

ERBESSION DE SOUZA BRITO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO APÓS
CONVERSÃO DE FLORESTA NATIVA EM PASTAGEM E EM
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NA AMAZÔNIA
OCIDENTAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Ciência
do Solo na Universidade do Estado de Santa
Catarina-UDESC.

Orientador: Dr. Jackson Adriano Albuquerque

Co-orientadores: Dr. Falberni de Souza Costa
Dr. Álvaro Luiz Mafra

**LAGES, SC
2016**

Ficha Catalográfica elaborada pelo aluno, com auxílio do programa de
geração automática da Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Brito, Erbesson de Souza

Atributos químicos e físico-hídricos do solo após conversão de floresta nativa em pastagem e em integração lavoura-pecuária na Amazônia Ocidental/ Erbesson de Souza Brito-Lages-2016.

170 p.

Orientador: Jackson Adriano Albuquerque

Co-orientador: Falberni de Souza Costa

Co-orientador: Álvaro Luiz Mafra

Bibliografia: p. 136-158.

Dissertação (mestrado)-Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2016.

1. Acre. 2. Argissolo. 3. Qualidade do solo. 4. Sistemas de uso do solo. Brito, Erbesson de Souza. I. Albuquerque, Jackson Adriano. II. Costa, Falberni de Souza. III. Mafra, Álvaro Luiz. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título.

ERBESSION DE SOUZA BRITO

ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSIO-HÍDRICOS DO SOLO APÓS
CONVERSÃO DE FLORESTA NATIVA EM PASTAGEM E EM
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NA AMAZÔNIA
OCIDENTAL

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciência do Solo na Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC

Aprovado em: ____ / ____ / ____
Homologado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Orientador/Presidente
Dr. Jackson Adriano Albuquerque
UDESC-CAV, Lages, SC

Membro
Dr. Letícia Sequinatto
UDESC-CAV, Lages, SC

Membro Externo
Dr. Sidinei Leandro Klöckner Stürmer
IFC, Rio do Sul, SC

Lages, Santa Catarina
04 de Março de 2016

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho àquela que é minha matriz, educadora maior, “educadora para vida”, mais sábia por sinal. À minha eterna e querida mãe Maria Angelina. Esta, em todas as etapas de mais essa fase da minha existência, me apoiou de forma insistente nos mais amplos sentidos, e por ter suportado a distância do querido filho por tanto tempo. Dedico também à minha querida irmã, de codinome “Erbinha” (Meiriane Brito), por acreditar e me apoiar em todos os momentos.

Em memoria de meu pai Aldemir de Souza Brito

AGRADECIMENTOS

A DEUS pelo dom da Vida.

À minha mãe Maria Angelina, por tudo e muito mais, sem palavras para descrever sua importância na minha vida, ou melhor, uma palavra define “Tudo”.

Às minhas irmãs Meiriane, Leiliane, Eliane, e irmãos Giovani e Alexandre e demais familiares pelo apoio.

Ao Prof. Dr. Jackson Adriano Albuquerque pela disponibilidade e paciência em me orientar e apoio nos momentos que mais precisei.

Ao Dr. Falberni de Souza Costa e família pelo apoio incondicional nos mais amplos sentidos. Serei eternamente grato.

Ao Dr. Nilson Gomes Bardales pelo apoio nas atividades de campo (Classificação do solo).

Ao proprietário da Fazenda Batista, Sr. Edilson por permitir a realização deste estudo.

Aos amigos Mueta e Juciane pela verdadeira amizade e apoio incondicional nos momentos que mais precisei. Sou eternamente grato.

À UDESC-CAV e ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de cursar o Mestrado e formação científica. A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À EMBRAPA ACRE por permitir a realização das análises químicas no laboratório de solos.

Por fim, sou grato aos colegas de laboratório e a todos que contribuíram neste trabalho.

“Ser grato e humilde é um estado de espirito que nos eleva ao mais alto grau de sabedoria”

RESUMO GERAL

BRITO, Erbesson de Souza. Atributos químicos e físico-hídricos do solo após conversão de floresta nativa em pastagem e em integração lavoura-pecuária na Amazônia Ocidental. 2016. 170 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade do Estado de Santa Catarina, programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2016.

O tipo e a intensidade de uso do solo têm reflexos nas suas propriedades químicas, físicas, e biológicas. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar os atributos químicos e físico-hídricos em sistemas de uso e manejo do solo após substituição de floresta nativa. O estudo foi realizado na Amazônia Ocidental, Leste do estado do Acre, no município de Rio Branco, em um Argissolo Vermelho-Amarelo. Foi selecionada uma área sob floresta nativa (FN), usada como referência, uma com sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e outra com pastagem (PAST). Em cada sistema foram abertas quatro trincheiras para coleta de amostras com estrutura alterada e preservada, até 100 cm de profundidade. Foram determinados carbono orgânico total e nitrogênio orgânico total, pH, cálcio, magnésio, potássio, fósforo disponível, fósforo remanescente, acidez trocável, acidez potencial, e estimadas a CTC efetiva, CTC pH 7, soma de bases, saturação por bases e saturação por alumínio. As características físicas avaliadas foram granulometria, grau de floculação, densidade do solo e de partículas, resistência do solo à penetração, estabilidade de agregados, curva de retenção de água, distribuição do tamanho dos poros, porosidade e capacidade de aeração, água disponível e o índice S. Além disso, foi coletado solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm para determinar os limites de plasticidade e liquidez, a densidade máxima do solo e a umidade crítica de

compactação. A conversão de FN para os sistemas de ILP e PAST reduziu os teores dos cátions básicos do solo, principalmente nas primeiras camadas. A matéria orgânica total e nitrogênio orgânico total na ILP e PAST reduziram de forma expressiva na camada de 0-5 cm, em comparação a FN, com menor diferença em profundidade. Na ILP e PAST foi observada maior estabilidade de agregados, densidade do solo, resistência do solo à penetração, densidade relativa e menor porosidade em comparação a FN. A mudança de uso do solo para ILP e PAST prejudicou a qualidade física do solo.

Palavras-chave: Acre. Argissolo Vermelho-Amarelo. sistemas de uso do solo.

GENERAL ABSTRACT

BRITO, Erbesson Souza. Soil chemical and hydric-physical properties after a conversion of a native forest into a pasture and into a crop-livestock integration system in Western Amazon. 2016. 170 p. Dissertation (Master in Soil Science) - University of the State of Santa Catarina, Postgraduate Program in Soil Science, Lages, 2016.

The type and the intensity of soil use systems have effects on the soil chemical, physical, and biological properties. In this context, the objective of this study was to evaluate the soil chemical and physical properties in soil use and management systems after a replacement of native forest. The study was conducted in Western Amazon, Rio Branco, Acre, in a Typic Hapludults (Red-yellow). It was selected an area under a native forest (NF), used as a reference, another area with integrated crop-livestock (ICL) system and the last one with a pasture (PAST). In each system, four trenches were opened to collect samples of disturbed and undisturbed soil structure, till the 100 cm depth. The soil chemical properties evaluated were: total organic carbon (TOC), total organic nitrogen, pH, calcium, magnesium, potassium, available phosphorus, remaining phosphorus, exchangeable acidity, potential acidity, effective cation exchange capacity (CEC), CEC at pH 7, sum of bases, bases saturation, aluminum saturation. The soil physical properties evaluated were: soil texture, clay flocculation degree, bulk and particle density, resistance penetration, aggregates stability, water retention curve, porosity and aeration capacity, available water content and the S index. The soil was collected also in the layers of 0-10 and 10-20 cm to determine the limits of plasticity and liquidity, the soil maximum density and the compaction critical moisture. The conversion of the native forest into ILP and PAST systems reduced the concentrations

of the base cation, mainly in the first layers. The concentrations of total organic carbon and total organic nitrogen in the ICL and PAST systems reduced in a significant way in the 0-5 cm layer, when compared to the NF, with lower difference in depth. The ICL and PAST systems had higher aggregates stability, bulk density, resistance penetration, relative density, and both systems had lower porosity when compared to the NF. The change in the soil use system, starting from the native forest to ICL and PAST is followed by a decrease in the soil physical quality.

Keywords: Acre. Typic Hapludults (Red-yellow). soil management systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da área de estudo no estado do Acre. Rio Branco, Acre, 2016.....	44
Figura 2- Sistema de floresta nativa. Rio Branco, Acre, 2016.....	45
Figura 3- Sistema de integração lavoura-pecuária. Rio Branco, Acre, 2016.....	45
Figura 4- Sistema de pastagem. Rio Branco, Acre, 2016.....	46
Figura 5- Matéria orgânica de um Argissolo Vermelho- Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....	50
Figura 6- Nitrogênio orgânico total de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....	53
Figura 7- Relação carbono/nitrogênio (C/N) de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....	54

Figura 8- pH em água e KCl de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, lavoura

pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras de erro indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....56

Figura 9- Acidez potencial H+Al (A) e acidez trocável Al³⁺ (B) de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....61

Figura 10- Fósforo disponível (A) e fósforo remanescente (B) de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....64

Figura 11- Percentagem de agregados nas diferentes classes de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Rio Branco, Acre, 2016.....81

Figura 12- Estabilidade de agregado de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....84

Figura 13- Densidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam os valores de erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....86

Figura 14- Correlações entre a matéria orgânica e densidade do solo (MO x Ds) e da matéria orgânica e diâmetro médio geométrico (MO x DMG) de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Rio Branco, Acre, 2016.....87

Figura 15- Resistência do solo à penetração determinada em laboratório (A) e em campo (B) de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....90

Figura 16- Variação da resistência do solo à penetração em função da densidade do solo e umidade volumétrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem. Rio Branco, Acre, 2016.....92

Figura 17- Curva de compactação de um Argissolo Vermelho-Amarelo com e sem reuso da amostra para a profundidade de (0-10), em ambiente de floresta, integração lavoura-pecuária e pastagem (** Modelo ajustado e significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F). Rio Branco, Acre, 2016.....96

- Figura 18-** Curva de compactação de um Argissolo Vermelho-Amarelo, com e sem reuso da amostra para a profundidade de (10-20 cm), em ambiente de floresta, integração lavoura-pecuária e pastagem (** Modelo ajustado e significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F). Rio Branco, Acre, 2016.....97
- Figura 19-** Porosidade total de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....113
- Figura 20-** Distribuição de volume de sólidos e das classes de poros de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Rio Branco, Acre, 2016.....116
- Figura 21-** Porosidade de aeração e capacidade de aeração de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....118
- Figura 22-** Curva de retenção de água de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a camada de 20-30 cm. Modelo ajustado e significativo ($p \leq 0,01$ pelo teste F) Rio Branco, Acre, 2016.....122

- Figura 23-** Curva de retenção de água de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, da camada de 30-40 a 80-100 cm. Modelo ajustado e significativo ($p \leq 0,01$ pelo teste F). Rio Branco, Acre, 2016.....123
- Figura 24-** Água disponível de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.....125
- Figura 25-** Correlação de Person entre atributos fiscos de um Argissolo Vermelho-Amarelo, Rio Branco, Acre, 2016.....127
- Figura 26-** Índice S de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a camada de 20-30 cm. Rio Branco, Acre, 2016.....129
- Figura 27-** Índice S de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem da camada de 30-40 a 80-100 cm. Rio Branco, Acre, 2016.....130
- Figura 28-** Correlação entre o índice S e água disponível em sistemas de uso e manejo de um Argissolo Vermelh-Amarelo na Amazônia Ocidental. Rio Branco, Acre, 2016.....132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Umidade gravimétrica do solo no momento da determinação da resistência do solo à penetração em campo. Rio Branco, Acre, 2016.....	91
Tabela 2- Limites de liquidez e plasticidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo, submetidos a três sistemas de uso do solo na Amazônia Ocidental. Rio Branco, Acre, 2016.....	94
Tabela 3- Umidade crítica e densidade máxima de um Argissolo Vermelho-Amarelo, submetidos a três sistemas de uso do solo na Amazônia Ocidental. Rio Branco, Acre, 2016.....	98
Tabela 4- Densidade do solo (Ds), densidade de partícula (Dp), matéria orgânica (MO) e densidade relativa de um Argissolo Vermelho-Amarelo, submetidos a três sistemas de uso do solo na Amazônia Ocidental. Rio Branco, Acre, 2016.....	101
Tabela 5- Equações para determinação de propriedades físicas do solo. Rio Branco, Acre, 2016.....	110

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	35
2 CAPÍTULO I- ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB DIFERENTES USOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL.....	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
2.1 INTRODUÇÃO.....	40
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
2.3.1 Matéria orgânica e nitrogênio orgânico total.....	51
2.3.2 Relação C/N.....	53
2.3.3 pH, cátions básicos, soma de bases e saturação por bases.....	55
2.3.4 Acidez trocável, acidez potencial e saturação por alumínio.....	60
2.3.5 CTC efetiva e CTC pH 7.....	62
2.3.6 Fósforo disponível e fósforo remanescente.....	62
2.4 CONCLUSÕES.....	65
3 CAPÍTULO II- ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB DIFERENTES USOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL.....	66
RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	68
3.1 INTRODUÇÃO.....	70

3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	73
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
3.3.1 Grau de floculação.....	78
3.3.2 Estabilidade de agregados.....	80
3.3.3 Densidade do solo.....	85
3.3.4 Resistência do solo à penetração.....	89
3.3.5 Limites de liquidez e plasticidade.....	93
3.3.6 Umidade crítica e densidade máxima do solo.....	94
3.3.7 Densidade Relativa.....	100
3.4 CONCLUSÕES.....	102
4 CAPÍTULO III- RETENÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE UM ARGISOLO VERMELHO- AMARELO SOB DIFERENTES USOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL.....	104
RESUMO.....	104
ABSTRAC.....	105
4.1 INTRODUÇÃO.....	106
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	107
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	112
4.3.1 Distribuição do tamanho de poros.....	112
4.3.2 Curva de retenção de água.....	119
4.3.3 Água disponível.....	124
4.3.4 Índice S.....	128
4.4 CONCLUSÕES.....	132
5 CONCLUSÕES GERAIS.....	134
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136
APÊNDICES.....	159

1 INTRODUÇÃO GERAL

No estado do Acre atenção especial deve ser dada ao uso dos solos para fins agrícolas e pecuários, pois a região possui solos e clima com características peculiares. Há uma carência de informações em relação aos efeitos de sistemas de uso e manejo do solo após a substituição de florestas nativas para uso com atividades agropecuárias nas propriedades químicas e físico-hídricas dos solos do Acre, especialmente em pastagens, que representam a maior parte do uso antrópico dos solos desta região.

