

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**ENGENHARIA AMBIENTAL**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Beatriz Hilarino Campos

**ESTUDO DE CASO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLO NO BIOMA CERRADO, EM  
DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO**

**Uberlândia**

**2021**

Beatriz Hilarino Campos

**ESTUDO DE CASO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLO NO BIOMA CERRADO, EM  
DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, à Universidade Federal de Uberlândia

**Orientador:** Prof. Elias Nascentes Borges

**Uberlândia**

**2021**

Beatriz Hilarino Campos

**ESTUDO DE CASO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLO NO BIOMA CERRADO, EM  
DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel, à Universidade Federal de Uberlândia, Curso Engenharia Ambiental.

Data: / /

**X**

---

Elias Nascentes Borges  
Professor Orientador

**X**

---

Beatriz Hilarino Campos  
Discente

**Uberlândia**

**2021**

## **Resumo**

A qualidade física do solo está atrelada as variações das composições físicas, químicas e biológicas do solo, com sistemas muito diversos e dinâmicos. Objetivou-se neste estudo reunir informações sobre a qualidade do solo e os efeitos das ações antrópicas em diferentes sistemas de uso do solo sobre suas propriedades físicas. Para efeito de comparação os parâmetros propostos para determinar a qualidade do solo incluem densidade do solo, a resistência mecânica à penetração, a estabilidade de agregados, a porosidade e a textura do solo, os quais permitem distinguir os efeitos provocados nos sistemas de uso dos solos. Assim, a estudo comprova a relação entre o uso e manejo inadequado do solo e sua qualidade.

**Palavras-chaves:** Qualidade física, manejo, atributos físicos, solo

## **Abstract**

Soil physical quality is tied to variations in soil physical, chemical and biological compositions, with very diverse and dynamic systems. This paper aims to gather information on soil quality and the effects of anthropic actions on different soil usage systems on their physical properties. For comparison purposes, the parameters proposed to determine soil quality include soil density, mechanical penetration resistance, aggregate stability, porosity and soil texture, which allow to distinguish the effects caused in soil usage systems. Thus, the study proves the link between the usage and inadequate management of the soil and its quality.

**Keywords:** Physical quality, management, physical attributes, soil

## Sumário

<b>1. Introdução.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Justificativa.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Objetivos .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1. Objetivo Geral.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1. Indicadores de qualidade do solo.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2. Atributos Físicos do Solo .....</b>	<b>8</b>
Textura.....	8
Densidade do solo .....	9
Resistência do solo a penetração .....	10
Porosidade do solo.....	10
Agregação do solo.....	11
<b>5. Material e Métodos.....</b>	<b>11</b>
<b>5.1 Localização dos trabalhos analisados nesse estudo de caso .....</b>	<b>13</b>
<b>5.2 Experimentos estudados.....</b>	<b>14</b>
Primeiro experimento estudado.....	14
Segundo experimento estudado.....	15
Terceiro experimento estudado.....	15
Quarto experimento estudado.....	16
<b>6. Resultados e Discussão.....</b>	<b>17</b>
<b>6.1 Dados do primeiro experimento .....</b>	<b>17</b>
<b>6.2 Dados do segundo experimento .....</b>	<b>21</b>
<b>6.3 Dados do terceiro experimento .....</b>	<b>25</b>
<b>6.4 Dados do quarto experimento.....</b>	<b>28</b>
<b>7. Considerações finais.....</b>	<b>30</b>
<b>Referências.....</b>	<b>32</b>

## 1. Introdução

A Sociedade Americana de Ciência do solo, propõem qualidade do solo como a sua capacidade de funcionar dentro do manejo ou do sistema natural mantendo sua produtividade vegetal e animal, além de melhorar a qualidade do ar, água e suportar a saúde humana e habitacional (KARLEN et al., 1997).

No entanto, o desenvolvimento desse conceito está intimamente ligado com o uso do solo, variando entres as abordagens dos cientistas da ciência do solo. Grande parte das definições propostas atualmente relacionam qualidade do solo com a capacidade de funcionamento dentro dos limites ecossistêmicos deste e sua interação positiva com o meio ambiente externo (ARAÚJO, 2012).

Enquanto, para o Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a qualidade do solo é definida como a capacidade do solo em desempenhar suas funções no momento presente e a preservação dessas funções para uso futuro. Assim, o tempo relaciona a qualidade e o uso sustentável do solo, adicionando o aspecto temporal no conceito. Nesse sentido, a permanência das funções ecológicas desempenhadas pelo solo ao longo do tempo determina sua qualidade (VEZZANI, 2009).

Dessa forma, o conceito do termo é alterado de acordo com a situação específica do solo em relação ao interesse antrópico e suas funções em ecossistemas naturais e agrícolas. A complexidade conceitual também está atrelada às variações das composições físicas, químicas e biológicas do solo, com sistemas muito diversos e dinâmicos, alterando sua qualidade de solo para solo (ARAÚJO, 2012).

O solo está vinculado a atividades essenciais para a sociedade, como produção de alimentos, insumos, energia. Além de influenciar de forma indireta a qualidade de vida, conforto térmico, disponibilidade de água, entre outros. Para um componente tão importante para a vida no planeta sua qualidade deve ser, entre tantas, uma prioridade para o desenvolvimento humano.

Entretanto, a partir dos anos 50, observou-se que a agricultura moderna, teve como prioridade um modelo de cultivo com uso intensivo de mecanização, adubos minerais de alta solubilidade e agrotóxicos. No primeiro momento, houve como consequência um grande crescimento na produtividade das culturas, entretanto gerou incontestáveis problemas ambientais. Entre eles destaca-se a degradação dos solos por erosão, perda de matéria orgânica e compactação (KAMIYAMA, 2011).

O objetivo das atividades agrícolas deve ser de produzir alimentos conservando os recursos naturais não renováveis. No entanto, as técnicas de exploração agrícolas mais difundidas nem sempre permitem atender a este objetivo, já que promovem modificações do meio ambiente (CARVALHO, 2014). Nos últimos anos, a qualidade do solo tem sido fator de grande preocupação, pois sua utilização intensa pode reduzir sua capacidade de ser sustentavelmente produtivo (DE SOUZA, 2016).

Muitas vezes, a produtividade é comprometida pelo uso inadequado de práticas de manejo como: a intensidade de preparo do solo, o tipo de equipamento, o manejo de resíduos vegetais e a umidade do solo no momento do trabalho. Desse modo, o solo que é mantido em seu estado natural, sob vegetação nativa, apresenta características físicas consideradas mais adequadas. Enquanto o solo submetido ao processo produtivo, sofre alterações em suas características físicas. Assim, é fundamental a avaliação dessas características após a introdução de atividades de caráter antrópico (WENDLING, 2012).

As alterações são evidenciadas nas modificações que ocorrem na estrutura do solo, como nos valores de densidade do solo, resistência mecânica à penetração, porosidade total, armazenagem e disponibilidade de água às plantas etc. Assim, a qualidade ambiental do solo, fundamental para a sustentabilidade de sistemas de cultivo, é avaliada por meio desses atributos físicos que descrevem seu comportamento (PEREIRA, 2011).

## **2. Justificativa**

O estudo é pertinente porque a análise dos atributos físicos em diferentes usos do solo aponta a qualidade em que ele se encontra de acordo com seu manejo. A conscientização de que um manejo incorreto do solo no futuro trará considerável degradação para a área de produção é de enorme importância para o futuro produtivo de todo o país.

Assim, uma análise quantitativa da alteração sofrida pelo solo a partir dos atributos físicos devido ao seu uso é uma forma de determinar a melhor forma de se tratar o recurso para que mantenha sua qualidade para o futuro. O manejo correto e o uso consciente do solo repercutem sobre a sua saúde e, dessa forma, a qualidade do recurso que alimentará amanhã as novas gerações.

## **3. Objetivos**

### **3.1. Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo analisar a qualidade do solo em diferentes usos, a partir do estudo das propriedades físicas do solo em pesquisas de diversos autores. Dessa maneira, o compilado de estudos de diferentes autores fornecerá a base para análise das características do solo a partir dos usos que se sucederam sobre ele no decorrer do tempo. Assim, será possível determinar com as informações obtidas no estudo de caso a relação entre o uso e a qualidade em que cada solo se encontra.

### **3.2. Objetivos Específicos**

Realizar uma pesquisa sobre as propriedades do solo em diferentes cenários de uso e qualidade do solo entre a literatura existente.

Estimar a relação entre qualidade do solo de cada área analisada a partir dos usos e manejos do solo.

Comparar a qualidade do solo determinada para cada área, correlacionando com o histórico de uso da área e o tipo de solo.

Determinar a interferência do uso e manejo sobre sua qualidade.

#### **4. Revisão bibliográfica**

##### **4.1. Indicadores de qualidade do solo**

Um bom indicador de qualidade do solo é definido como uma ferramenta de monitoramento das mudanças nas propriedades e nos processos do solo, que ocorrem no decorrer do tempo. Também auxilia na busca pela sustentabilidade e qualidade ambiental, em resposta ao uso da terra e às práticas de manejo. Além disso, um indicador de qualidade do solo em relação à degradação é importante para estimar necessidades de pesquisa e avaliar práticas de manejo (ARAÚJO, 2012).

Para avaliar a qualidade do solo é necessário determinar valores de suas propriedades consideradas como atributos indicadores (KAMIYAMA, 2011). De modo geral, os indicadores mais recomendados para avaliação da qualidade do solo em função do seu uso e manejo são aqueles que respondem às variações ambientais e podem sofrer mudanças nos curto e médio prazos (PEZARICO, 2013).

As propriedades físicas do solo estão diretamente relacionadas com o crescimento radicular, armazenamento de água e nutrientes, trocas gasosas com a atmosfera e atividade biológica. Assim, para fins de análise, os atributos físicos se encaixam como indicadores e serão usados para definir padrões de qualidade atrelados ao uso e ocupação do solo.

A física de solos estuda e define, qualitativa e quantitativamente, as propriedades físicas, com o objetivo principal de entender os mecanismos que governam a funcionalidade dos solos e seu papel na biosfera (REINERT, 2006). Os principais indicadores físicos da qualidade do solo presentes no trabalho são textura, densidade do solo, resistência à penetração, porosidade, e a estabilidade de agregados.

