular; ³ Fr = Friável, Pl = Plástica, LPl = Ligeiramente Plástica, Pj = Pegajosa, LPj = Ligeiramente Pegajosa; ⁴ Pn = Plana, Df = Difusa, Gd = Gradual; ⁵ Densidade de partícula; ⁶ Densidade do solo; ⁷ Porosidade total; ⁸ Macroporosidade; ⁹ Microporosidade.

4.2 Histórico das áreas avaliadas

Foram retiradas amostras em cinco sistemas de uso e manejo do solo: culturas anuais (produção de grãos) em sistema de plantio direto (SPD); culturas anuais (produção de batata) em sistema de plantio convencional (SPC); sistema de integração lavoura-pecuária (SILP); reflorestamento com eucalipto (RE) e floresta nativa (FN).

A área de SPD, com 3,80 ha (Figura 2), está neste sistema há cerca de 10 anos, as culturas utilizadas na rotação são conforme o esquema apresentado na Tabela 2.



Figura 2. Sistema Plantio Direto.

Fonte: BUSS, 2015

Tabela 2. Cultivos realizados na área de Sistema Plantio Direto.

Época	Cultivo
Verão 2008/2009	Milho
Inverno 2009	Aveia
Verão 2009/2010	Milho
Inverno 2010	Trigo
Verão 2010/2011	Soja
Inverno 2011	Aveia
Verão 2011/2012	Milho
Inverno 2012	Trigo
Verão 2012/2013	Soja
Inverno 2013	Aveia
Verão 2013/2014	Milho

A área de SPC (Figura 3), com 2,18 ha, permaneceu aproximadamente 15 anos em pousio, seguido de cultivos conforme o esquema apresentado na Tabela 3. No momento da avaliação a mesma estava preparada para o plantio de batata do verão 2013/2014.



Figura 3. Sistema de Plantio Convencional.
Fonte: BUSS, 2015

Tabela 3. Cultivos realizados na área de Sistema Plantio Convencional.

Época	Cultivo
Verão 2008/2009	Batata
Inverno 2009	Pousio
Verão 2009/2010	Milho
Inverno 2010	Trigo
Verão 2010/2011	Soja
Inverno 2011	Pousio
Verão 2011/2012	Batata
Inverno 2012	Pousio
Verão 2012/2013	Milho
Inverno 2013	Aveia
Verão 2013/2014	Batata

O SILP (Figura 4), com 4,00 ha, foi instalado em 2006, sendo a área utilizada com ovinos no sistema de pastejo contínuo com lotação variável e a rotação de culturas com milho ou feijão no verão e pastos anuais de aveia e azevém no inverno (KAMINSKI, 2012).



Figura 4. Sistema Integração Lavoura-Pecuária.
Fonte: BUSS, 2015

A área RE (Figura 5), com 1,80 ha, foi reflorestada no final de 2006, com Eucalipto (*Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage), sendo que as mudas foram plantadas em diversos espaçamentos (SLOMPO, 2013) e o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg) utilizado para cobertura do solo.



Figura 5. Reflorestamento com Eucalipto.
Fonte: BUSS, 2015.

A área FN (Figura 6), com 15,28 ha, pertence a um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, e apesar de ser área de preservação permanente, sofreu algumas modificações por interferência humana (RIBEIRO et al., 2009).



Figura 6. Floresta Nativa.
Fonte: BUSS, 2015

4.3 Análises VESS

A coleta dos blocos para a realização do VESS foi feita ao acaso, nos cinco sistemas de uso e manejo, com três repetições. O número pequeno de repetições foi devido as coletas terem sido realizadas em áreas de pesquisa, e este método tem como dificuldade uma movimentação significativa no solo estudado, sendo que não é possível utilizar o Método VESS sem extrair os blocos (GIAROLA et al., 2013). Para tanto, foi realizada a abertura de uma mini-trincheira (Figura 7A) com auxílio de pá reta e, para não haver interferência de compactação pelo movimento da pá, primeiramente foram retiradas as laterais e depois uma fatia medindo 0,20 m de largura, 0,30 m de profundidade e 0,10 m de espessura (Figura 7A) (GUIMARÃES et al., 2011). Cada bloco coletado foi envolto em filme plástico de PVC (Figura 7B), para não perder umidade e não desestruturar. Todos os blocos coletados foram levados para o Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da UNICENTRO, onde posteriormente foram avaliados.

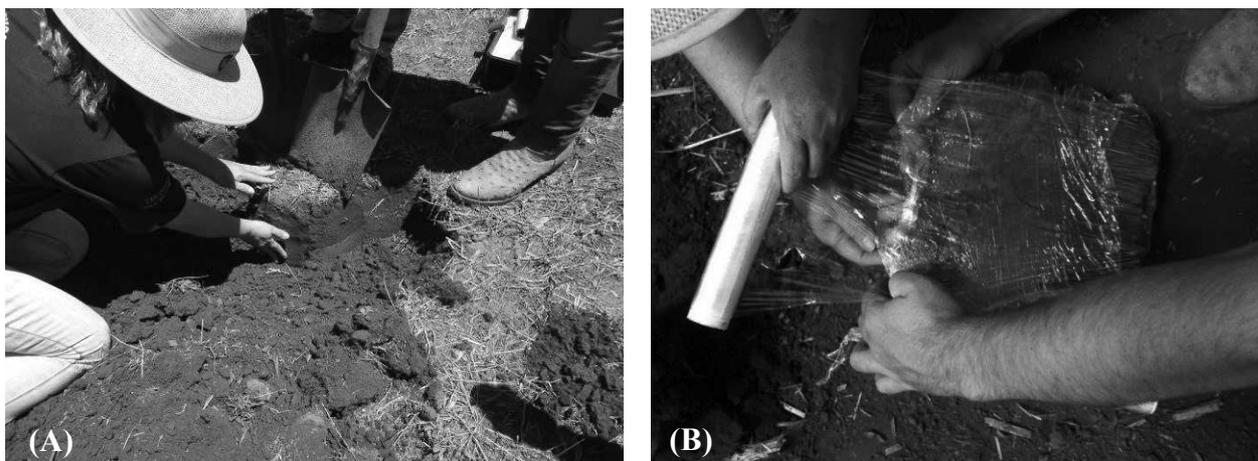


Figura 7. Coleta (A) e embalagem (B) do bloco para realização da Análise Visual
 Fonte: BUSS, 2015

Os blocos foram colocados sobre superfície homogênea, e a abertura do filme plástico de PVC foi realizada com cuidado para não haver desagregação fora das linhas de ruptura natural e não perderem as características distintas de profundidade. Foram tiradas fotografias, para comparação com a carta de avaliação visual do método VESS desenvolvida por Ball et al. (2007) e adaptada por Guimarães et al. (2011) (Anexo 1).

A avaliação da estrutura baseou-se na morfologia das unidades estruturais dos blocos de solo, sendo definida por cinco categorias de qualidade estrutural (Qe), que variam de Qe 1 (melhor qualidade estrutural) a Qe 5 (pior qualidade estrutural) (Anexo 1).