A falta de informações sobre as propriedades físicas dos solos do Acre se deve, principalmente, a carência de pesquisadores nessa linha de pesquisa (física do solo) atuando nesta região e as dificuldades enfrentadas no desenvolvimento de pesquisa, que se deve principalmente à falta de estrutura física e laboratorial.

Os solos do Acre são muito variados devido à diversidade dos materiais formadores. São solos que apresentam características físicas, desde muito siltosa a muito argilosa ou muita arenosa, drenagem restrita em grande parte dos solos da região Leste e solos de granulometria arenosa, principalmente na camada superficial, em grande parte dos solos da região Oeste. Todas essas características podem tonar os solos mais suscetíveis à degradação física e química, quando sob uso antrópico, principalmente para uso agrícola e pecuário, decorrentes dos processos de perda do solo, compactação, dentre outros.

Dante da aparente fragilidade dos solos do Acre, associado ao uso de sistemas de manejo inadequados, a degradação do solo aumenta, principalmente em agroecossistemas de pastagem. Estima-se que aproximadamente 80% das áreas utilizadas com pastagem estejam degradadas ou em processo de degradação (DIAS-FILHO e ANDRADE, 2006). A partir da década de noventa a

degradação neste sistema tem aumentado em consequência do manejo inadequado, altas taxas de lotação animal e ausência do período de deferimento das pastagens (ANDRADE; VALENTIN, 2007). Recentemente tem sido estimulada a procura por uma agropecuária tropical sustentável que vise o ganho produtivo, a recuperação de áreas degradadas e a conservação ambiental. Assim, surgiram os sistemas integrados de produção, como a integração lavoura-pecuária (ILP). Este sistema é utilizado em consorciação, rotação ou sucessão de atividades agrícolas e pecuárias de forma que há benefícios para ambas às atividades, proporcionando maior produtividade e diversificação da produção (ALVARENGA et al., 2007).

Alguns trabalhos avaliam teores e estoques de matéria orgânica e outras propriedades químicas do solo após a substituição de FN para implantação de agroecossistemas na Amazônia Ocidental (ARAÚJO et al., 2004, 2011; LOSS et al., 2014; MELO, 2003; PORTUGAL, 2009). Porém, poucos estudos avaliam a dinâmica e a qualidade física de solos em agroecossistemas (ARAÚJO et al., 2004). Considerando a expansão das atividades agrícolas e da pecuária na Amazônia Ocidental, é necessário avaliar as modificações causadas nas propriedades químicas e físico-hídricas dos solos a fim de manutenção da sustentabilidade socioambiental.

Neste sentido, a hipótese deste estudo é que quanto maior a intensidade de uso de um solo após a conversão de floresta nativa, maior é a degradação da qualidade química e física do solo. Assim, visando contribuir com a redução das incertezas dos impactos de uso e manejo do solo em suas propriedades, este estudo avaliou as alterações das propriedades químicas e físico-hídricas do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária e pastagem em substituição a floresta nativa em Argissolo Vermelho-Amarelo na Amazônia Ocidental.

2 CAPÍTULO I- ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB DIFERENTES USOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

RESUMO

Para o manejo de sistemas agrícolas sustentáveis é necessário avaliar o impacto destes nas propriedades químicas do solo. O presente estudo avaliou as alterações nos atributos químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo, no município de Rio Branco, Acre, após a substituição da floresta nativa (FN) para pastagem (PAST) com *Brachiaria brizantha* e para integração lavoura-pecuária (ILP). Em cada sistema, amostras de solo foram coletadas em trincheiras para determinar a matéria orgânica total; nitrogênio orgânico total; pH em H₂O e KCl; cálcio; magnésio; potássio; sódio; acidez trocável e acidez potencial; fósforo disponível e fósforo remanescente. Foi calculada a relação carbono nitrogênio; soma de bases; saturação por bases; CTC efetiva; CTC pH 7 e saturação por alumínio. Os teores de matéria orgânica e nitrogênio orgânico total foram mais elevados nas primeiras camadas, com redução em profundidade nos três sistemas. A conversão de FN para ILP e PAST reduziu a matéria orgânica e nitrogênio, principalmente na primeira camada. Em geral foram observadas baixas relações C/N, com redução dessa relação em profundidade. A acidez ativa aumentou em profundidade, e foi maior nos sistemas de ILP e PAST e a acidez trocável foi semelhante entre os sistemas até a camada de 10-20, passando a ser maior na ILP e PAST nas camadas mais profundas. Os teores de cátions básicos e fósforo disponível foram reduzidos na ILP e PAST, principalmente nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, e no geral foram menores no sistema de ILP, em relação à FN.

Palavras-chave: Acre. integração lavoura-pecuária. solos do Acre. pastagem.

2 CHAPTER I- CHEMICAL ATTRIBUTES OF A Typic Hapludults (Red-yellow) UNDER DIFFERENT SOIL USES IN WESTERN AMAZON

ABSTRACT

For the management of sustainable agricultural systems, it's necessary to assess their impact on the soil chemical properties. This study evaluated the changes in the chemical attributes of a Typic Hapludults (red-yellow) in Rio Branco , Acre, after replacing the native forest (NF) into a pasture (PAST) with *Brachiaria brizantha* and into a an integrated crop-livestock system (ICL). In each system, soil samples were collected in trenches to determine the following variables: soil organic matter (SOM); total organic nitrogen (TON); pH in H₂O and in KCl; calcium; magnesium; potassium; sodium; exchangeable acidity; potential acidity; available phosphorus; remaining phosphorus. It was calculated the carbon nitrogen ratio; sum of bases; bases saturation; effective cation exchange capacity (CEC); CEC at pH 7; and aluminum saturation. The soil organic matter and the total organic nitrogen concentrations were higher in the first layers, with a reduction in depth in the three systems. The conversion of the NF into ICL and into PAST, reduced the soil organic matter and nitrogen, mainly in the first layer. In general, it was observed low C/N ratios, with a decrease in depth. The active acidity increased in depth, and was higher in the ICL and PAST systems and the exchangeable acidity was similar in the three systems till the 10-10 cm layer, being higher in the deeper layers of the ICL and PAST systems. The concentrations of the basic cations and phosphorus were reduced in the ICL and PAST systems, mainly in the 0-5 and 5-10 cm layers, and in general they were lower in the ICL system in relation to the NF.

Keywords: Acre. Integrated crop-livestock system. soils of Acre. pasture.

2.1 INTRODUÇÃO

O Estado do Acre está localizado no extremo sudoeste da Amazônia brasileira e tem área territorial de 164.221 km² (IBGE, 2010). As principais classes de solos do Acre, em ordem decrescente de expressão territorial, são os Argissolos, Cambissolos, Luvissolos, Gleissolos, Latossolos, Vertissolos, Plintossolos e Neossolos, sendo que os Argissolos requerem manejo mais específico em função do relevo a que estão associados, da granulometria arenosa no horizonte A e do aumento do teor de argila em profundidade (ACRE, 2010). Os solos apresentam características peculiares principalmente por serem formados de sedimentos oriundos da Cordilheira dos Andes, daí a diversidade desses solos e características verticais e de eutrofismo pouco comuns para a Amazônia (ACRE, 2010).

O uso do solo na Amazônia brasileira, na sua grande maioria, envolve o desmatamento. Cerca de 80% da área desmatada tem sido utilizada predominantemente com pastagens plantadas, e metade desta área está degradada e em alguns casos, abandonada (DIAS-FILHO e ANDRADE, 2006).

No estado do Acre, a área desmatada é estimada em 2 milhões de hectares, correspondente a 13% da área territorial. Aproximadamente 1,7 milhões de hectares, representando 82% do uso da terra, foram convertidas em pastagem para criação de gado (BARDALES, 2012). Estima-se que mais de 60% dessas áreas com pastagem encontram-se degradadas ou em processo de degradação (ACRE, 2010). A gramínea forrageira mais utilizada é a *Brachiaria brizantha* cv Marandu (DIAS-FILHO e ANDRADE, 2006). A substituição de floresta para pastagens é observada nas áreas de trabalhadores extrativistas, populações ribeirinhas, pequenos produtores e também nos grandes latifúndios (ARAUJU et al., 2004).

As principais causas da degradação de pastagem estão relacionadas às práticas de manejo inadequadas das plantas forrageiras e à perda gradativa da fertilidade do solo devido à exportação e a não reposição dos nutrientes (BODDEY et al., 1993; BORTOLO et al., 2001; CECATO et al., 2001; MULLER et al., 2001; YDOYAGA et al., 2006).

No Acre o principal problema das atividades pecuárias é a degradação de pastagens, que a partir da década de noventa vem aumentado em consequência do manejo inadequado, altas taxas de lotação animal e ausência do período de descanso das pastagens (ADRADE; VALENTIN, 2007).

A conversão de floresta para pastagem modifica as características físicas e químicas do solo (MAKEWITZ et al., 2004; PEREIRA et al., 2000). Alguns estudos realizados na Amazônia têm demonstrado que houve redução dos teores de matéria orgânica no solo nos primeiros anos da implantação, mas elevação nos anos seguintes, até atingir teores próximos ou superiores aos existentes antes da conversão (ARAÚJO et al., 2011; FEIGL et al., 1995; LOSS et al., 2014; MELO, 2003; SALIMON et al., 2007). Entretanto, outros estudos afirmam que há redução dos teores de matéria orgânica do solo com o tempo de conversão floresta-agricultura (DESJARDINS et al., 1994; MOREIRA e MALAVOLTA, 2004). Também tem sido relatado que a conversão de floresta nativa para cultivo agrícola e pecuário reduz os teores de cátions trocáveis e aumenta a acidez do solo (ARAUJO et al., 2004; LOSS et al., 2014). Neste sentido, a matéria orgânica assume papel preponderante para a manutenção da qualidade química destes solos.

A adoção de sistemas de uso e manejo adequados a solos tropicais é importante para manter ou melhorar sua qualidade química e física. Ao contrário, a intensificação de processos de degradação, em especial da sua matéria orgânica reduz a qualidade do solo (MELO, 2003). No Acre, ainda são poucos os estudos que avaliam alterações na dinâmica da

matéria orgânica do solo e seus reflexos nas propriedades químicas após a substituição de floresta nativa para uso agrícola e pecuário (AMARAL et al., 1995; ARAÚJO et al., 2004, 2011; LOSS et al., 2014; MELO, 2003; SALIMON et al., 2007).

Recentemente no estado do Acre tem sido estimulada a procura por uma agropecuária sustentável, que vise não só o ganho produtivo, mas a recuperação de áreas degradadas e a conservação ambiental. Neste âmbito, destacam-se os sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). A ILP consiste na consorciação, rotação ou sucessão de atividades agrícolas e pecuárias de forma planejada, condicionando benefícios para ambas às atividades, proporcionando maior produtividade e diversificação da produção (ALVARENGA et al., 2007).

A hipótese deste estudo é que quanto maior a intensidade de uso de um solo após a conversão de floresta nativa, maior é a degradação da qualidade química do solo. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos de uso do solo após a conversão floresta para pastagem e floresta para integração lavoura-pecuária nos teores de matéria orgânica total, nitrogênio orgânico total e nas propriedades químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo na Amazônia Ocidental.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi iniciado em julho de 2014, em área localizada no município de Rio Branco, região Leste do Estado do Acre, na Fazenda Batista, na altura do km 50 da rodovia transacreana (latitude 9°56'40"S, longitude 68°14'10"W, altitude de 194 m) (Figura 1). No local predominam Argissolos Vermelho-Amarelos plínticos em associação com Plintossolos. Em geral, apresentam solum raso a pouco profundo,

imperfeitamente drenados a mal drenados e, por vezes, com argila de atividade alta e fertilidade natural variável de eutróficos, epieutróficos a distróficos (ACRE, 2010; BRASIL, 1976). A vegetação dominante é do tipo “floresta tropical aberta”, com ocorrência frequente de bambus (ACRE, 2010). O relevo regional varia de suave ondulado a ondulado. A média anual da precipitação pluviométrica varia de 1.877 a 1.982 mm e a temperatura média anual é de 25º C (ACRE, 2010).