##### **4.2. Atributos Físicos do Solo**

###### **Textura**

A textura do solo é uma das propriedades mais estáveis, com estreita relação com a retenção e o transporte de água no solo. As características granulométricas dos solos são definidas por meio da sedimentação da rocha que deu origem ao solo, assim rochas mais argilosas dão origem a solos mais argilosos (SANTOS, 2012). A sua análise visa quantificar as partículas minerais do solo, determinando a presença de areia, silte e argila, além de avaliar sua distribuição por diferença de tamanho. Por meio de uma combinação de mecanismos químicos e físicos o procedimento busca a ruptura dos agregados do solo, individualizando suas partículas para quantificação (ARAÚJO, 2012).

A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo define quatro classes de tamanho de partículas menores do que 2 mm, usadas para a definição da classe de textura dos solos: Areia grossa: 2 a 0,2 mm ou 2000 a 200  $\mu\text{m}$ ; Areia fina: 0,2 a 0,05 mm ou 200 a 50  $\mu\text{m}$ ; Silte: 0,05 a 0,002 mm ou 50 a 2  $\mu\text{m}$ ; Argila: menor do que 2  $\mu\text{m}$  (REINERT, 2006).

O total de partículas de um solo é igual ao somatório da proporção de areia, silte e argila, que é avaliado pela porcentagem no quilo de solo seco. Para análise de combinações proporcionais foi criado um sistema de classificação gráfico e funcional. O sistema analisa a sobreposição de três triângulos isósceles que representam a quantidade de argila, silte e areia do solo e define a classe de textura dos solos (BUENO, 1980).

A classe de textura é determinada pela distribuição do tamanho de partículas e juntamente com o tipo de argila marcadamente afetam outras propriedades físicas como a drenagem e a retenção de água, a aeração e a consistência dos solos. Dessa forma, solos com maior quantidade de argila em sua composição são considerados de maior qualidade, em relação aos solos mais arenosos, no que diz respeito a produtividade agrícola (REINERT, 2006).

### **Densidade do solo**

A densidade do solo tem sido um dos atributos usados para avaliação do estado estrutural do solo (SPERA et al., 2004). A densidade é a propriedade física mais dinâmica e varia em função da textura, de acordo com as condições estruturais do solo, sendo alterada pelo cultivo, pela compressão de máquinas agrícolas, pelo pisoteio dos animais de grande porte e pelas condições ambientais do meio. Esta é de grande importância para os estudos agrônômicos, pois permite avaliar atributos como porosidade, condutividade hidráulica, difusividade do ar, entre outros, além de ser utilizada como indicador do estado da compactação do solo (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

O uso principal da densidade do solo é como indicador de compactação, assim como medir alterações da estrutura e porosidade do solo. Portanto, a maior densidade do solo nas áreas do cerrado pode ser decorrente do efeito do pisoteio do gado e uso de máquinas agrícolas. Esses pressupostos são corroborados por estudos de Souza, Carneiro e Paulino (2005). Valores críticos de densidade do solo são relacionados a condições restritivas ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, à infiltração e ao transporte de água, bem como às trocas gasosas entre o solo e a atmosfera (FONSECA et al., 2007). Densidade entre 1,27 e 1,57  $\text{g cm}^{-3}$  é restritiva ao crescimento radicular e à infiltração de água no solo (CORSINI; FERRAUDO, 1999).

De maneira geral, o valor de 1,40  $\text{g cm}^{-3}$  de densidade no solo argiloso é aceito como limite crítico, e seu valor aumenta com o decréscimo do teor de argila do solo (SOUZA; CARNEIRO; PAULINO, 2005). Os valores normais de densidade para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9  $\text{g cm}^{-3}$ , enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7  $\text{g cm}^{-3}$ . Valores de densidade associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer

riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1,65 g cm<sup>3</sup> para solos arenosos e 1,45 g cm<sup>3</sup> para solos argilosos (REINERT, 2006).

### **Resistência do solo a penetração**

A resistência do solo à penetração é uma das propriedades físicas do solo diretamente relacionados com o crescimento das plantas (Letey, 1985) e pode ser modificada pelos sistemas de preparo do solo. Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro e na direção preferencial do crescimento radicular. Além disso, estudos recentes indicam que a resistência do solo à penetração das raízes tem efeitos diretos no crescimento da parte aérea das plantas e na partição de carboidratos entre a raiz e a parte aérea (TORMENA, 2002).

Valores críticos de resistência à penetração dependem da espécie (Bengough e Mullins, 1990). Desta forma, a resistência do solo à penetração é fundamental para a avaliação dos efeitos dos sistemas de preparo no ambiente físico do solo para o crescimento das plantas.

A resistência do solo tem estreita relação também com o estado de compactação do solo e é frequentemente usada para avaliar manejo de solos, visto que as raízes ao crescerem, o fazem em espaços já existentes no solo ou têm que vencer a resistência para abrir espaço ao seu crescimento. Quando a resistência do solo é maior que a pressão celular, as raízes crescem na direção de menor resistência e mudam sua distribuição, apresentando deformação do sistema radicular (REINERT, 2006).

Além disso, o adensamento do solo na superfície, em decorrência da ausência de preparo, acarreta a diminuição do volume de poros, especialmente de macroporos, o que implica, possivelmente, na estabilidade dos agregados e na infiltração de água no solo (BERTOL, 2001)

### **Porosidade do solo**

Os poros são formados pelo arranjo das partículas elementares do solo (SANTOS, 2008). De forma geral, ecossistemas naturais, justamente por não terem sofrido alterações pelas práticas de manejo, tendem a apresentar maior percentual de porosidade total e macroporosidade em relação aos solos cultivados (BALIN, 2017).

A aeração dos solos refere-se à habilidade de um solo atender à demanda respiratória da vida biológica do solo. Para isso, há necessidade de contínua troca de oxigênio e CO<sub>2</sub> entre a atmosfera e o solo e, assim, é de grande importância a presença de macroporos. Normalmente, considera-se que o espaço aéreo de 10 % de macroporos é suficiente para arejar o solo e satisfazer a demanda respiratório no solo (REINERT, 2006). Sendo o volume de macroporos ideal para o solo de 0,33 dm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>.

Portanto, deve-se ter o cuidado ao manejar áreas com intenso pisoteio animal e/ou elevado tráfego de máquinas, pois estas tendem a aumentar a densidade e reduzir a porosidade do solo, favorecendo a sua degradação (BERGAMIN et al, 2010). Considera-se bons valores de porosidade total próximos à 40%, visto que um solo ideal deve apresentar 50% de volume de

poros totais que, na capacidade de campo, teria 33,5% ocupado pela água e 16,5% ocupado pelo ar (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

Os microporos são responsáveis pelo armazenamento de água disponível (PORTUGAL et al., 2008). Reduções acentuadas de microporosidade prejudicam principalmente o armazenamento de água no solo e o seu aumento pode indicar compactação do solo, quando associado à diminuição da macroporosidade (FONSECA et al., 2007).

A alteração desse atributo do solo, como na redução do número de macroporos pode ocorrer devido à pressão mecânica de máquinas agrícolas, durante os ciclos de umedecimento e secagem do solo, devido à força cinética da gota da chuva e aração profunda. No caso dos microporos, sua redução pode ser consequência do baixo conteúdo de matéria orgânica e nutrientes. Assim, a porosidade do solo tem sido utilizada como indicadora da qualidade do solo, pois é suscetível ao uso e é de fácil determinação (REINERT, 2006).

### **Agregação do solo**

Bastos et al. (2005) explicaram que, para a formação dos agregados, é necessário que os coloides do solo se encontrem floculados e sejam estabilizados posteriormente por algum agente cimentante. Agregados maiores e mais pesados garantem ao solo maior estruturação, maior porosidade, maior condutividade hidráulica e maior resistência à compressão, características de inúmeras vantagens para a sustentabilidade do sistema de produção agrícola (LLANILLO, 2007).

Diversos autores verificaram a relação entre a agregação do solo e a matéria orgânica expressa pelos teores de carbono orgânico do solo (RIBON, 2014). Essa relação é observada porque a agregação se refere ao estado de ligação entre as partículas do solo resultante por agentes cimentantes como a argila (FONTONELLE, 2006).

Como os poros e as partículas primárias estão organizados diz respeito a propriedade de agregação do solo. Os agregados estáveis de maior tamanho são responsáveis por proporcionar boa estrutura ao solo, promovendo maiores espaços porosos para o desenvolvimento de raízes, da fauna e da circulação de ar e água (FERREIRA et al., 2010).

A agregação do solo pode sofrer alterações temporárias ou permanentes em função das práticas de manejo. Portanto, sistemas de manejo que proporcionem agregados mais resistentes são desejáveis, pois manterão a estrutura do solo sem grandes alterações quando submetidos a forças externas, como pisoteio de animais e operações mecanizadas, além de maior resistência a perdas por erosão.

## **5. Material e Métodos**

O presente trabalho objetiva a análise dos atributos físicos do solo em diferentes sistemas de uso e manejo do solo. Dessa forma, partimos do pressuposto de que a má utilização do recurso solo, seja com manejo inadequado ou descaso, resulta em uma perda das qualidades do solo. Um estudo de caso de experimentos realizados sobre indicadores de qualidade física, em diferentes

solos, foi o método científico adotado. Estudo de caso é um termo amplo que inclui uma família de métodos de pesquisa, os quais tem em comum a investigação sistemática de um caso. Assim, o estudo é próprio para a construção de uma investigação empírica sobre um fenômeno. Sustentado por uma plataforma teórica, reúne informações em função das questões e proposições orientadoras do estudo (MARTINS, 2008).

Um estudo de caso é uma história de um fenômeno passado ou atual, elaborada a partir de múltiplas fontes de provas, que pode incluir dados da observação direta e entrevistas sistemáticas, bem como pesquisas em arquivos públicos e privados. Assim, os estudos de variabilidade dos atributos físicos do solo em relação ao uso atribuído a ele foram avaliados adquirindo dados sobre a variação da qualidade do solo por meio dos indicadores escolhidos. Os atributos físicos do solo que serão analisados são textura, densidade, estabilidade de agregados, porosidade e resistência a penetração do solo.