Para os casos em que existiram camadas no solo com diferentes qualidades estruturais, utilizou-se a média ponderada descrita na carta de avaliação visual do método VESS (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011), a qual define a seguinte equação para obtenção do escore visual final:

$$Qe \text{ final} = \frac{(Qe \ 1 \times E \ 1)}{(E \ 1 + E \ 2)} + \frac{(Qe \ 2 \times E \ 2)}{(E \ 1 + E \ 2)} \quad (\text{Equação 1})$$

Na qual:

Qe 1 = qualidade estrutural da camada 1

E 1 = espessura da camada 1

Qe 2 = qualidade estrutural da camada 2

E 2 = espessura da camada 2

4.4 Atributos físicos

As coletas de amostras para as análises físicas foram realizadas nos mesmos pontos de coleta dos blocos (VESS), sendo cinco áreas amostradas e três repetições em cada área, totalizando 30 amostras. Foram feitas coletas de amostras indeformadas com anel volumétrico nas camadas de 0,00–0,10 m e 0,10-0,20 m.

Os anéis volumétricos foram coletados nas laterais das mini-trincheiras (Figura 8A) com o auxílio de uma marreta e do “castelo”, no ponto central das camadas de 0,00 - 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m. Os anéis foram cuidadosamente limpos, cortando-se raízes e tirando-se os excessos de terra da superfície e envoltos em filme plástico PVC (Figura 8B). Cada anel foi identificado com uma numeração própria e foi realizada a medição e cálculo do seu volume, sendo que o volume médio verificado foi de 89,84 cm³.

A coleta dos anéis volumétricos foi realizada com a finalidade da realização das análises de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade.



Figura 8. Coleta (A) e embalagem (B) das amostras com anel volumétrico.
Fonte: BUSS, 2015

As amostras coletadas foram levadas para o Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da UNICENTRO, onde foi realizada a limpeza final e o preparo das mesmas. As amostras foram colocadas em bandeja para saturação com o nível de água a 2/3 da altura do anel por 48 horas. Depois de saturadas, as amostras foram retiradas da bandeja e pesadas, sendo colocadas na Câmara de Richards, com uma tensão de 0,006 MPa, para obtenção da macroporosidade, até a

finalização da drenagem das amostras, no Laboratório de Solo-Água-Planta-Atmosfera da UNICENTRO (Figura 9).



Figura 9. Câmara de Richards.
Fonte: BUSS, 2015

Depois de retiradas da Câmara de Richards, as amostras foram novamente pesadas e colocadas em estufa para secagem a 105 °C por 48 horas, e depois pesadas novamente. Com os dados obtidos foram calculados a densidade do solo (D_s), porosidade total (P_t), macroporosidade e microporosidade conforme Embrapa (2011).

4.4.1 Densidade do Solo

A densidade do solo (D_s) foi obtida segundo a metodologia da Embrapa (2011), utilizando a equação 2:

$$D_s = \frac{m_s}{v} \quad (\text{Equação 2})$$

Na qual:

D_s : Densidade do solo (g cm^{-3})

m_s : massa de solo seco obtido após secagem a 105 °C por 48 h (g);

v : volume do anel volumétrico (cm^3).

4.4.2 Porosidade do solo

A porosidade total (P_t) foi obtida pela diferença entre o peso dos anéis volumétricos saturados e o peso dos anéis após secagem em estufa a 105 °C por 48 horas e dividido pelo volume do anel, conforme equação 3:

$$P_t = \frac{(m_{sat} - m_s)}{v} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Na qual:

P_t : porosidade total (%);

m_{sat} : massa de solo saturado (g);

m_s : massa de solo seco obtido após secagem a 105 °C por 48 h (g);

v : volume do anel (cm³)

A macroporosidade foi obtida pesando-se os anéis volumétricos saturados e após a retirada dos mesmos da Câmara de Richard, obtendo a diferença, que corresponde ao espaço ocupado pelos macroporos, conforme equação 4:

$$Map = \frac{(m_{sat} - m_d)}{v} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Na qual:

Map : macroporosidade (%);

m_{sat} : massa de solo saturado (g);

m_d : massa de solo obtido após drenagem da Câmara de Richards a 0,006 MPa (g);

v : volume do anel (cm³)

A microporosidade foi obtida pela diferença de peso dos anéis volumétricos depois de retirados da Câmara de Richards, e após ficarem em estufa a 105 °C por 48 horas (Equação 5).

$$Mip = \frac{(m_d - m_s)}{v} \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

Na qual:

Mip: microporosidade (%);

m_d: massa de solo obtido após drenagem da Câmara de Richards a 0,006 MPa (g);

m_s: massa de solo seco obtido após secagem a 105 °C por 48 h (g);

v: volume do anel (cm³)

4.4.3 Carbono orgânico

A análise foi realizada no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da UNICENTRO, pelo método colorimétrico (EMBRAPA, 2011) utilizando-se amostras deformadas, coletadas com o trado holandês ao lado das mini-trincheiras, nas camadas de 0,00 - 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m.

4.5 Análises estatísticas

Os dados dos atributos físicos e dos escores visuais foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade e, posteriormente, foi realizada a análise de correlação de Pearson entre as variáveis.

As análises foram realizadas com a utilização do programa estatístico Statistical Analysis System (SAS, 1999).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do Método de Avaliação Visual da Qualidade da Estrutura do Solo (VESS), observaram-se as diferentes qualidades estruturais (Qe) nos usos e manejos do solo, sendo que o de melhor Qe ocorreu na floresta nativa (FN). Conforme a carta de avaliação visual do método VESS (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011) (Anexo 1), este sistema apresentou Qe 1 que corresponde a solo com agregados que quebram facilmente com os dedos devido a presença de raízes por todo o solo, uma mistura de agregados de alta porosidade menores que 6 mm após a quebra e poucos agregados com diâmetro maior que 1 cm (Figuras 10A e 11A). Não sendo observada variação na qualidade estrutural nas camadas avaliadas (Tabela 4).

Na camada 0,00-0,10 m não apresentou variação estatística com os demais sistemas de uso e manejo analisados, sendo que para esta profundidade todos apresentaram uma boa qualidade estrutural, ficando o Qe entre 1 e 1,73. No entanto nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,00-0,20 m, houve diferença estatística do Qe em relação a todos os demais sistemas de uso e manejos analisados. Isto se deve a grande presença de raízes em toda a camada analisada, e ao efeito benéfico que estas trazem para a melhoria estrutural, melhorando a agregação do solo (CALEGARI et al., 2006).

Diversos estudos, ao comparar sistemas de uso e manejo utilizam como referência a mata nativa, para identificar as alterações causadas nos atributos físicos em cada sistema (ARGENTON et al., 2005; BEUTLER et al., 2001).

Os blocos para a análise VESS foram retirados com 30 cm de profundidade (Figura 10). No entanto, para a comparação com os dados das análises laboratoriais que foram realizadas até 0,20 m de profundidade, foram considerados somente os primeiros 0,20 m (Figura 11), divididos nas profundidades de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m (Tabela 3).

A qualidade estrutural (Qe) nas camadas superficiais, ficou entre 1 e 2, com média de Qe 1,5 (Tabela 3), o que corrobora os resultados de Giarola et al. (2013), que obtiveram uma média de 1,75 em superfície e maioria das pontuações foram Qe 1.

Houve uma variação na qualidade estrutural nos primeiros 0,10 m para as áreas de SILP, SPD e SPC, nas quais utilizou-se a média ponderada descrita na carta de avaliação visual do método VESS (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011).

