

**ELISABETH EMILIA RIBEIRO TEIXEIRA**

**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS  
DO SOLO SOB AGROECOSSISTEMAS NA  
AMAZÔNIA MERIDIONAL**

**Dissertação de Mestrado**

**ALTA FLORESTA-MT**

**2018**

	ELISABETH EMILIA RIBEIRO TEIXEIRA	Diss. MESTRADO	PPG Bioagro 2018



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS  
AMAZÔNICOS**



**ELISABETH EMILIA RIBEIRO TEIXEIRA**

**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS  
DO SOLO SOB AGROECOSSISTEMAS NA  
AMAZÔNIA MERIDIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Marco A. Camillo de Carvalho

**ALTA FLORESTA-MT**

**2018**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

#### Catálogo na publicação

Catálogo na fonte: Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

T266a	TEIXEIRA, Elisabeth Emilia Ribeiro. Atributos Físicos, Químicos e Biológicos do Solo Sob Agroecossistemas na Amazônia Meridional / Elisabeth Emilia Ribeiro Teixeira – Alta Floresta, 2018. 58 f.; 30 cm.(ilustrações) Il. color. (sim)  Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Câmpus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018. Orientador: Marco Antonio Camillo de Carvalho  1. Matéria Orgânica. 2. Diferentes Usos. 3. Indicadores Biológicos. I. Elisabeth Emilia Ribeiro Teixeira. II. Atributos Físicos, Químicos e Biológicos do Solo Sob Agroecossistemas na Amazônia Meridional: .  CDU 631.11
-------	--

# **ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB AGROECOSSISTEMAS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

**Elisabeth Emilia Ribeiro Teixeira**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovada em: 21/03/2018

---

Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho  
Orientador – UNEMAT / PPGBioAgro

---

Prof. Dr. Gustavo Caione  
UNEMAT / PPGBioAgro

---

Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso  
UNESP / FEIS

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu esposo, Rudi Olivastro Teixeira e a nossa filha Raquel Elis Ribeiro Teixeira, pelo companheirismo, dedicação e por serem minha maior fonte de inspiração.

Minha eterna gratidão.

## AGRADECIMENTOS

À Deus e a Nossa Senhora Aparecida por terem tornado essa conquista possível, além de terem me protegido e me abençoado imensamente em todas as etapas do mestrado, sem Eles esse sonho não se tornaria realidade.

À minha família, especialmente aos meus pais, Neusa Maria Engroff Ribeiro e Domingos Ribeiro, e meu irmão Domingos Felipe Ribeiro, que sempre me motivaram a buscar e alcançar meus objetivos profissionais, me incentivando e me apoiando em todos os momentos.

À Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT) e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos (PPGBioAgro), pela formação proporcionada.

À FAPEMAT, pelo auxílio financeiro fornecido através da bolsa de estudo.

Ao meu orientador e professor Marco Antonio Camillo de Carvalho, pelo aprendizado e principalmente, pela dedicação a essa pesquisa. Ser sua orientada foi uma honra.

Ao técnico Guilherme Ferreira Ferbonink e demais professores e bolsistas do Laboratório de Análise de Solos, Adubos e Foliar (LASAF) da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT) Campus Alta Floresta que colaboraram com a realização dessa pesquisa.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos (PPGBioAgro) da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT) Campus Alta Floresta, por proporcionar a troca de conhecimentos e transmitir de forma impecável os ensinamentos referentes aos conteúdos ministrados.

Ao professor Ostenildo Ribeiro Campos da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT) Campus Alta Floresta, por ter aceitado a minha participação através do Estágio de Docência em sua disciplina contribuindo com meu aprendizado.

Aos colegas de Mestrado da turma 2016, pelo companheirismo nesses dois anos de convivência, em especial a Juliana Pereira Santos por ser

minha parceira desde as disciplinas até a montagem e execução de experimentos. Enfrentamos momentos de descontração e outros de extrema dedicação aos estudos. Sem sombra de dúvidas, uma das melhores conquistas que terei dessa etapa será sua amizade para o resto da vida, obrigada por tudo.

Ao Sr. José Antônio da Silveira, que permitiu o uso da sua propriedade rural para a realização dessa pesquisa.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT .....	xiv
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	03
3. CAPÍTULO I.....	05
3.1. ATRIBUTOS FÍSICOS E ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO SOB DIFERENTES USOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL .....	05
Resumo.....	06
Abstract.....	06
Introdução .....	07
Material e Métodos.....	09
Resultados e Discussão .....	14
Conclusões.....	22
Referências Bibliográficas.....	23
3.2. ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES USOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL .....	27
Resumo.....	28
Abstract.....	28
Introdução .....	29
Material e Métodos.....	31
Resultados e Discussão .....	36
Conclusões.....	49
Referências Bibliográficas.....	50
4. CONCLUSÕES GERAIS .....	57

## LISTA DE TABELAS

TABELAS	Página
CAPÍTULO 1	
1. Histórico e descrição das áreas experimentais estudadas em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico.....	10
2. Valores de F, coeficientes de variação e médias para porosidade do solo (P <sub>tot</sub> ), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	14
3. Valores de F, coeficientes de variação e médias para areia, silte e argila de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	17
4. Valores de F, coeficientes de variação e médias para densidade do solo (DS) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	18
5. Valores de F, coeficientes de variação e médias para estoque de carbono do solo (ECS) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	20
CAPÍTULO 2	
1. Histórico e descrição das áreas experimentais estudadas em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico.....	32
2. Valores de F, coeficientes de variação e médias para potássio (K <sup>+</sup> ), alumínio (Al <sup>3+</sup> ), capacidade de troca catiônica (CTC) potencial e saturação por alumínio (m%) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	36
3. Valores de F, coeficientes de variação e médias para pH (CaCl <sub>2</sub> ) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	38
4. Valores de F, coeficientes de variação e médias para fósforo (P) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	39

5.	Valores de F, coeficientes de variação e médias para cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	40
6.	Valores de F, coeficientes de variação e médias para magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	41
7.	Valores de F, coeficientes de variação e médias para acidez potencial (H+Al) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	42
8.	Valores de F, coeficientes de variação e médias para matéria orgânica (MO) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	43
9.	Valores de F, coeficientes de variação e médias para soma de bases (SB) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	44
10.	Valores de F, coeficientes de variação e médias para saturação por bases (V%) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.....	45
11.	Valores de F, coeficiente de variação e médias do carbono da biomassa microbiana (CB), biomassa microbiana do solo (BMS), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (q) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos.....	47

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
CAPÍTULO 1	
1. Localização da área de estudo destacando as seis áreas de amostragem.....	09
CAPÍTULO 2	
1. Localização da área de estudo destacando as seis áreas de amostragem.....	31

## LISTA DE SIGLAS

**Al** - Alumínio

**BMS** - Biomassa microbiana do solo

**Ca** – Cálcio

**CaCl<sub>2</sub>** – Cloreto de cálcio

**CO** – Carbono orgânico

**COS** - Carbono orgânico do solo

**CTC** - Capacidade de troca catiônica

**DS** – Densidade do solo

**ECS** - Estoque de carbono no solo

**H** - Hidrogênio

**HCl** - Ácido clorídrico

**IQS** - Indicadores da qualidade do solo

**K** - Potássio

**KCl** – Cloreto de potássio

**LASAF** - Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar

**MAC** - Macroporosidade do solo

**Mg** – Magnésio

**MAP** - Mono-Amônio-Fosfato

**MIC** - Microporosidade do solo

**MO** – Matéria orgânica

**Na** - Sódio

**NaCl** - Cloreto de sódio

**P<sub>tot</sub>** - Porosidade total do solo

**PPGBioAgro** - Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos

**q** - Quociente metabólico

**RBS** - Respiração basal do solo

**UNEMAT** - Universidade do Estado do Mato Grosso

**%** - Porcentagem

## RESUMO GERAL

TEIXEIRA, Elisabeth Emilia Ribeiro. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Março de 2018. **Atributos físicos, químicos e biológicos do solo sob agroecossistemas na Amazônia Meridional.** Orientador: Marco Antonio Camillo de Carvalho.

Neste trabalho, foram avaliados os atributos físicos, químicos e biológicos nas áreas de floresta nativa, cana-de-açúcar, lavoura de arroz, pastagem degradada, pastagem recuperada e área de preservação permanente de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico na Amazônia Meridional em três profundidades. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. A partir dos resultados obtidos verificou-se que para os atributos físicos houveram modificações principalmente na camada superficial do solo, além de se mostrarem sensíveis para identificar alterações antrópicas ocorridas em relação à condição natural, bem como, com o estoque de carbono do solo. Para os atributos químicos foi possível constatar a perda de fertilidade conforme o aumento da profundidade e o efeito da calagem e adubação na melhoria da fertilidade do solo. Nos atributos biológicos, carbono da biomassa microbiana, biomassa microbiana do solo e respiração basal não houveram diferenças significativas entre as áreas de floresta nativa e pastagem degradada por apresentarem sistemas que proporcionam alta atividade microbiana e o quociente metabólico foi a única variável que não apresentou diferença significativa entre os sistemas de usos e manejos do solo.

**Palavras-chave:** Atributos do solo, sistemas de cultivo, qualidade do solo.

## ABSTRACT

TEIXEIRA, Elisabeth Emilia Ribeiro. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, March 2018. **Attributes physical, chemical and biological of the soil under agroecosystems in Southern Amazon.** Adviser: Marco Antonio Camillo de Carvalho.

In this study, we evaluated the physical, chemical and biological attributes in the areas of native forest, sugar cane, rice crops, degraded pasture, pasture recovered and permanent preservation area of a Red-Yellow Latosol in the Southern Amazon in three depths. The data obtained were submitted to analysis of variance and the averages were compared by the Scott-Knott test at 5% probability. From the results it was found that for the physical attributes were modifications mainly in the surface soil layer, in addition to show sensitive to identify anthropogenic alterations that have occurred in relation to the natural condition, as well as with the soil carbon stock. For the chemical attributes it was possible to confirm the loss of fertility as the increase of the depth and the effect of liming and fertilization in improving soil fertility. In the biological attributes, microbial biomass carbon, soil microbial biomass and basal respiration there were no significant differences between the areas of native forest and degraded pasture by presenting systems that deliver high microbial activity, and metabolic quotient was the only variable that showed no significant difference between the systems of soil uses and managements.

**Keywords:** Soil properties, cropping systems, soil quality.

## **INTRODUÇÃO GERAL**

O solo é primordial para a produção de alimentos, mas a forma como está sendo manejado, na maioria das situações, tem gerado modificações nos seus atributos físicos, químicos e biológicos. Tais modificações variam em função do seu uso e de fatores como temperatura, geografia, vegetação e ação animal (LAURINDO et al., 2009).

A procura pelo aumento na produção agropecuária é dependente dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, sendo o entendimento das interações entre os mesmos muito importante para as tomadas de decisões, já que atualmente há redução de produtividade principalmente nas atividades com menor intensificação. Há também, o alto índice de degradação proveniente do desmatamento florestal, e o uso inadequado de práticas agrícola subsequentes, o que tem impactado negativamente os recursos ambientais em áreas da Amazônia (DOMINGUES e BERMANN, 2012).

Dessa forma, a qualidade do solo tem se tornado um dos assuntos mais preocupantes nas últimas décadas, pois sua influência é impactante na produção. Segundo a definição de Vezzani e Mielniczuk (2009), a qualidade do solo é composta pelos atributos físicos, químicos e biológicos, que em conjunto podem indicar o estado de degradação ou preservação que este se encontra. Assim, a qualidade do solo depende do uso sustentável, ou seja, após as ações antrópicas este deverá apresentar as mesmas ou melhores funções que tinha antes de ser explorado (MARZALL et al., 2000). Entretanto, para determinar o estágio de sustentabilidade do solo, é necessário estabelecer indicadores que devem estar relacionados com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (DORAN e PARKIN, 1994).

Os atributos físicos do solo são utilizados na quantificação das mudanças ocorridas em diversos sistemas de manejo, tipo de cobertura vegetal, teor matéria orgânica no solo e até como indicadores de qualidade do solo (LOSS et al., 2011; WENDLING et al., 2012). Em um solo no qual as propriedades físicas são alteradas e que apresente níveis de compactação distintos, pode ocorrer diminuição do crescimento das raízes das plantas, interferindo também na quantidade de água e ar disponíveis (BLAINSKI et al., 2012; LIMA et al., 2013).