Na elaboração do presente trabalho foram utilizadas as etapas sugeridas por ARSHAD e MARTIN (2002) como pressupostos para avaliar a qualidade do solo. Como se trata de um estudo de caso, os casos foram identificados e escolhidos de acordo com essa metodologia. Segundo os autores, para definir a qualidade do solo é necessário dividir a região ou área de estudo em diferentes ecorregiões; selecionar zonas ecológicas, fazendas ou bacias hidrográficas com solos similares. Assim, cada estudo será comparado apenas com as áreas definidas dentro da região delimitada e não haverá comparação de indicadores de qualidade entre diferentes solos.

Além disso, para os autores deve ser especificado um conjunto de indicadores para a área de estudo, definindo um ponto de referência (linha base) para cada indicador. Nesse caso, os indicadores escolhidos foram os atributos físicos do solo, utilizando a mata nativa como ponto de referência. Por fim, a metodologia diz que é preciso especificar os limites críticos para os indicadores selecionados, que variam em função de cada indicador e transformá-los em índices de qualidade do solo (ARSHAD e MARTIN, 2002). Para isso, foram definidos valores ótimos e padrões de qualidade para cada indicador utilizado para melhor comparar a qualidade do solo em cada uso.

Assim, para realizar o estudo de caso foi realizado um levantamento bibliográfico em pesquisas, artigos, livros, dissertações e teses os quais foram de suma importância para viabilizar o desenvolvimento desse trabalho. Em cada referência foi analisado o experimento realizado para diferentes usos do solo comparando os atributos físicos em cada situação. Assim, os dados adquiridos, tanto quanto as conclusões admitidas em cada trabalho foram analisadas para identificar se houve alteração na qualidade do solo nos diferentes manejos e usos aplicados.

Portanto, o que se pretende com o estudo de caso é investigar a qualidade do solo em diferentes sistemas de uso do solo, por meio dos valores de indicadores de qualidade pré-estabelecidos. Nesse caso, utiliza-se o método exploratório de casos múltiplos para uma análise

qualitativa do caso (Yin, 2005). Assim, uma proposição é definida, dando base para o resultado esperado na pesquisa realizada.

A análise será realizada a partir dos atributos físicos, em estudo de caso. Os dados serão identificados em pesquisas que foram realizadas em um espaço de tempo de até 10 anos. A coleta se limitará a 4 trabalhos para melhor precisão e deverá provar ou negar a hipótese de que a qualidade do solo baseada em atributos físicos é alterada de acordo com seu uso.

A apresentação dos resultados foi feita de acordo com cada trabalho de forma individual para cada atributo avaliado, comparando os dados de um mesmo local, diferenciando cada uso e manejo existente na área. Os resultados de variação dos atributos físicos do solo foram adquiridos direto de cada estudo de referência. Os dados analisados foram comparados de forma a respeitar diferenças características como tipo de solo, condição climática e região. Todos os dados dos trabalhos analisados nesse estudo de caso foram submetidos a análise estatística de variância (Teste de F) e ao teste de Tukey para a comparação de médias, todos a 5 % de significância.

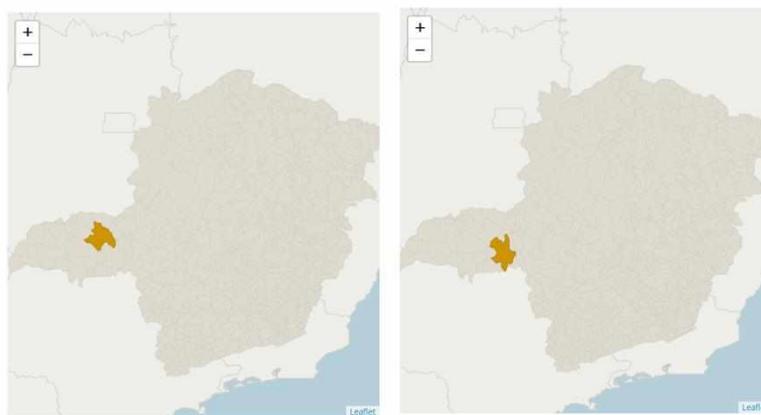
### **5.1 Localização dos trabalhos analisados nesse estudo de caso**

Os locais de realização dos experimentos analisados estão delimitados no município de Uberlândia e no município de Uberaba, estado de Minas Gerais. Estes estão inseridos na Região do Triângulo Mineiro, originalmente recoberta pela vegetação de Cerrado (RESENDE, 2011). No entanto, desde a década de 1970 a vegetação original está sendo fortemente desmatada, substituída por extensas áreas de monocultura (milho, soja, cana etc.) pastagens e reflorestamento, por ser uma área pioneira de expansão do agronegócio.

As condições climáticas predominantes na área de estudo são de clima tropical do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, com duas estações bem definidas: uma seca, com longo período de estiagem (março a outubro), e a outra chuvosa (novembro a fevereiro) (RESENDE, 2011).

A temperatura anual da região é de 22°C em média, sendo que os meses mais quentes são fevereiro, outubro e novembro; enquanto os meses mais frios são junho e julho. A precipitação atmosférica média da região gira em torno de 1.550 milímetros anuais, sendo que os meses mais chuvosos são dezembro e janeiro, representando cerca de 41% deste volume; enquanto os menos chuvosos são junho e julho (ROSA et al., 1991). Além disso, os solos da região são tropicais lateríticos, representados por Latossolos, Neossolos Quartzarênicos e Argissolos e recobrem aproximadamente 75% do bioma Cerrado (REATTO et al., 2008).

**Figura 1:** Município de Uberlândia e Uberaba, MG – Brasil.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

## 5.2 Experimentos estudados

### Primeiro experimento estudado

O primeiro experimento analisado teve o objetivo de avaliar as modificações impostas sobre a densidade, agregação, porosidade e consequentemente a compactação do solo, em diferentes sistemas de uso e manejo. Realizado por Beno Wendling; Isabel Cristina Vinhal-Freitas; Roberta Camargos De Oliveira; Marcela Mayumi Babata e Elias Nascentes Borges. Ocorreu no município de Uberlândia, Minas Gerais, em uma fazenda denominada Floresta do lobo.

Dentro da propriedade foram selecionadas quatro áreas para avaliação: (1) cerrado (CE), (2) floresta de pinus (FP), (3) pastagem (PA), (4) área cultivada no sistema semeadura direta (SD). O solo das áreas estudadas foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. A análise textural obtida em média foi 731 g kg<sup>-1</sup> de argila, 92 g kg<sup>-1</sup> de silte e 177 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa e fina. Para obtenção de amostras indeformadas, em cada área foram selecionados, aleatoriamente, oito pontos de amostragem; em cada ponto, no centro de cada camada amostrada (0–0,10 m e 0,10–0,20 m) de profundidade.

O cerrado analisado diz respeito a uma área com vegetação original e sem interferência antrópica utilizada como referência; enquanto a área sob floresta de pinus (*Pinus caribaea* vr. *honduriensis*) foi implantada em 1977, cultivada por 32 anos tem o propósito de extração de resina, e a floresta apresentava espessa camada de serapilheira na camada de 0,10 m de solo.

A pastagem analisada no experimento trata-se de uma área estabelecida em 2006, prevalecendo o capim *Brachiaria decumbens*, conduzida sob pastoreio rotativo, com a lotação ajustada de forma a manter a oferta de forragem constante, em torno de 7% (7kg de massa seca de forragem por 100 kg de peso animal vivo por dia), sendo que antes da pastagem havia cultivo de *Pinus caribaea* vr. *Honduriensis* durante 30 anos e antes do *Pinus caribaea* havia vegetação original de cerrado stricto sensu.

Por fim, a área cultivada no sistema semeadura direta (SD) por 11 anos, a qual antes do plantio direto era composta de vegetação de cerrado stricto sensu. Além disso, o uso contínuo do solo em sistema de sucessão e rotação de culturas (soja, sorgo e milho), e o manejo e adubação era realizado de acordo com a necessidade da cultura, no dia da amostragem esta área se encontrava com plantio de sorgo.

### **Segundo experimento estudado**

O segundo experimento teve o objetivo de verificar a influência da aplicação de dejetos líquidos de suínos e cama de frango em um Latossolo Vermelho sob pastagem e culturas, nos atributos argila dispersa em água, grau de floculação e estabilidade de agregados. Foram selecionadas para este estudo uma área de Cerrado nativo (CN) e outras seis áreas sob diferentes usos e manejo, a braquiária, mombaça, Tanzânia, tifton, milho e cana-de-açúcar. As áreas estão situadas na região de Uberlândia, MG, entre as coordenadas 18°52'11,3" e 18°51'58,8" S e 48°33'08" e 48° 33" 06,8" O.

O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Em cada área selecionada foram coletadas, em triplicata, amostras deformadas nas camadas 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. O trabalho foi realizado por Douglas da Silva Santos; Everton Martins Arruda; Emerson Rodrigues de Moraes; Fernando Oliveira Franco; José Renato Araújo; Thalita Mendes Resende; Elias Nascentes Borges e Bruno Teixeira Ribeiro.

O Cerrado nativo analisado se refere a uma área preservada, com vegetação natural primária utilizada como controle, enquanto a braquiária analisada é uma área de *Barchiaria decumbens* (Braquiária) implantada em 2001, com sinais de degradação, sem adubação ao longo dos anos. A Mombaça se trata de uma área de *Panicum maximum Jacq vr.* (Mombaça) implantada em 2006, que recebeu nos últimos 2 anos dejetos suínos aplicados a lanço de forma parcelada, seguida de Tanzânia, implantada no mesmo ano e teve o mesmo tratamento. O tifton, entretanto, é uma área de *Cynodon spp.* (Tifton), que foi implantada em 2008 e teve o mesmo tratamento de adubação que as duas anteriores.