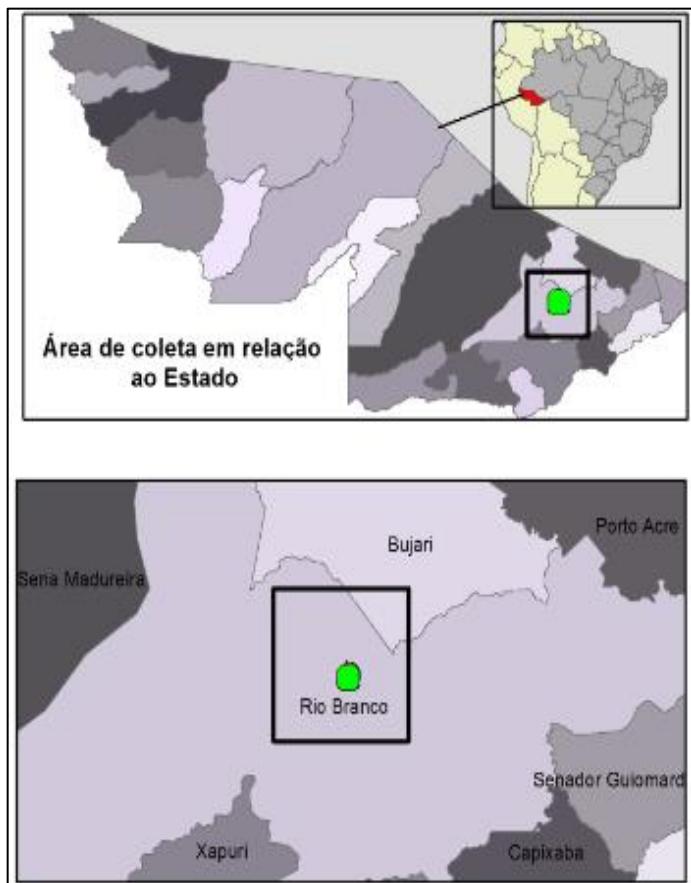
Na região onde foi desenvolvido o estudo o relevo é ondulado a suave ondulado. Para classificar o solo nos sistemas, foram abertos dois perfis, um no sistema de integração lavoura-pecuária e outro no sistema de floresta nativa. Na pastagem foram coletadas amostras com trado holandês para confirmar a classe de solo. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (Apêndice J) nos sistemas de ILP e PAST e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plintossólico (Apêndice J) na FN, conforme Embrapa (2013). Em estudo realizado na mesma área e classe de solo deste estudo, Araújo (2008) relatou a presença de minerais do tipo 2:1 na fração argila e Ribeiro Neto (2001) identificaram vermiculita com hidróxidos entre camadas (VHE) e traços de esmectitas.

Os sistemas avaliados tiveram o seguinte histórico:

1. Floresta nativa aberta com ocorrência de palmeiras e bambu (ACRE, 2010) (Figura 2).
2. Sistema de integração lavoura-pecuária (ILP). Anteriormente o uso da área era com pastagem, introduzida em 1996 após a retirada e queima da floresta nativa. Em 2011 foi introduzido a ILP com consociação de pasto/milho. Nesse ano foi realizado apenas um preparo do solo, com aplicação de corretivos da acidez. No período da coleta o uso era com pastagem (Figura 3).
3. Pastagem (PAST) convencional de 20 anos com *Brachiaria brizantha*, implantada em 1994, sem uso de corretivos e adubos. A área foi queimada após o desmate

em 1994 e novamente em 1999 (cinco anos depois). A Brachiaria (*B. brizantha*) foi semeada simultaneamente com a puerária (*Pueraria phaseoloides*) (Figura 4).

Figura 1. Localização da área de estudo no estado do Acre. Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Figura 2. Sistema de floresta nativa. Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Figura 3. Sistema de integração lavoura-pecuária. Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Figura 4. Sistema de pastagem. Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

A distância entre os sistemas é de aproximadamente 500 m. Em cada sistema foram abertas quatro trincheiras até a profundidade de 100 cm, distanciadas 40 m uma das outras, para coletar amostras de solo com estrutura alterada em dois lados de cada trincheira, no centro das camadas: 0-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80; 80-100cm, totalizando sessenta e quatro amostras de solos com estrutura alterada em cada sistema.

A fração granulométrica que predomina no solo nos sistemas de FN, ILP, PAST é o silte, com maior proporção nas camadas superficiais, reduzindo em profundidade. Comportamento inverso foi observado para a fração argila, ou seja, menor proporção em superfície e incremento em profundidade. A proporção da fração silte e argila corresponde a 55 e 34% para o solo do sistema de FN; 56 e 20% na ILP; 47 e 29% na PAST para a camada de 0-5 cm, respectivamente. Na camada de 80-100 cm os valores foram de 42 e 43% para o

solo da FN; 37 e 54% na ILP; 30 e 60% na PAST (Apêndice G e H).

O incremento de argila em profundidade foi maior nos sistemas PAST e ILP. Para a fração areia, predomina a fração areia fina nos três sistemas, sendo que a areia total foi menor no solo do sistema FN.

A fração argila do solo sob FN foi em média 14% maior em relação à ILP e 5% em relação a PAST, principalmente até a profundidade de 40 cm. Este fato pode estar relacionado à conversão da floresta nativa para os sistemas de uso, aliados à pequena variação na posição de cada sistema na paisagem e aos processos de formação, como a deposição ou translocação do material de formação.

A maior proporção da fração silte se deve ao material de formação dos solos desta região do Acre, cujo material de formação é sedimentar e de origem pelítica e siltito (ACRE, 2010). A textura do solo foi classificada como franco-argilo-siltosa.

A fração silte (0,05-0,002 mm) é a fração intermediária entre a fração areia muito fina (0,10-0,05 mm) e argila (< 0,002 mm). Segundo Ferreira (2010) solos que possuem maior teor de silte, devem ser manejados de forma mais racional em detrimento da propensão à formação de selo superficial, com reflexos no manejo, seja pelas implicações no estabelecimento das culturas, seja pela susceptibilidade a erosão.

Assim, torna-se restritiva à utilização indiscriminada dos solos dessa região do estado do Acre, evidenciando a necessidade de manejos adequados desses solos, a fim de atenuar a degradação física do solo, visto à susceptibilidade a degradação física. Este fato também já tinha sido alertado por Araújo (2008).

Para avaliar a qualidade química do solo, amostras de solo com estrutura alterada foram secas ao ar e peneiradas com peneira de 2 mm para obter a terra fina seca ao ar (TFSA). No laboratório de solos do Centro de Pesquisa Agroflorestal do

Acre, Embrapa Acre, foram determinadas as seguintes análises químicas segundo Embrapa (1997): pH em água e em KCl (relação solo: solução 1:2,5); cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹, sendo quantificados por espectrofotometria de absorção atômica; acidez trocável (Al³⁺) por titulação com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹; potássio trocável extraído com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ e quantificado por fotometria de chama; fósforo disponível, extraído com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Mehlich-1) e determinado por colorimetria; fósforo remanescente (P rem.) extraído com solução de equilíbrio de fósforo de 60 mg L⁻¹ em CaCl₂ 10 mmol L⁻¹ e determinado por colorimetria; acidez potencial (H+Al) extraída com acetato de cálcio 0,5 M pH 7,0 e quantificada por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹.

Foram calculados os seguintes atributos químicos:

Soma de bases

$$S(\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}) = Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+ \quad (\text{Eq. 1})$$

Saturação por bases

$$V\% = \frac{100 * S}{CTC \text{ a pH 7}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Saturação por alumínio

$$m\% = \frac{100 * Al^{3+}}{S + Al^{3+}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Capacidade de troca de cátions efetiva

$$CTC \text{ efetiva } (\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}) = S + Al^{3+} \quad (\text{Eq. 4})$$

O carbono orgânico (CO) foi determinado por oxidação da matéria orgânica por via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico. A matéria orgânica foi calculada com base no teor de carbono orgânico do solo (MO= COx1,72) conforme

descrito em Embrapa (1979). O nitrogênio orgânico total foi determinado pelo método de Kjeldahl, seguindo o método descrito em Embrapa (1997).

Para comparar e avaliar a fertilidade do solo utilizaram-se os níveis adotados por Amaral e Souza (1997), que são citados entre parênteses em cada parâmetro.

A análise estatística foi realizada no programa Statistical Analysis System-SAS 9.2 (SAS Institute INC., 2010). Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste de normalidade (teste de Lilliefors), sendo que todas as variáveis apresentaram distribuição normal. Após foi verificada a homogeneidade da variância (teste de Cochran e Bartlett). Na sequência os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas através do teste de Student (t). Foram realizadas correlações de Pearson entre as propriedades químicas.

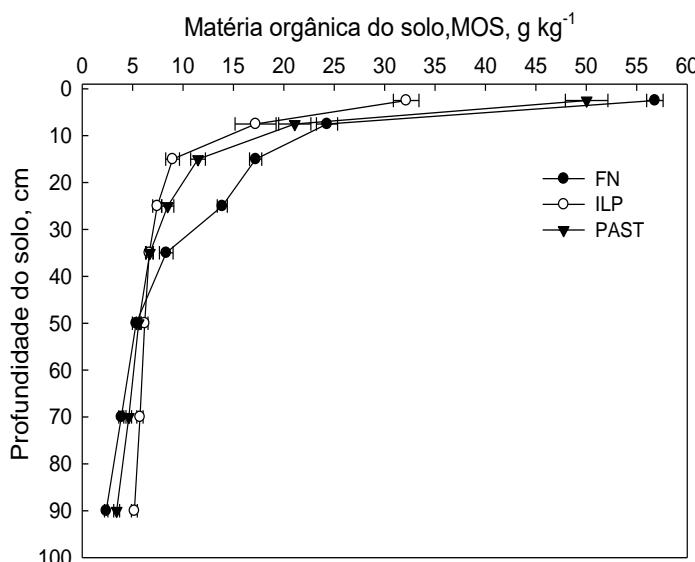
2.3 RESULTADO E DISCUSSÃO

2.3.1 Matéria orgânica e nitrogênio orgânico total

A matéria orgânica do solo (MOS) reduziu em profundidade nos três sistemas de uso do solo. Na FN, reduziu gradativamente de 56,8 na superfície para 2,4 g kg⁻¹ na camada mais profunda; na ILP de 32 para 5,2 g kg⁻¹ e na PAST de 50 para 3,4 g kg⁻¹, respectivamente. Essa redução corresponde a 95% na FN; 84% na ILP; e de 93% na PAST (Figura 5).

A MOS reduziu de forma significativa nos sistemas de ILP e PAST em comparação a FN até a camada de 25 cm. Entre os sistemas de ILP e PAST, diferiu nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Em relação a FN, na camada de 0-5 cm, houve redução de 43% na ILP e 12% na PAST. A redução é menos expressiva nas camadas subsequentes. A diferença entre a ILP e a PAST foi de 36% na camada de 0-5 cm, com menor diferença nas demais camadas.

Figura 5- Matéria orgânica de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

A redução da MOS em profundidade, se deve principalmente a baixa contribuição do material vegetal da parte área e radicular das plantas, em que a contribuição se restringe até a profundidade de 50 cm. Como também pode ser em parte pela redução dos cátions e da qualidade física do solo, como estabilidade de agregados que tendem a reduzir com a profundidade. Estes processos contribuem com a redução da proteção química e física da matéria orgânica do solo. Destaca-se o cálcio com um dos cátions de grande importância no

estabelecimento de pontes de cátions, contribuindo assim na proteção da MOS (MUNEER e OADES, 1989).

O maior teor de MOS na camada superficial da área de FN está relacionado ao maior aporte de resíduos da parte área da floresta. O menor teor de MOS na ILP deve estar relacionado ao manejo realizado no processo de implantação e condução do sistema. De acordo com Carter et al. (1994) o revolvimento do solo reduz a estabilidade física da matéria orgânica, principalmente pela ruptura de agregados. Além disso, Reicosky e Lindstron (1993) afirmam que o revolvimento do solo promove a oxigenação e com isso aumenta a taxa de decomposição da matéria orgânica. O que em parte explica a redução da MOS nos sistemas de ILP e PAST.

De acordo com Demattê (1988) o uso intensivo do solo após a substituição da floresta nativa, reduz a MOS nos primeiros centímetros decorrentes do aumento da temperatura, perdas por erosão, maior atividade biológica, e principalmente redução da fonte supridora de resíduos orgânicos.

Os resultados deste estudo divergem dos encontrados por Araújo (2011) em que, no mesmo local e classe de solo deste estudo, encontrou maiores teores de MOS em área de pastagem em relação à FN. Este fato sustenta a tese de que, o uso do solo com pastagem ao longo do tempo, degrada a matéria orgânica do solo. Também Melo (2003), Loss et al. (2014) e Salimon et al. (2007) encontraram em solos do Acre maiores teores de matéria orgânica em pastagem em comparação a floresta nativa. Contudo, resultado semelhante foi verificado por Moreia e Malavolta (2004) em sucessão floresta-pastagem em Latossolo na Amazônia, onde observou redução da matéria orgânica no sistema de pastagem. Observase, portanto, que os resultados não são concordantes e estudos adicionais são necessários.