Além disso, a relação entre manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada a partir das propriedades químicas (DORAN e PARKIN, 1994), sendo que de acordo com a atividade empregada, são observadas alterações nesse atributo através dos Indicadores da Qualidade do Solo (IQS), estando entre estes os teores de matéria orgânica, pH e disponibilidade de nutrientes (ARAGÃO et al., 2012).

As propriedades biológicas do solo variam principalmente em função dos teores de matéria orgânica, que é primordial para a conservação do carbono no solo e compreende componentes orgânicos como a biomassa viva (tecidos animais ou vegetais intactos e microrganismos), raízes mortas e o húmus do solo (BRADY e WEIL, 2013).

Em um ambiente que detêm grande biomassa e que o solo não foi explorado há um aumento de matéria orgânica, que pode cooperar com o alto teor de carbono no solo (LOSS et al., 2010), se tornando uma propriedade essencial por possibilitar a reciclagem e o estoque de nutrientes no solo (GREGORICH et al., 1994).

Para que haja o aumento da produção e a potencialização das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são necessários estudos que possibilitem a avaliação dos sistemas de uso e manejo do solo (LAURINDO et al., 2009) buscando verificar suas interferências no desenvolvimento de qualquer atividade agrícola associada a qualidade do solo e propor ações afim de manter ou melhorar essas propriedades. Portanto, objetivou-se avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo em agroecossistemas amazônicos no norte do estado de Mato Grosso.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, D.V.; CARVALHO, C.J.R.; KATO, O.R.; ARAÚJO, C.M.; SANTOS, M.T.P.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, v.42, n.1, p.1-18, 2012.

BLAINSKI, É; TORMENA, C.A; GUIMARÃES, R.M.L; NANNI, M.R. Qualidade física de um latossolo sob plantio direto influenciada pela cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.1, p.79-87, 2012.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman: 2013. 658p.

DOMINGUES, M.S.; BERMAN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v.15, n.2, p.1-22, 2012.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWARDT, B.A., eds. Defining soil quality for sustainable environment. Madison, **Soil Science Societ of America**, 1994. p. 1-20. (Special Publication, 35).

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Montreal, v.74, n.4, p.367-385, 1994.

LAURINDO, M.C.O.; NÓBREGA, L.H.P.; PEREIRA, J.O.; MELO, D.; LAURINDO, É.L. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.17, n.5, p.367-374, 2009.

LIMA, R.P; LEÓN, M.J. D; SILVA, A.R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.4, p.577-581, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.913-922, 2010.

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

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: estudo da arte, limites e potencialidades de uma nova

ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.17, n.1, p.41-59, 2000.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.33, n.4, p.743-755, 2009.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I.C.; OLIVEIRA, R.C.; BABATA, M.M.; BORGES, E.N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.1, p.256-265, 2012.

### **3. CAPÍTULO 1**

#### **3.1. ATRIBUTOS FÍSICOS E ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO SOB DIFERENTES USOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

**Resumo** – (Atributos físicos e estoque de carbono do solo sob diferentes usos na Amazônia Meridional). O manejo adequado do solo favorece a conservação dos atributos edáficos e prioriza sua recuperação e manutenção além de criar um ambiente propício para o crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais. Assim, o presente trabalho objetivou determinar o efeito de diferentes usos do solo de acordo com os atributos físicos e do estoque de carbono na Amazônia Meridional. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas sendo os tratamentos constituídos pela combinação dos usos floresta nativa, cana-de-açúcar, lavoura de arroz, pastagem degradada, pastagem recuperada e área de preservação permanente e três profundidades abrangendo de 0 m a 0,30 m em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As variáveis analisadas foram: porosidade total do solo, macroporosidade, microporosidade, granulometria, densidade do solo e estoque de carbono do solo. Os resultados demonstraram que as atividades antrópicas realizadas no solo proporcionaram diminuição dos atributos físicos e a camada mais afetada é a superficial. A densidade do solo foi diretamente afetada com a modificação da floresta nativa. Para o estoque de carbono ocorreu aumento do mesmo nos usos de pastagem recuperada, lavoura de arroz e cana-de-açúcar. Conforme houve aumento da profundidade a qualidade edáfica diminuiu.

Palavras-chave: Física do solo, sistemas de cultivo, qualidade do solo.

**Abstract** – (Physical attributes and soil carbon stocks under different uses in Southern Amazonia). The appropriate management of soil favors the conservation of soil attributes and prioritizes its recovery and maintenance in addition to creating an environment conducive to the growth and development of plant species. Thus, the present study aimed to determine the effect of different soil uses in accordance with the physical attributes and the stock of carbon in the Southern Amazon. The experimental design was completely randomized with subdivided plots the treatments being constituted by the combination of uses native forest, sugar cane, rice crops, degraded pasture, pasture recovered and permanent preservation area and three depths ranging from 0 m to 0.30 m in a Red-Yellow Latosol. The data obtained were submitted to analysis of variance and the averages were compared by the Scott-Knott test at 5% probability. The variables analyzed were: total soil porosity, macroporosity, microporosity, particle size, soil density and soil carbon stock. The results showed that the anthropic activities carried out on the ground resulted in reduction of physical attributes and the most affected is the superficial. The density of the soil was directly affected by the modification of the native forest. For the carbon stock increase has occurred even in pasture uses recovered, plowing of rice and sugar cane. As there was an increase in the depth of the edaphic quality decreased.

Keywords: Soil Physics, cropping systems, soil quality.

## **Introdução**

A utilização dos componentes naturais pelo homem, entre eles, o solo e a água, tem tornado esses, o foco de diversas pesquisas, as quais abordam o efeito da ação antrópica e a necessidade da conservação ou melhoria atributos desses, para que não somente as culturas se desenvolvam, mas também para que a agricultura se torne sustentável (ARAÚJO et al., 2010).

Os sistemas naturais são constituídos pela matéria verde e as características físicas, químicas e biológicas do solo, que são sucedidas de ciclos, como o biogeoquímico. Porém, as atividades antrópicas estão modificando essas características, tendo como consequências a degradação ou a melhora dos indicadores de qualidade (SILVA et al., 2007; SINGH e SHARMA, 2007).

Por isso, a preocupação com o solo tem se tornado constante e devido a isso, se utilizam dos atributos físicos com a finalidade de mensurar as alterações ocorridas pelas distintas formas de manejo e uso (WENDLING et al., 2012). Variáveis como densidade e porosidade possuem interação direta com a produtividade (BOTTEGA et al., 2011), ambas são influenciadas e inversamente proporcionais, enquanto ocorre o aumento da densidade após a modificação da floresta em agricultura ou pecuária, a porosidade total reduz, principalmente pela ação de compactação dos implementos agrícolas (MARTINEZ e ZINCK, 2004) e aliadas a essas variáveis, a granulometria e o carbono orgânico total são também empregados na quantificação das características edáficas (LOSS et al., 2011; WENDLING et al., 2012).

As mudanças ocasionadas ao revolver o solo na estrutura do mesmo, alteram a área e o tamanho dos poros e o teor de carbono orgânico, modificando a intensidade em que a água é retida no solo e sua acessibilidade (SILVA et al., 2005). Essas transformações implicam no aumento de gás carbônico na atmosfera que por sua vez, provocam alterações no clima (D'ANDRÉA et al., 2004).

O preparo do solo, além de influir diretamente nos atributos físicos do solo, também afeta os estoques de carbono. Conforme observado por Castro Filho et al. (2002), a mudança do sistema convencional para o plantio

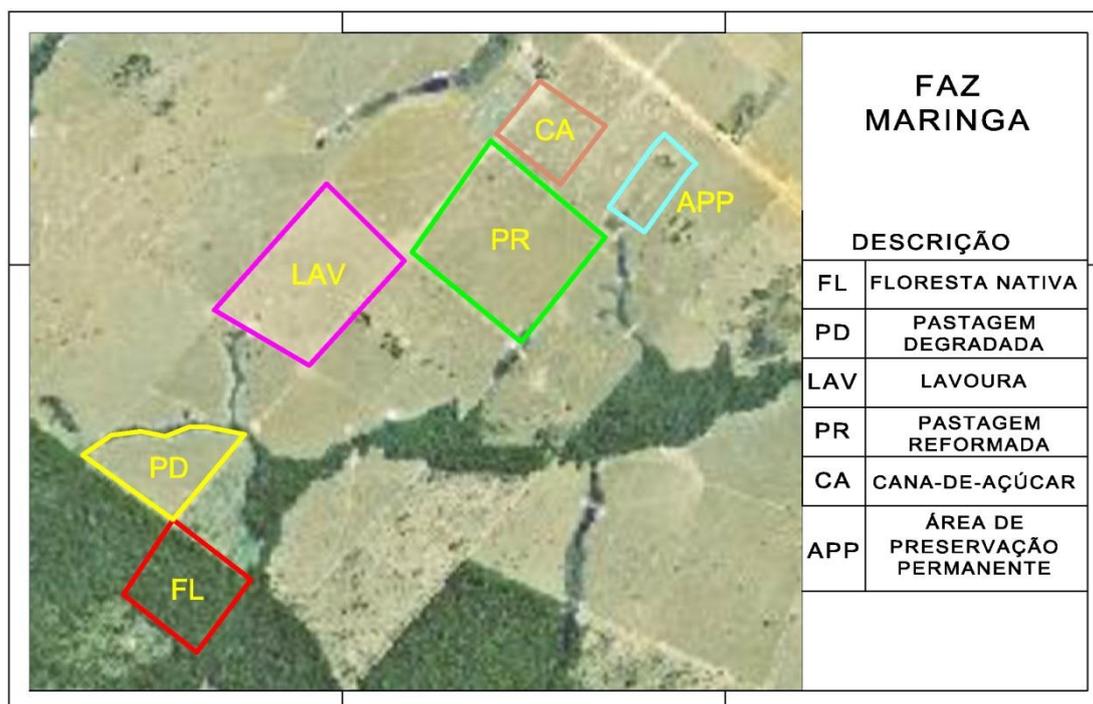
direto afetou a quantidade de carbono na camada de 0-0,20 m do solo. Isso ocorre porque durante o preparo convencional, há a remoção da vegetação presente no solo, deixando-o sem nenhuma cobertura e suscetível a desagregação de suas partículas (WOHLENBERG et al., 2004).

Para averiguar a sustentabilidade do solo são realizadas avaliações sobre as modificações ocorridas, comparando a qualidade de solos sob vegetação intacta com outros usos em que há o uso de implementos agrícolas, podendo, assim, determinar o efeito dos sistemas de manejo e dos usos do solo e a qualidade desses (BLAINSKI et al., 2008).

O manejo adequado do solo favorece a conservação dos atributos edáficos e prioriza sua recuperação e manutenção além de criar um ambiente propício para o crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais. Portanto, o presente estudo objetivou determinar o efeito de diferentes usos do solo nos atributos físicos e no estoque de carbono orgânico, em diferentes profundidades, na Amazônia Meridional.

## Material e Métodos

A área experimental onde foi realizado o estudo esta localizada nas coordenadas geográficas 9°50'23.86" de latitude sul e 56°13'22.89" de longitude oeste a 283 m de altitude, na propriedade rural denominada Fazenda Maringá (Figura 1), no município de Alta Floresta, Estado de Mato Grosso, na rodovia MT 206.



**Figura 1.** Localização da área de estudo destacando as seis áreas de amostragem.

A região apresenta precipitação média anual de 1.770 mm, com período de seca prolongado e com temperatura média anual oscilando em torno de 25 °C (NEILL et al., 2013).

O solo das áreas foi classificado conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013) como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, de acordo com as amostras e descrições dos perfis pedológicos dos locais estudados.

Na Tabela 1, encontra-se o histórico e descrição das áreas experimentais onde foram realizadas as coletas que ocorreram em abril de 2017.

Tabela 1. Histórico e descrição das áreas experimentais estudadas em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico.