A área de Milho foi cultivada por dois anos no sistema convencional com adubação mineral NPK no solo do plantio e adubação nitrogenada de cobertura, seguindo as exigências da cultura e análise de solo. Por fim, a área de Cana-de-açúcar nos últimos dois anos recebeu uma cama de frango aplicada a lanço de forma parcelada.

### **Terceiro experimento estudado**

O terceiro experimento teve como objetivo comparar as mudanças dos atributos do solo em áreas recobertas com Cerrado arbóreo natural e pastagem cultivada com 30 anos de implantação incluindo, ainda, um sistema misto e complexo representativo na região, com uma área convertida inicialmente ao uso agrícola e nos últimos 15 anos pastagem. Esta pesquisa foi realizada na Fazenda Cachoeira (19°04'06" - 19°09'22" S e 48°33'37" - 48°36'31" O), a Sudoeste do município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

O trabalho foi realizado por Thalita Mendes Resende, Vania Rosolen, Martial Bernoux, Jorge Luís Silva Brito, Elias Nascentes Borges e Fabrício Pelizer Almeida. As amostras foram coletadas em trincheiras, em três profundidades: na superfície entre 0 e 15 cm e em subsuperfície entre 15 e 30 cm e entre 30 e 60 cm. Três diferentes usos do solo foram avaliados: (1) solo sob Cerrado nativo (CN), (2) solo sob sistema misto – agricultura + pastagem há 15 anos (Agric+P15), e (3) solo sob pastagem cultivada há 30 anos (P30).

O cerrado nativo (sítio de coleta 1) representa as propriedades de referência e é caracterizado como cerradão (cerrado arbóreo). Segundo o proprietário, essa área nunca foi desmatada nem queimada e corresponde à Reserva Legal da propriedade. A área Agric+P15 (sítio de coleta 2) começou a ser desmatada por volta de 1979/80. O corte do Cerrado foi feito gradativamente, ao longo de 10 anos e após esse período, foi feita a sistematização do terreno e o solo arado e gradeado para o estabelecimento do cultivo de arroz por 2 anos consecutivos, seguido pelo cultivo da soja. A partir do 2º cultivo da soja a área foi incorporada a pastagem com gramínea *Panicum maximum* por, aproximadamente, 4/5 anos.

A baixa fertilidade do solo e, principalmente a toxicidade por Al, fez com que a *Brachiaria* invadisse e dizimasse com a *Panicum*. Assim, nestes 15 anos, a pastagem estabelecida nessa área foram as gramíneas *Panicum maximum* e *Brachiaria ruzizienses* por 5 e 10 anos, respectivamente. Em 1979, a área P30 (sítio de coleta 3) passou a ser cultivada com pastagem – gramínea *Brachiaria ruzizienses*. Antes disso, a área era ocupada pela vegetação de Cerrado nativo, manejado com fogo a cada 2 anos. A partir de 1978/79, o solo foi corrigido, arado e gradeado para o cultivo de pastagem.

#### **Quarto experimento estudado**

O quarto experimento teve como objetivo quantificar as modificações impostas sobre a densidade, a porosidade em áreas de cerrado, eucalipto e de plantio direto com rotação de milho e pastagem. Foi realizado na Fazenda Santa Terezinha (latitude 19°S e longitude 48°W), localizada no município de Uberaba, MG, região do Triângulo Mineiro. O solo é classificado como Latossolo Amarelo e apresenta textura franco-arenosa, com teores de argila variando de 16 a 29% (EMBRAPA, 2006).

O trabalho foi realizado por Fernanda Pereira Martins, Risely Ferraz Almeida, Joseph Elias Rodrigues Mikhael, Isabel Dayane de Sousa Queiroz, Welldy Gonçalves Teixeira e Elias Nascentes Borges. Para análise foram selecionadas quatro áreas com diferentes usos: Cerrado Nativo, Eucalipto, Milho e Pastagem. Para a caracterização física foram coletadas quatro amostras nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, em quatro pontos distribuídos ao acaso. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para determinação da densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt).

O Cerrado nativo analisado tem vegetação típica de cerrado “strictu sensu”, sem histórico de interferência humana e é preservado há mais de 30 anos, enquanto o Eucalipto se trata de uma

floresta plantada há trinta anos, sem manejo de fertilidade desde o período de implantação. O Milho é cultivado em sistema de plantio direto (SPD), consorciado com pastagem, de acordo com o sistema de cultivo Santa Fé – SSF, a Pastagem, todavia, é uma área predominantemente com *Brachiaria brizantha*, fertilizada anualmente com cama de peru, mas sem controle da quantidade e da qualidade do material adicionado. A pastagem é conduzida, na mesma área, por cinco anos. Após esse período, a área recebe a cultura do milho por um ano e, novamente, a pastagem é estabelecida e mantida por mais cinco anos.

## 6. Resultados e Discussão

Os dados obtidos no estudo de caso foram analisados com base nos atributos físicos do solo, para que a qualidade em diferentes usos e manejos fossem identificadas. Assim, os valores foram comparados com outros estudos realizados sobre os atributos para definir os parâmetros de qualidade do solo.

### 6.1 Dados do primeiro experimento

Os valores de densidade (Ds) e porosidade total (Pt) do primeiro experimento estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Densidade do solo (Ds) e porosidade total (Pt) em áreas com diferentes sistemas de uso e manejo do solo na Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia-MG.

Tratamento	Ds (g/cm <sup>3</sup> )			Pt (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )		
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	Média	0-0,10 m	0,10-0,20 m	Média
<i>Cerrado</i>	0,98	1,08	1,03 bc	0,57 bA	0,54 aA	0,55
<i>Pinus</i>	0,88	1,04	0,96 c	0,66 aA	0,54 aB	0,60
<i>Pastagem</i>	1,04	1,16	1,10 b	0,58 bA	0,54 aB	0,56
<i>Semeadura direta</i>	1,21	1,25	1,23 a	0,51 cA	0,50 aA	0,50
<i>Média</i>	1,03 B	1,13 A		58,16	53,30	

Fonte: WENDLING, 2012

Em relação a densidade do solo, os autores identificaram que a área de plantio direto apresentou os maiores valores nas duas profundidades analisadas, 1,21 e 1,25 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Em contrapartida, o solo da área de floresta de pinus apresentou a menor densidade nas duas profundidades (Tabela 1), obtendo o valor de 0,88 g/cm<sup>3</sup> para a profundidade de 0-0,10 m e 1,04 g/cm<sup>3</sup> para a profundidade de 0,10-0,20 m. Considerando que a densidade é o parâmetro mais usado para identificar a compactação do solo, este fato pode ser justificado pela não ocorrência constante de trânsito de máquinas e equipamentos sobre o tratamento.

As áreas com menor intensidade de manejo, como a floresta de pinus e na área onde não há interferência antrópica, no cerrado, foram encontrados pelos autores os menores valores de densidade (Ds). Outro resultado que apresentou uma maior densidade foi a pastagem. Essa característica identificada no solo pode ser resultante do pisoteio constante do gado, que pode

causar uma maior compactação da área sobre esse tratamento. Além disso, a quantidade de animais de grande porte transitando sobre a área prejudica o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas e a infiltração da água.

Para os autores a porosidade total do solo não variou drasticamente entre os tipos de uso do solo na profundidade de 0,10-0,20 m. No entanto, o sistema de semeadura direta apresentou a menor porosidade total na camada de 0-0,10 m, no valor de 0,51 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, diferenciando estatisticamente de todos os outros usos para a mesma profundidade. Enquanto os maiores valores foram identificados no solo da área plantada com pinus, no valor de 0,66 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> para a mesma profundidade. Somente foram encontradas variações significativas no perfil do solo em pinus e pastagem, sendo os maiores valores encontrados na profundidade de 0-0,10 m (Tabela 1).

Os valores de porosidade estão diretamente ligados com a compactação sofrida no solo, no caso do estudo, decorrentes do pisoteio dos animais e manejo do solo. A presença de menor porosidade e maior densidade favorece a degradação do solo, já que diminui a quantidade de água disponível para o desenvolvimento das plantas. Além disso, dificulta o crescimento das raízes, limita a quantidade de ar e reduz o conteúdo de matéria orgânica disponível.

Os dados obtidos no primeiro experimento para Macroporosidade e Microporosidade foram expostos na tabela 2.

**Tabela 2.** Macroporosidade (MaP) e microporosidade (MiP) em áreas com diferentes sistemas de uso e manejo do solo na Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia-MG.

<i>Tratamento</i>	<b>MaP (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)</b>			<b>MiP (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)</b>		
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	<i>Média</i>	0-0,10 m	0,10-0,20 m	<i>Média</i>
<b><i>Cerrado</i></b>	0,21 bA	0,15 aB	<i>0,18</i>	0,35 bA	0,39 bB	<i>0,37</i>
<b><i>Pinus</i></b>	0,28 aA	0,17 aB	<i>0,23</i>	0,37 bA	0,36 cA	<i>0,36</i>
<b><i>Pastagem</i></b>	0,10 cA	0,15 aB	<i>0,12</i>	0,48 aA	0,39 bB	<i>0,43</i>
<b><i>Semeadura direta</i></b>	0,03 Da	0,05 bA	<i>0,04</i>	0,47 aA	0,44 aB	<i>0,45</i>
<b><i>Média</i></b>	0,16	1,13 A		58,16	53,30	

Fonte: WENDLING, 2012

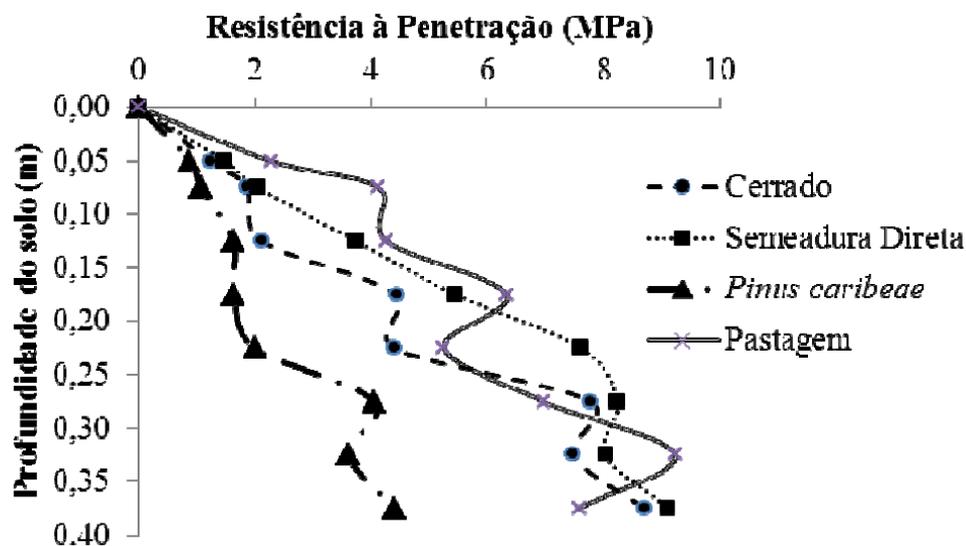
Em relação à macroporosidade os valores encontrados apresentaram diferenças significativas entre as áreas analisadas. O solo submetido ao sistema de semeadura direta apresentou menor porcentagem de macroporos e a área de plantação de pinus apresentou maior porcentagem, para as duas profundidades avaliadas, (0-0,10 m) e (0,10-0,20 m), obtendo os valores de 0,03 e 0,28 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, e 0,05 e 0,17 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, respectivamente (Tabela 2).