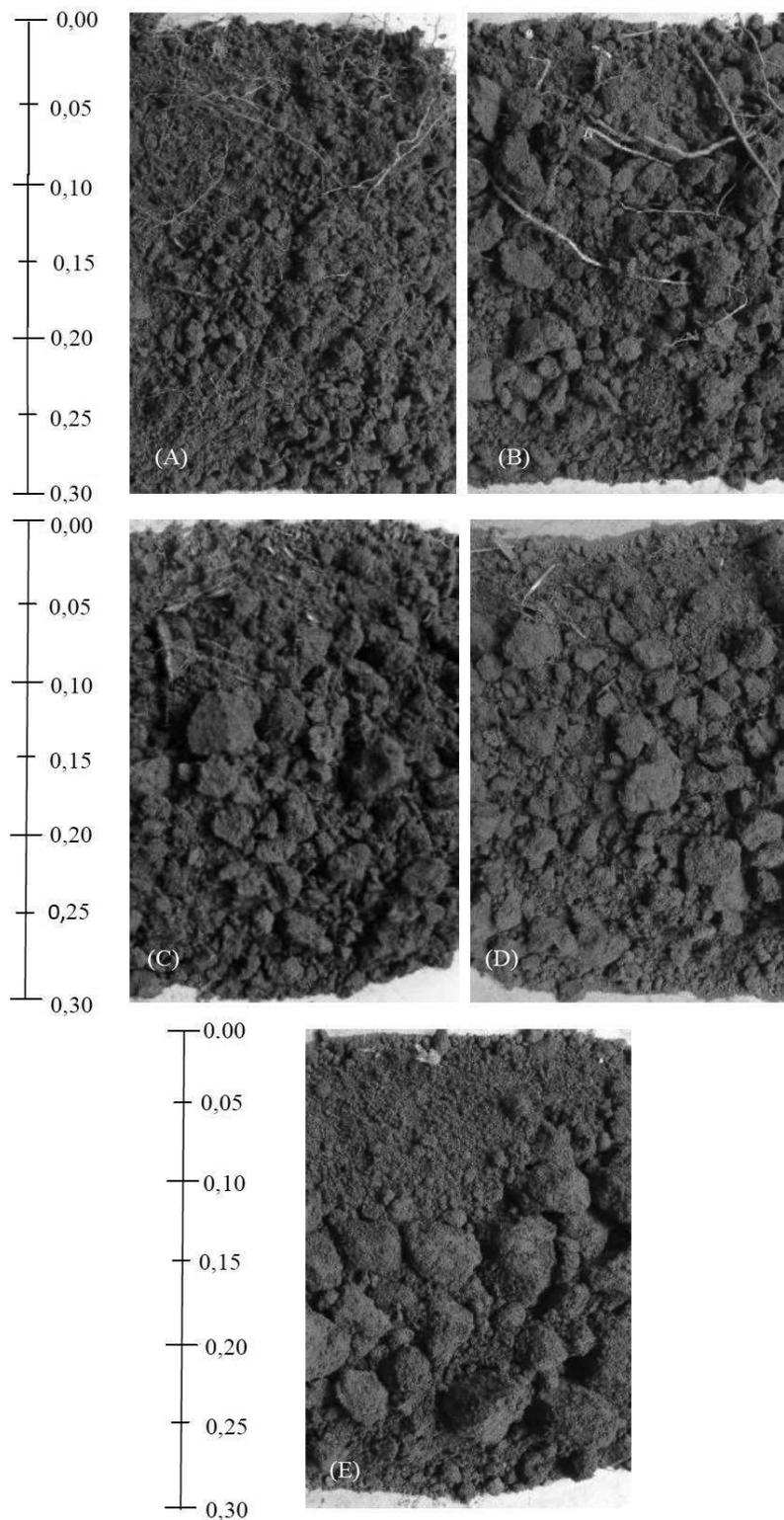


Figura 10. Blocos de solo utilizados em profundidade de 0,0-0,30 m na Avaliação Visual da Qualidade da Estrutura do Solo nas distintas áreas estudadas. (A) Floresta Nativa; (B) Reflorestamento com Eucalipto; (C) Sistema de Plantio Direto; (D) Integração Lavoura-Pecuária e (E) Sistema de Plantio Convencional; valores de profundidade em m.

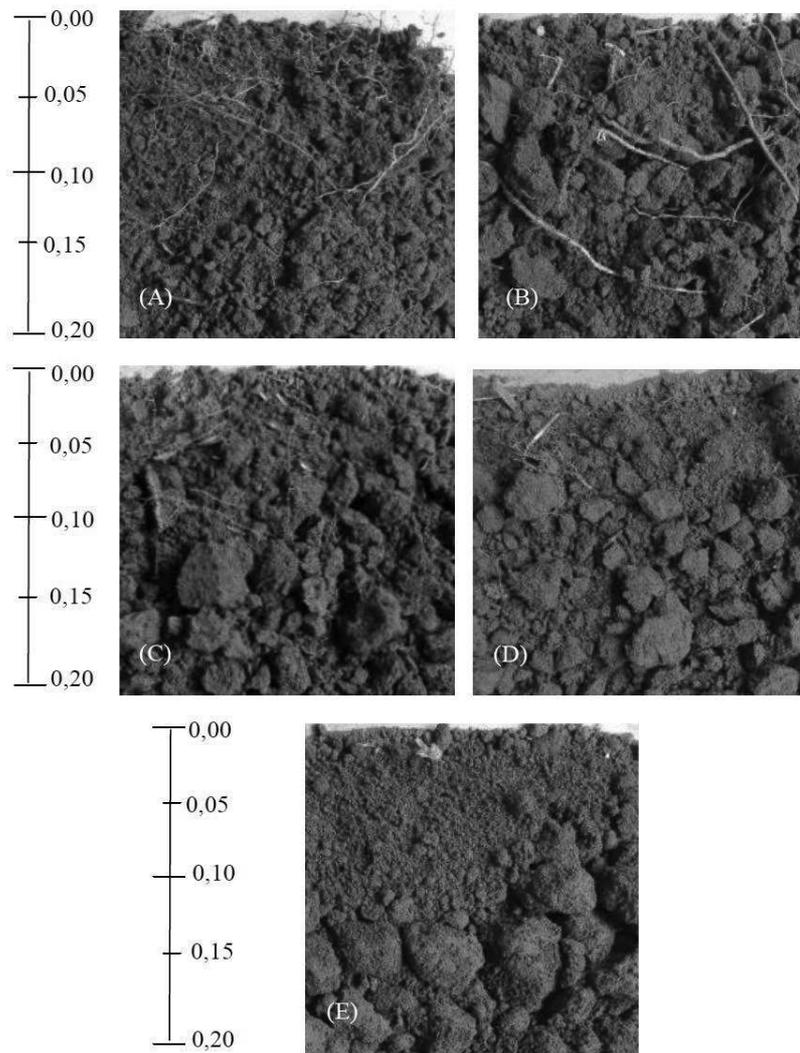


Figura 11. Blocos de solo utilizados em profundidade de 0,0-0,20 m na Avaliação Visual da Qualidade da Estrutura do Solo nas distintas áreas estudadas. (A) Floresta Nativa; (B) Reflorestamento com Eucalipto; (C) Sistema de Plantio Direto; (D) Integração Lavoura-Pecuária e (E) Sistema de Plantio Convencional; valores de profundidade em m.