Sistema de uso e manejo do solo	Descrição
Floresta Nativa (Área de referência)	Área de floresta nativa (Floresta ombrófila densa) utilizada como testemunha. Área total de 11,5 ha.
Cana-de-açúcar	O plantio da cana-de-açúcar forrageira foi realizado no ano de 2003, tendo sido realizado a aplicação de calcário na dose de 2,5 Mg ha <sup>-1</sup> e adubação de plantio de 120 kg ha <sup>-1</sup> do formulado contendo N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O (00-20-20) e adubação de cobertura anual com 120 kg ha <sup>-1</sup> do formulado 20:00:20. Anteriormente a área era ocupada por pastagem <i>Brachiaria brizantha</i> desde 1993. Área total de 7,6 ha.
Lavoura de arroz	Área de agricultura era composta por <i>Brachiaria brizantha</i> , a qual foi removida para se realizar o plantio de arroz, cultivar Cambara, com a adubação de semeadura de 150 kg ha <sup>-1</sup> de Mono-Amônio-Fosfato (MAP) e cobertura com 120 ha <sup>-1</sup> kg de 20-00-20, na safra 2016/2017. Área total de 22,5 ha.
Pastagem Degradada com estágio de degradação nível 1 (DIAS-FILHO, 2011)	Pastagem com <i>Brachiaria brizantha</i> desde 1993 na qual houve, nos últimos 5 anos, adubação de 120 kg ha <sup>-1</sup> de Termofosfato (16,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ). Área total de 10,5 ha.
Pastagem Reformada	Cultivada com <i>Brachiaria brizantha</i> desde 2016, tendo sido realizada na reforma a aplicação de 150 kg de MAP e 3,0 Mg ha <sup>-1</sup> de calcário. Área total de 26,3 ha.
Área de Preservação Permanente	Área anteriormente constituída de <i>Brachiaria brizantha</i> , onde em 2014 a pastagem foi eliminada e espécies primárias e secundárias foram introduzidas para realizar o reflorestamento. Área total de 5,1 ha.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, sendo onde nas parcelas se teve os seis distintos usos (Floreta nativa, cana-de-açúcar, lavoura de arroz, pastagem degradada, pastagem reformada e área de preservação permanente) e nas subparcelas as profundidades estudadas (0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m), com cinco repetições para cada tratamento. Para cada uso objetivou-se a determinação das características físicas e do estoque de carbono no solo.

As amostras para determinação dos atributos físicos, coletadas indeformadas em anéis, foram acondicionadas em caixa de isopor e depois conservadas em ambiente refrigerado na temperatura entre 5 a 9 °C até a realização das análises. E as amostras destinadas a determinação do estoque de carbono foram alocadas em sacos plásticos identificados e armazenados em temperatura ambiente e posteriormente enviadas para análise em laboratório.

As análises dos atributos físicos e estoque de carbono orgânico do solo foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar (LASAF) da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT) Campus de Alta Floresta-MT.

### **Análise física do solo**

#### **a) Macroporosidade do solo (MAC)**

Depois de saturadas, as amostras foram colocadas sobre a mesa de tensão, o “frasco de nível” foi abaixado para o nível de sucção correspondente a 0,60 m de altura de coluna d’água (-0,006 Mpa), a qual retira a água dos macroporos (poros com 0,05 mm). Após a pesagem, antes (saturado) e depois de ir à mesa (até parar de drenar, quando se obtém peso constante da amostra), foi obtido o volume de macroporos utilizando-se a seguinte equação (EMBRAPA, 1997):

$$MAC(m^3m^{-3}) = \frac{M_{saturado} - M_{60cm}}{V_{anel}} \quad (1)$$

b) Microporosidade do solo (MIC)

As amostras de solo saturadas foram colocadas sobre a mesa de tensão, o “frasco de nível” foi abaixado para o nível de sucção correspondente a 0,60 m de altura de coluna d’água (-0,006 Mpa), a qual retira a água dos macroporos (poros com 0,05 mm). Após pesagem, antes (drenado a -0,006 MPa) e depois (seco em estufa a 105 °C por 24 - 48 horas), foi obtido o volume de microporos utilizando-se a seguinte equação (EMBRAPA, 1997):

$$MIC(m^3m^{-3}) = \frac{(M_{60cm} - M_{seco})}{V_{anel}} \quad (2)$$

c) Porosidade total do solo (P<sub>tot</sub>)

Foi determinado o volume de poros totais do solo, ocupado por água e / ou ar nas amostras, conforme EMBRAPA (1997):

$$P_{tot} (m^3m^{-3}) = MAC + MIC \quad (3)$$

d) Densidade do solo (DS)

A densidade do solo foi obtida com a massa da amostra seca em estufa a 105°C (subtraindo-se das pesagens o peso do tecido, do elástico e do anel) e o volume do anel correspondente, utilizando-se a seguinte equação (EMBRAPA, 1997):

$$D_s(mg m^{-3}) = \frac{M_{seco}}{V_{anel}} \quad (4)$$

**Análise do estoque de carbono no solo (ECS)**

O estoque de carbono no solo foi obtido conforme a metodologia proposta por Veldkamp (1994), através da soma dos estoques em cada camada de solo, com valores médios do teor de C orgânico e densidade do solo da respectiva camada em todos os perfis analisados. O estoque de carbono orgânico de cada camada correspondeu ao produto do teor de carbono do solo (C, g kg<sup>-1</sup>) pela densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>) e pela profundidade da camada, empregando-se a fórmula:

$$ECS = (C \times DS \times p)/10 \quad (5)$$

em que ECS = estoque de carbono do solo ( $t \text{ ha}^{-1}$ ); C = teor de carbono do solo ( $g \text{ kg}^{-1}$ ); DS = densidade do solo ( $g \text{ cm}^{-3}$ ); e p = profundidade da camada do solo (cm).

### **Análise Estatística**

Os dados foram testados para a pressuposição de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk) e diagnóstico de pontos influentes e/ou outliers, utilizando os resíduos studentizados (padronizados externamente) e os valores preditos pelo modelo. Em seguida, os valores médios obtidos foram submetidos ao teste de Scott-Knott.

Todas as análises do presente estudo foram realizadas com auxílio do programa estatístico R, de domínio público (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

## Resultados e Discussão

Os valores médios da porosidade total do solo, macroporosidade e microporosidade sob a floresta nativa, cana-de-açúcar, lavoura de arroz, pastagem reformada, pastagem degradada e na APP, nas três diferentes profundidades estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de F, coeficientes de variação e médias de porosidade total do solo (P<sub>tot</sub>), macroporosidade (MAC) e microporosidade (MIC) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Porosidade Total	Macroporosidade	Microporosidade
	(%)		
Usos (U)			
Floresta Nativa	44,92 a	10,47 a	34,28 a
Cana-de-açúcar	40,53 b	9,52 a	31,16 b
Lavoura de arroz	40,52 b	9,92 a	30,60 b
P. Degradada	40,35 b	7,30 b	33,04 a
P. Reformada	39,39 b	9,82 a	29,34 c
APP	38,80 b	9,14 a	29,66 c
Valor de F	6,84**	3,99**	15,05**
Profundidade (P)			
0-0,10 m	42,08 a	9,70	32,38 a
0,10-0,20 m	40,02 b	9,20	30,51 b
0,20-0,30 m	40,16 b	9,19	31,15 b
Valor de F	8,67**	1,35 ns	6,38**
Interação U x P			
Valor de F	1,41 ns	2,96 ns	1,71 ns
CV1 (%)	7,84	22,80	6,20
CV2 (%)	5,25	14,63	6,56

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

A floresta nativa diferiu dos demais usos e apresentou maior quantidade de poros, fato que se deve ao solo desse bioma nunca ter sido revolvido e com isso mantido as condições naturais. Assim, essa área pode ser considerada como a mais protegida de ações antrópicas (ARAÚJO et al., 2004). Para porosidade total o solo é considerado como ideal quando 50% do seu espaço é ocupado por poros (CAMARGO e ALLEONI, 1997), fato não observado nos usos do presente estudo, inclusive na condição natural.

A maior porosidade facilita o processo de percolação da água durante o período de chuvas, indicando que os usos onde se teve a ação antrópica ocorreram a diminuição da capacidade de a água infiltrar no solo.

A maior porosidade total com 42,08% foi observada na camada de 0-0,10 m, fato que se deve a maior presença de raízes e material orgânico nesta camada. Em pesquisa semelhante Vezzani e Mielniczuk (2011), comentam que os maiores valores de porosidade nas profundidades superficiais refletem influência da matéria orgânica na estruturação de solos.

Quanto a macroporosidade, apenas a pastagem degradada diferiu da condição natural (floresta nativa), apresentando o menor valor, demonstrando perda de macroporos com a ação antrópica. Os usos do solo como mata nativa, cana-de-açúcar e área de preservação permanente não sofrem atividades em relação ao tráfego constante de máquinas e animais, e as áreas de pastagem reformada e lavoura de arroz foram recentemente trabalhadas, o que pode ter contribuído para o aumento da macroporosidade nesses dois usos.

Nesse mesmo sentido, na área com pastagem degradada não ocorreu recentemente o revolvimento do solo, além do constante pisoteio animal, o que pode ter ocasionado a menor macroporosidade. Resultado semelhante foi encontrado por Albuquerque et al. (2001), sendo que estes afirmam que o pisoteio animal atua negativamente na macroporosidade do solo, sendo uma das principais causas da degradação de áreas de pastagem, pois geram aumento da compactação e dificultam o crescimento radicular e a oxigenação do solo. Para a macroporosidade, o valor de 10% é considerado como limite para uma boa aeração do solo e não ocorrer interferência no desenvolvimento das plantas (PAGLIAI et al., 2003), onde somente a floresta nativa estaria acima deste valor.

A diminuição dos macroporos constitui um tema de crescente importância em face do aumento da mecanização nas atividades agrícolas, o que acarreta alteração no arranjo das partículas do solo, tornando-o mais denso (GOEDERT, 2002). Os principais efeitos negativos deste fato são o aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, a redução da

aeração (macroporos) e a disponibilidade de água (microporos) e de nutrientes, e, conseqüentemente, decréscimo na produtividade agrícola.

A macroporosidade não apresentou diferença significativa em relação as profundidades, indicando assim não haver influência da profundidade sobre a macroporosidade.

Com relação a microporosidade, observou-se que somente a pastagem degradada não diferiu da área de floresta nativa resultado este que pode ser explicado pela diminuição da porosidade total, reduzindo a estrutura porosa e com isso dificultando a absorção de água pelas plantas (MULLER et al., 2001).

Em relação à microporosidade, esta é considerada média quando está dentro do intervalo de 25 a 50% e baixa quando é inferior a 25% (GONÇALVES e POGGIANI, 1996). Portanto, todos os sistemas de usos e manejos estudados nesse trabalho são classificados como média microporosidade.

Para as profundidades, verificou-se que para a de 0-0,10 m o maior volume de microporos com 32,38%, o que se deve provavelmente pela maior quantidade de matéria orgânica presente nesta profundidade.

Os valores médios para areia, silte e argila (Tabela 3) sob os seis sistemas de usos do solo e nas três diferentes profundidades compõem a classificação granulométrica deste trabalho.

Observa-se que os maiores valores de areia foram encontrados nas áreas de pastagem reformada e APP. Quanto à profundidade percebe-se a diminuição da fração de areia com o aumento da profundidade, fato que pode provocar mudanças importantes nos atributos físicos dos solos, como a redução da condutividade hidráulica, aumento da coesão e restrição à penetração das raízes (MULLINS et al., 1990). Concordando com o presente trabalho, Mota et al. (2013), trabalhando com solos da Chapada do Apodi-CE, também verificaram diminuição da fração de areia com o aumento da profundidade do solo.

Não foram observadas variações significativas entre as distintas profundidades para a fração silte. O maior valor foi referente a pastagem reformada.

Tabela 3. Valores de F, coeficientes de variação e médias de areia, silte e argila de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Areia	Silte	Argila
	(g kg <sup>-1</sup> )		
<b>Usos (U)</b>			
Floresta Nativa	526,46 c	49,20 c	424,33 a
Cana-de-açúcar	512,66 c	99,00 b	381,00 a
Lavoura de arroz	535,20 c	54,66 c	411,00 a
P. Degradada	558,66 b	60,20 c	381,40 a
P. Reformada	618,37 a	119,22 a	281,66 c
APP	599,38 a	54,14 c	336,66 b
Valor de F	21,47**	48,48**	11,13**
<b>Profundidade (P)</b>			
0-0,10 m	612,48 a	76,58 a	314,46 c
0,10-0,20 m	553,13 b	76,77 a	369,63 b
0,20-0,30 m	509,76 c	64,86 b	423,93 a
Valor de F	80,31**	7,02 ns	86,85**
<b>Interação U x P</b>			
Valor de F	3,20 ns	3,19 ns	1,36 ns
CV1 (%)	6,32	22,25	16,51
CV2 (%)	5,64	19,38	8,71

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

De acordo com Maier (2013), o silte é considerado uma partícula leve, mais do que a areia, e por isso sua translocação se torna mais fácil sob a ação de enxurradas. Assim, materiais mais finos como o silte, são transportados da superfície do solo e preenchem os poros vazios das camadas inferiores, o que resulta no aumento da resistência do solo à penetração (CAMARGO e ALLEONI, 2006), fato esse que ocorre com maior frequência em solos onde se tem a ação antrópica, como observado no presente trabalho.