Os valores inferiores de macroporos encontrados no solo da área plantada podem ser resultantes da pressão mecânica de máquinas agrícolas, durante os ciclos de umedecimento e secagem do solo ou devido à força cinética da gota da chuva e aração profunda. Enquanto que na

área de pastagem podem ser relacionados ao pisoteio animal. Enquanto, na plantação de pinus os valores foram superiores provavelmente devido ao crescimento radicular e cobertura vegetal.

Os valores encontrados de resistência a penetração no primeiro experimento foram colocados para exposição na figura 2.

**Figura 2.** Resistência à penetração (Mpa) avaliada até 0,40 m de profundidade em áreas com diferentes sistemas de uso e manejo do solo na Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia-MG.



Fonte: WENDLING, 2012

Quanto a resistência à penetração, os autores constataram que o solo que apresentou menores valores, foi o sob plantio de pinus, enquanto a maior resistência foi encontrada em solos com pastagem, especialmente na camada de 0,00 a 0,15 m do perfil do solo. Na camada de 0,15 a 0,40 m a semeadura direta e a pastagem se destacaram com altos valores de resistência a penetração, apresentando uma camada de compactação de valores entre 5,45 a 9,24 MPa (Figura 2).

A resistência à penetração é uma propriedade do solo que se relaciona diretamente com o crescimento das plantas, podendo afetar seu desenvolvimento. Em solos mais compactados há uma maior resistência que afetam as raízes a crescerem já que precisam vencer a resistência e abrir espaço para ocupar. Além disso, pode acarretar a diminuição dos poros e influenciar na infiltração de água no solo.

Assim, os altos valores de resistência do solo encontrados no experimento podem ser resultantes de um adensamento do solo na superfície, diminuindo o volume de poros e talvez a agregação e a infiltração de água no solo. Esse fenômeno pode ser consequência do manejo inadequado, compactação pelo uso de maquinário agrícola ou do pisoteio de animais. Enquanto a plantação de pinus pode ter esse resultado devido ao crescimento radicular que torna o solo mais poroso, possibilitando a infiltração de água e ar, além da matéria orgânica.

Os valores de Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) do primeiro experimento foram organizados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) em áreas com diferentes sistemas de uso e manejo do solo na Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia-MG.

<i>Tratamento</i>	<b>DMG</b>			<b>DMP</b>		
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	<i>Média</i>	0-0,10 m	0,10-0,20 m	<i>Média</i>
<b><i>Cerrado</i></b>	2,00 aA	1,51 aB	<i>1,75</i>	2,41 aA	2,02 aB	<i>2,22</i>
<b><i>Pinus</i></b>	1,44 bA	0,84 bB	<i>1,14</i>	1,98 bA	1,26 bA	<i>1,62</i>
<b><i>Pastagem</i></b>	0,91 cA	0,78 bB	<i>0,84</i>	1,40 cA	1,24 bB	<i>1,32</i>
<b><i>Semeadura direta</i></b>	0,59 dA	0,50 cA	<i>0,54</i>	0,98 dA	0,79 aB	<i>0,88</i>
<b><i>Média</i></b>	1,23	0,90		1,69	1,33	

Fonte: WENDLING, 2012

Em relação à agregação do solo, os autores identificaram que neste experimento a agregação seguiu a ordem decrescente: cerrado > pinus > pastagem > semeadura direta (Tabela 3). Na área de cerrado os maiores valores de Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) na profundidade de 0,00-0,10 m (Tabela 3) foram encontrados, mostrando que em áreas pouco revolvidas como no cerrado, o tamanho dos agregados é maior.

Além disso, os autores perceberam redução nos valores de DMG da camada de 0,04-0,10 m para a de 0,10-0,25 m do solo, à medida que aumentava a profundidade do solo. No cerrado, o DMG foi em média 2,8 vezes maior, e o DMP foi em média 2,09 vezes maior do que nas áreas cultivadas (semeadura direta e pastagem) na profundidade de 0-0,10 m. Na profundidade de 0,10-0,20 m, o cerrado apresentou ainda os maiores valores, sendo o DMG em média 1,93 vezes maior e o DMP 1,63 vezes maior do que nas áreas de semeadura direta e pastagem.

A diferença de diâmetro de agregados nas áreas de menor revolvimento, uso de maquinário e pisoteio animal, com as áreas que não apresentam esse uso, pode indicar que esses fatores influenciam a qualidade do solo em relação ao indicador. Em comparação, os valores de estabilidade de agregados mostram que a mata nativa (cerrado) e em seguida a plantação de pinus apresentam melhores valores do que os encontrados nas áreas de pastagem e semeadura direta.

Os dados de Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) e a percentagem de agregados estáveis (AGRI) do primeiro experimento estão expostos na tabela 4.

**Tabela 4.** Índice de estabilidade de agregados (IEA) e percentagem de agregados estáveis maiores que 2,00 mm (AGRI) em áreas com diferentes sistemas de uso e manejo do solo na Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia-MG.

<i>Tratamento</i>	<b>IEA</b>			<b>AGRI</b>		
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	<i>Média</i>	0-0,10 m	0,10-0,20 m	<i>Média</i>
<b><i>Cerrado</i></b>	96	93	94 a	72 aA	54 aB	63
<b><i>Pinus</i></b>	92	85	88 ab	52 bA	21 bA	37
<b><i>Pastagem</i></b>	85	80	83 b	29 cA	23 bB	26
<b><i>Semeadura direta</i></b>	73	69	71 c	15 dA	9 cB	12
<b><i>Média</i></b>	86 A	82 B		42	27	

Fonte: WENDLING, 2012

Em relação ao Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) e a percentagem de agregados estáveis (AGRI), os autores observaram que o Cerrado e o Pinus, na profundidade de 0-0,10 m foram os que apresentaram os maiores valores. A semeadura direta na profundidade entre 0,10-0,20 m foi a área que apresentou os menores valores, em média 1,32 vezes menor do que a área de cerrado para IEA e 5,25 vezes menor para AGRI (Tabela 4).

Os agregados no solo são responsáveis por formar uma boa estrutura no solo, promovendo uma melhor circulação de ar, maiores espaços porosos, infiltração de água e desenvolvimento das raízes. Além disso, proporciona maior resistência a grandes alterações quando submetidos a forças externas, como pisoteio de animais e uso de maquinário agrícola. Solos com agregados estáveis também apresentam maior resistência a perdas por erosão, porém podem sofrer alterações de acordo com a manejo aplicado.

O Cerrado e a plantação de Pinus foram os usos do solo que apresentaram melhores valores de estabilidade de agregados o que pode ser consequência de um solo bem estruturado, enquanto a Semeadura direta e a Pastagem apresentaram valores inferiores, provavelmente como resultado de um solo mais compactado pelo pisoteio animal e operações mecanizadas.

Dessa forma, o primeiro trabalho conclui que áreas de menor revolvimento, maior integridade natural e menor interferência antrópica apresentam melhores valores de atributos físicos e, conseqüentemente, maior qualidade do solo baseado nas características analisadas no estudo.

## 6.2 Dados do segundo experimento

Os valores de textura do solo do segundo experimento estão expostos na tabela 5, especificado para cada área de análise:

**Tabela 5.** Análise granulométrica e classe textural das diferentes áreas selecionadas para o estudo

<b>Tratamento</b>	<b>Areia (g/kg)</b>	<b>Silte (g/kg)</b>	<b>Argila (g/kg)</b>	<b>Classe textural</b>
<b>Cerrado nativo</b>	758,11	37,22	212,22	Franco Argiloso Arenoso
<b>Braquiária</b>	726,67	32,67	242,67	Franco Argiloso Arenoso
<b>Mombaça</b>	349,78	46,00	613,89	Argiloso
<b>Tanzânia</b>	273,11	86,56	641,67	Argiloso
<b>Tifton</b>	692,00	21,56	289,11	Franco Argiloso Arenoso
<b>Milho</b>	621,89	39,56	318,78	Franco Argiloso Arenoso
<b>Cana-de-açúcar</b>	741,78	43,00	215,56	Franco Argiloso Arenoso

Fonte: SANTOS, 2012

Em relação aos valores de textura a partir da análise granulométrica, os autores identificaram que os solos são em grande parte franco argiloso arenoso, em exceção as áreas de Mombaça e Tanzânia, que apresentam um solo argiloso. Considerando que a quantidade de argila no solo define a qualidade produtiva que o solo apresenta, os solos mais argilosos são considerados de maior qualidade, tornando Mombaça e Tanzânia solos melhores em relação a esse indicador.

Na tabela 5, encontramos os valores determinados, no terceiro experimento, de argila dispersa em água (ADA) e Grau de floculação (GF).