Tabela 4. Escores médios, em três profundidades, para os distintos sistemas de uso e manejo.

Usos ¹	Profundidades (m)		
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20	0,00 – 0,20
RE	2a ²	2b	2ab
FN	1a	1c	1c
SILP	1,73a	3a	2,36a
SPD	1,33a	2b	1,66b
SPC	1,46a	3a	2,23ab

¹RE: Reflorestamento com Eucalipto, FN: Floresta Nativa, SILP: Sistema Integração Lavoura-Pecuária, SPD: Sistema Plantio Direto, SPC: Sistema Plantio Convencional; ²Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No sistema de reflorestamento com eucalipto (RE) as amostras coletadas apresentaram Qe 2, conforme a carta de avaliação visual do método VESS (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011) (Anexo 1), que está relacionada a presença de agregados que quebram facilmente com uma mão, mistura de agregados porosos entre 2 mm - 5 cm, poucos agregados com diâmetro maior que 3 cm, ficando a maioria entre 1-2 cm e menor quantidade de raízes (Figura 10B), porém de maior tamanho quando comparado com a amostra da área FN (Figura 11A). Não foi observada variação na Qe no bloco (Tabela 4).

Quando comparada aos outros sistemas de uso e manejo, o RE na camada de 0,00-0,10 m não apresentou diferença estatística para Qe, porém na camada de 0,10-0,20 m este sistema não se diferenciou do SPD (Tabela 4). Este dois sistemas apresentaram características visuais semelhante em profundidade, devido ao não revolvimento do solo e ao tráfego de maquinários, que com o passar do tempo causa compactação subsuperficial.

No sistema de plantio direto (SPD), na camada de 0,00 – 0,10 m, devido a existência de camadas com diferentes Qe, foi utilizada a média ponderada, conforme a carta de avaliação visual do método VESS (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011) (Anexo 1), apresentou Qe 1,33, cujos agregados quebram facilmente com os dedos e são menores que 6 mm após a quebra (Figura 11C), enquanto que na camada de 0,10 - 0,20 m apresentou Qe 2, com agregados que quebram facilmente com uma mão, formando uma mistura de agregados porosos e arredondados com alguns agregados maiores com 5 cm e com certa compactação, sendo considerado de boa qualidade estrutural (Figura 11C).

A diferença entre as camadas se deve em decorrência do tráfego de maquinário durante os plantios. Comparado com os outros sistemas, o SPD não mostrou diferença estatística na camada de 0,00-0,10 m e na camada de 0,10-0,20 m foi estatisticamente igual a RE e distinta dos demais usos (Tabela 4). Para o bloco inteiro, 0,00 – 0,20 m, SPD foi diferente de FN e SILP (Tabela 4).

Ao avaliar separadamente as camadas, pode-se observar a diferença na qualidade estrutural do solo, sendo de fundamental importância, na escolha de manejos que preservem ou melhorem a qualidade deste solo (GIAROLA et al., 2010; GUIMARÃES et al., 2013).

Giarola et al. (2013), observaram em sistema de plantio direto, um gradiente de Qe 1 na superfície para Qe 3 ou 4 ou superior na base da camada (25 cm). Os autores atribuí esta variação a ciclos de umedecimento e secagem, a intensa atividade biológica, o plantio direto por semeadora e compactação em profundidade.

Em seu estudo Abdollahi et al (2015), obtiveram no sistema de plantio direto um melhor resultado pelo método VESS, o qual apresentou a menor pontuação (melhor qualidade), em comparação com os sistemas de preparo reduzido (Qe de 2,0-2,3).

Na área com integração lavoura-pecuária (SILP) a camada de 0,00 a 0,10 m apresentou Qe 1,73, conforme a carta de avaliação visual do método VESS (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011) (Anexo 1), com agregados que quebram facilmente com os dedos, menores que 6 mm após a quebra e poucos com diâmetro maior que 2 cm (Figura 11D). Apresentou uma variação estrutural para a camada de 0,10 – 0,20 m, com Qe 3, com a maioria dos agregados quebrando com uma mão formando uma mistura com agregados pouco porosos, 50% agregados grandes (4-5 cm), torrões angulares com arestas bem visíveis e com compactação (Figura 11D). Isso aconteceu, provavelmente, em função do pisoteio dos animais, além do tráfego de máquinas.

O SILP, na camada de 0,00-0,10 m, não diferiu dos demais usos e manejos enquanto de 0,10-0,20 m apresentou, juntamente com o SPC, o maior valor de qualidade estrutural (Tabela 4). Ao analisar o bloco todo (0,00-0,20 m) o SILP foi o que apresentou maior valor de qualidade estrutural, Qe 2,36 (pior qualidade), devido a ação do pisoteio animal periódico e o tráfego de máquinas. Resultados semelhantes foram encontrados por Giarola et al. (2009), que observaram um maior escore visual em solos com integração lavoura-pecuária, seguido pelo sistema de plantio direto, sendo que o solo que apresentou menor escore visual, ou seja, maior qualidade estrutural, foi o solo sob mata.

Na Irlanda, Cui & Holden (2015) analisaram o impacto da pastagem na qualidade estrutural do solo e obtiveram Qe variando de 1,07-2,60, indicando que em todos os locais estudados a qualidade estrutural do solo não sofreu impacto negativo pelo manejo.

O sistema de plantio convencional (SPC) apresentou de 0,00-0,20 m Qe 2,23, diferindo apenas da FN. Na camada de 0,00 a 0,10 m apresentou Qe 1,46, conforme a carta de avaliação visual do método VESS (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011) (Anexo 1) considerada na avaliação visual com agregados que quebram facilmente com os dedos e menores que 6 mm após a quebra e poucos agregados com diâmetro maior que 1 cm (Figura 11E), nesta camada como citado anteriormente nenhum sistema de uso e manejo do solo apresentou diferença estatística (Tabela 4). Na camada de 0,10 a 0,20 m, com Qe 3, verificou-se a maioria dos agregados quebrando com uma mão e bem maiores, uma mistura com agregados pouco porosos,

torrões angulares e com compactação do solo (Figura 11E), nesta profundidade observou-se que os agregados apresentaram ângulos agudos, quando da sua ruptura. O intenso tráfego de máquinas e o revolvimento desse solo, provavelmente, foram as causas do observado no plantio convencional.

Segundo Niero (2009) os sistemas de cultivo modificam os atributos do solo e podem alterar sua qualidade. As alterações estruturais causadas pelo sistema de manejo podem resultar em compactação desse solo (GAGGERO et al., 2002).

Nos sistemas de uso e manejo RE e FN, não apresentaram variação no Qe em profundidade, nas camadas avaliadas enquanto os demais usos apresentaram alteração no Qe, entre 1,33 e 1,73 para a camada de 0,00-0,10 m e de 2 a 3 para 0,10-0,20 m. Guimarães et al. (2013) observaram para solo argiloso aumento no Qe em profundidade de 2,6 (0,00-0,07 m) para 4,1 (0,07-0,25 m) nas área sem tráfego de máquinas e de 4,3 (0,00-0,17 m) para 4,6 (0,17-0,25 m) nas área com tráfego de máquina e de 1,1 (0,00 – 0,10 m) para 2,3 (0,10 – 0,25 m) nas área de floresta.