O nitrogênio orgânico total do solo (NOT) apresentou comportamento semelhante ao da MOS, com redução em

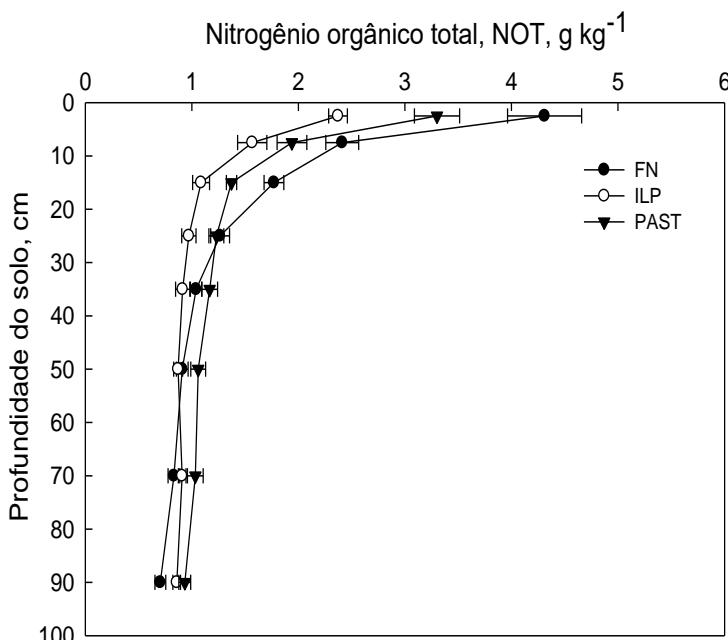
profundidade em todos os sistemas. Contudo, as diferenças entre as profundidades e entre os sistemas foram menos expressivas. Os teores foram mais elevados na FN até a camada de 10-20 cm em comparação a ILP e PAST.

Na FN, reduziu gradativamente de 4,7 na superfície para 0,7 g kg⁻¹ na camada mais profunda (redução entre camadas de 84%); no sistema ILP de 2,4 para 0,9 g kg⁻¹ (redução entre camadas de 64%); e no sistema de PAST de 3,3 para 0,9 g kg⁻¹ (redução entre camadas de 72%) (Figura 6).

O NOT foi menor na ILP e PAST quando comparando com o sistema de FN. Verificou-se redução média de 26% até a profundidade de 30 cm, em ambos os sistemas.

De acordo com Silva e Mendonça (2007), cerca de 95% do nitrogênio do solo está associado a matéria orgânica. Este fato é corroborado pela correlação encontrada entre a MO e NOT ($r= 0,93$, $p < 0,05$, $n=192$). Isso explica o fato do NOT ter reduzido em profundidade, pois houve redução significativa da MO em profundidade nos sistemas estudados.

Figura 6- Nitrogênio orgânico total de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

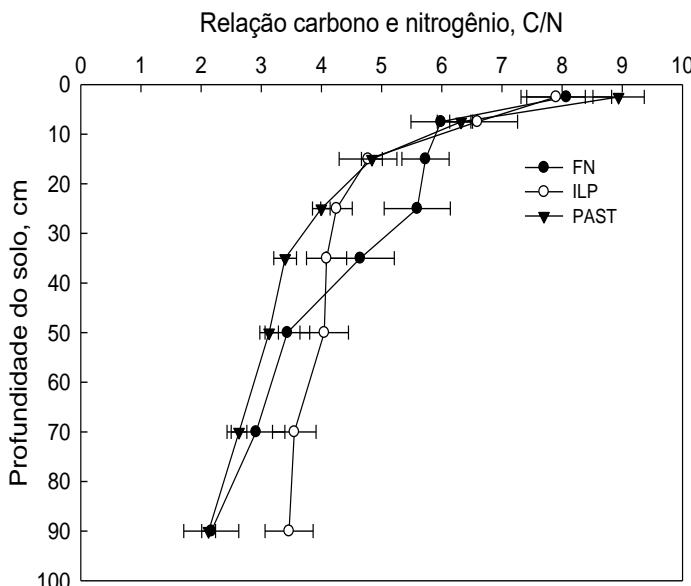
Fonte: produção do próprio autor, 2016.

2.3.2 Relação C/N

A relação carbono/nitrogênio teve tendência de redução em profundidade. Na FN reduziu gradativamente de 8,1 na superfície para 2,2 na camada mais profunda; no sistema ILP de 7,9 para 3,5; e no sistema de PAST de 8,9 para 2,1.

A relação C/N na FN diferiu apenas nas camadas de 10-20, 20-30 e 80-100 cm em comparação a ILP e nas camadas de 0-5, 10-20, 20-30 e 30-40 cm na PAST (Figura 7).

Figura 7- Relação carbono/nitrogênio de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

A baixa relação C/N indica que o processo de mineralização da matéria orgânica e do nitrogênio é predominante em todos os sistemas. Ocorre mineralização

liquida do carbono quando a relação C/N for menor que 30, por sua vez, uma relação C/N maior que 30 o processo de imobilização de N predomina em relação à mineralização do carbono (SILVA e MENDONÇA, 2007).

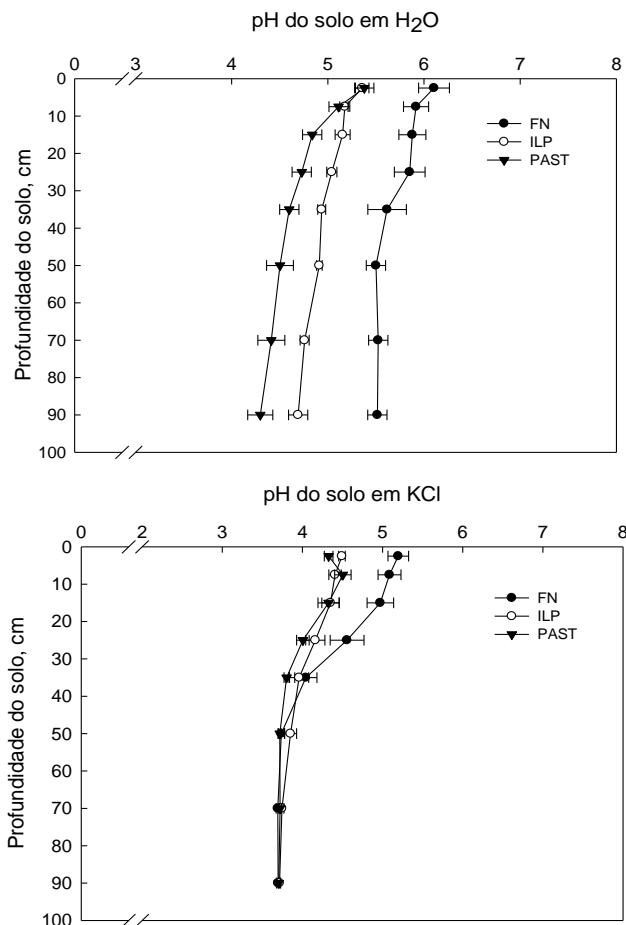
Moreira e Malavolta (2004) encontraram relação C/N acima de 11 até a profundidade de 60 cm em solos de floresta nativa e em solo sob uso de pastagem com *Brachiaria humidicula* (oito anos de uso) no estado do Amazonas. Essas diferenças e a baixa relação C/N nos solos do Acre se devem a qualidade da matéria orgânica e principalmente ao clima tropical, quente e úmido, que estimula a atividade biológica no solo, acelerando o processo de degradação da matéria orgânica e consequente aumentando as perdas de carbono.

2.3.3 pH, cátions básicos, soma de bases e saturação por bases

A acidez ativa (pH) do solo foi maior em água do que em KCl (ΔpH negativo), indicando a predominância de cargas negativas no solo, assim, contribuindo para maior capacidade de troca de cátions. A acidez ativa em H₂O aumentou em profundidade (Figura 8). Até a profundidade de 30 cm a acidez ativa em todos os sistemas de uso foi caracterizada como média (5-5,9).

A acidez ativa foi menor em todas as camadas na FN em comparação aos sistemas, diminuindo em média (média de todas as profundidades) 0,7 na ILP e 1,0 na PAST. A acidez ativa foi semelhante nas duas primeiras camadas entre os sistemas de ILP e PAST, passando a ser menor nas demais camadas na ILP (Figura 8).

Figura 8- pH em água e em KCl de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

A menor acidez ativa na FN se deve a maior contribuição do Mg^{2+} e Ca^{2+} trocável no complexo sortivo do solo e a maior acidez ativa nos sistemas de ILP e PAST se deve a redução desses cátions básicos no solo. Este fato é corroborado pelas correlações encontradas entre pH x Ca ($r=0,75$; $p < 0,05$, $n=192$) e pH x Mg ($r=0,65$; $p < 0,05$, $n=192$). Estes resultados corroboram com os encontrados por Araújo et al. (2004, 2011) e Loss et al. (2004), que constataram maior acidez ativa em sistemas de pastagem após a substituição da floresta nativa.

Os cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) reduziram em profundidade, independentemente do tipo de uso do solo. Foram maiores na FN (Apêndice A e B) diferindo em todas as profundidades em comparação aos sistemas de uso do solo com ILP e PAST.

Os teores de Ca^{2+} são considerados altos ($> 6\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$) na FN até a profundidade de 100 cm, médios ($2-6\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$) até a profundidade de 20 cm na ILP e PAST, e baixos ($< 2\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$) nas maiores profundidades destes dois últimos sistemas.

Quando comparados os teores de Ca^{2+} dos sistemas de ILP e PAST com os teores da FN, houve redução média (média até a camada de 30-40 cm) de 64% ($4,1\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$) no sistema de ILP e de 72% ($4,6\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$) na PAST. Entre os sistemas de ILP e PAST os teores variaram pouco, sendo mais elevados até a profundidade de 20 cm na PAST passando a ser menores até a profundidade de 100 cm.

Os teores de Mg^{2+} são considerados altos ($> 0,5\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$) em todos os sistemas e camadas. Quando comparados os teores Mg^{2+} da ILP e PAST com os teores da FN, houve redução média (média até a camada de 30-40 cm) de 60% ($2,1\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$) no sistema de ILP e de 73% ($2,6\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$) na PAST. Os teores entre os sistemas de ILP e PAST variaram pouco, diferindo na primeira e nas duas últimas camadas.

Os teores de K^+ são considerados altos ($> 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em todas as camadas do solo sob FN e na primeira camada da ILP e PAST. Diferiram em todas as camadas na FN em comparação a ILP e PAST, entre esses dois últimos sistemas não houve diferenças até a profundidade de 40 cm, passando a diferir em todas as demais camadas.

O Na^+ apresentou dinâmica oposta dos demais cátions básicos, pois aumentou em profundidade na FN e na PAST. Na FN aumentou gradativamente de 0,03 na primeira camada para $0,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na ultima camada e, de 0,03 para $0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na PAST, incremento de mais de 100% em ambos os sistemas. Na ILP os teores se mantiveram constantes em profundidade (Apêndice A e B).

A soma de bases (SB) decresceu pouco em profundidade. A conversão de FN para ILP e PAST reduziu a SB do solo. Entre os sistemas de ILP e PAST os teores foram semelhantes até a profundidade de 30 cm, e nas camadas subsequentes foram maiores na ILP.

A saturação por bases (V%) diminuiu em profundidade de 83 na camada mais superficial para 31% na camada mais profunda na FN; de 59 para 23% na ILP; e de 67 para 20% na PAST. Em relação à FN a saturação por bases foi 43% menor no sistema de ILP e 54% menor na PAST na camada de 0-5 cm (Apêndice A e B).

A perda gradativa da fertilidade do solo nas camadas de superfície é devido à exportação e a não reposição dos nutrientes (BODDEY et al., 1993; BORTOLO et al., 2001; CECATO et al., 2001; MULLER et al. 2001; YDOYAGA et al., 2006). Além do mais, ocorrem perdas por lixiviação de nutrientes, como efeito de atividades agrícolas, além de perdas de ordem física, como erosão (MULLER et al., 2001; NASCIMENTO et al., 2006; SOARES FILHO et al., 1992).

As diferenças observadas nos cátions básicos a partir da profundidade de 50 cm na ILP e PAST em relação à FN não

podem ser atribuídas aos sistemas de uso e manejo do solo. Contudo, podem estar relacionada a diferenças do solo da FN em comparação ao solo sob os sistemas de ILP e PAST, em função da posição na paisagem, que pode condicionar processos que modificam os atributos dos solos.

Em estudo realizado no mesmo sistema de PAST, que na ocasião estava com 10 anos de implantação, Araújo et al. (2011), encontraram teores de cátions trocáveis mais elevados, estes diferindo até a profundidade de 40 cm em relação aos teores encontrados no presente estudo. Este fato demonstra que, passados 10 anos de uso do solo com pastagem, os teores de cátions básicos reduziram mais que 50%, indicando que o solo com pastagem tende a diminuir a fertilidade do solo, principalmente se não manejada adequadamente. Este resultado é corroborado por estudos realizados por Loss et al. (2014) em Argissolo Vermelho-Amarelo sob uso de pastagem há 10 anos, os quais observaram menores teores de bases trocáveis em sistema de pastagem após a substituição da floresta nativa.

Os teores de cátions básicos encontrados neste estudo são semelhantes aos encontrados por Salimon et al. (2007) em Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema de FN e PAST quando comparados até a profundidade 20 cm. Entretanto, os teores de cátions básicos do presente estudo são mais elevados do que os encontrados por Araújo et al. (2004), quando comparado até a profundidade de 40 cm, em Argissolo Vermelho-Amarelo em sistemas de FN e PAST.

Apesar da redução dos cátions básicos do solo sob os sistemas de ILP e PAST em comparação a FN, possui no geral níveis considerados médios de fertilidade nas camadas de superfície. A fertilidade do solo, em ambos os sistemas, está relacionada à presença de minerais do tipo 2:1. Na FN tem ainda maior teor de matéria orgânica, que de acordo com Araújo et al. (2011) contribui para manter ou aumentar os teores de cátions básicos.