Para a fração de argila verificou-se que a floresta nativa, cana-de-açúcar, lavoura de arroz e pastagem degradada obtiveram os maiores valores em relação às demais áreas. A diferença entre as quantidades de argila entre os usos no presente estudo pode ser explicada pela paisagem e pelo relevo de cada uso na área, onde a floresta nativa, cana-de-açúcar, lavoura de arroz e pastagem degradada apresentam posição na paisagem superior as demais áreas. Altos valores de argila também estão associados com a elevada matéria

orgânica presente no solo (ROSCOE e MACHADO, 2002) devido a maior ocorrência de adsorção (NEUFELDT et al., 2002).

Em relação à profundidade, verificou-se o aumento da porcentagem de argila com o aumento da profundidade, colaborando com os resultados encontrados por Centurion et al. (2004) que observaram também o aumento significativo da fração de argila com a profundidade, independente do uso.

Os resultados para os valores de densidade do solo (DS) (Tabela 4) apresentaram influência dos usos e das profundidades.

Tabela 4. Valores de F, coeficientes de variação e médias de densidade do solo (DS) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )
Usos (U)	
Floresta Nativa	1,31 b
Cana-de-açúcar	1,29 b
Lavoura de arroz	1,38 a
P. Degradada	1,45 a
P. Reformada	1,40 a
APP	1,41 a
Valor de F	7,19**
Profundidade (P)	
0-0,10 m	1,35 b
0,10-0,20 m	1,38 a
0,20-0,30 m	1,39 a
Valor de F	4,02**
Interação U x P	
Valor de F	2,23 ns
CV1 (%)	6,48
CV2 (%)	4,71

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

É considerado como intervalo ideal para DS valores entre 1,3 a 1,6 g cm<sup>3</sup>, e valores maiores que 1,7 g cm<sup>3</sup> restringem o desenvolvimento dos vegetais (BRANDY e WEIL, 1989). Portanto, todos os sistemas de usos e manejos do solo possuem densidade dentro do recomendável.

As áreas de floresta nativa e cana-de-açúcar obtiveram os menores valores de DS. Nota-se maiores valores para lavoura de arroz, pastagem degradada, pastagem reformada e APP.

De acordo com Bertol et al. (2004) e Lemos Filho et al. (2008), os menores valores observados para áreas de mata nativa acontecem devido a maior quantidade de matéria orgânica depositada no solo nesses usos.

Já para a pastagem, a altura da gramínea é relacionada inversamente com a densidade, de forma que, quanto menor o crescimento do pasto mais compactado será o solo, efeito esse mais intenso nas camadas superficiais (CASSOL, 2003), o que pode explicar a maior densidade do solo em áreas onde se teve ou se tem o uso de pastagem e que não tiveram a devida recuperação das condições físicas do solo.

A maior densidade do solo ocorreu nas profundidades de 0,10-0,20 m e de 0,20-0,30 m, onde ocorre a presença de grande quantidade de raízes e de matéria orgânica é menor.

Em trabalho semelhante, também se observou o aumento da densidade do solo após a conversão da mata nativa em pastagem ou agricultura, enquanto que os outros fatores como porosidade total e capacidade de infiltração decrescem, devido ao efeito da compactação (MARTINEZ e ZINCK, 2004).

Os maiores valores para estoque de carbono do solo (ECS) (Tabela 5) foram observados nas áreas de pastagem reformada, lavoura de arroz e cana-de-açúcar.

Para a lavoura de arroz esse resultado pode ser explicado pela incorporação dos restos culturais da pastagem anterior no solo e também pela condição da gramínea de ciclo anual presente no local, onde se tem grande produção de folhas e raízes. Na cana-de-açúcar há a influência tanto da textura do solo como dos adubos que foram aplicados (GALDOS et al., 2009) que podem ter favorecido o maior desenvolvimento aéreo e radicular da cultura. Já para a pastagem reformada, tal fato se deve ao estoque de carbono orgânico do solo em pastagens poder atingir níveis muito próximos ou acima aos existentes em florestas naturais, pois o sistema radicular da gramínea, além de ser abundante e volumoso, é constantemente renovado, disponibilizando grande quantidade de matéria orgânica ao solo (COSTA JUNIOR, 2008; SIQUEIRA NETO et al., 2009), fato que pode explicar o maior estoque de

carbono nas áreas de pastagem reformada e cana-de-açúcar em relação à floresta nativa.

Tabela 5. Valores de F, coeficientes de variação e médias de estoque de carbono do solo (ECS) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Estoque de carbono do solo (Mg ha <sup>-1</sup> )
<b>Usos (U)</b>	
Floresta Nativa	11,54 b
Cana-de-açúcar	14,02 a
Lavoura de arroz	13,53 a
P. Degradada	11,93 b
P. Reformada	14,39 a
APP	7,73 c
Valor de F	35,04**
<b>Profundidade (P)</b>	
0-0,10 m	15,82 a
0,10-0,20 m	11,19 b
0,20-0,30 m	9,56 c
Valor de F	218,49**
<b>Interação U x P</b>	
Valor de F	7,86 ns
CV1 (%)	13,22
CV2 (%)	9,87

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

A floresta nativa e pastagem degradada possuem valores intermediários para essa variável. Quanto a pastagem degradada, o menor desenvolvimento da forrageira pode estar contribuindo para a diminuição do estoque de carbono orgânico do solo, indicando que ocorre a necessidade de um correto manejo da pastagem para que não ocorra perda de carbono do solo.

Para a profundidade, conforme houve o aumento das camadas do solo o ECS apresentou redução dos seus valores. Resultados semelhantes foram obtidos por Don et al. (2011) em que na camada superficial do solo ocorreram deposições de materiais orgânicos, em maiores níveis e densidades.

D'Andréa et al. (2004) também estudando solo em diferentes sistemas de manejo verificaram diminuição nos teores de carbono com o aumento da profundidade. Estes autores comentam ainda que os efeitos físicos de implementos convencionais no solo promovem a exposição do material

orgânico localizado no interior de agregados e, portanto, protegido do ataque de microrganismos. Assim, existe uma intensificação das condições de aeração com o revolvimento do solo, aumentando a taxa de decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, diminuindo o estoque de carbono do solo.

Entretanto, ressalta-se que o estoque de carbono do solo pode variar em função da classe textural, profundidade, clima, bioma e, principalmente, uso e manejo do solo. E a sua determinação configura-se como valiosa ferramenta no âmbito das mudanças climáticas, ao constituírem-se como importantes indicadores de serviços ambientais (PARRON et al., 2015).

## **Conclusões**

Na maioria dos usos do solo os atributos físicos (porosidade total, microporosidade, areia e estoque de carbono) tiveram alteração na camada superficial de 0-0,10 m.

O manejo do solo modifica o estoque de carbono, através do uso de fertilizantes e da cobertura vegetal, que é dependente de variáveis como classificação textural do solo, clima e histórico da área. Sistemas corretamente manejados como a pastagem reformada e a cana-de-açúcar podem aumentar o estoque de carbono em relação às condições naturais.

Os atributos físicos e o estoque de carbono do solo se mostraram sensíveis para identificar alterações antrópicas ocorridas em relação à condição natural.

## Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeito da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.717-723, 2001.

ARAÚJO, E.A.; LANI, J.L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.307-315, 2004.

ARAÚJO, A.S.F.; MELO, W.J. Soil microbial biomass in organic farming system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.11, p.2419-2426, 2010.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas as do campo nativo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.155-163, 2004.

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**, Viçosa, v.32, n.3, p.975-983, 2008.

BOTTEGA, E.L.; BOTTEGA, S.P.; SILVA, S.A.; QUEIROZ, D.M.; SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.2, p.331-336, 2011.

BRANDY, N.C.; WEIL, R.R. **Natureza e propriedade dos solos**. 7<sup>o</sup> edição, Rio de Janeiro, 1989. 898 p.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.65, n.1, p.45-51, 2002.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

CAMARGO, O.A.; Alleoni, L.R.F. **Causas da Compactação do solo**. 2006. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C3/Comp3.htm>>. Acesso em: 02/1/2018

CASSOL, L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura- pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003.

143 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N.; SOUZA, Z.M. Physical attributes of kaolinitic and oxidic oxisols resulting from different usage systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.47, n.5, p.725-732, 2004.

COSTA JUNIOR, C. **Estoque de carbono e nitrogênio e agregação do solo sob diferentes sistemas de manejo agrícola**. 2008. 140f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

D'ANDREA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. Editora MBDF, 4° edição, Belém-PA, 2011.

DON, A.; SCHUMACHER, J.; FREIBAUER, A. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. **Global Change Biology**, Medford, v.17, n.4, p.1658-1670, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353 p.

GALDOS, M.V.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; PAUSTIAN, K.; VAN ANTWERPEN, R. Simulation of Soil Carbon Dynamics under Sugarcane with the CENTURY Model. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.73, n.3, p.802-811, 2009.

GOEDERT, W.J., SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. De. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p.223-227, 2002.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas florestais. In: Congresso Latino Americano de Ciência Do Solo, 13. 1996, Águas de Lindóia. **Resumos expandidos...** Campinas: SBCS, 1996. p.133-180.

HURLBERT, S.H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monograph**, Washington, v.54, n.2, p.187-211, 1984.

LEMOS FILHO, L.C.A.; OLIVEIRA, E.L.; FARIA, M.A.; ANDRADE, L.A.B. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada

com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.39, n.2, p.193-202, 2008.

LIMA, M. R (Org.). **Manual de Diagnóstico da Fertilidade e Manejo dos Solos Agrícolas**. 2.ed. Curitiba: UFPR, 2003. p.97-98

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

MAIER, C. **Variabilidade intra-evento da origem das fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica rural**. 2013. 124f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento. Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

MARTÍNEZ, L.J.; ZINCK, J.A. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonian. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.75, n.1, p.3-17, 2004.

MOTA, J.C.A.; FREIRE, A.G.; ASSIS JUNIOR, R.N. Qualidade física de um cambissolo sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.5, p.1196-1206, 2013.

MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1409-1418, 2001.

MULLINS, C.E.; MACLEOD, D.A.; NORTHCOTE, K.H.; TISDALL, J.M.; YOUNG, I.M. Hardsetting soils: behavior, occurrence and management. **Advances in Soil Science**, New York, v.11, p.37-108, 1990.

PAGLIAI, M.; MARSILI, A., SERVADIO, P., VIGNOZZI, N., PELLEGRINI, S. Changes in some physical properties of a clay soil in Central Italy following the passage of rubber tracked and wheeled tractors of medium power. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.73, n.1, p.119-129, 2003.

NEILL, C.; COE, M.T.; RISKIN, S.H.; KRUSCHE, A.V.; ELSENBEEER, H.; MACEDO, M.N.; McHORNEY, R.; LEFEBVRE, P.; DAVIDSON, E.A.; SCHEFFLER, R.; FIGUEIRA, A.M.S.; PORDER, S.; DEEGAN, L.A. Watershed responses to Amazon soya bean cropland expansion and intensification. **Philosophical Transactions of The Royal Society B**, Londres, v.368, n.1619, p.20120425, 2013.

NEUFELDT, H.; RESCK, D.V.S.; AYARZA, M.A.; ZECH, W. Texture and land – use effects on soil organic matter um Cerrado oxisols, Central Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v.107, n.3-4, p.151-164, 2002.

PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; RACHWAL, M.F.G.; FRANCHINI, J.C.; FRANCISCON, L.; PORFIRIO-DASILVA, V.; BROWN, G.G. **Avaliação de serviços ambientais no âmbito do projeto ServiAmbi**. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B. de; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. (Ed.). *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap.2, p.36-46.

R Development Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. Viena: **R Foundation for Statistical Computing**; 2017. URL <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 02/1/2018

ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O.A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2002. 86p.

SILVA, M.A.S; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.544-552, 2005.

SILVA, R.C.; PEREIRA, J.M.; ARAÚJO, Q.R.; PIRES, A.J.V.; DEL REI, A.J. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um Chernossolo com diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.1, p.101-107, 2007.

SINGH, B.; SHARMA, K.N. Tree growth and nutrient status of soil in a poplar (*Populus deltoides* Bartr.) based agroforestry system in Punjab, India. **Agroforestry System**, New York, v.70, n.2, p.125-134, 2007.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.709-717, 2009.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.1, p.175-180, 1994.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. Curitiba, 2011. 104p.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I.C.; OLIVEIRA, R.C.; BABATA, M.M.; BORGES, E.N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.1, p.256-265, 2012.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.891-900, 2004.