Askari et al. (2013) em seu estudo obtiveram pontuações do Qe que indicaram no cultivo mínimo uma melhor a qualidade estrutural quando comparada ao preparo convencional, e foi coerente com a maioria dos indicadores de qualidade do solo avaliados.

Todos os usos e manejos analisados pelo VESS, neste trabalho, apresentaram qualidade estrutural entre 1 e 3 e, segundo Ball et al. (2007), os sistemas que apresentam Qe neste intervalo possuem condições aceitáveis de manejo e qualidade física do solo indicando que, neste estudo, apesar das diferenças observadas, nenhum dos manejos causou danos consideráveis aos atributos físicos dos solos em questão.

Quanto aos atributos físicos analisados no que se refere ao teor de carbono orgânico, não foi verificada diferença entre os sistemas de uso e manejo (Tabela 5), para todas as profundidades avaliadas. Este resultado pode estar relacionado ao fato dos Latossolos Brunos serem, naturalmente, solos com elevados teores de matéria orgânica devido ao seu ambiente de formação mais frio, diminuindo a decomposição e por consequência, elevando seu teor nos solos (EMBRAPA, 2013). Também não foi verificada diferença entre os usos e manejos, nas profundidades avaliadas, para a microporosidade do solo (Tabela 5).

A menor densidade do solo foi observada para a FN em todas as profundidades avaliadas, sendo estatisticamente diferente dos demais usos (Tabela 5). A macroporosidade foi mais elevada

e significativamente diferente dos outros usos e manejos para a profundidade de 0,00 – 010 m, com exceção do SPC, enquanto que não houve diferença estatística de 0,10 – 0,20 m e para a camada de 0,00-0,20 m a macroporosidade foi diferente dos demais manejos (Tabela 5).

Tabela 5. Atributos físicos do solo, em três profundidades, para os distintos sistemas de uso e manejo.

Uso ¹	Ds ²	C _{org} ³	Pt ⁴	Mip ⁵	Map ⁶
	----- g cm ⁻³ -----	-----	----- % -----	-----	-----
0,00 – 0,10 m					
RE	1,03ab ⁷	20,30a	63,87b	46,95a	16,91b
FN	0,78c	19,36a	75,69a	43,70a	31,99a
SILP	1,14a	20,10a	62,60b	47,56a	15,03b
SPD	1,08ab	19,53a	61,53b	47,73a	13,80b
SPC	0,98b	18,53a	63,68b	41,05a	22,62ab
Média	1,00	19,56	65,47	45,40	20,07
CV(%)	4,17	9,40	4,75	5,53	19,62
0,10 – 0,20 m					
RE	1,06a	20,76a	64,36ab	47,59a	16,76a
FN	0,91b	20,93a	69,97a	48,49a	21,57a
SILP	1,11a	18,20a	63,00b	45,64a	17,36a
SPD	1,14a	19,33a	60,84b	47,79a	13,05a
SPC	1,05a	18,56a	62,92b	47,97a	14,95a
Média	1,05	19,56	64,22	47,48	16,74
CV(%)	4,38	6,32	3,41	6,31	19,86
0,00 – 0,20 m					
RE	1,05ab	20,56a	64,11b	47,27a	16,84b
FN	0,85c	20,16a	72,82a	46,04a	26,78a
SILP	1,12a	19,16a	62,80b	46,60a	16,19b
SPD	1,11a	19,43a	61,19b	47,76a	13,42b
SPC	1,01b	18,60a	63,30b	44,51a	18,79b
Média	1,03	19,58	64,84	46,43	18,40
CV(%)	3,10	5,65	3,12	5,10	14,71

¹RE: Reflorestamento com Eucalipto, FN: Floresta Nativa, SILP: Sistema Integração Lavoura-Pecuária, SPD: Sistema Plantio Direto, SPC: Sistema Plantio Convencional; ²Densidade do Solo; ³Carbono orgânico; ⁴Porosidade Total; ⁵Microporosidade; ⁶Macroporosidade; ⁷Médias seguidas de letras iguais na coluna, para uma mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A FN mostrou diferença estatística em relação aos outros sistemas, em todas as variáveis analisadas, com exceção do carbono orgânico, como já comentado. Resultados similares foram obtidos por Neves et al. (2007) em um Latossolo Vermelho distrófico em sistema agrossilvopastoril observaram que o volume de poros apresentou comportamento inverso quando comparado à densidade do solo, segundo o autor a densidade e a porosidade são atributos inversamente proporcionais, sendo assim a porosidade será maior, quanto menor for a densidade.

Beutler et al. (2001) em um Latossolo Vermelho distrófico típico sob diferentes sistemas, verificaram que a Pt variou de $0,54 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para plantio direto (0-5 cm) a $0,68 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para o cerrado nativo (5-20 cm), variando inversamente proporcional a Ds.

Estes resultados corroboram com o escore visual Qe 1 obtido para FN (Tabela 4) no entanto, a Ds apresentou diferença estatística entre as profundidades demonstrando uma diferença neste atributo do solo, o que não foi percebido na Análise Visual. Além disso, elevados teores de matéria orgânica (Tabela 5) foram obtidos para este uso, devido ao acúmulo contínuo de matéria orgânica provinda da vegetação natural, o que auxilia na melhor estruturação, menor Ds e maior Pt. Bicalho (2011) ao comparar atributos físicos em seis diferentes sistemas de manejo do solo observou que os sistemas avaliados não diferiram entre si, porém o que apresentou menores valores de densidade e maior porosidade total foi sob mata.

A RE apresentou diferença estatística apenas para a FN, nas profundidades avaliadas, para Ds, para macroporosidade há diferença de 0,00-0,10 e 0,00-0,20 m e para Pt não foi observada diferença de 0,10 – 0,20 m (Tabela 5). Este ocorrido se deve ao fato deste sistema não ocasionar o revolvimento do solo, e conseqüentemente, ocorrendo uma lenta compactação subsuperficial. Estes dados corroboram o baixo valor baixo de Qe (Tabela 4), encontrado para esta área e que apresentou valores iguais para as profundidades avaliadas. Solos como este, que apresentaram uniformidade na sua estrutura, indicam a ausência de estresse mecânico proporcionando mais homogeneidade nos atributos físicos do solo (GIAROLA et al., 2009).

O SPD apresentou diferença estatística apenas para a FN para Ds e Pt nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, no entanto de 0,00-0,20 m a densidade do solo no SPD diferiu da FN e do SPC (Tabela 5). Araújo (2004) em seu estudo observou menores índices de Pt e Map em solos cultivados, quando comparados a mata nativa, em virtude do aumento da compactação, que esta relacionada ao aumento de Ds. Entretanto, nos escores (Qe) para esta área (Tabela 4), obteve-se valores distintos para as profundidades, o que foi observado somente no atributo Map, indicando a capacidade do método visual em distinguir alterações físicas não verificadas pelos métodos analíticos, mostrando a sensibilidade do método em revelar mudanças na qualidade estrutural entre as camadas, que podem influenciar no desenvolvimento das culturas (GIAROLA et al., 2010)

No SILP, semelhante ao SPD, não houve diferença para os atributos físicos avaliados, apresentando diferença estatística apenas para a FN, nas profundidades (Tabela 5). Tormena et al.