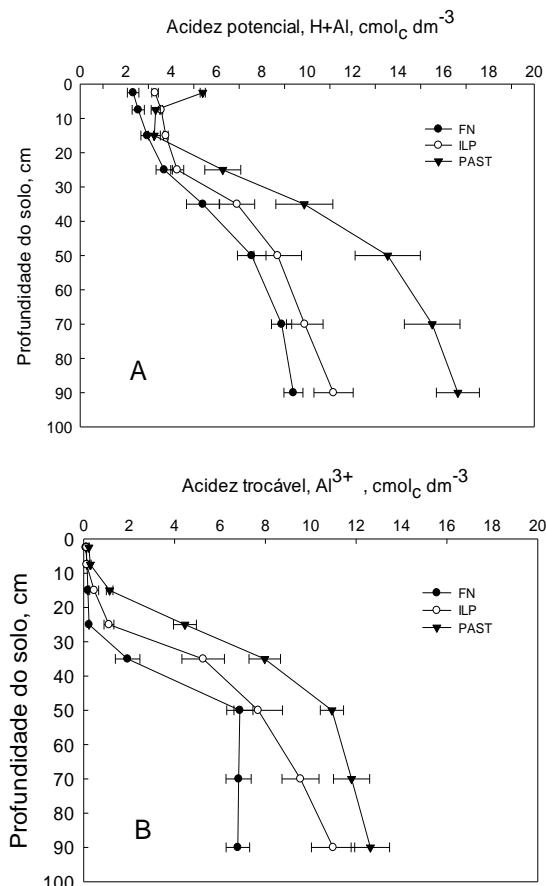
De acordo com Resende et al. (2005), solos originados de rochas pelíticas tendem a apresentar mineralogia 2:1, geralmente mica (ilita). Ribeiro Neto (2001) em estudo de topossequência de solos em Rio Branco e Araújo (2008) na mesma localidade deste estudo, identificaram minerais de argila classificados como vermiculita com hidróxidos entre camadas (VHE) e traços de esmectitas. Isso permite inferir que a mineralogia deste solo mantém a fertilidade química do solo, apesar de 20 anos sob uso com PAST e ILP.

2.3.4 Acidez trocável, acidez potencial e saturação por alumínio

A acidez potencial do solo variou de 2,3 a 16,6 cmol_c kg⁻¹. De maneira geral, foi mais elevada na PAST e ILP e mais baixa na FN e nas camadas mais profundas do que nas mais superficiais do solo (Figura 9). Nas camadas de 0-5 e 80-100 cm variou respectivamente de 2,3 a 9,4 cmol_c kg⁻¹ na FN; de 3,3 a 11,2 cmol_c kg⁻¹ na ILP; e de 5,4 a 16,6 cmol_c kg⁻¹ na PAST.

A acidez trocável foi considerada baixa (< 0,2 cmol_c kg⁻¹) até a profundidade de 30 cm na FN, até 20 cm na ILP e até 10 cm na PAST, aumentando consideravelmente em profundidade, onde foram maiores na ILP e PAST (Figura 9). O aumento da acidez trocável com a profundidade, independente do sistema de uso, bem como o aumento nos sistemas de ILP e PAST em comparação a FN, está relacionada à redução dos teores de MOS e de cátions trocáveis. Este fato é corroborado pelas correlações entre a MO e Al ($r = -0,56$, $p < 0,05$, $n=192$), entre a Ca e Al ($r = -0,41$, $p < 0,05$, $n=192$), entre a Mg e Al ($r = -0,21$, $p < 0,05$, $n=192$) (Apêndice C).

Figura 9- Acidez potencial e acidez trocável de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.
Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

A saturação por alumínio aumentou em profundidade, com percentuais semelhantes entre os sistemas até a profundidade de 10 cm, passando a ser maior nas camadas seguintes na ILP e PAST em relação à FN (Apêndice A e B).

2.3.5 CTC efetiva e CTC pH 7

A CTC efetiva e CTC pH7 aumentou em profundidade, e foi menor na ILP e na PAST comparado a FN. Aumentou gradativamente de 11,5 na camada inicial para 16,4 na camada mais profunda na FN; de 5,2 para 14 para ILP; e de 5,0 para 14,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na PAST (Apêndice A e B).

A CTC pH7 teve comportamento semelhante, aumentou gradativamente de 13,8 para 19,2 na FN; de 8,4 para 14,6 na ILP; e de 10,0 para 18,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na PAST. No geral essa magnitude da CTC é considerada alta ($> 10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

A FN apresentou maior CTC que os sistemas de ILP e PAST, o que indica que havia mais cargas negativas no solo sob FN.

2.3.6 Fósforo disponível e fósforo remanescente

O fósforo disponível foi considerado médio (10-30 mg dm^{-3}) na primeira camada na FN. Para as demais profundidades e para os sistemas de ILP e PAST, os teores foram considerados baixos ($< 10 \text{ mg dm}^{-3}$). O fósforo foi maior na camada mais superficial (0-5 cm) e diminuiu em profundidade (80-100 cm) de 35,5 para 5,3 na FN; 26,5 para 2,1 na ILP; e 17,2 para 1,6 mg dm^{-3} na PAST, respectivamente.

O fósforo disponível foi maior na FN e diferiu dos sistemas de ILP e PAST até a profundidade de 50 cm. Entre ILP e PAST diferiu nas camadas de 0-5 e 5-10 cm (Figura 10 B).

O fósforo remanescente também reduziu em profundidade, independente do sistema de uso do solo, contudo foi maior nas camadas de 0-5 e 5-10 cm na FN em comparação a ILP e PAST, mas não diferiu nas demais camadas. Na PAST foram observados os menores teores diferindo até a profundidade de 30 cm em comparação a ILP e FN (Figura 10 A).

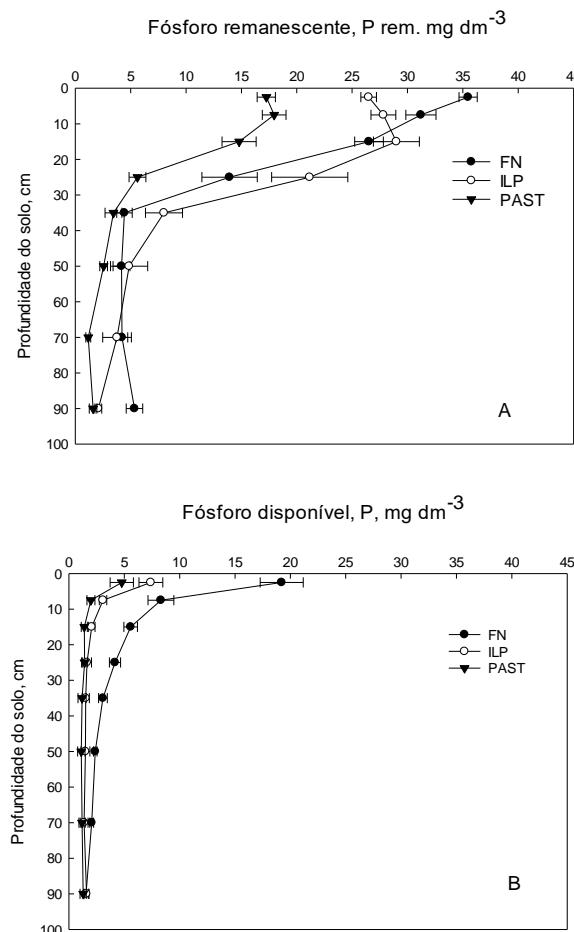
O acúmulo de fósforo disponível na superfície do solo é decorrente da decomposição dos resíduos de plantas e dejetos animais e menor fixação em função do seu menor contato com os constituintes inorgânicos do solo (MORAES, 1993).

O fósforo remanescente decresce à medida que os teores de argila aumentam, ou seja, com a profundidade, evidenciado pela correlação entre estes dois atributos ($r = -0,83$, $p < 0,05$, $n=192$). Além disso, o bloqueio dos sítios de retenção de fósforo pela matéria orgânica poderia estar contribuindo para os maiores teores de fósforo remanescente nas camadas superficiais, conforme constatado por Silva (1999) e Araújo et al. (2004).

No geral os teores de P foram baixos e se concentram principalmente nos primeiros centímetros da superfície (0-5 e 5-10 cm). Isso sugere que os maiores teores de P são devidos ao processo de ciclagem de nutriente favorecido pela serapilheira e raízes. Este fato é corroborado pela correlação entre MO e P ($r= 0,76$, $p < 0,05$, $n=192$) (Apêndice C). Este resultado está de acordo com o encontrado por Araújo et al. (2011) que ainda sugere que a matéria orgânica é a principal variável que controla os teores de P e bases trocáveis nestes ecossistemas.

A priori, as diferenças observadas nos atributos químicos abaixo de 50 cm de profundidade são pouco influenciadas pelo sistema de uso e manejo do solo. Pode-se levantar a hipótese que estas diferenças sejam devido à variabilidade espacial dos atributos do solo, como a granulometria por exemplo.

Figura 10- Fósforo disponível e fósforo remanescente de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

2.4 CONCLUSÕES

A matéria orgânica, nitrogênio orgânico total e cátions básicos, com exceção do Na^+ , foram mais concentrados nas camadas mais superficiais do solo, independentemente do sistema de uso.

A conversão de floresta para pastagem e floresta para integração lavoura-pecuária reduziu os teores de matéria orgânica, nitrogênio orgânico e fósforo disponível principalmente até a profundidade de 40 cm, e os cátions básicos em todas as camadas. Os cátions básicos mais afetados foram o cálcio, magnésio e potássio. Com isso, a conversão aumentou a acidez ativa do solo.

Apesar do declínio da fertilidade do solo sob os sistemas de integração lavoura-pecuária e pastagem, a mesma ainda está acima do nível crítico para a maioria dos nutrientes nas camadas superficiais, sendo a fertilidade atribuída a mineralogia 2:1. Contudo, o fósforo disponível ficou abaixo do nível crítico para as culturas.

3 CAPÍTULO II- ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB DIFERENTES USOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

RESUMO

Diferentes sistemas de uso e manejo do solo alteram a qualidade física do solo. O presente estudo teve como objetivo avaliar as alterações nos atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo após a substituição de floresta nativa (FN) para uso com pastagem (PAST) com *Brachiaria brizantha* e com sistema de integração lavoura-pecuária (ILP). Em cada área, procederam-se a abertura de quatro trincheiras para a coleta de amostras de solos em dois lados de cada trincheira, até a profundidade de 100 cm para determinar o grau de floculação da argila (GF), estabilidade de agregados, densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração (RSP) em campo e em laboratório. Além disso, foram coletadas amostras com estrutura alterada nas camadas de 0-10 e 10-20 cm para determinar os limites de liquidez e plasticidade, granulometria, umidade crítica e densidade máxima de compactação do solo e a densidade relativa do solo. Os limites de liquidez e plasticidade reduziram em profundidade, independentemente do tipo de uso do solo, também houve redução nos sistemas de manejo em comparação a FN. A floculação da argila reduziu em profundidade na FN e aumentou com a profundidade na ILP e PAST, sendo maior nas camadas superficiais do solo sob FN. Os sistemas de uso do solo com ILP e PAST possuem maior estabilidade de agregados nas primeiras camadas, mas também possuem maior densidade do solo e resistência do solo à penetração em comparação a FN. O reuso das amostras não alterou a configuração das curvas de compactação. Em todos os

sistemas a densidade relativa ficou acima do ideal para o desenvolvimento de culturas.

Palavras-chave: Acre. densidade do solo. densidade relativa.

3 CHAPTER II- PHYSICAL ATTRIBUTES OF A Typic Hapludults (Red-yellow) UNDER DIFFERENT SOIL USES IN WESTERN AMAZON

ABSTRACT

Different soil use and management systems change the soil physical quality. This study aimed to evaluate changes in the soil physical attributes of a Typic Hapludults (red-yellow) after a conversion of a native forest (NF) into a pasture with Brachiaria (PAST) and into an integrated crop-livestock system (ICL) system. In each area, four trenches were opened for collecting soil samples on both sides of each trench, till the 100 cm depth, to analyze: clay flocculation degree (GF), aggregates stability, particle density, bulk density (BD), resistance to soil penetration (RSP) determined in the field and in the laboratory. Samples with disturbed soil structure were also collected in the 0-10 and 10-20 cm layers, to determine the following variables: limits of liquidity and plasticity, soil texture, critical moisture content, maximum compaction soil density and soil relative density. The limits of liquidity and plasticity reduced in depth, independently on the soil use systems type, there was also a reduction in the soil management systems when compared to the NF. The clay flocculation degree reduced in depth only in the NF and increased with the increase of the depth in the ICL and PAST systems, being higher in the surface layers of the soil under the NF. The ICL and PAST systems had higher aggregates stability in the surface layers, but both systems also had higher bulk density and resistance to soil penetration when compared to the NF. The reuse of the samples did not change the configuration of the compaction curves. In all the systems, the soil relative density is above the ideal for the good development of crops.

Keywords: Acre. bulk density. soil relative density.

3.1 INTRODUÇÃO

O uso do solo para atividades agropecuárias na Amazônia Ocidental está aumentando, principalmente no estado do Acre. Esta expansão, se não conduzida de forma adequada, pode degradar os solos, especialmente os mais frágeis.