### **3. CAPÍTULO 2**

#### **3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES USOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

**Resumo** – (Atributos químicos e biológicos do solo em áreas sob diferentes usos na Amazônia Meridional). Propiciar boa produtividade aliada à manutenção e melhora da qualidade edáfica e a sustentabilidade dos agroecossistemas tem sido um grande desafio. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar os atributos químicos e biológicos do solo em sistemas de usos na Amazônia Meridional em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Para os atributos químicos o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas sendo os tratamentos composto pela combinação de seis usos do solo (floresta nativa, cana-de-açúcar, lavoura de arroz, pastagem degradada, pastagem recuperada e área de preservação permanente) e três profundidades que abrangeram de 0 m a 0,30 m. Para os atributos biológicos o delineamento foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos compostos pelas áreas com os diferentes usos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os resultados para as variáveis químicas relacionadas a profundidade, não apresentaram diferença significativa para o alumínio, pH CaCl<sub>2</sub> e a saturação por bases, no entanto para o potássio, fósforo, cálcio, acidez potencial, matéria orgânica e soma de bases os maiores teores foram obtidos na camada superficial do solo ocorrendo a diminuição das médias com o aumento da profundidade. Nas propriedades biológicas, com exceção do quociente metabólico, não houveram diferenças significativas entre as áreas de floresta nativa e pastagem degradada.

Palavras-chave: Propriedades do solo, sistemas agrícolas, qualidade do solo.

**Abstract** – (Chemical and biological attributes of soil in areas under different land uses in the Southern Amazon). Provide good productivity coupled with the maintenance and improvement of soil quality and sustainability of agroecosystems has been a great challenge. Thus, the objective of this study was to determine the biological and chemical attributes of the soil in systems of uses in the Southern Amazon in a Red-Yellow Latosol. For the chemical attributes the experimental design was completely randomized in split plots with treatments consisting of the combination of six soil uses (native forest, sugar cane, rice crops, degraded pasture, pasture recovered and permanent preservation area) and three depths that ranged from 0 m to 0,30 m. for the biological attributes the experimental design was a completely randomized design with six treatments composed by areas with different uses. The data obtained were submitted to analysis of variance and the averages were compared by the Scott-Knott test at 5% probability. The results for the chemical variables related to depth, showed no significant difference for aluminum, pH CaCl<sub>2</sub> and the saturation of bases, however for the potassium, phosphorus, calcium, potential acidity, organic matter and sum of bases the highest levels were obtained in the superficial layer of the soil leading to a decrease of the medium with the increase of the depth. In the biological properties, with the exception of the metabolic quotient, there were no significant differences between the areas of native forest and degraded pasture.

Keywords: Soil properties, agricultural systems, soil quality.

## **Introdução**

O Brasil é um dos países que se destacam mundialmente pela produção de alimentos, mas elevar essa produção e zelar pelo meio ambiente e pela qualidade do solo é um dos principais desafios da comunidade de produtores e de pesquisadores.

A modificação no uso do solo sem perder ou melhorar a qualidade, tem constituído a grande busca a ser alcançada, haja visto, que áreas em que haviam florestas intactas estão sendo ocupadas por inúmeros manejos de culturas anuais ou perenes. Com essa alteração verifica-se o desequilíbrio na biodiversidade, pois novos métodos de manejo são aplicados trazendo mudanças nos atributos físicos, químicos e biológicos que podem influenciar e comprometer a aptidão agrícola (SANTOS, 2007).

Por sua vez, essas mudanças advêm de modificações na utilização do solo que são dependentes de características intrínsecas desses, tais como, variedade de fauna e flora da área, manejo empregado, intensidade e tempo de uso com determinada finalidade agrícola (CARNEIRO et al., 2009).

As modificações ocorridas nos atributos químicos são consequências da progressão do manejo e acontece em razão do tempo que esse solo é submetido a esse manejo. Essas alterações surgem devido às modificações realizadas para a obtenção de novos usos do solo, como por exemplo, desmatamento, rotação de culturas e utilização de adubos. Assim, essas fazem com que ocorram mudanças nas propriedades químicas do solo (MILINDRO et al., 2016).

Outro indicador que possui elevada capacidade para avaliar a qualidade do solo é o biológico. Isto se deve por este indicador permitir responder rapidamente as modificações do ambiente (MOESKOPS et al., 2012). A matéria orgânica (MO) presente também possui relação com a qualidade do solo (VILELA e MENDONÇA, 2013).

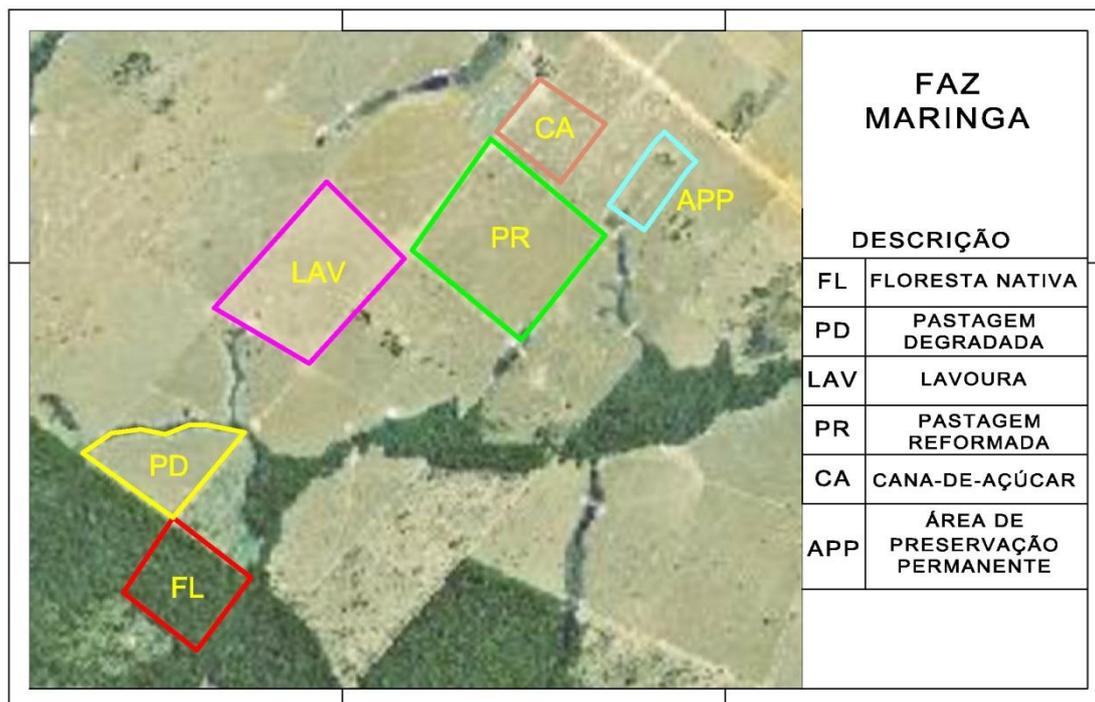
Com as modificações ocorridas no teor de matéria orgânica, tem-se também alterações nos atributos químicos do solo e na biomassa microbiana, que quando associada ao carbono orgânico permitem identificar alterações na qualidade do solo (JACKSON et al., 2003; ARAÚJO e MELO, 2010). Devido a isso a ação que os microrganismos desempenham no solo possui relação

linear crescente com o incremento de carbono orgânico do solo (LIU et al., 2010).

Diante do exposto, avaliar os sistemas de usos e manejos do solo se torna fundamental por proporcionar melhor avaliação do potencial de produtividade, afim de estabelecer níveis adequados de nutrientes nos cultivos através da aplicação de insumos, caso haja necessidade. Portanto, esse trabalho tem como objetivo geral determinar as características químicas e biológicas do solo de seis áreas/usos localizadas no norte do estado de Mato Grosso.

## Material e Métodos

A área experimental onde foi realizado o estudo esta localizada nas coordenadas geográficas 9°50'23.86" de latitude sul e 56°13'22.89" de longitude oeste a 283 m de altitude, na propriedade rural denominada Fazenda Maringá (Figura 1), no município de Alta Floresta, Estado de Mato Grosso, na rodovia MT 206.



**Figura 1.** Localização da área de estudo destacando as seis áreas de amostragem.

A região apresenta precipitação média anual de 1.770 mm, com período de seca prolongado e com temperatura média anual oscilando em torno de 25 °C (NEILL et al., 2013).

O solo das áreas foi classificado conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013) como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico.

Na Tabela 1, encontra-se o histórico e descrição das áreas experimentais onde foram realizadas as coletas que ocorreram em abril de 2017.

Tabela 1. Histórico e descrição das áreas experimentais estudadas em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico.

Sistema de uso e manejo do solo	Descrição
Floresta Nativa (Área de referência)	Área de floresta nativa (Floresta ombrófila densa) utilizada como testemunha. Área total de 11,5 ha.
Cana-de-açúcar	O plantio da cana-de-açúcar forrageira foi realizado no ano de 2003, tendo sido realizado a aplicação de calcário na dose de 2,5 Mg ha <sup>-1</sup> e adubação de plantio de 120 kg ha <sup>-1</sup> do formulado contendo N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O (00-20-20) e adubação de cobertura anual com 120 kg ha <sup>-1</sup> do formulado 20:00:20. Anteriormente a área era ocupada por pastagem <i>Brachiaria brizantha</i> desde 1993. Área total de 7,6 ha.
Lavoura de arroz	Área de agricultura era composta por <i>Brachiaria brizantha</i> , a qual foi removida para se realizar o plantio de arroz, cultivar Cambara, com a adubação de semeadura de 150 kg ha <sup>-1</sup> de Mono-Amônio-Fosfato (MAP) e cobertura com 120 ha <sup>-1</sup> kg de 20-00-20, na safra 2016/2017. Área total de 22,5 ha.
Pastagem Degradada com estágio de degradação nível 1 (DIAS-FILHO, 2011)	Pastagem com <i>Brachiaria brizantha</i> desde 1993 na qual houve, nos últimos 5 anos, adubação de 120 kg ha <sup>-1</sup> de Termofosfato (16,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ). Área total de 10,5 ha.
Pastagem Reformada	Cultivada com <i>Brachiaria brizantha</i> desde 2016, tendo sido realizada na reforma a aplicação de 150 kg de MAP e 3,0 Mg ha <sup>-1</sup> de calcário. Área total de 26,3 ha.
Área de Preservação Permanente	Área anteriormente constituída de <i>Brachiaria brizantha</i> , onde em 2014 a pastagem foi eliminada e espécies primárias e secundárias foram introduzidas para realizar o reflorestamento. Área total de 5,1 ha.

O delineamento experimental utilizado para as características químicas foi o inteiramente casualizado (DIC) com parcelas subdivididas, sendo os tratamentos constituídos pela combinação de seis áreas com distintos usos (floresta nativa, pastagem degradada, pastagem recuperada, cana de açúcar, lavoura de arroz e área de preservação permanente em recuperação) e três profundidades (0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m). Para cada uso e profundidade objetivou-se a determinação das características químicas, onde ocorreu a coleta de cinco repetições (HURLBERT, 1984) totalizando 180 amostras que foram alocadas em sacos plásticos identificados e armazenados em temperatura ambiente e posteriormente foram enviadas para análise em laboratório.

Para as características biológicas (carbono da biomassa microbiana, biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo e quociente metabólico) o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC). As amostragens foram realizadas nos 6 usos do solo, onde foram coletadas somente na camada de 0-0,10 m de profundidade, com cinco repetições totalizando 30 amostras, sendo essas, acondicionadas em sacos plásticos protegidas da luz e refrigeradas em temperaturas entre 5 a 9 °C até serem enviadas para laboratório.

### **Análises químicas do solo**

As análises dos atributos químicos do solo foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar (LASAF) da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT) Campus de Alta Floresta-MT conforme a metodologia recomendada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009).

#### **a) pH em CaCl<sub>2</sub>**

Foi determinado através de medição em pHmetro de bancada, constituído de eletrodo de vidro, em solução com proporção de 10 ml de solo por 25 ml de água destilada realizando a agitação por 10 minutos.