**Tabela 6.** Argila dispersa em água (ADA) e Grau de floculação (GF) do Latossolo Vermelho distrófico típico sob diferentes usos do solo

<b>Tratamento</b>	<b>ADA (g/kg)</b>			<b>GF (%)</b>
	<i>0-0,20 m</i>	<i>0,20-0,40 m</i>	<i>0,40-0,60 m</i>	
<b>Cerrado nativo</b>	11,59 bA	15,55 cA	17,21 bcA	93 bc
<b>Braquiária</b>	17,61 bB	22,24 bcAB	25,71 bA	91 c
<b>Mombaça</b>	37,55 aB	44,59 aA	32,17 bB	94 b
<b>Tanzânia</b>	11,39 bB	15,13 cAB	18,09 cA	98 a
<b>Tifton</b>	12,15 bB	19,64 cA	16,39 bcAB	95 b
<b>Milho</b>	18,45 bB	29,29 bA	28,35 bA	82 cd
<b>Cana-de-açúcar</b>	38,76 aB	47,45 aA	47,11 aA	79 d

Fonte: SANTOS, 2012

Em relação a Argila dispersa em água (ADA) os autores verificaram que houve interação significativa entre os locais e as camadas de coletas para o teor de argila dispersa em água (Tabela 6). Na camada 0-0,20 m, observa-se que as áreas de cana de açúcar e de mombaça apresentaram maiores valores de argila dispersa em água, com valores de 44,59 g/kg e 47,45 g/kg, respectivamente. Com relação à área de Mombaça esse maior valor de ADA encontrado pode estar relacionado com o a constituição de maior teor de argila total encontrado na textura do solo (Tabela 5).

Entretanto, identificaram que a área de cana apresenta um dos menores valores de argila total e, mesmo assim, apresentou o maior valor para a ADA, resultado observado também para as camadas 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Considerando que os valores de ADA são uma consequência da diminuição da floculação da argila, sendo esta floculação o primeiro passo para formação e estabilização dos agregados do solo. O comportamento da ADA para a cana de açúcar evidencia que a transformação de um ambiente natural de cerrado para a introdução da cultura implantada após intenso revolvimento do solo, pode contribuir para a perda de qualidade do solo.

Além disso, para a cana de açúcar, a exigência de preparo intensivo do solo, a retirada periódica de toda parte aérea para produção de silagem, bem como, o tráfego de máquinas podem contribuir para a com menor estabilidade dos agregados e a maior dispersão das argilas. A área com o pasto de Mombaça, possui textura argilosa (Tabela 5), mesmo recebendo nos últimos dois anos dejetos de suínos, apresentou, os maiores valores de ADA. Enquanto a área com o pasto capim Tanzânia com a mesma textura e manejo do Mombaça, no momento da coleta apresentava mais de 30 dias de diferimento. Os valores apresentados para esse tratamento foram muito próximos dos encontrados no solo sob Cerrado preservado, evidenciando que o tipo de manejo apresenta muito influencia na conservação ou degradação do solo (Tabela 6).

O cerrado natural, segundo os autores, encontra-se na forma mais próxima do ideal para a sustentabilidade do solo porque além da estabilidade da matéria, a total ausência da interferência antrópica favorece uma agregação estável. O preparo do solo, com o revolvimento por grade de aração, tem muita influência na dispersão da argila. Assim, é possível observar na Tabela 6 que na profundidade de 0,20 m do solo, os teores de ADA identificado pelos autores foram menores, em média 18,45 contra 28,82, nas outras profundidades, na área com a cultura do milho e 38,76 para 47,28 na área cultivada com cana de açúcar.

Os autores consideram que em solos adubados com dejetos a argila em profundidade no perfil está mais propensa à dispersão na água do que aquela que está no interior dos agregados.

Em relação aos valores de diâmetro médio geométrico determinados no experimento 3 estão dispostos na tabela 7, abaixo.

**Tabela 7.** Diâmetro Médio Geométrico (DMG) do Latossolo Vermelho distrófico típico sob diferentes usos do solo

<i>Tratamento</i>	<b>DMG (mm)</b>			<b>Média</b>
	<i>0-0,20 m</i>	<i>0,20-0,40 m</i>	<i>0,40-0,60 m</i>	
<i>Cerrado nativo</i>	1,39	1,14	1,26	1,26 a
<i>Braquiária</i>	0,69	0,48	0,58	0,58 de
<i>Mombaça</i>	0,9	0,79	0,76	0,82 bc
<i>Tanzânia</i>	1,29	0,95	0,76	1,00 b
<i>Tifton</i>	0,48	0,35	0,33	0,39 e
<i>Milho</i>	0,93	0,67	0,64	0,75 cd
<i>Cana-de-açúcar</i>	0,62	0,33	0,35	0,43 e
<i>Média</i>	0,90 A	0,67 B	0,67 B	

Fonte: SANTOS, 2012

As práticas de manejo influenciam diretamente o tamanho, a distribuição e a estabilidade dos agregados do solo. Em relação ao Diâmetro Médio Geométrico (DMG), os autores observaram os maiores valores na área de cerrado nativo, média de 1,26 mm, entre os sistemas de uso e manejo estudados. Essa realidade se dá pois o diâmetro médio dos agregados é menor quando há maior intensidade de revolvimento do solo provocado pelo sistema de cultivo.

Contudo, este atributo físico é também muito influenciado pela textura do solo, sendo que em solos arenosos os valores do DMG são geralmente menores, enquanto em solos argilosos maiores, em situações onde os teores de MOS são equivalentes. Assim, as áreas que apresentam textura argilosa do experimento houve semelhança no comportamento do DMG, visto que a argila presente no solo pode influenciar.

Nesta pesquisa os autores também verificaram que nas áreas utilizadas com o capim Mombaça e o Tanzânia com os solos pertencentes a classe textural argilosa os valores de DMG são significativamente menores do que os valores encontrados no Cerrado natural. A diferença pode ser resultante de uma melhor estruturação do solo que não sofre pisoteio animal ou influência do maquinário agrícola, em comparação com outros usos.

Os menores valores de DMG encontrados no estudo foram na plantação de Cana-de-açúcar, Tifton e Braquiária, com valores médios respectivos de 0,43 mm, 0,39 mm, 0,58 mm. O resultado pode ser uma consequência do revolvimento e uso de operações mecanizadas.

Assim, o segundo estudo analisado conclui que áreas de maior integridade, no cerrado natural, apresentam melhores características físicas e, conseqüentemente, maior qualidade do solo. Avalia que um manejo adequado influencia na conservação dos atributos físicos baseado nas características analisadas no estudo, enquanto um mau uso do solo influencia negativamente seus atributos.

### 6.3 Dados do terceiro experimento

Os dados de análise textural do terceiro experimento estão expostos na tabela 8, além da classe textural de cada área.

**Tabela 8.** Análise granulométrica e classe textural das diferentes áreas selecionadas para o estudo

<b>Tratamento</b>	<b>Profundidade</b> (m)	<b>Areia</b> (g/kg)	<b>Silte</b> (g/kg)	<b>Argila (g/kg)</b>	<b>Classe textural</b>
<b>Cerrado</b>	0-0,15	757	39	204	Franco Argiloso Arenoso
<b>Cerrado</b>	0,15-0,30	752	27	221	Franco Argiloso Arenoso
<b>Cerrado</b>	0,30-0,60	701	56	243	Franco Argiloso Arenoso
<b>Agric + P15</b>	0-0,15	825	50	125	Areia Franca
<b>Agric + P15</b>	0,15-0,30	774	32	194	Franco Arenoso
<b>Agric + P15</b>	0,30-0,60	787	40	173	Franco Arenoso
<b>P30</b>	0-0,15	834	54	112	Areia Franca
<b>P30</b>	0,15-0,30	787	35	178	Franco Arenoso
<b>P30</b>	0,30-0,60	774	24	202	Franco Arenoso

Fonte: RESENDE, 2015

A textura do solo é uma das propriedades mais estáveis, sofrendo baixas variações com o passar dos anos. No entanto, os autores identificaram que a quantidade de areia, silte e argila variaram de acordo com o uso e/ou ocupação estabelecida, inclusive nas profundidades em que o solo foi coletado (Tabela 8). Essas variações podem acontecer em função da ação erosiva geológica e antrópica já que a classe textural e a estrutura granular pequena facilitam o processo, mesmo em relevo pouco movimentado.

Em relação a textura do solo, os autores identificaram que os solos sob sistemas agropecuários (Agric+P15 e P30) apresentaram relativamente mais arenosos do que o solo sob Cerrado. Em Agric+P15, o teor médio de areia nessa mesma profundidade foi de 82,5%; e em P30 de 83,4% (Tabela 8), enquanto para o Cerrado, o teor médio de areia na profundidade de 0-0,15 m foi de 75,7%. Essa diminuição da argila no solo de plantação em relação a mata nativa pode ser consequência de processos erosivos sofridos pelo uso revolvido.

Segundo os autores a conversão do cerrado para um uso antropizado, com mecanização para o preparo do solo em sua fase inicial, além da prática da calagem e adubação favorecem a redução na estabilidade dos agregados. Essa alteração seria devido a movimentação de argila (ADA) tanto verticalmente quanto horizontalmente por escoamento superficial. Desse modo, os autores concluem que o solo antropizado com sistemas cultivos resulta em diminuição dos teores de argila na superfície e conseqüentemente na capacidade de acúmulo de carbono.

A tabela 9 apresenta os valores do terceiro experimento de porosidade total, Macroporosidade e Microporosidade para todos os tratamentos estudados.