A introdução de sistemas agrícolas e pecuários em substituição às florestas desequilibram o ecossistema, modificando as propriedades do solo, cuja intensidade varia com as condições de clima, uso e manejos adotados e a natureza do solo (GODEFROY e JACQUIN, 1975). O uso intensivo de solos geralmente degrada suas propriedades físicas (COOTE e RAMSEY, 1983).

O principal problema da atividade pecuária no estado do Acre é a degradação de pastagens em consequência do manejo inadequado, altas taxas de lotação animal e ausência do período de deferimento das pastagens (ANDRADE; VALENTIN, 2007).

Nas áreas com pecuária os problemas ocorrem quando a pressão de pastejo é acima da capacidade de suporte da pastagem, e o solo sofre o processo de compactação. Nas áreas com produção de grãos, o tráfego de máquinas, quando este se encontra em condições inadequadas de umidade, é uma das principais causas da compactação, pois a umidade do solo é determinante na susceptibilidade a compactação do solo (DIAS JUNIOR e PIERCE, 1996; SILVA et al., 2002).

A compactação provocada pelo pisoteio animal é influenciada diretamente pela granulometria do solo (CORREA e REICHARDT, 1995), sistema de manejo da pastagem (CASSOL, 2003; LEÃO et al., 2004), quantidade de resíduo vegetal sobre o solo (BRAIDA et al., 2006) e umidade do solo (BETTERIDGE et al., 1999). De maneira geral, o efeito do pisoteio animal sobre as propriedades físicas do solo é limitado

às suas camadas mais superficiais (BASSANI, 1996), podendo ser temporário e reversível (CASSOL, 2003).

Neste sentido, a compactação é umas das maiores causas da degradação de solos agrícolas com consequências sobre o desenvolvimento das plantas e a preservação ambiental (KLEIN et al., 2012), pois desencadeia uma série de processos que prejudicam o solo e as plantas.

A compactação é definida como sendo o aumento da densidade do solo, decorrente do tráfego de máquinas, equipamentos ou animais (REICHARDT et al., 2010). Estes processos rearranjam as partículas do solo e reduzem a porosidade, principalmente os macroporos o que afeta negativamente as propriedades físico hídricas (KLEIN, 2012; REICHARDT et al., 2010) a ciclagem de nutrientes, densidade do solo, a resistência do solo à penetração e a mecanização (HAMZA e ANDERSON, 2005; MARSCHNER, 1995; REINERT et al., 2008; SILVA et al., 2006). Ainda segundo Hillel (1980) esses processos têm relação com a disponibilidade de oxigênio, água e nutrientes, pois a mobilidade destes depende dos fluxos ocorridos no espaço poroso. Tais limitações devem ser minimizadas, pois diminuem o rendimento agrícola e aumentam os custos de produção (BARZEGA et al., 2006; SANTOS et al., 2005).

Estudos realizados na Amazônia ocidental têm evidenciado que o uso do solo com agroecossistemas de pastagem após a substituição da floresta nativa, aumenta a densidade do solo e a resistência do solo à penetração (ARAUJO et al., 2004, MELO, 2003). A densidade do solo reflete o impacto dos estresses aplicados ao solo pelos sistemas de preparo e pelo tráfego de máquinas e animais (KAY e ANGERS, 2000) e podem afetar a distribuição, a quantidade e a morfologia das raízes, com reflexos no crescimento da parte aérea das plantas (KLEPKER e ANGHINONI, 1995).

A susceptibilidade do solo a estes processos (como a compactação) pode ser avaliada pelo teste de Proctor. Neste

âmbito, o engenheiro americano Ralf Proctor publicou diversos artigos que ressaltam um dos princípios da mecânica dos solos, que a compactação do solo depende da energia aplicada e da umidade do solo no momento da compactação (VARGAS, 1977).

A curva de compactação obtida pelo teste de Proctor, inerentes a cada tipo de solo, varia com a granulometria, teor de matéria orgânica e umidade do solo (ARAGON et al., 2000; BRAIDA et al., 2006; DIAS JUNIOR e MIRANDA, 2000; LUCIANO et al., 2012) e está relacionada com os limites de liquidez e plasticidade do solo (BRAIDA et al., 2006; LUCIANO et al., 2012).

No ensaio de Proctor, para uma mesma energia de compactação, a densidade aumenta com a umidade até determinado valor e, depois torna-se decrescente (BRAIDA et al., 2006). Portanto, a umidade no momento das práticas agrícolas afeta a estrutura do solo (KLEIN, 2012). A condição recomendada para as práticas agrícolas é quando o solo está friável, ou seja, abaixo do limite de plasticidade (DALLA ROSA, 1981; KLEIN, 2012; SILVEIRA, 1988, SALIRE e WORDHEAD, 1994).

Uma das limitações do teste de Proctor é a necessidade de grande quantidade de solo para obter uma única curva de compactação. Como alternativa pode ser reutilizado o solo nos diferentes pontos da curva, porém, pouco se conhece o comportamento da curva de compactação quando faz o reuso do solo (BRAIDA et al., 2006). Portanto, é um problema que pode gerar curvas de compactação distintas com a superestimação da densidade máxima do solo pela fragmentação dos agregados do solo e reorganização das suas partículas (RAMOS et al., 2013).

Com os dados do teste de Proctor é calculada a densidade relativa, um indicador da qualidade física de solos agrícolas, capaz de eliminar o efeito da granulometria e matéria

orgânica do solo conforme apresentado por Carter (1990), Ferreras et al. (2001), Hakansson (1990), Hakansson e Liepic (2000), Klein (2006), Liepic et al. (1991), Nhamumbo e Cambule (2006). A densidade relativa é o quociente entre a densidade do solo determinada no campo pela densidade máxima do solo determinada no ensaio de Proctor.

A hipótese deste estudo é que quanto maior a intensidade de uso de um solo após a conversão de floresta nativa, maior é a degradação da qualidade física do solo. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações nas propriedades físicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo após a substituição de floresta nativa para uso com integração lavoura-pecuária e pastagem, além de comparar o efeito do uso e reuso do solo no teste de Proctor.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudos são as mesmas descritas no capítulo 1. Amostras foram coletadas em dois lados da trincheira: com estrutura alterada, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para determinar os limites de liquidez e plasticidade e realizar o teste de Proctor. Amostras com estrutura alterada foram coletadas nas camadas de 0-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80; 80-100 cm, para determinar a granulometria, o grau de floculação (GF), estabilidade de agregados e densidade de partículas (Dp). Além disso, foram coletadas amostras com estrutura preservada com anéis volumétricos (5 cm de altura e 6 cm de diâmetros), nas camadas de 0-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80; 80-100 cm, para determinar a densidade do solo e a resistência do solo à penetração em laboratório. Todas as amostras foram coletadas nos três sistemas, quatro trincheiras e em dois lados da trincheira. Entretanto, devido ao peso total, para o teste de Proctor foram coletadas nos três sistemas, mas em três trincheiras e num lado da trincheira.

As amostras com estrutura alterada foram acondicionadas em sacos plásticos, dentro de caixas de isopor e posteriormente em caixas plásticas. Nas amostras com estrutura preservada, foi borrifado inseticida nas extremidades de cada amostra e protegidas com papel filme e alumínio e posteriormente colocadas em sacos plásticos de 0,5 kg e acondicionada em caixas plásticas. Feito o preparo das amostras, estas foram transportas via aérea para o Centro de Ciências Agroveterinária-Cav, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

A densidade de partículas, densidade do solo, granulometria, grau de floculação e umidade gravimétrica foram determinados segundo Embrapa (1997). A densidade de partícula foi utilizada para os cálculos das curvas de saturação relativa e porosidade do solo.

A resistência do solo à penetração (RSP) em campo foi determinada em trinta pontos aleatórios em cada sistema, até a profundidade de 40 cm, com penetrógrafo da marca Falker®, equipado com cone de 12,82 mm de diâmetro e velocidade de medição máxima de 30 mm s⁻¹, controlada manualmente. Neste momento foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm para determinação da umidade gravimétrica do solo pela equação 5.

$$Ug (\%) = \frac{MSU - MSS}{MSS} \quad (\text{Eq. 5})$$

Sendo, Ug: umidade gravimétrica; MSU: massa do solo úmido; MSS: massa do solo seco.

As amostras para determinar a resistência do solo à penetração no laboratório foram parcialmente padronizadas a umidade na tensão em -100 kPa em câmaras de Richards e posteriormente determinada em penetrógrafo de bancada, aplicando uma força para penetrar o solo numa velocidade de 30 mm/segundos com cone de 4 mm.

O estado de agregação das amostras de solo foi determinado por meio do peneiramento úmido, pelo método de Kemper e Chepil (1965), em amostras de agregados de 8,0 a 4,76 mm, calculando-se a percentagem de agregados nas classes de 4,76; 2,00; 1,00, 0,250, <0,25 mm (Equação 6), a partir do qual foi calculado o diâmetro médio geométrico (DMG) (Equação 7).

$$\% AICT = \frac{(mAgr-mi)}{(TAggr-miT)} * 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

Sendo, AICT: Percentagem de agregados por intervalo de classe de tamanho; mAgr: massa de agregados em cada classe (g); mi: massa de material inerte em cada classe (g); TAggr: massa de agregados da amostra inicial (g); miT: massa de material inerte total (de todas as classes) (g).

$$DMG(mm) = EXP \sum_{i=1}^n \left[\frac{(mAgr-mi)*Ln*ci}{TAggr-miT} \right] \quad (\text{Eq.7})$$

Sendo, DMG: diâmetro médio geométrico (mm); Ln: logaritmo natural; ci: diâmetro médio da classe de agregados (mm).

No laboratório de física e manejo do solo, as amostras foram secas ao ar para determinação dos limites de liquidez e plasticidade, e grau de floculação (EMBRAPA, 1997). O limite de liquidez (LL) foi determinado com a fração do solo que passa pela peneira 40 (malha com abertura de 425 µm). Corresponde à umidade do solo quando são necessários 25 golpes no aparelho de Casagrande para fechar uma ranhura padrão aberta na superfície da amostra. O limite de plasticidade (LP), que corresponde à umidade na qual, ao se moldar um cilindro de solo com 0,3 cm de diâmetro, surgem fissuras na superfície do solo (início da fragmentação). Com base nesses limites foram determinados os índices de plasticidade (IP) (Equação 8), índice de consistência (IC) (Equação 9) e o índice de atividade (IA) (Equação 10).

$$IP (\%) = LL - LP \quad (\text{Eq.8})$$

Sendo, IP: índice de plasticidade; LL: limite de liquidez; LP: limite de plasticidade.

$$IC (\%) = \left(\frac{LL - Uns}{IP} \right) \quad (\text{Eq.9})$$

Sendo, IC: índice de consistência; Uns: umidade natural do solo (%).

$$IA (\%) = \frac{IP}{\% \text{ argila}} \quad (\text{Eq.10})$$

Sendo, IA: atividade da argila.

Para analisar os limites de liquidez e plasticidade, foram utilizados os índices adotados por Almeida (2005), que são citados entre parênteses em cada parâmetro.

As amostras para o teste de Proctor foram secas ao ar, destorreadas e peneiradas (peneira com abertura da malha de 4,75 mm), no laboratório. Durante a coleta e manipulação das amostras, procurou-se eliminar todo o material orgânico não decomposto existente. O ensaio de Proctor Normal foi realizado com o uso de um aparelho marca Soiltest modelo CN-4230, sendo a amostra compactada em um anel metálico de, aproximadamente 1 litro, em três camadas de solo, cada uma recebendo 25 golpes de um soquete de 2,50 kg caindo de uma altura de 30,5 cm, totalizando energia de 5,625 kJ cm⁻², conforme Norma Técnica ABNT/NBR 7182/86 (ABNT, 1986). Para obter a curva de compactação, o solo foi compactado em sete teores de umidade gravimétrica, variáveis em intervalos de 0,02 kg kg⁻¹, partindo de uma umidade que permitisse que o terceiro ponto da curva ficasse próximo da umidade crítica. Para cada amostra foram realizados dois ensaios de Proctor, sem reuso (SR) e com reuso (CR) do material coletado, com

duas repetições de laboratório para ambos os métodos (SR e CR), sistemas e camadas, totalizando 36 testes.

Após cada compactação foram retiradas três amostras do corpo de prova (topo, meio e fundo), para determinação da umidade gravimétrica do solo (U_g). Assim, para cada amostra, obtiveram-se sete pares de umidade (U_g) e densidade do solo (D_s), com os quais se ajustou o seguinte modelo matemático (BRAIDA et al., 2006) (Equação 11).

$$D_s = D_{si} + ae^{\left(-0,5\left(\frac{U_g - U_{gc}}{b}\right)^2\right)}$$
(Eq.11)

Sendo, D_{si} : densidade inicial do solo ($Mg\ m^{-3}$); a : incremento máximo na densidade inicial do solo ($Mg\ m^{-3}$); b : coeficiente de ajuste ($kg_{solo}\ kg^{-1}\ águas$); e : base do logaritmo natural; U_g : umidade gravimétrica ($kg\ águas\ kg^{-1}\ solo$); U_{gc} : umidade crítica de compactação ($kg\ águas\ kg^{-1}\ solo$).

A umidade crítica de compactação (U_{gc}) foi obtida diretamente na equação ajustada, enquanto a densidade máxima foi à soma dos parâmetros $D_{si} + a$ e correspondente às coordenadas do ponto de inflexão da curva. A densidade relativa (Dr) foi calculada conforme Klein (2006) (Equação 12).

$$Dr = \frac{Ds}{DMS}$$
(Eq. 12)

Sendo, D_s : Densidade do solo ($Mg\ cm^{-3}$); e DMS : Densidade máxima do solo ($Mg\ m^{-3}$) obtida pelo ensaio de Proctor normal.