(1998b) verificaram que devido a aplicação de cargas sobre o solo, houve uma destruição dos macroporos, pelas alterações da porosidade nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 m. Corroborando, Neves et al. (2007) observaram no sistema de eucalipto consorciado com pastagem, comparado à mata nativa, o efetivo do pastejo pelos animais, sendo que este sistema apresentou maior densidade nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,20 m, comparadas com as camadas de 0,02-0,40 m. Não apresentou também diferença para os demais atributos avaliados. No entanto, assim como para o SPD, o método visual também verificou a existência de camadas distintas, sendo que foi observado somente no atributo macroporosidade, cujo maior valor em profundidade corrobora com o VESS que apresentou no SILP torrões angulares com arestas bem visíveis.

No SPC, no qual ocorre o revolvimento do solo, não houve diferenças em seus atributos físicos nas profundidades avaliadas exceto para a FN (Tabela 5). Argenton et al. (2005) ao compararem dois diferentes sistemas de manejo, preparo mínimo e preparo convencional, observaram nos dois sistemas um aumento na densidade nas camadas inferiores até 0,15 m mas não houve diferença para os demais atributos avaliados. Como o SILP e o SPD, o método visual também verificou a existência de camadas distintas, que foi observado somente para macroporosidade. Araújo et al. (2004) observaram maior Ds em área de preparo convencional, quando comparada com a área sob mata nativa, os autores atribuem à menor estabilidade estrutural do solo devido ao tráfego de equipamentos, a diminuição da matéria orgânica e a consequente compactação.

Ressalta-se que os Latossolos Brunos são, naturalmente, de baixa densidade com valores próximos a $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ e elevada porosidade total e macroporosidade, com valores em torno de 70% e 20%, respectivamente, devido a mineralogia constituída de hematita, goethita e gibsitita destes solos (GHIDIN et al., 2006) e, ainda, com a possibilidade da presença de vermiculitas com hidróxi entre camadas (VHE) (KER, 1997).

No caso deste estudo, observou-se correlação significativa entre o escore visual com os atributos densidade do solo, porosidade total e macroporosidade (Tabela 6) sendo positiva para a densidade e negativa para os demais, ou seja, quanto maior o escore visual maior é a densidade do solo e menores são a porosidade total e a macroporosidade. Silva et al. (2013) avaliando três classes de solo observaram correlação negativa entre qualidade estrutural (Qe) e macroporosidade e DMG, confirmando a sensibilidade do método, para avaliar a campo a estrutura do solo.

Tabela 6. Correlação de Pearson para os atributos físicos e os escores.

Atributos	Ds ¹	Pt ²	Mip ³	Map ⁴	C _{org} ⁵
Qe ⁷	0,5408** ⁸	-0,5197**	0,1850 ^{ns}	-0,5125**	-0,3628 ^{ns}

¹Densidade do Solo; ²Porosidade Total; ³Microporosidade; ⁴Macroporosidade; ⁵Carbono orgânico; ⁶Escore visual; ⁷**.: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.

Em um manejo de solo visando a sustentabilidade do sistema, Fachini & Baretta (2011) comentam que a avaliação da variação existente entre os atributos físicos, químicos e biológicos determinada pelo manejo é importante para a melhoria deste. Sendo essa avaliação complexa, já se tem verificado que indicadores isolados não são suficientes para explicar a perda ou o ganho potencial dos cultivos de determinado solo. O VESS é um método que vem ao encontro da necessidade de rapidez na avaliação das características da estrutura do solo. Este método mostrou-se mais sensível em detectar alterações estruturais, pois obteve valores distintos para as profundidades, nos sistemas de uso e manejo SPD, SILP e SPC, indicando a capacidade do método visual em distinguir alterações físicas não verificadas pelos métodos analíticos.

Na utilização do VESS, deve-se levar em conta, fatores como a textura e a umidade do solo, e treinamento prático para a sua aplicação, sendo que o método ainda apresenta uma certa subjetividade (GARBOUET et al., 2013; GIAROLA et al., 2013; ASKARI et al., 2015).

6. CONCLUSÕES

A aplicação do método da análise visual da estrutura do solo foi confirmada em Latossolo Bruno argiloso assim como sua relação, através do escore visual, com os atributos densidade do solo, porosidade total e macroporosidade em diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDOLLAHI, L.; HANSEN, E. M.; RICKSON, R. J.; MUNKHOLM, L. J. Overall assessment of soil quality on humid sandy loams: Effects of location, rotation and tillage. **Soil & Tillage Research**, v.145, p.29–36, 2015.
- ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; FONTOURA, S. M. V.; BAYER, PASSOS, C.; J. F. M. dos. Avaliação de sistemas de preparo e calagem em um Latossolo Bruno aluminico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.6, 2005.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.617-625, 2007.
- AMADO, T. J. C.; CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. Qualidade do solo avaliada pelo “soil quality kit test” em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.109-121, 2007.
- AMARO FILHO, J. **Física do Solo: conceitos e aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008, 290 p.
- ANDRADE, J. G. de. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria-Centro de Ciências Rurais, 2008, 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo).
- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33 n.3, 2009.
- ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31. p.1099-1108, 2007.
- ARGENTON, J; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. do P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.425-435, 2005.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: **Soil Science Society of America**, v.49, p.123-141, 1996.

ASKARI, M. S.; CUI, J.; HOLDEN, N. M. The visual evaluation of soil structure under arable management. **Soil & Tillage Research**, v.134 p.1–10, 2013.

ASKARI, M. S.; CUI, J.; O'ROURKE, S. M.; HOLDEN, N. M. Evaluation of soil structural quality using VIS–NIR spectra. **Soil & Tillage Research**, v.146, p.108–117, 2015.

BALL, B. C., DOUGLAS, J. T. A simple procedure for assessing soil structural, rooting and surface conditions. **Soil Use and Management**, v.19, p. 50–56, 2003.

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

BALL, B. C., BATEY, T., MUNKHOLM, L. J., GUIMARÃES, R. M. L., BOIZARD, H., MCKENZIE, D. C., PEIGNÉ, J., TORMENA, C. A. The numeric visual evaluation of subsoil structure (SubVESS) **Soil & Tillage Research**, v.148, p.85–96, 2015.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no planalto sul catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.715-724, 2005.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO; I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na Região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.167-177, 2001.

BICALHO, I. M. Um estudo da densidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.7, p.1-9, 2011.

BLAINSKI, É.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.975-983, 2008.

BONO, J. A. M. **Alterações em propriedades físicas de um Latossolo da Região Sudoeste dos Cerrados por diferentes sistemas de uso e manejo**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2007, 82p. Tese (Doutorado em Agronomia).

BORTOLUZZI, E. C.; SILVA, V. R. da; PETRY, C.; CECCHETTI, D. Porosidade e retenção de água em um Argissolo sob manejos convencional e direto submetido a compressões unidimensionais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32 n.4, 2008.

CALEGARI, A.; CASTRO FILHO, C. de; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. de F.. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v.27, n.2, p.147-158, 2006.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.121-126, 1995.

CAPECHE, C. L. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. Comunicado Técnico 51. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 6p.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. da. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.137-147, 2006.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1663-1674, 2006.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.527-535, 2003.