#### **b) Cálcio e magnésio trocáveis (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>)**

Determinados através de titulometria com ácido etileno diamino tetracético (EDTA), em solução pipetada após extração com KCl 1N.

c) Potássio trocável ( $K^+$ )

Determinados em alíquota de solução após extração com HCl 0,05N +  $H_2SO_4$  0,025N e leitura em fotômetro de chama.

d) Alumínio trocável ( $Al^{3+}$ )

Extração com KCl 1N e acidez titulada com NaOH 0,025N e fenolftaleína como indicador.

e) Hidrogênio + Alumínio trocáveis ( $H^+ + Al^{3+}$ )

Extraídos de alíquota de solução obtida pela agitação de 5 gramas de solo com acetato de cálcio 1N pH 7,0 e acidez titulada com NaOH 0,025N e fenolftaleína como indicador.

f) Soma de bases (SB)

Calculada segundo a seguinte expressão:

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ \quad (1)$$

g) Capacidade de troca catiônica (CTC)

Calculada segundo a seguinte expressão:

$$CTC = SB + H^+ + Al^{3+} \quad (2)$$

h) Percentagem de saturação de bases (V%)

Calculada pela seguinte expressão:

$$V(\%) = 100 \times \frac{SB}{CTC} \quad (3)$$

i) Percentagem de saturação por alumínio

Calculada pela seguinte expressão:

$$m(\%) = \left[ \frac{Al^{3+}}{Al^{3+}+SB} \right] \times 100 \quad (4)$$

j) Fósforo assimilável (P)

Extração com HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N e determinado pelo método de colorimetria pela redução do complexo fosfomolibdico com ácido ascórbico em presença de sal de bismuto.

### **Análises microbiológicas do solo**

Visando manter as amostras em condições mais próximas da quais foram coletadas em campo, as amostras foram encaminhadas, no prazo máximo de 24 horas, para o laboratório.

As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar (LASAF) da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Alta Floresta, adotando os procedimentos proposto por Silva et al. (2007 a, b) para determinação do carbono da biomassa microbiana (CB), respiração basal do solo (RBS), biomassa microbiana do solo (BMS) e quociente metabólico (q).

### **Análise Estatística**

Os dados foram testados para a pressuposição de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk) e diagnóstico de pontos influentes e/ou outliers, utilizando os resíduos studentizados (padronizados externamente) e os valores preditos pelo modelo. Em seguida, os valores médios obtidos foram submetidos ao teste de Scott-Knott.

Todas as análises do presente estudo foram realizadas com auxílio do programa R, de domínio público (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

## Resultados e Discussão

O potássio ( $K^+$ ) (Tabela 2) apresentou a maior média para floresta nativa não havendo diferença significativa entre os demais usos, indicando que a ação antrópica diminuiu o teor de  $K^+$  no solo, independentemente do manejo.

Tabela 2. Valores de F, coeficientes de variação e médias para potássio ( $K^+$ ), alumínio ( $Al^{3+}$ ), capacidade de troca catiônica (CTC) potencial e saturação por alumínio (m%) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	$K^+$	$Al^{3+}$	CTC	m
	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			(%)
Usos (U)				
Floresta Nativa	0,08 a	0,56 b	4,18 c	56,33 a
Cana-de-açúcar	0,05 b	0,20 c	5,44 a	11,66 c
Lavoura de arroz	0,05 b	0,39 b	4,24 c	32,68 b
P. Degradada	0,05 b	0,44 b	3,97 c	42,54 b
P. Reformada	0,06 b	0,06 c	4,77 b	3,19 c
APP	0,05 b	1,07 a	4,59 c	69,88 a
Valor de F	6,62**	35,76**	10,34**	24,61**
Profundidade (P)				
0-0,10 m	0,09 a	0,46	5,44 a	31,42 b
0,10-0,20 m	0,05 b	0,45	4,24 b	37,27 a
0,20-0,30 m	0,03 c	0,45	3,91 c	39,45 a
Valor de F	81,48**	0,06 ns	124,81**	5,07**
Interação U x P				
Valor de F	1,19 ns	1,54 ns	0,41 ns	1,07 ns
CV1 (%)	34,74	49,63	14,08	55,50
CV2 (%)	26,95	28,69	8,72	28,02

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

Na camada de 0-0,10 m foi observado o maior valor para os teores de  $K^+$  (0,09 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) provavelmente devido a maior quantidade de matéria orgânica presentes nesta profundidade. Resultado semelhante foi observado por Araújo (2000), ao trabalhar com ARGISSOLO AMARELO Distrófico sob distintos usos no Acre, onde este também verificou valores decrescentes conforme aumento da profundidade e também concluiu que o maior teor de matéria orgânica na primeira profundidade foi o responsável pelo observado.

O teor de alumínio ( $Al^{3+}$ ) para solos caracteriza-os como distróficos (SOUZA e LOBATO, 2004). De acordo com os sistemas de usos e manejos avaliados nesse trabalho a APP diferiu dos demais, apresentando o maior valor

obtido para  $Al^{3+}$ , provavelmente esse resultado ocorreu em função dessa área estar em processo de recuperação, pois baixos valores para esse elemento possivelmente estejam relacionados à atividade dos restos vegetais chamados também de matéria orgânica humificada (COSTA et al., 2004) e a não correção do solo com o uso da calagem. O menor valor foi encontrado para a área de pastagem recuperada pode ser explicado ao considerar o aumento do pH, através do uso da calagem, sendo esta uma das principais formas de neutralizar o  $Al^{3+}$  presente no solo (SOUZA et al., 2003). Não houve diferença significativa entre às profundidades para o teor de  $Al^{3+}$ .

A capacidade de troca catiônica (CTC) potencial foi classificada como média (ALVAREZ et al., 1999) com resultados entre 3,97 a 5,44  $cmol_c\ dm^{-3}$  nos seis sistemas de usos avaliados. O maior valor foi observado para a cana-de-açúcar ocorreu por se tratar de um local no qual há maior teor de matéria orgânica (Tabela 8), que é um dos elementos responsáveis pela CTC do solo (CIOTTA, 2003). Com relação a profundidades, o maior valor para CTC foi observada na camada 0-0,10 m, fato que se deve pela maior presença de matéria orgânica na superfície do solo.

A saturação por alumínio (m%) apresentou maior média nas áreas de APP e floresta nativa as quais diferiram dos demais usos. Esses resultados podem ser explicados devido a APP ser um ambiente em recuperação e no qual não foi realizada nenhuma atividade para melhorar a fertilidade do solo. Já na floresta nativa a ciclagem de nutrientes pode ser o responsável pelo alto índice dessa variável.

Houve diferença significativa também entre as profundidades, possuindo valores crescentes de acordo com o aumento da profundidade. Ao contrário, Vieira et al. (2017) verificaram diminuição na m% com o aumento da profundidade e estes autores comentam que isso ocorre devido à alta relação existente entre a m% e o pH do solo, o que não foi observado no presente trabalho.

Para o pH ( $CaCl_2$ ) os maiores valores foram obtidos para as áreas de cana-de-açúcar e pastagem reformada (Tabela 3) sendo classificados como pH baixo (RIBEIRO, 1999). Esse comportamento se deve a realização da calagem

nessas áreas que ocasiona o maior acúmulo de bases trocáveis (AZEVEDO et al., 2007).

Tabela 3. Valores de F, coeficientes de variação e médias para pH (CaCl<sub>2</sub>) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	pH (CaCl <sub>2</sub> ) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )
Usos (U)	
Floresta Nativa	4,00 c
Cana-de-açúcar	4,75 a
Lavoura de arroz	4,25 b
P. Degradada	4,23 b
P. Reformada	4,74 a
APP	4,14 b
Valor de F	70,38**
Profundidade (P)	
0-0,10 m	4,39
0,10-0,20 m	4,33
0,20-0,30 m	4,33
Valor de F	5,72**
Interação U x P	
Valor de F	16,12 ns
CV1 (%)	3,35
CV2 (%)	1,81

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

O menor valor de pH (CaCl<sub>2</sub>) foi verificado na área de floresta nativa correspondendo ao pH de 4,00. Resultado semelhante foi encontrado por Valladares et al. (2011) em um LATOSSOLO cujo pH foi de 4,1 para o mesmo tipo de cobertura. Quanto as profundidades, não houve diferença significativa para o pH (CaCl<sub>2</sub>).

Os valores obtidos para fósforo (P) no solo (Tabela 4) são classificados como baixos para todos os usos, pois estes estão abaixo de 2,0 mg dm<sup>-3</sup> (EMBRAPA, 2004).

Para os sistemas de manejos do solo as áreas que se destacaram com os maiores índices foram pastagem reformada e lavoura de arroz, não havendo diferença significativa entre os demais usos. O maior valor foi observado para o uso da lavoura de arroz e se deve ao fato da realização da adubação ocorrida nesta área.

Tabela 4. Valores de F, coeficientes de variação e médias para fósforo (P) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )
Usos (U)	
Floresta Nativa	0,82 b
Cana-de-açúcar	0,88 b
Lavoura de arroz	1,33 a
P. Degradada	0,76 b
P. Reformada	1,01 b
APP	0,65 b
Valor de F	7,75**
Profundidade (P)	
0-0,10 m	1,37 a
0,10-0,20 m	0,75 b
0,20-0,30 m	0,61 c
Valor de F	71,09**
Interação U x P	
Valor de F	5,44 ns
CV1 (%)	36,34
CV2 (%)	36,34

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

Em relação as profundidades, a camada superficial obteve o maior valor para o teor de fósforo, demonstrando que com o aumento da profundidade há a diminuição desse nutriente devido à interferência da matéria orgânica, da ação microbiana e da alta adsorção pela argila (ARAÚJO, 2000) e também por ser considerado um elemento de pequena mobilidade no solo.

Em relação ao teor de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) (Tabela 5) nos sistemas de uso do solo, verificaram-se os maiores valores para as áreas de cana-de-açúcar e pastagem reformada, fato que se deve novamente à realização da calagem ocorrida nesses usos (SILVA NETO et al., 2011). Além disso, há a influência inversamente proporcional da acidez potencial, ou seja, áreas cuja acidez é menor apresentam maior índice de cálcio (RODRIGUES et al., 2004). Destaca-se também que maiores teores de Cálcio são importantes para estabilizar a matéria orgânica no solo (FERNANDES et al., 2002).

Já os menores resultados de Ca<sup>2+</sup> foram observados para floresta nativa e APP, confirmando a presença de menor pH nessas áreas. Para as profundidades foi constatado que a camada de 0-0,10 m possui maior teor de

Ca<sup>2+</sup>, o que pode ser explicado pela incorporação do calcário ter sido realizada com o uso de grade aradora, implemento que não possibilita o revolvimento do solo em maiores profundidades.

Tabela 5. Valores de F, coeficientes de variação e médias para cálcio (Ca<sup>2+</sup>) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )
Usos (U)	
Floresta Nativa	0,24 c
Cana-de-açúcar	1,57 a
Lavoura de arroz	0,60 b
P. Degradada	0,43 b
P. Reformada	1,36 a
APP	0,18 c
Valor de F	50,37**
Profundidade (P)	
0-0,10 m	0,93 a
0,10-0,20 m	0,66 b
0,20-0,30 m	0,61 b
Valor de F	33,91**
Interação U x P	
Valor de F	7,70 ns
CV1 (%)	43,78
CV2 (%)	22,23

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

Para o magnésio (Mg<sup>2+</sup>) (Tabela 6) a área de cana-de-açúcar apresentou a maior média, evidenciando o efeito da calagem realizada recentemente. Para a floresta nativa, lavoura de arroz e pastagem degradada foi verificado os menores valores de Mg<sup>2+</sup> demonstrando que a realização da calagem aumenta o pH e também proporciona a elevação de Mg<sup>2+</sup> e Ca<sup>2+</sup> (CARNEIRO et al., 2009).

Com relação a profundidade foi observado maiores teores de magnésio nas camadas de 0-0,10 m possivelmente pela influência do pH do solo (FERREIRA et al., 2011), onde ao elevá-lo com o uso da calagem, esse nutriente se torna mais disponível no solo.

Tabela 6. Valores de F, coeficientes de variação e médias para magnésio ( $Mg^{2+}$ ) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Magnésio ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )
Usos (U)	
Floresta Nativa	0,12 c
Cana-de-açúcar	0,87 a
Lavoura de arroz	0,18 c
P. Degradada	0,12 c
P. Reformada	0,63 b
APP	0,22 c
Valor de F	69,82**
Profundidade (P)	
0-0,10 m	0,52 a
0,10-0,20 m	0,29 b
0,20-0,30 m	0,27 b
Valor de F	59,69**
Interação U x P	
Valor de F	23,81 ns
CV1 (%)	40,45
CV2 (%)	26,93

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

A maior acidez potencial (H+Al) do solo (Tabela 7) foi observada para a APP, podendo ser explicado por ser uma área em recuperação e não ter ocorrido a calagem no local e também segundo Pitta et al. (2007) a acidez potencial tem interferência direta da matéria orgânica, argila e os óxidos de ferro e alumínio no solo (PITTA et al., 2007).