Foi calculada a saturação relativa (SR), que é a proporção dos poros preenchidos com água em relação à porosidade (KLEIN, 2012). Assim, foram ajustadas as curvas de saturação relativa (SR a 80%, SR a 90%, SR a 100%) para

cada curva de compactação, conforme equação abaixo para a SR de 90% (Equação 13).

$$Ug = \frac{\left(1 - \left(\frac{Ds}{Dp}\right)\right) * 0,9}{Ds} \quad (\text{Eq.13})$$

Sendo: Ug: umidade gravimétrica (kg kg^{-1}); Ds: Densidade do solo (Mg m^{-3}); Dp: densidade de partículas.

A análise estatística foi realizada no programa Statistical Analysis System-SAS 9.2 (SAS Institute INC., 2010). Inicialmente os dados foram submetidos ao teste de normalidade (teste de Lilliefors), sendo que todas as variáveis apresentaram distribuição normal. Após foi verificada a homogeneidade da variância (teste de Cochran e Barttlet). Na sequência os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas através do teste de Student (t). Foram realizadas correlações de Pearson entre as propriedades físicas.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Grau de flocação

A flocação da argila na FN reduziu com a profundidade, enquanto nas ILP e PAST aumentou em profundidade. A flocação da argila foi maior na FN até a profundidade de 25 cm, passando a ser menor nas camadas subsequentes, quando comparado com os sistemas de ILP e PAST. Os valores foram na ordem de 44% na primeira camada para 19% na ultima camada na FN; 24 para 40% no sistema de ILP; e 30 para 42% no sistema de PAST, respectivamente (Apêndice G e H).

Esta proporção de flocação da argila é considerada baixa em todos os sistemas, principalmente nas primeiras camadas, o que pode causar a eluição da argila do horizonte

superficial, em razão da dispersão da argila (FULLER et al., 1995; HELALIA et al., 1988; SILVA et al., 1998), perdas por erosão hídrica (KLEIN, 2012), bem como a degradação do grau e tipo da estrutura do solo (SILVA e RIBEIRO, 1997).

Essa mesma magnitude de floculação da argila e a redução em sistemas de uso do solo em relação à floresta nativa foram constatadas por Prado e Centurion (2001) em Latossolo Vermelho-Escuro em sistema de floresta e sistema de cana-de-açúcar, constatando também a degradação da estrutura do solo neste ultimo sistema, em detrimento da baixa floculação da argila.

O maior grau de floculação da argila pela ação da matéria orgânica em áreas com vegetação nativa foi constatada por Carvalho Júnior et al. (1998) e por Prado e Centurion (2001).

Contudo, o grau de floculação (GF) em todos os sistemas não se correlacionou com a matéria orgânica, fato verificado também por Muller et al. (2001). Entretanto, correlacionou-se de forma positiva com teor de argila ($r=0,47$, $p=<0,05$, $n=192$) e negativa com areia ($r=-0,35$, $p=<0,05$, $n=192$). Isto explica em parte a maior floculação da argila em profundidade e nas primeiras camadas na FN em comparação a ILP e PAST, pois na FN o teor de argila é maior que nos demais sistemas, até certa profundidade. Além disso, não foram observadas nenhuma outra correlação do GF com atributos químicos do solo. Desta forma, o GF foi mais influenciado pelo teor de argila e areia.

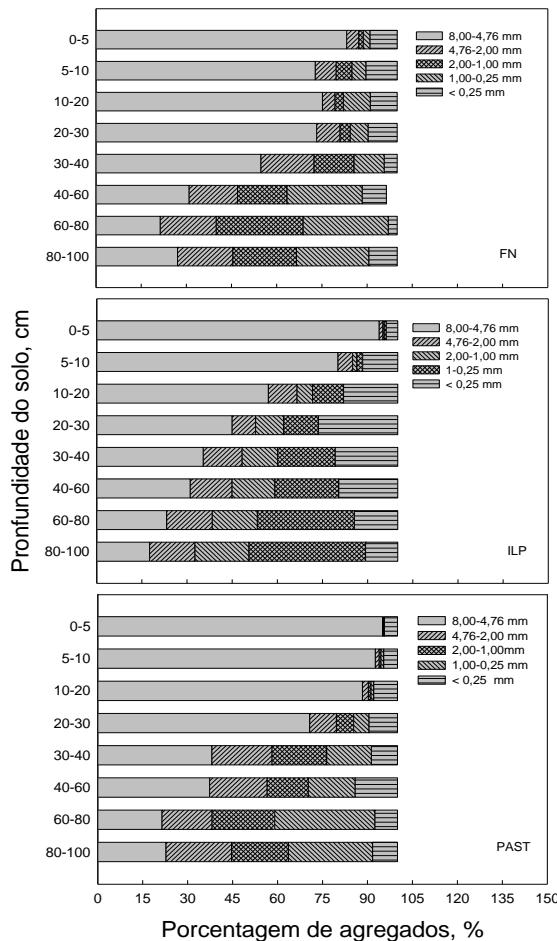
De acordo com Ferreira (2010) quanto mais ativa for à fração argila, maior é a adsorção de água e consequentemente maior a quantidade de argila dispersa em água. Segundo Alleoni et al. (2009) a dispersão das argilas pode ser relacionada com a estabilidade dos agregados em água, tipo e quantidade de cátions trocáveis, quantidade de agentes complexantes, minerais silicatados, óxidos de Fe e Al, força

iônica e pH do solo, o que não foi observado nos resultados deste estudo.

3.3.2 Estabilidade de agregados

A maior percentagem de agregados ficou na classe de diâmetro entre 4,75 e 8,00 mm, correspondendo por aproximadamente 80% dos agregados na FN, 94% na ILP e 93% na PAST, até a camada de 30 cm. Com o aumento da profundidade houve redução da quantidade de agregados maiores com distribuição mais uniforme entre as demais classes. Na ILP o declínio da percentagem de agregados maiores foi acentuado, enquanto na PAST este declínio só ocorreu abaixo de 30 cm de profundidade (Figura 11).

Figura 11- Percentagem de agregados de um Argissolo Vermelho-Amarelo nas diferentes classes de tamanho em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Com a distribuição dos agregados em cada classe de tamanho foi calculada a estabilidade de agregados expressa pelo diâmetro médio geométrico (DMG) (Figura 12). O DMG dos agregados diminui em profundidade. Na FN reduziu gradativamente de 4,0 mm na superfície para 1,8 mm na camada mais profunda; na ILP de 5,5 para 1,4 mm; e na PAST de 5,6 para 2,1 mm.

Comparado à agregação do solo sob FN, o sistema de ILP teve agregados mais estáveis até a profundidade de 10 cm, mas menor estabilidade nas camadas mais profundas. Já no sistema de PAST teve agregados mais estáveis até a profundidade de 30 cm, diferindo em comparação a área de FN e ILP, com exceção na camada de 0-5 em comparação a ILP (Figura 12).

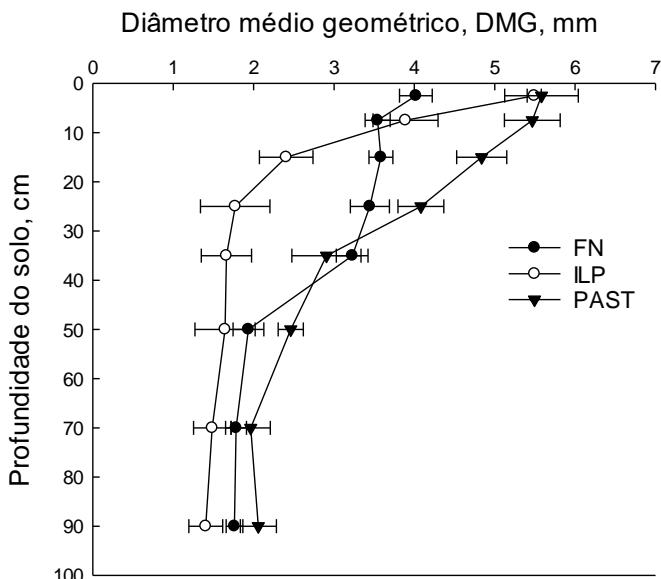
A partir da profundidade de 40 cm a estabilidade de agregados é muito baixa, em todos os sistemas e se deve ao decréscimo da matéria orgânica (BRONICK e LAL, 2005; HARRIS et al., 1996; LYNCH e BRAGG, 1985; SALTON et al., 2008). Nos três sistemas foi detectada correlação positiva entre DMG e MOS (Figura 14). Esta correlação explica em partes a baixa estabilidade estrutural do solo abaixo de 40 cm em todos os sistemas, principalmente na ILP.

A redução da agregação pode ter ocorrido por influências de outros fatores, atuando em conjunto com a matéria orgânica, tais como a natureza dos cátions presentes e seu poder de flocação, mineralogia do solo, ao comportamento do alumínio dependente do pH da solução do solo (CASTRO FILHO, 1988).

O DMG ainda se correlacionou com acidez trocável, acidez potencial e não se correlacionou com os cátions (Ca e Mg). Essas correlações explicam também a baixa estabilidade de agregados a partir da profundidade de 40 cm, pois estes elementos aumentaram significativamente em profundidade.

A maior proporção de agregados de maior diâmetro e o maior DMG, principalmente no solo sob os sistemas de PAST e ILP, pode estar relacionada à concentração nas camadas mais superficiais das raízes das gramíneas, as quais são fundamentais na formação e estabilização dos macroagregados (GRACIA e ROSELEM, 2010, MATERECHAERA et al., 1992; SILVA e MIELNICZUK, 1997a), que contribui na aproximação das partículas, promove o secamento do solo e aumenta a coesão das partículas. Isto ocorre, pois as raízes exsudam carboidratos, estimulam a atividade dos microrganismos, os quais produzem polissacáridos (HAYNES e BEARE, 1996; SILVA e MIELNICZUK, 1997a; SIX et al., 2004; TISDAL e OADES, 1980 a,b). Além disso, pode estar associado a hifas fúngicas, que favorecem a agregação física-química do solo (TISDALL, 1994). Na floresta nativa as raízes crescem em profundidade, favorecendo a agregação em todo o perfil.

Figura 12- Estabilidade de agregado de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Os resultados deste estudo são corroborados pelos resultados encontrados por Silva e Mielniczuk (1997a), que verificaram maior estabilidade de agregados em sistemas de pastagem, relacionado principalmente ao comprimento de raízes. Salton et al. (2008) ressaltam que, independentemente do uso do solo ser sob integração lavoura-pecuária ou de conversão para pastagem permanente, ambos elevam a estabilidade de agregados.

3.3.3 Densidade do Solo

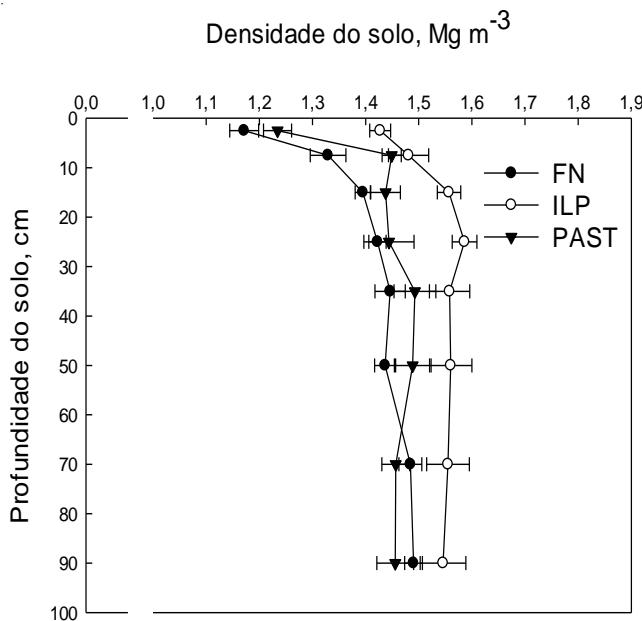
A densidade do solo (Ds) aumentou em profundidade. Na FN, aumentou gradativamente de $1,17 \text{ Mg m}^{-3}$ na superfície para $1,49 \text{ Mg m}^{-3}$ na camada mais profunda; na ILP de $1,43 \text{ Mg m}^{-3}$ para $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$; e na PAST de $1,23$ para $1,49 \text{ Mg m}^{-3}$.

Para esta condição de solo em relação à granulometria (franco-argilo-siltosa) a densidade do solo foi considerada crítica em todas as camadas no sistema de ILP e PAST apenas na camada de 0-5 não ficou dentro do limite crítico que é de $1,4$ a $1,5 \text{ Mg m}^{-3}$ (REICHERT et al., 2003). Podendo indicar impedimento ao desenvolvimento de culturas, contudo, deve-se considerar o tipo de cultura.

Em todas as camadas a densidade do solo nos sistemas de ILP e PAST foi maior do que na FN (Figura 13). Isso demonstra que o uso do solo para fins agropecuários, independentemente do sistema de manejo utilizado, promove alterações nas suas propriedades físicas. Porém, cabe destacar que essas diferenças em profundidade a priori na podem ser atribuídas ao uso e manejo do solo, mas sim as diferenças nos atributos físicos, tais como a granulometria, mas faz-se necessário estudos mais detalhado para entender esse comportamento da densidade do solo em maiores profundidades.