CUI, J.; HOLDEN, N. M. The relationship between soil microbial activity and microbial biomass, soil structure and grassland management. **Soil & Tillage Research**, v.146, p.32-38, 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA Solos, 2013. 353p.

EMBRAPA. Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**; 2.ed. Dados eletrônicos; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 230p.

FACHINI, I. A.; BARETTA, D. **Atributos químicos, físicos e biológicos como indicadores de sustentabilidade em sistemas de manejo do solo na região oeste catarinense** (projeto fundação agrisus nº 741/10) Chapecó, 2011.

FERNANDES, F. C. S.; ALVES, M. C.; SILVA, M. M. da. Produtividade de culturas e atributos físicos de um Latossolo afetados pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.3, p. 297-308, 2007.

FERREIRA, M. M., DIAS JR, M. S. **Física do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 63 p.

FERREIRA, M. M. **Caracterização Física do Solo; Física do Solo**/ editor Quirijn de Jong van Lier, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298 p.

FIDALSKI, J. & TORMENA, C.A. Homogeneidade da qualidade física do solo nas entrelinhas de um pomar de laranja com sistemas de manejo da vegetação permanente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.637-645, 2007.

GAGGERO, M. R.; TREIN, C. R.; IPPOLITI, G. Influência de Sistemas de Preparo e Pastejo nas Características Físicas do Solo. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v.1, n.1, p.1-16, 2002.

GARBOUT, A.; MUNKHOLM, L. J.; HANSEN, S. B. Tillage effects on topsoil structural quality assessed using X-ray CT, soil cores and visual soil evaluation. **Soil & Tillage Research**, v.128, p.104–109, 2013.

GAVA, R. **Evaporação da água do solo sob diferentes taxas de cobertura com resíduos vegetais**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá – UEM, 2010. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da; BALL, B.. Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, v.39, n.8, 2009.

GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; BALL, B.; ROSA, J. A. Visual soil structure quality assessment on Oxisols under no-tillage system. **Scientia Agrícola**, v.67, p.479-482, 2010.

GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A.; GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C. On the Visual Evaluation of Soil Structure: The Brazilian experience in Oxisols under no-tillage. **Soil & Tillage Research**, v.127, p.60–64, 2013.

GHIDIN, A. A.; MELO, V. de F.; LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. Toposequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.307-319, 2006.

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.

GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C. A.; GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P. da. Relating visual evaluation of soil structure to other physical properties in soils of contrasting texture and management. **Soil & Tillage Research**, v.127, p.92–99, 2013.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M. da. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, Relatório de Informação de Estação, Estação Guarapuava-PRGU**. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/RBMC/relatorio/Descritivo_PRGU.pdf. Acesso em: 09/01/2015.

KAMINSKI, T. H., **Efeito residual do nitrogênio aplicado no inverno para cultura do milho em um sistema de integração lavoura pecuária**. Guarapuava: Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2012. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, v.5(1), p.17-40. 1997.

KRAMER, L. F. M. **Atributos químicos e físicos de um Latossolo sob plantio direto em zonas de manejo com diferentes produtividades**. Guarapuava: Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2012. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LLANILLO R. F.; GUIMARÃES, M. de F.; TAVARES FILHO J. Morfologia e propriedades físicas de solo segundo sistemas de manejo em culturas anuais. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17 n.5, 2013.

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

MARCOLIN, C. D. **Propriedades físicas de Nitossolo e Latossolos argilosos sob plantio direto. Passo Fundo**: Universidade de Passo Fundo, 2006. 110p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

MCKENZIE, D. C. Rapid assessment of soil compaction damage. The SOILpak score, a semi-quantitative measure of soil structural form. **Journal of Soil Research**, v.39, p.117–125, 2001.

MCKENZIE, D.C. Visual soil examination techniques as part of a soil appraisal framework for farm evaluation in Australia. **Soil & Tillage Research**, v.127, p.26–33, 2013.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.3, n.4, 2002.

MONCADA, M. P.; GABRIELS, D.; LOBO, D.; REY, J. C.; CORNELIS, W. M Visual field assessment of soil structural quality in tropical soils. **Soil & Tillage Research**, v.139, p. 8–18, 2014a.

MONCADA, M. P.; PENNING, L. H.; TIMMD, L. C.; GABRIELS, D.; CORNELIS, W. M. Visual examinations and soil physical and hydraulic properties for assessing soil structural quality of soils with contrasting textures and land uses. **Soil & Tillage Research**, v.140, p.20–28, 2014b.

MUELLER, L.; SHEPHERD, G.; SCHINDLER, U.; BALL, B. C.; MUNKHOLM, L. J.; HENNINGS, V.; SMOLENTSEVA, E.; RUKHOVIC, O.; LUKIN, S.; HUI, C. Evaluation of soil structure in the framework of an overall soil quality rating. **Soil & Tillage Research**, v.127, p. 74–84, 2013.

NASCIMENTO, P. C. do; BAYER, C.; SILVA NETTO, L. de F. da; VIAN, A. C.; VIEIRO, F.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, É. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1821-1827, 2009.

NEVES, C. M. N. das; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. S de. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, n.74, p.45-53, 2007.

NIERO, L. A. C. **Avaliações Visuais como Índice de Qualidade do Solo e sua Validação por Análises Físicas e Químicas em um Latossolo Vermelho Distroférico com Usos e Manejos Distintos**. Campinas: IAC-Instituto Agrônomo, 2009. 128p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

PETEAN, L. P. **Qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico sob integração lavoura-pecuária**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá – UEM, 2011, 140p. Tese (Doutorado em Agronomia).

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. **Mecânica do solo**. In: van LIER, Q.J., ed. Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298 p.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. ; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites Críticos de Densidade do Solo para o Crescimento de Raízes de Plantas de Cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1805-1816, 2008.

RIBAS, C. **Caracterização da fertilidade atual dos solos da região de Guarapuava - PR**. Guarapuava: Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2010. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. da G. B. de F.; SAMPAIO F. de M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência Agrotécnica**, v.31, n.4, p.1167-1175, 2007.

RIBEIRO, F. L.; WATZLAWICK, L. F.; BERTOTTI, L. G.; CARVALHO, C. de M.; BINDA, A. L. Geoprocessamento aplicado ao levantamento fitossociológico em parcelas permanentes. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.2, n.1, p 27-31, 2009.

ROGER-ESTRADE, J., RICHARD, G., CANEIL, J., BOIZARD, H., COQUET, Y., DEFOSSEZ, P., MANICHON, H., Caracterização morfológica da estrutura do solo em campos cultivados: a partir de um método diagnóstico para a modelagem de mudanças estruturais ao longo do tempo. **Soil & Tillage Research**, v.79, p. 33-49, 2004.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas, 2010, 26p.

SANCHEZ E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. Guarapuava: Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2012. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo**. 6 ed. Viçosa: SBCS, 2013. 100p.

SHEPHERD, T. G. **Visual Soil Assessment**. Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country. Volume 1. Horizons.mw & Landcare Research, Palmerston North. 2000, 84p.

SILVA, É. A. DA; OLIVEIRA, G. C. DE; C. E. CARDUCCI, P. H. C. R. PETERS, I. DA S. LIMA. Análise visual da qualidade estrutural de solos cultivados com cafeeiros. **XXII Congresso de pós-graduação da UFLA**, Lavras, 2013.