**Tabela 9.** Porosidade total (Pt), Macroporosidade (Ma) e Microporosidade (Mi) de um Latossolo sob diferentes usos do solo

Tratamento	Pt (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )				Ma (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )				Mi (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )			
	0-0,15 m	0,15- 0,30 m	0,30- 0,60 m	Média	0-0,15 m	0,15- 0,30 m	0,30- 0,60 m	Média	0- 0,15 m	0,15- 0,30 m	0,30- 0,60 m	Média
<b>Cerrado nativo</b>	0,42 aA	0,37 aB	0,37 aB	<b>0,42 a</b>	0,27 aA	0,23 aA	0,25 aA	<b>0,25 a</b>	0,15 aA	0,14 aA	0,12 aA	<b>0,14 a</b>
<b>Agric + P15</b>	0,38 abA	0,34 aA	0,36 aA	<b>0,38 a</b>	0,29 aA	0,25 aA	0,28 aA	<b>0,27 a</b>	0,10 aA	0,09 aA	0,08 aA	<b>0,09 b</b>
<b>P30</b>	0,37 bA	0,35 aA	0,37 aA	<b>0,37 a</b>	0,27 aA	0,26 aA	0,26 aA	<b>0,26 a</b>	0,10 aA	0,09 aA	0,11 aA	<b>0,10 b</b>
<b>Média</b>	0,39 A	0,35 B	0,37 AB		0,28 A	0,25 A	0,26 A		0,12 A	0,11 A	0,10 A	
<b>CV (%)</b>		7,5 (A)		6,1 (a)		12,6 (A)		13,4 (a)		32,9 (A)		19,8 (a)

Fonte: RESENDE, 2015

Em relação a Porosidade total (Pt) os autores constataram que somente na área sob Cerrado natural (CN) existe diferença estatisticamente significativa entre as três profundidades analisadas, sendo 0,42 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> na profundidade de 0-15 cm e 0,37 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> nas demais profundidades. Para as demais áreas, os valores encontrados não diferem entre si até a profundidade estudada. Os valores de Pt na profundidade de 0-15cm, permite afirmar que os valores encontrados em área sob Cerrado natural diferem daqueles encontrados nas demais áreas, mostrando uma condição de melhor qualidade em relação aos outros, apesar da proximidade com a Agric + P15.

Em relação a Macroporosidade, os autores não identificaram diferenças significativas entre os valores encontrados. Porém, em relação à Microporosidade, há uma diminuição no volume de microporos nas áreas cultivadas, Agric+P15 e P30, com valores de 0,09 e 0,10 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Em relação ao CN, temos o valor médio de microporosidade de 0,14 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> (Tabela 8) maior do que os outros solos estudados. Essa variação pode ser consequência da migração vertical de argila uma vez que este parâmetro é fortemente influenciado pela textura do solo.

Além disso, foram encontrados na área de CN valores mais elevados de porosidade total média, sendo de 0,42 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>. Enquanto, os sistemas agropecuários apresentaram valores médios menores para as áreas de Agric+P15 e P30 (Tabela 08) de 0,38 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> e 0,37 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Segundo os autores, a diferença pode ser atribuída ao não revolvimento do solo no CN e ao incremento nos teores de argilas nos sistemas antropizados, aliado à ausência de rotação de culturas e sistema radicular mais profundo, comum do Cerrado.

De forma geral, porém, em todos os tratamentos, foram encontrados bons valores de porosidade total, considerando bons valores próximos à 40%. Entretanto, deve-se ter o cuidado ao manejar o uso do solo, principalmente em áreas com intenso pisoteio animal e/ou elevado tráfego de máquinas, pois tendem a aumentar a densidade, favorecendo a sua degradação. Além disso, as práticas de manejo refletem na forma e frequência dos poros, em razão do estresse imposto, da mudança da população de microrganismos e da redução do sequestro de carbono pelos solos.

Na tabela 10, os dados de densidade do solo (Ds) para o terceiro experimento foram expostos para todos os tratamentos estudados.

**Tabela 10.** Densidade (Ds) de um latossolo para sob diferentes usos do solo

<i>Tratamento</i>	<b>Ds (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<i>Cerrado</i>	1,51 a
<i>Agric + P15</i>	1,59ab
<i>P30</i>	1,61b
<i>CV (%)</i>	5,1

Fonte: RESENDE, 2015

Em relação a Densidade do solo (Ds) os autores identificaram que houve uma variação significativa em relação ao manejo e/ou adubação sobre essa propriedade. O maior valor de densidade foi encontrado no tratamento P30, seguido do Agric+P15, com valores de 1,61 g/cm<sup>3</sup> e 1,59 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Os valores são justificados pelos autores pelo uso antrópico, que devido ao manejo inadequado aumentou a compactação do solo, especialmente na pastagem que apresentou o maior valor de Ds (Tabela 10). Enquanto, o menor valor de Ds foi encontrado em solo sob vegetação nativa de Cerrado, que pode ser consequência de um solo melhor estruturado e de menor compactação em relação as outras áreas de estudo.

Além disso, os autores acreditam que a densidade do solo aumenta com o aumento da profundidade no perfil, que é resultado, provavelmente, do menor teor de matéria orgânica, de uma menor agregação, de pouca quantidade de raízes nessa profundidade e da compactação causada pelo peso que a massa das camadas superiores realiza sobre ele.

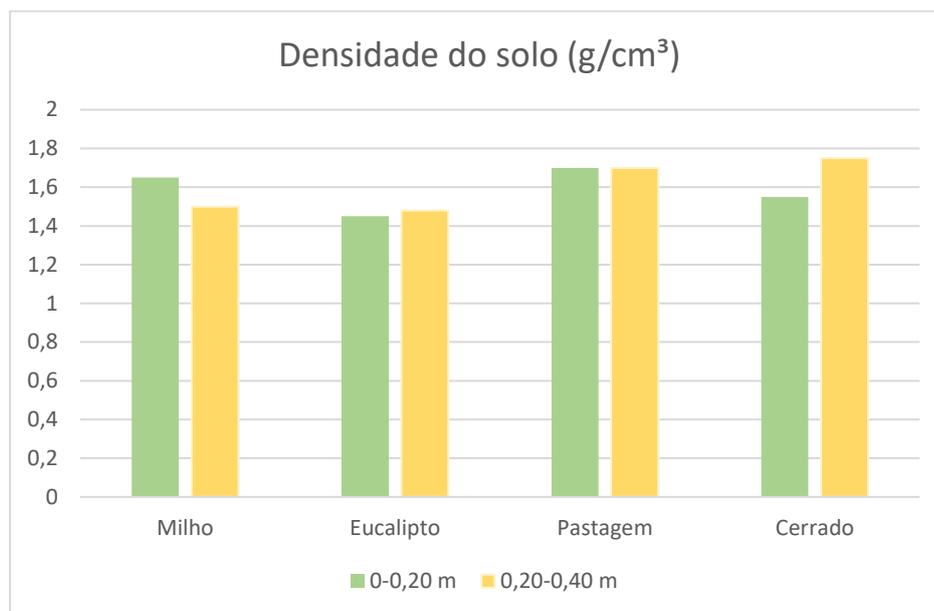
Assim, no solo sob pastagem há 30 anos (P30), verificou-se um elevado valor de densidade (1,61 g/cm<sup>3</sup>), evidenciando que se trata de um solo mais compactado se comparado às demais áreas, em função do longo tempo de pisoteio do gado e da falta de revolvimento do solo. (Tabela 10). Outros fatores que contribuiriam para o aumento dos valores de densidade nos solos sob sistemas agropecuários são o solo arenoso e pouco estruturado e a retirada da vegetação nativa.

Dessa forma, o terceiro experimento avaliado conclui que o manejo e uso inadequado do solo afetam sua qualidade. Os valores dos atributos físicos avaliados no experimento comprovam que há mudanças nas características do solo decorrentes da compactação, escoamento vertical com erosão, entre outros efeitos prejudiciais a qualidade do solo.

#### 6.4 Dados do quarto experimento

Os valores de Densidade do solo (Ds) do quarto experimento foram expostos na figura 3, para os diferentes tipos de uso do solo.

*Figura 3: Densidade do solo em áreas de diferente uso e camada de solo.*



Fonte: MARTINS, 2015

Em relação a Densidade do solo (Ds), os autores constataram que houve variação significativa entre usos e diferentes profundidades. Na profundidade de 0-0,20 m não houve diferença significativa do atributo físico nos diferentes sistemas de uso estudados, porém nas áreas de milho e pastagem os valores de Ds foram, respectivamente, 6,7% e 6,3% maiores em comparação com os outros usos, apresentando uma densidade média de 1,5 g/cm<sup>3</sup> (Figura 3).

Além disso, a densidade do solo nas áreas de milho e eucalipto foi menor que nas áreas de pastagem e cerrado, embora as médias não tenham diferido significativamente. Em relação aos usos, não se observou diferença entre as profundidades para as áreas de milho, eucalipto e pastagem (Figura 3). No entanto, o cerrado apresentou uma Ds maior na camada mais profunda, que pode ser resultado da queda de folhas e galhos, normalmente observada no período seco do ano para as regiões do cerrado que alimentam a camada superior do solo de matéria orgânica.

A densidade do solo é uma propriedade usada para indicar o nível de compactação presente no solo e pode indicar alterações na estrutura e porosidade. Um valor superior de Ds pode ser um resultado do efeito que operações mecânicas e pisoteio animal causaram sobre a

agregação do solo. Os valores mais altos na área de pastagem em comparação com as outras do estudo podem estar relacionados a essas alterações na qualidade do solo, como a compactação.

Na tabela 11, são expostos os valores de Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi) e Porosidade total (Pt) para o quarto experimento, em áreas com diferentes sistemas de uso.

**Tabela 11.** Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi) E Porosidade Total (Pt) em áreas com diferentes sistemas de uso do solo

Tratamento	Ma (g/cm <sup>3</sup> )	Mi (g/cm <sup>3</sup> )	Pt (g/cm <sup>3</sup> )
Cerrado	0,187 A	0,28 A	0,45 A
Eucalipto	0,187 A	0,28 A	0,45 A
Pastagem	0,112 B	0,30 A	0,41 A
Milho	0,075 B	0,30 A	0,41 A
Cv (%)	37,71	10,4	11,0

Fonte: MARTINS, 2015

Em relação macroporosidade (Ma), os autores não identificaram variação significativa entre profundidades, entretanto houve diferença entre os diferentes usos. A Macroporosidade foi maior nas áreas de cerrado e eucalipto, 0,187 g/cm<sup>3</sup>, em ambos os tratamentos. Os autores acreditam que essa relação pode ser uma consequência do número de raízes de árvores presentes nesses sistemas e, também, devido à atividade de organismos do solo.