Com destaque, verifica-se o valor também elevado de H+Al observado na área de floresta nativa, sendo que Portugal et al. (2010) também obtiveram resultado semelhante ao estudar uma área de vegetação nativa, a qual apresentou valor para acidez potencial elevado em relação a outros sistemas de cultivo. Segundo esses autores, isso se torna possível pelo alto teor de matéria orgânica, sendo que a mesma tem grupos funcionais como os carboxílicos que liberam o  $H^+$  (SOUSA et al., 2007), elevando a acidez potencial do solo e também a não realização da calagem nesta área. Com relação à profundidade, a camada superficial apresentou maior valor, correspondendo a  $3,92\ cmol_c\ dm^{-3}$ . Quanto as camadas de 0,10-0,20 m e de 0,20-0,30 m não houve diferença significativa entre essas.

Tabela 7. Valores de F, coeficientes de variação e médias para acidez potencial (H+Al) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Acidez potencial ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )
Usos (U)	
Floresta Nativa	3,70 b
Cana-de-açúcar	3,04 c
Lavoura de arroz	3,44 b
P. Degradada	3,35 b
P. Reformada	2,60 d
APP	4,12 a
Valor de F	13,70**
Profundidade (P)	
0-0,10 m	3,92 a
0,10-0,20 m	3,19 b
0,20-0,30 m	3,02 b
Valor de F	61,87**
Interação U x P	
Valor de F	5,44 ns
CV1 (%)	16,22
CV2 (%)	9,93

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

A matéria orgânica (MO) (Tabela 8) nos seis sistemas de uso e manejo do solo é classificada como muito baixa (ALVAREZ et al., 1999) por possuir valores de 10,08 a 19,09  $\text{g kg}^{-1}$ . Entretanto, nota-se que as áreas de cana-de-açúcar, lavoura de arroz e pastagem reformada obtiveram os maiores índices para MO, indicando que a ação antrópica pode ocasionar elevação dessa característica.

A cana-de-açúcar por apresentar deposição de palhada sobre solo e a produção de grande quantidade de raízes possibilita um ambiente ideal para que os microrganismos atuem com eficiência na decomposição da matéria orgânica (CAMPOS, 2003) e assim elevando os teores do solo.

Na área de lavoura de arroz, além da incorporação recente da pastagem, era composta pelo plantio de arroz, gramínea de cultivo anual, que também colabora para o alto teor de MO no solo devido ao acúmulo de biomassa pelo sistema radicular e a estabilização dos agregados (FASSBENDER et al., 1994), além da grande quantidade de lignina que por sua vez aumenta os ácidos carboxílicos e húmicos (PRIMAVESI, 1982).

Tabela 8. Valores de F, coeficientes de variação e médias para matéria orgânica (MO) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )
Usos (U)	
Floresta Nativa	15,42 b
Cana-de-açúcar	18,43 a
Lavoura de arroz	18,04 a
P. Degradada	15,86 b
P. Reformada	19,09 a
APP	10,08 c
Valor de F	50,75**
Profundidade (P)	
0-0,10 m	21,77 a
0,10-0,20 m	14,87 b
0,20-0,30 m	11,82 c
Valor de F	358,73**
Interação U x P	
Valor de F	9,99 ns
CV1 (%)	11,15
CV2 (%)	9,12

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

Em relação à pastagem reformada, ao mudar o sistema o teor de MO no solo é baixo por não haver a deposição de palhada (PINHEIRO et al., 2004), posteriormente com o crescimento da vegetação este teor aumenta alcançando a mesma qualidade que uma vegetação natural (CERRI et al., 1990; CHONÉ et al., 1991) esse resultado também auxiliado pela aplicação de calcário que foi realizado na área.

Na APP foi observado o menor valor para MO, refletindo o grau de perturbação que está ocorrendo nesta área em sua recuperação e também a falta de correções no uso que essa área vinha tendo.

Quanto à profundidade, observou-se para a camada de 0-0,10 m maior MO, atribuído aos resíduos vegetais que permanecem na camada superficial e a maior presença de raízes (FALLEIRO et al., 2003) se decompondo de forma vagarosa e gradativa melhorando os atributos do solo influenciando tanto na fertilidade como na produtividade (PAUL et al., 2013).

A soma de bases (SB) (Tabela 9) nas áreas de floresta nativa, lavoura de arroz, pastagem degradada e APP são classificadas como baixa por

apresentarem valores inferiores a  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , já para a cana-de-açúcar e pastagem reformada os índices são maiores que 2,1 sendo consideradas SB média (ALVAREZ et al., 1999), novamente verifica-se o efeito da calagem realizada nessas áreas.

Tabela 9. Valores de F, coeficientes de variação e médias para soma de bases (SB) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Soma de bases ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )
Usos (U)	
Floresta Nativa	0,48 c
Cana-de-açúcar	2,54 a
Lavoura de arroz	0,85 c
P. Degradada	0,62 c
P. Reformada	2,13 b
APP	0,47 c
Valor de F	61,64**
Profundidade (P)	
0-0,10 m	1,57 a
0,10-0,20 m	1,04 b
0,20-0,30 m	0,94 b
Valor de F	58,98**
Interação U x P	
Valor de F	17,69 ns
CV1 (%)	38,04
CV2 (%)	20,42

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

O incremento da SB se dá pelo acréscimo de cálcio e magnésio no solo (SILVA et al., 2001), ou seja, quando a floresta nativa é substituída por culturas a SB é elevada devido a aplicação de fertilizantes e a realização de calagem (CORRÊA et al., 2009). Resultados semelhantes foram obtidos por Portugal et al. (2010) ao realizarem uma comparação entre áreas de pasto, plantação de cana-de-açúcar e de laranja.

Quanto a profundidade foi verificada na camada de 0-0,10 m maior valor para SB sendo que para as demais profundidades não houve diferença significativa entre as mesmas. Estes resultados demonstram novamente a ação antrópica nessas áreas melhorando a fertilidade (MATIAS et al., 2009).

Os valores para saturação por bases (V%) (Tabela 10) são classificados entre muito baixo quando são inferiores a 20% (floresta nativa, APP e pastagem degradada), baixo quando estão no intervalo de 20,1 a 40% (lavoura de arroz) e médio de 40,1 a 60% (cana-de-açúcar e pastagem reformada) (ALVAREZ et al., 1999).

Tabela 10. Valores de F, coeficientes de variação e médias para saturação por bases (V%) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos e profundidades.

	Saturação por bases (%)
Usos (U)	
Floresta Nativa	11,05 c
Cana-de-açúcar	42,25 a
Lavoura de arroz	20,32 b
P. Degradada	15,50 b
P. Reformada	45,63 a
APP	10,32 c
Valor de F	45,80**
Profundidade (P)	
0-0,10 m	26,30 a
0,10-0,20 m	23,55 b
0,20-0,30 m	22,69 b
Valor de F	6,54**
Interação U x P	
Valor de F	9,52 ns
CV1 (%)	37,29
CV2 (%)	16,74

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

As áreas de cana-de-açúcar e pastagem recuperada obtiveram os maiores valores para a saturação por bases podendo ser explicado pela conversão da floresta nativa em áreas cultiváveis ocasionando altos índices para SB e V% devido as aplicações de fertilizantes e calcário (CORRÊA et al., 2009), relacionando-os também com a CTC e a MO do solo (ARAÚJO et al., 2004). Quanto a profundidade, a profundidade de 0-0,10 m se diferenciou das demais, porém as três profundidades analisadas são classificadas como média a saturação por bases (ALVAREZ et al., 1999).

O carbono da biomassa microbiana (CB) (Tabela 11) diferenciou-se estatisticamente em função dos diferentes sistemas de usos do solo,

apresentando intervalos entre 203,00 a 285,50 mg C kg<sup>-1</sup>. Conforme a literatura os valores para essa variável oscilam de 90 a 2.300 mg C kg<sup>-1</sup> (VAN DE WERF et al., 1987).

As áreas de floresta nativa e pastagem degradada obtiveram maior CB em relação as demais. A floresta devido a produção de materiais vegetais e conseqüentemente ao seu acúmulo no solo (TOLEDO et al., 2002). A pastagem por ser classificada como gramínea e de acordo com a fisiologia vegetal é uma planta C4, portanto possibilita que ocorra altos estoques de carbono no solo (BARRETO et al., 2006), além disso, o tempo em que a pastagem foi introduzida contribui com o incremento de carbono advindo da fotossíntese (FEIGL et al. 1995), ou seja, quanto maior for o intervalo de tempo, maior será a quantidade de carbono retido no solo sendo compatível com os mesmos níveis da floresta (CERRI et al., 2003), desde de que se tenha uma produção adequada de forragem.

A biomassa microbiana do solo (BMS) apresentou maior concentração nas áreas de pastagem degradada com 55,63 mg C microbiano kg<sup>-1</sup> e floresta nativa com 47,99 mg C microbiano kg<sup>-1</sup>.

Na pastagem degradada esse resultado pode indicar uma especialidade de grupos de microrganismos que são eficientes para permanecerem vivos em locais desfavoráveis e com elevada acidez no solo (LIMA et al., 2011), além do que, o favorecimento da microbiota nessa área ocorre através do desenvolvimento das raízes das gramíneas que por sua vez sinalizam a qualidade dos microrganismos (SOUZA et. al., 2010), incentivando a BMS quanto ao seu crescimento e desenvolvimento.

Já para floresta nativa, o solo não revolvido contribui com maior quantidade de matéria orgânica na superfície, de estruturas fúngicas e de radículas que proporcionam o crescimento de microrganismos elevando a BMS (MATSUOKA et al., 2003; MENDES et al., 2003).

Em ambas as áreas ocorrem a preservação do solo através da cobertura vegetal e de distintos materiais orgânicos que retém a água no solo, o protegendo de raios solares intensos e diminuindo a condição climática superficial do solo, dessa forma, há a redução da liberação da matéria orgânica

(GUIMARÃES et al., 2013) e conseqüentemente o aumento da BMS que justifica os resultados obtidos no presente trabalho.

Tabela 11. Valores de F, coeficientes de variação e médias do carbono da biomassa microbiana (CB), biomassa microbiana do solo (BMS), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (q) de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico em função de diferentes usos.

	CB (mg C kg <sup>-1</sup> solo)	BMS (mg C kg <sup>-1</sup> solo)	RBS (mg de C- CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> hora <sup>-1</sup> )	q (mgC-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> BMS-Ch <sup>-1</sup> )
Usos (U)				
Floresta Nativa	267,37 a	47,99 a	41,09 a	0,87
Cana-de-açúcar	203,00 b	41,45 b	32,06 b	0,79
Lavoura de arroz	219,31 b	40,69 b	19,46 b	0,50
Past. Degradada	285,50 a	55,63 a	44,68 a	0,83
Past. Reformada	211,38 b	40,22 b	31,85 b	0,82
APP	220,80 b	32,86 b	26,64 b	0,89
Valor de F	9,97*	5,19**	5,97**	1,58 ns
CV(%)	9,88	17,01	25,92	32,86

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. <sup>ns</sup> Não significativa.

A respiração basal do solo (RBS) foi maior na área de pastagem degradada, podendo indicar tanto a ocorrência de distúrbio quanto o aumento do grau de produção do uso do solo (ISLAM e WEIL, 2000). Além disso, valores elevados para a RBS em pastagem degradada possuem relação com as plantas presentes na área, a quais através das raízes possibilitam alta aeração e oxigenação do solo (MAZZETTO et al., 2016), acumulando matéria orgânica nesse sistema de manejo que é considerado análogo ou superior ao encontrado nos solos da floresta Amazônica (FEIGL et al., 1997). Essa comparação só é possível porque os bovinos que pastejam elevam, através de excrementos, a biomassa de microrganismos, isso influencia diretamente no resíduo e nos microrganismos modificando a fertilidade do solo (ASSIS JUNIOR et al., 2003).

Já o menor valor para a RBS foi na área de lavoura de arroz, não sendo caracterizado como indesejável, haja visto que a longo prazo elevada RBS ocasiona a perda de carbono do solo e, a curto prazo, libera os nutrientes para os vegetais (SOUZA et al., 2010). Além disso, a utilização de herbicida

com a finalidade de controlar plantas invasoras pode reduzir a atividade microbiana do solo (TIRONI et al., 2009).

Para o quociente metabólico (q) não houve diferença significativa entre os usos, obtendo-se valores entre 0,89 a 0,50 mgC-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> BMS-Ch<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram encontrados por D'andréa et al. (2002) e Castillo et al. (2001).