SLOMPO, P. J. H. **Utilização de um veículo aéreo não tripulado para obtenção de dados dentrométricos de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. Guarapuava: Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2013. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

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

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS 8.02. Cary, 1999. (5 CD-ROM)

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. & SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 301-309, 1998a.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.573-581, 1998b.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.4, 2009.

WAGNER, M. W.; JADOSKI, S. O.; SAITO, L. R.; SUCHORONCZEK, A.; SCABENI, C. J. Comportamento de características climáticas para o manejo de culturas agrícolas em Guarapuava, centro-sul do estado do Paraná. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.2, n.3 p.41-49, 2009.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.487-494, 2005.

ANEXO 1

Avaliação Visual da Estrutura do Solo

A estrutura do solo afeta a penetração das raízes, água disponível às plantas e aeração do solo. Este teste simples e rápido de avaliar a estrutura do solo baseia-se na aparência e tato de um bloco de solo retirado com uma pá. A escala do teste varia de Qe1, estrutura boa, a Qe5, estrutura pobre.



Equipamentos:

Pá reta de aprox. 20 cm de larg., 22-25 cm de comp.
Opcional: folha plástica de cor clara, saco ou bandeja 50 x 80 cm, faca pequena, câmera digital.

Quando amostrar:

Qualquer época do ano, mas preferencialmente quando o solo estiver úmido. Se o solo estiver muito seco ou muito úmido será difícil de ser obtida uma amostra representativa. Raízes são melhores vistas em uma área com cultura estabelecida ou logo após a colheita.

Onde amostrar:

Selecione uma área de cultura ou padrão de solo uniforme ou uma área onde há suspeita de restrições físicas. Dentro desta área, planeje uma malha de amostragem para avaliar o solo em 10 pontos, no mínimo. Em áreas experimentais pequenas pode ser necessário a redução deste número para 3 a 5.

Método de avaliação:

Passo	Opção	Procedimento
Extração da fatia de solo		
1. Extraia uma fatia de solo	Solo solto	Remova a fatia de solo de ~15 cm de espessura diretamente da profundidade total da pá e coloque a pá com o solo em uma folha, bandeja ou no chão.
	Solo firme	Cave um buraco de acesso um pouco mais largo e profundo que a pá deixando um lado do buraco intacto. No lado intacto, corte cada lado do bloco com a pá e remova o bloco como mostrado abaixo.
2. Examine a fatia de solo amostrado	Estrutura uniforme	Remova qualquer solo compactado ou resíduo ao redor do bloco.
	Dois ou mais camadas com estrutura diferente	Estime a profundidade de cada camada e prepare para atribuir uma nota de qualidade estrutural (Qe) para cada uma separadamente.

Fragmentação da fatia de solo

3. Fragmenta a fatia (tire uma foto – opcional)	Meça o comprimento da fatia e procure camadas. Delicadamente manipule a fatia utilizando as duas mãos para revelar qualquer camada coesiva ou torrões de agregados. Se possível separe o solo em seus agregados naturais e torrões manipulados. Torrões são agregados grandes, duros, coesos e arredondados.
4. Reduza agregados maiores para confirmar a nota	Quebre os agregados e fragmentos até obter um agregado de 1,5 – 2,0 cm. Olhe sua forma, porosidade, raízes e facilidade de quebra. Torrões podem ser quebrados em agregados não porosos, angulosos e são indicativos de estrutura pobre e nota alta.

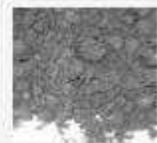
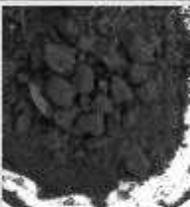
Atribuição da nota

5. Atribua a nota	Compare o solo com as fotos, categoria por categoria, e determine o que mais se assemelhe.
6. Confirme a nota com:	Fatores que aumentam a nota:
Extração da fatia	Dificuldade em extrair a fatia de solo.
Forma e tamanho dos agregados	Maiores, mais angulosos, menos poros, presença de orifícios (buracos) devido a presença de raízes ou minhocas.
Raízes	Agrupamento, engrossamento e achatamento.
Anaerobismo	Regiões ou camadas de solo cinza, que cheira enxofre e apresentam tons de ferro.
Fragmentação de agregados	Reduza agregados para ~ 1,5 – 2,0 cm de diâmetro para revelar seu tipo.
7. Calcule a nota da fatia com duas ou mais camadas de estrutura diferente	Multiplique a nota de cada camada pela sua espessura e divida o produto pela profundidade total, e.g. para uma fatia de 25 cm com 10 cm de profundidade de solo solto (Qe1) sobre uma camada mais compacta (Qe3) de 10-25 cm de profundidade, a nota será $[(1 \times 10)/25] + [(3 \times 15)/25] = Qe 2.2$.

Notas: A nota pode ser atribuída entre categorias se a camada apresentar características das duas. Notas entre 1-3 são geralmente aceitáveis enquanto notas de 4 a 5 requerem mudanças no manejo do solo.

Success through Knowledge



Qualidade Estrutural	Tamanho e aparência dos agregados	Porosidade visível e raízes	Aparência depois do manuseio: vários solos	Aparência depois do manuseio: mesmo solo diferentes manejos	Característica distintiva	Aparência e descrição de agregados naturais ou fragmento reduzido de ~ 1,5 cm de diâmetro
Qe1 Friável Agregados quebram facilmente com os dedos	Maioria < 6 mm após a quebra	Alta porosidade Raízes por todo solo			 Agregados pequenos	 A ação de quebrar o bloco é suficiente para revelá-los. Agregados grandes são compostos por agregados menores, presos pelas raízes.
Qe2 Intacto Agregados quebram facilmente com uma mão	Uma mistura de agregados porosos e redondos entre 2 mm – 7 cm Sem presença de torrões	Maioria dos agregados são porosos Raízes por todo solo			 Agregados altamente porosos	 Agregados quando obtidos são redondos, muito frágeis, despedaçam muito facilmente e são altamente porosos.
Qe3 Firme Maioria dos agregados quebram com uma mão	Uma mistura de agregados porosos entre 2mm -10 cm; menos de 30% são <1 cm. Alguns torrões angulares não porosos podem estar presentes	Macroporos e fissuras presentes Porosidade e raízes: ambas dentro dos agregados			 Agregados com baixa porosidade	 Fragmentos de agregados são razoavelmente fáceis de serem obtidos. Apresentam poucos poros e são arredondados. Raízes geralmente crescem através dos agregados.
Qe4 Compacto Quebrar agregados com uma mão requer esforço considerável	Maioria > 10 cm e são sub-angulares não porosos; possibilidade de horizontalização; menos que 30% são <7 cm	Poucos macroporos e fissuras Raízes agrupadas em macroporos e ao redor dos agregados			 Macroporos bem distintos	 Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, em forma de cubo muito angulosos e pontudos e apresentam fissuras internamente.
Qe5 Muito compacto Difícil quebra	Maioria são maiores que > 10 cm, muito poucos < 7 cm, angular e não poroso	Porosidade muito baixa. Macroporos podem estar presentes. Pode conter zonas anaeróbicas Poucas raízes e restritas a fissuras			 Cor azul-acizentada	 Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, no entanto, considerável força é necessária. Geralmente não apresentam poros ou fissuras.