A atividade biológica permite a formação de pequenos espaços e galerias que contribuem para o aumento no número de macroporos nesse ambiente. A área de eucalipto apresenta resultado parecido à do cerrado, que é justificado pelos autores pelo tempo de 30 anos de não interferência antrópica na área. Em relação a microporosidade (Mi) os autores não constataram diferença entre os usos, e a porosidade total também não teve resultado significativo entre os usos, porém a maior média de Pt ocorreu nas áreas de cerrado e eucalipto, com o valor de 0,45 g/cm<sup>3</sup>, em ambos os tratamentos (Tabela 11).

Nas áreas cultivadas com milho e pastagem, observaram uma diferença significativa na quantidade de microporosidade em relação a macroporosidade, com os valores de 0,075 g/cm<sup>3</sup> de macroporos e 0,30 g/cm<sup>3</sup> de microporos para o milho e 0,112 g/cm<sup>3</sup> de macroporos e 0,30 g/cm<sup>3</sup> de microporos para a pastagem. Segundo os autores a elevada microporosidade do solo nas áreas com pastagem e milho demonstra que o tipo de manejo empregado, tanto no sistema antecipado por pastagem, com pisoteio dos animais, como no sistema de trânsito de maquinário para plantio e colheita do milho, podem levar à compactação do solo.

Os autores constataram que todos os usos avaliados, nas duas profundidades, apresentaram volume de macroporos, entre 0,07 e 0,18 dm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>, abaixo do ideal (0,33 dm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>). O valor encontrado limita o desenvolvimento radicular devido à taxa de difusão de gases no solo e à dificuldade de drenagem do excesso de água das chuvas. Além disso, os autores observaram que mesmo em condições de rotação de cultura, o pisoteio animal tende a promover um desarranjo

maior na estabilidade dos agregados, favorecendo a individualização das partículas do solo, com o comprometimento da porosidade e diminuição da infiltração e redistribuição de água no solo, acarretando aumento na densidade e reflexos negativos na produção agrícola.

Assim, o quarto experimento concluiu que o uso inadequado do solo afeta os seus atributos físicos e conseqüentemente a sua qualidade. Enquanto que, em solo onde há uma menor interação antrópica são encontrados valores mais próximos dos considerados ótimos para os atributos do solo.

## **7. Considerações finais**

Considerando a análise dos atributos físicos do solo em diferentes usos e manejos, para os quatro experimentos escolhidos, todos os autores consideram que um mau uso e um manejo inadequado do solo afetam negativamente a qualidade do solo estudado.

Na análise do primeiro experimento (Wendling, 2012) a densidade do solo é aumentada em tratamentos como plantio direto, em comparação com o cerrado, pastagem e floresta de pinus, levando a diminuição da porosidade total do solo. Enquanto a agregação do solo é maior na mata nativa e na floresta de pinus, em comparação com o resultado obtido na pastagem e no plantio direto. A floresta de pinus, todavia, reduz a resistência à penetração do solo. Além disso, a presença de menor porosidade e maior densidade favorece a degradação do solo, já que diminui a quantidade de água disponível para o desenvolvimento das plantas.

Na análise do segundo experimento (Santos, 2012), o cerrado nativo apresentou o maior diâmetro médio geométrico dos agregados do solo, comprovando a melhor agregação em solos sem interação antrópica. A transformação de um ambiente natural de cerrado para a introdução da cultura implantada após intenso revolvimento do solo, pode contribuir para a perda de qualidade do solo. O manejo do solo com o revolvimento por grade de aração tem muita influência na dispersão da argila. Além disso, o teor de matéria orgânica no solo está relacionado a quantidade de argila total e ao manejo aplicado, sendo que manejos inadequados interferem nos valores dos atributos físicos encontrados.

Na análise do terceiro experimento (Resende, 2015) evidenciou-se que a conversão da vegetação nativa de Cerrado em sistemas cultivados promove modificações nos atributos físicos e nos teores de matéria orgânica. Os valores de porosidade total diminuiram e a densidade do solo aumentou com a conversão para sistemas agropecuários, quando comparados aos valores determinados para solos sob vegetação nativa. Além disso, a densidade do solo aumenta com o aumento da profundidade, provavelmente, devido ao menor teor de matéria orgânica, menor agregação, pouca quantidade de raízes e da compactação causada pelo peso das camadas superiores.

Na análise do quarto experimento (Martins, 2015) a porosidade do solo nas áreas com pastagem e milho demonstra que o tipo de manejo empregado pode levar à compactação do solo. Esses resultados foram vistos tanto no sistema antecedido por pastagem, com o pisoteio dos animais, como no sistema de trânsito de maquinário para plantio e colheita do milho. Mesmo em condições de rotação de cultura, esse uso tende a promover um desarranjo maior na estabilidade dos agregados, uma menor porosidade e, conseqüentemente, menor infiltração de água no solo. Assim, a densidade do solo é maior na camada superficial nas áreas ocupadas por pastagem e milho, trazendo prejuízos a produção agrícola.

Avaliados os quatro trabalhos, o estudo de caso comprova o pressuposto de que a má utilização do recurso solo, seja com manejo inadequado ou descaso, resulta em uma perda das qualidades do solo. Assim, as evidências corroboram a hipótese de que a qualidade do solo baseada em atributos físicos é alterada de acordo com seu uso, ressaltando a necessidade de um bom manejo do solo nos sistemas de plantação, pastagem e recuperação e confirmando que há benefícios no uso sustentável.

## Referências

RESENDE, Thalita Mendes; ROSOLEN, Vania. Degradação do solo pela conversão do cerrado em pastagem natural na bacia do ribeirão Bom Jardim (Triângulo Mineiro/MG. *Ateliê Geográfico*, v. 5, n. 1, p. 118-134, 2011.

WENDLING, Beno et al. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Bioscience Journal*, v. 28, n. 1, 2012.

DE SOUZA, Joabe Martins. Propriedades físicas do solo de áreas cultivadas com pastagem e eucalipto convertidas de área da floresta atlântica. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 15, n. 4, p. 487-492, 2016.

BALIN, Nilson Marcos et al. Frações da matéria orgânica, índice de manejo do carbono e atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. *Scientia agraria*, v. 18, n. 3, p. 85-94, 2017.

RIBON, Adriana Aparecida et al. Alterações na estabilidade de agregados de latossolo e argissolo em função do manejo, na entrelinha da seringueira (*Hevea brasiliensis*). *Revista Árvore*, v. 38, n. 6, p. 1065-1071, 2014.

MARTINS, Fernanda Pereira et al. Correlação do COT e porosidade em Latossolo com diferentes usos e manejos na região de Uberaba, MG. *Revista Agrogeoambiental*, v. 7, n. 2, 2014.

CARVALHO, Marco A. de et al. Composição granulométrica, densidade e porosidade de agregados de Latossolo Vermelho sob duas coberturas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 10, p. 1010-1016, 2014.

BERTOL, Ildegardis et al. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Scientia Agrícola*, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, AP da. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. Propriedades físicas do solo. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BUENO, Benedito de Souza; VILAR, Orêncio Monje. Mecânica dos solos. Oficinas Gráficas da Imprensa Universitária-UFV, 1980.

FERREIRA, Rogério Resende Martins; TAVARES FILHO, João; FERREIRA, Vinicius Martins. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

TORMENA, Cássio Antonio et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

KARLEN, Douglas L. et al. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

USDA, NRCS. Soil quality indicators. 2008.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, Birl; GROSSMAN, Bob. Physical tests for monitoring soil quality. *Methods for assessing soil quality*, v. 49, p. 123-141, 1997.

DE ARAÚJO, Edson Alves et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Applied Research & Agrotechnology*, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

MARTINS, Gilberto Andrade. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. *Revista de Contabilidade e Organizações*, v. 2, n. 2, p. 8-18, 2008.

YIN, Robert K. Estudo de Caso-: Planejamento e métodos. Bookman editora, 2015.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. *Revista SoCERJ*, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. trad. Daniel Grassi, v. 3, 2005.

LOSS, Arcângelo et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

PEZARICO, C.R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M. et al. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. *Revista de Ciências Agrárias*, 56 : 40 -47, 2013.

SPERA, Silvio Tulio et al. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

CAMARGO, Flavio Anastacio de Oliveira; GIANELLO, Clesio; VIDOR, Caio. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. *Revista brasileira de ciência do solo*. Campinas. Vol. 21, n. 4 (out./dez. 1997), p. 575-579, 1997.

SOUZA, Edicarlos Damacena; CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone; PAULINO, Helder Barbosa. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 11, p. 1135-1139, 2005.

FONSECA, Graziella Carvalho et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob duas rotações de cultura. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, p. 22-30, 2007.

CORSINI, Paulo César; FERRAUDO, Antonio Sergio. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 2, p. 289-298, 1999.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*, v.1, p.277-294. 1985.

BENGHOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. *Journal of Soil Science*, v.41, p.341-358, 1990.

BERGAMIN, Anderson Cristian et al. Compactação em um Latossolo Vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 3, p. 681-691, 2010.

PORTUGAL, Arley Figueiredo et al. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na zona da mata mineira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 249-258, 2008.

BASTOS, R. S.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ, V. H.; CORRÊA, M. M.; COSTA, L. M. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.1, p.21-31, 2005.

FONTENELE, W. Indicadores físicos e hídricos da qualidade de um latossolo amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado do Piauí. 2006. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. *Semina*, v.31, n.4, p.913-932, 2010.

LLANILO, R. F.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. *Semina*, v.27, n.2, p.205-220, 2006.

ROSA, R., LIMA, S. C.; ASSUNÇÃO, W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia-MG. *Sociedade & Natureza*, v. 3, n. 5 e 6, p. 91-108, 1991.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; MARTINS, E. S. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. D; RIBEIRO, J. F. (Eds.), *Cerrado–Ecologia e Flora*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p.107-133, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2 ed. Rio de Janeiro: 2006.

ZALAMENA, J. Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do Planalto-RS, 2008. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

RESENDE, Thalita Mendes et al. Atributos físicos e carbono orgânico em solo sob cerrado convertido para pastagem e sistema misto. *Sociedade & Natureza*, v. 27, n. 3, p. 501-513, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Limites municipais*. IBGE, 2020.