Entretanto, mesmo todos os usos sendo classificados como não significativos estatisticamente, foi verificado que a área de floresta nativa valor destaca-se para essa variável, possivelmente devido ao estresse pela elevação das condições climáticas resultando na alta atividade da BMS (CHEN et al., 2006), sendo que, altos valores também sugerem atividade intensa da matéria orgânica no solo (SAMPAIO et al., 2008).

Em solos de pH neutro índices de quociente metabólico maiores que 2,0 mgC-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> BMS-Ch<sup>-1</sup> podem indicar estresse da biomassa microbiana (ANDERSON, 2003). Portanto, quanto mais baixos são os valores, maior será a eficiência da biomassa microbiana ao utilizar carbono ocorrendo poucas perdas em forma de gás carbônico para a atmosfera (CUNHA et al., 2011).

## **Conclusões**

Com relação aos usos, verifica-se que as áreas que receberam calagem e adubação destacam-se com relação a fertilidade do solo, evidenciando assim o efeito antrópico sobre a fertilidade.

Quanto as profundidades analisadas de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e de 0,20-0,30 m, as variáveis químicas do solo, alumínio, pH ( $\text{CaCl}_2$ ) e a saturação por bases não apresentaram diferença significativa, entretanto, potássio, fósforo, cálcio, acidez potencial, matéria orgânica e soma de bases obtiveram os maiores teores na camada superficial do solo ocorrendo a diminuição das médias com o aumento da profundidade devido aos níveis de decomposição da cobertura vegetal ou da aplicação de fertilizantes.

Nas propriedades biológicas, carbono da biomassa microbiana, biomassa microbiana e respiração basal, não houve diferenças significativas entre as áreas de floresta nativa e pastagem degradada por apresentarem sistemas que proporcionam alta atividade microbiana.

## Referências Bibliográficas

ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

ANDERSON, T.H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Cambridge, v.98, p.285–293, 2003.

ARAÚJO, E.A. **Caracterização de solos e modificações provocadas pelo uso agrícola no Assentamento Favo de Mel, na região do Purus – Acre**. 2000. 122 p. Tese (Mestrado em Ciência do Solo e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

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

ARAÚJO, A.S.F.; MELO, W.J. Soil microbial biomass in organic farming system. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.11, p.2419-2426, 2010.

ASSIS JUNIOR, S.L.; ZANUNCIO, J.C.; KASUYA, M.C.M.; COUTO, L.; MELIDO, R.C.N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p.35-41, 2003.

AZEVEDO, D.M.P.; LEITE, L.F.C.; TEIXEIRA NETO, M.L.; DANTAS, J.S. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agrônômica**, Campina Grande, v.38, n.1, p.32-40, 2007.

BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S.; FREIRE, M.B.G.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, R.A. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

CAMPOS, D.C. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima de cana-de-açúcar para o sequestro de carbono**. 2003. 103f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola), Universidade de São Paulo, Piracicaba- SP.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v.33, n.1, p.147-157, 2009.

CASTILLO, X.; JOERGENSEN, R.G. Impact of ecological and conventional arable management systems on chemical and biological soil quality indices in Nicaragua. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.33, n.12-13, p.1591-1597, 2001.

CERRI, C.C.; ANDREUX, F.G. Changes in organic carbon content in oxisols cultivated with sugar cane and pastures based on  $^{13}\text{C}$  natural abundance measurement. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14., Kyoto, 1990. **Anais**. Kyoto: ISSS, 1990. v.4, p.98-103.

CERRI, C.E.P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D.S.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.; CERRI, C.C. Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystems of Amazon, Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.67, n.6, p.1879-1887, 2003.

CHEN, Y.; LEE, P.; LEE, G.; MARIKO, S.; OIKAWA, T. Simulating root responses to grazing of a Mongolian grassland ecosystem. **Plant Ecology**, v.183, n.2, p.265-275, 2006.

CHONÈ, T.; ANDREUX, F.; CORREA, J.C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Changes in organic matter in an oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture, determined by  $^{13}\text{C}$  isotopic composition. In: BERGHEIN, J. (Ed.). **Diversity of environmental biogeochemistry**. Amsterdam: Elsevier, 1991. p.397-405.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, 2003.

CORRÊA, M.C.M.; CONSOLINI, F.; CENTURION, J.F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.5, p.1159-1163, 2001.

CORRÊA, R.M.; FREIRE, M.B.G.S.; FERREIRA, R.L.C.; FREIRE, F.J.; PESSOA, L.G.M.; MIRANDA, M.A.; MELO, D.V.M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.2, p.305-314, 2009.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.587-589, 2004.

CUNHA, E.D.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.D.B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A.; LEANDRO, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: II - atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.2, p.603-611, 2011.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório Técnico Anual - Cerrados - 1980-1981**. Planaltina, 1982. 163p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353 p.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.1097-1104, 2003.

FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos**: com ênfasis en suelos de América Latina. 2. ed. San José: IICA, 1994. 420 p.

FEIGL, B.J.; SPARLING, G.P.; ROSS, D.J.; CERRI, C.C. Soil microbial biomass in Amazonian soil: evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v.27, n.11, p.1467-1472, 1995.

FERNANDES, F.A.; CERRI, C.C.; FERNANDES, A.H.B.M. **Alterações na matéria orgânica e nas características químicas de um Podzol Hidromórficos sob pastagens cultivadas no Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Embrapa Pantanal: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Corumbá, n.29, 2002, 28p.

FERREIRA, N.K.F.; SOUZA, C.M.C.; BASTOS, L.F.; SILVA JUNIOR, M.L.; MELO, V.S. **Propriedades químicas do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo em Pacajá (PA)**. In: anais do 9º Seminário Anual de Iniciação Científica. P.1-4. 2011.

GUIMARÃES, D.V.; GONZAGA, M.I.S.; SILVA, T.O.; SILVA, T.L.; DIAS, N.S.; MATIAS, M.I.S. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.126, n.1, p.177-182, 2013.

HURLBERT, S.H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monograph**, Itchaca, v.54, n.2, p.187-211, 1984.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.55, n.1, p.69-78, 2000.

JACKSON, L.E.; CALDERON, F.J.; STEENWERTH, K.L.; SCOW, K.M.; ROLSTON, D.E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. **Geoderma**, Amsterdam, v.114, n.3-4, p.305-317, 2003.

LIMA, S.S.; ALVES, B.J.R.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; PINHEIRO, E.F.M.; SANT'ANNA, S.A.C.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Relationship between the presence of térmita mounds and pasture degradation. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.46, n.12, p.699-1706, 2011.

LIU, E.; YANG, C.; MEI, X.; HE, W.; BING, S.H.; DING, L.; LIU, Q.; LIU, S.; FAN, T. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. **Geoderma**, Amsterdam, v.158, n.3, p.173-180, 2010.

MATIAS, M.C.B.; SALVIANO, A.A.C.; LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S. Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.40, n.3, p.356-362, 2009.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F.B. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.425-433, 2003.

MAZZETTO, A.M.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. Atividade da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra no sudoeste da Amazônia. **Revista Bragantia**, Campinas, v.75, n.1, p.79-86, 2016.

MENDES, I.C.; SOUZA, L.V.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.435-443, 2003.

MILINDRO, I.F.; RODRIGUES, R.A.; SANTOS, M.K.A. Atributos químicos como indicadores de qualidade do solo sob manejo agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v.10, n.3, p.1-5, 2016.

MOESKOPS, B.; BUCHAN, D.; SUKRISTIYONUBOWO.; NEVE, S.D.; GUSSEME, B.D.; WIDOWATI, L.R.; SETYORINI, D.; SLEUTEL, S. Soil quality indicators for intensive vegetable production systems in Java. **Ecological Indicators**, Indonesia, v.18, p.218-226, 2012.

NEILL, C.; COE, M.T.; RISKIN, S.H.; KRUSCHE, A.V.; ELSENBEEER, H.; MACEDO, M.N.; McHORNEY, R.; LEFEBVRE, P.; DAVIDSON, E.A.; SCHEFFLER, R.; FIGUEIRA, A.M.S.; PORDER, S.; DEEGAN, L.A. Watershed responses to Amazon soya bean cropland expansion and intensification. **Philosophical Transactions of The Royal Society B**, Londres, v.368, n.1619,

p.20120425, 2013.

PAUL, B.K.; VANLAUWE, B.; AYUKE, F.; GASSNER, A.; HOOGMOED, M.; HURISSO, T.T.; KOALA, S.; LELEI, D.; NDABAMENYE, T.; SIX, J.; PULLEMAN, M.M. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Netherlands, v.164, n.1, p.14-22, 2013.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.4, p.731-737, 2004.

PITTA, G.V.E.; COELHO, A.M.; ALVES, V.M.C.; FRANÇA, G.E.; MAGALHÃES, J.V. **Cultivo do milho**. Sistema de produção. Embrapa milho e sorgo. 3<sup>a</sup>. Ed. 2007.

PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.; DEL'ARCO V.; COSTA, L.M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.2, p.575-585, 2010.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541p.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Viena: **R Foundation for Statistical Computing**; 2017. URL <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 02/1/2018

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES, V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5<sup>o</sup> aproximação, Viçosa, 1999, 359 p.

RODRIGUES, R.C.; MATTOS, H.B.; PLESE, L.P.M.; PEREIRA, W.L.M.; RENNECKE, K. Calagem e disponibilidade de nutrientes após a incubação de um Neossolo Quartzarêmico. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.61, n.1, p.31-38, 2004.

RONQUIM, C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas, **Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2010. 26p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

SAMPAIO, D.B.; ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.353-359, 2008.

SANTOS, J.D. **Influência de diferentes sistemas agrícolas nas propriedades físicas e químicas das camadas superficiais do solo**. 2007.

78p. Dissertação (Mestrado em geografia), Universidade Federal de Minas Gerais, São José Da Lapa –MG.

SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E.; BERTON, H.B.Z.; PEXE, C.A.; BERNARDES, E.M. Efeitos de lodo de esgoto na fertilidade de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.5, p.831-840, 2001.

SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S.; DELPOLLI, H. (2007a) **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>)**. Embrapa. Comunicado Técnico 99. 6p.

SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S.; DELPOLLI, H. (2007b). **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. Embapa. Comunicado Técnico 98.6p.

SILVA NETO, S.P.; SANTOS, A.C.; LEITE, R.L.L.; DIM, V.P.; CRUZ, R.S.; PEDRICO, A.; NETO, D.N.N. Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.32, n.2, p. 541-552, 2011.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.133-139, 2003.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, 2007. 991p.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS; A.P.B. Biomassa microbiana do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.1, p.78-88, 2010.

TIRONI, S.P.; BELO, A.F.; FIALHO, M.C.T.; GALON, L.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; COSTA, M.D.; BARBOSA, M.H.P. Efeito de herbicidas na atividade microbiana do solo. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v.27, p.995-1004, 2009.

TOLEDO, L.O.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, C.E.G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Revista Ciência Florestal**, Santa. Maria, v.12, n.2, p.9-16, 2002.

VALLADARES, G.S.; BATISTELLA, M.; PEREIRA, M.G. Alterações ocorridas pelo manejo em Latossolo, Rondônia, Amazônia Brasileira. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.3, p.631-637, 2011.

VAN DE WERF, H.; VERSTRAETE, W. Estimation of active soil microbial biomass by mathematical analysis of respiration: relation to conventional estimation of total biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, n.3, p.267-271, 1987.

VIEIRA, C.R.; ARAÚJO, J.L.S.; WEBER, O.L.S.; SCARAMUZZA, J.F. Alterações na fertilidade do solo sob diferentes usos na região de Brasnorte-MT. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v.5, n.1, p.10-22, 2017.

VILELA, E.F.; MENDONÇA, E.S. Impactos de sistemas agroflorestais sobre a matéria orgânica do solo: Modelagem de carbono e nitrogênio. **Coffee Science**, Lavras, v.8, n.3, p.354- 363, 2013.

#### **4. CONCLUSÕES GERAIS**

O uso contínuo de implementos agrícolas colabora para a degradação dos atributos edáficos, tanto físicos como químicos e biológicos ao modificar a estrutura do solo.

Quanto à propriedade biológica do solo o quociente metabólico (q) foi a única variável que não apresentou diferença significativa entre os sistemas de usos e manejos do solo.

Com a realização desse trabalho foi possível verificar a relevância dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo com a finalidade de avaliá-los quanto sua qualidade e sustentabilidade. A metodologia utilizada nesse trabalho pode ser explorada e utilizada com o objetivo de monitorar outros biomas, permitindo contribuir com avaliações a cerca de outros sistemas de usos e manejos do solo que sofrem com grandes alterações na sua estrutura.