Na ILP a Ds diferiu até a profundidade de 60 cm em comparação à FN; na PAST diferiu apenas na camada de 0-5 e 5-10 cm. Entre os sistemas de ILP e PAST foram observadas diferenças nas camadas de 5-10 e 20-30, 30-40 e 60-80 cm (Figura 13).

Figura 13- Densidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.

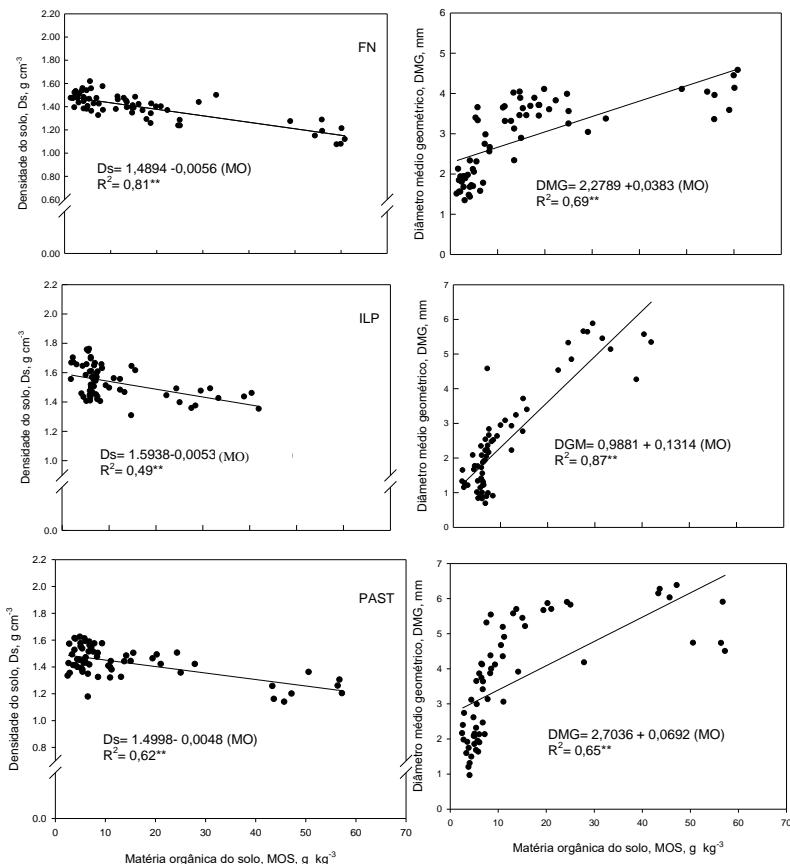


FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

A menor Ds na FN, principalmente nas camadas iniciais se deve a contribuição da matéria orgânica do solo e ausência de atividades antrópicas. O efeito da MOS na densidade do solo foi observada nos três sistemas analisados (Figura 14).

Figura 14- Correlações entre a matéria orgânica e densidade do solo (MOxDs) e entre a matéria orgânica e diâmetro médio geométrico (MOx DMG) de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

A maior densidade do solo sob ILP e PAST sugere o efeito associado da pressão causada pelo pisoteio do gado e trânsito de máquinas e menor conteúdo de matéria orgânica (MULLER et al., 2001). De acordo com Albuquerque et al. (2001), a compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas e pelo pisoteio animal é uma das principais causas da degradação de áreas cultivadas em sistema de integração lavoura-pecuária.

Na FN a Ds foi semelhante ao encontrado por Moraes et al. (1996). Na PAST está semelhante ao encontrado por Melo (2003) em um Argissolo Amarelo da região Leste do Acre. Contudo, a Ds está mais elevada que a encontrada por Araújo et al. (2011) na mesma área deste estudo quando a pastagem estava com 10 anos. Esta diferença indica que o tempo de uso com pastagem tende a aumentar a Ds, porém essa variação depende do tipo e momento do manejo realizado na manutenção da pastagem.

Lanzanova et al. (2007) constaram em diferentes níveis de pastejo o incremento da densidade do solo nas camadas superficiais e Albuquerque et al. (2001) encontraram maior densidade em Nitossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto, com milho no verão e aveia no inverno.

A umidade do solo na qual são realizadas as operações de manejo do solo, associada também a textura, é fundamental na dinâmica da densidade de solos em diferentes sistemas de uso. Adicionalmente, o tempo de utilização dos sistemas de uso e manejo também é uma variável importante a ser considerada. Neste sentido, o manejo mais adequado da pastagem torna-se essencial para recuperar, manter ou melhorar as condições de pasto na região do estado do Acre. Os resultados deste trabalho indicam que o sistema de ILP apesar das suas vantagens produtivas, diversificação da produção, não reduziu a densidade do solo em comparação ao pasto convencional, ao

contrário, aumentou a Ds. Isso pode estar relacionado com tempo de uso do solo em sistema de ILP (um ano de uso), além da pressão do pisoteio do gado, uso de maquinário para introdução e manutenção do sistema de ILP e o momento da realização do manejo, principalmente em termos de condições de umidade do solo.

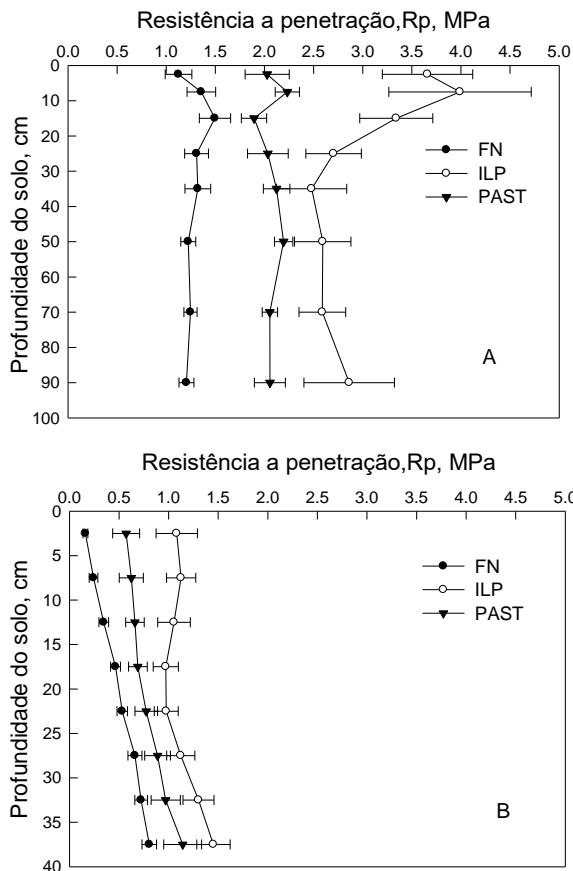
3.3.4 Resistência à penetração

A resistência do solo à penetração (RSP) foi determinada em laboratório, com água retida na tensão de -100 kPa, o que resultou em umidade volumétrica média próximo de 0,40 kg kg⁻¹ e em campo na condição natural da umidade (Tabela 1).

A resistência do solo à penetração determinada em laboratório na FN aumentou até a profundidade de 20 cm e reduzindo novamente. Na ILP foi maior nas duas camadas de superfície e reduziu gradativamente em profundidade. Na PAST foi maior nas duas primeiras camadas, passando a ser menor na terceira camada e aumentando novamente em profundidade. (Figura 15 A).

Em relação ao solo sob FN, a RSP na ILP e PAST aumentou em todas as camadas, principalmente na ILP (Figura 15 A). Isso demonstra que a conversão de floresta nativa para o uso do solo com fins agrícolas, independentemente do sistema de manejo utilizado, eleva tanto a densidade quanto a RP do solo. Assim, podendo limitar o bom desenvolvimento de culturas e degradar fisicamente e consequentemente quimicamente solos com uso agropecuário.

Figura 15- Resistência do solo à penetração determinada em laboratório (A) e em campo (B) de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Na ILP e PAST a RSP determinada em laboratório diferiu em todas as camadas em comparação à FN. Entre os sistemas também foram observadas diferenças em todas as camadas (Figura 15 A).

A resistência do solo à penetração determinada em campo seguiu a mesma tendência da determinada em laboratório, ou seja, aumentou gradativamente em profundidade. Comparado à floresta nativa a ILP e PAST aumentaram a RSP, especialmente na ILP (Figura 15 B). Na FN, foi de 0,2 MPa na superfície para 0,8 MPa na camada mais profunda; na ILP de 1,1 para 1,4 $Mg\ m^{-3}$ e na PAST de 0,6 para 1,1 Mpa, respectivamente. Na PAST mesmo com menor umidade do solo que a ILP, teve menor RSP (Tabela 1).

Tabela 1- Umidade do solo no momento da determinação da resistência do solo à penetração em campo. Rio Branco, Acre, 2016.

Profundidade (cm)	FN $Ug\ kg\ kg^{-1}$	ILP $Ug\ kg\ kg^{-1}$	PAST $Ug\ kg\ kg^{-1}$	CV%
0-10	0,32	0,33	0,27	8
10-20.	0,39	0,39	0,29	13
20-30	0,43	0,40	0,30	14
Média	0,38	0,37	0,29	
CV %	8	6	3	

Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

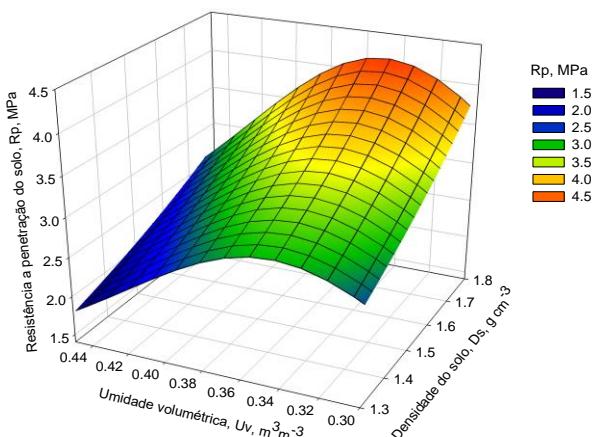
Segundo Glinski e Lipiec (1990) o crescimento radicular pode ser reduzido por diversos fatores, como o aumento da resistência mecânica, redução da aeração e excesso de umidade ou estresse hídrico, que podem ocorrer simultaneamente, tornando difícil distinguir os efeitos.

A resistência do solo à penetração é influenciada pela umidade e densidade do solo conforme observado na Figura 16 e corroborado nos estudos de Klein et al. (1998), Grante et al. (1993) e Junior et al. (2004) e entre outros fatores como porosidade, textura, pressão de camadas sobrejacentes, grau de

confinamento do local ou camada de leitura, bioporos, tamanho de agregados. (BENNIE, 1991).

Como a RSP determinada em laboratório foi em amostras de solos com estrutura preservada mantidas na mesma tensão (-100 kPa), a maior RSP em profundidade e nos sistemas de uso do solo com ILP e PAST pode ser pela maior densidade do solo nestas áreas, principalmente na ILP. Contudo, ainda pode-se ter o efeito pela diferença na umidade, pois apesar das amostras serem mantidas em uma mesma tensão, há variação da umidade nas diferentes amostras dos sistemas e camadas em detrimento das características distintas de cada amostra como teor de matéria orgânica, granulometria e densidade do solo.

Figura 16- Resistência do solo à penetração em função da densidade do solo e umidade volumétrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem. Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Os resultados desse estudo corroboram com os encontrados por Araújo et al. (2004) onde encontraram aumento da RSP em sistema de pastagem em comparação a floresta nativa sob Argissolo Vermelho no Acre.

3.3.5 Limites de liquidez e plasticidades

Os limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP) foram maiores na camada de 0-10 cm do que na camada de 10-20 cm. Nos sistemas foram maiores na FN, seguido da PAST e ILP.

O índice de plasticidade (IP) não foi alterado na camada mais profunda, sendo maior na FN e não diferiu entre os sistemas de ILP e PAST nas duas camadas (0-10 e 10-20 cm) (Tabela 2).

O índice de consistência (IC) do solo foi classificado como duro no solo de FN e PAST ($IC > 1\%$) e rígido no solo de ILP ($0,75 < IC < 1\%$) na camada de 0-10 cm. A atividade da argila (IA) foi classificada como normal nos três sistemas de uso do solo ($IA < 0,7$).

O menor LL e LP na camada mais profunda e o maior LL e LP na FN, é devido ao menor conteúdo de matéria orgânica na camada mais profunda e ao maior conteúdo de matéria orgânica na FN, corroborando com Ellies e Gayoso (1986); Braida et al. (2006).

O maior índice de plasticidade é devido a maior proporção do conteúdo de argila (KIEHL, 1979) o que é corroborado pelas correlações positivas entre argila x LP ($r=0,80$, $p=<0,05$, $n=18$) e também devido à relação entre MO x LP ($r=0,60$, $p=<0,05$, $n=18$).

Tabela 2. Limites de liquidez e plasticidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo, submetidos a três sistemas de uso do solo na Amazônia Ocidental. Rio Branco, Acre, 2016.

Uso do solo	LL	LP	I.P	I.C	I.A	U _{cp} /LP
%.....				
0-10 cm						
FN	60	34	0,3	1,1	0,7	0,91
ILP	36	29	0,1	0,9	0,4	0,79
PAST	47	33	0,1	1,37	0,5	0,85
CV%	25	8	69	21	29	6
10-20 cm						
FN	50	30	0,2	0,8	0,6	0,87
ILP	32	25	0,1	1,2	0,4	0,76
PAST	35	23	0,1	0,7	0,4	0,87
CV	36	14	43	29	25	6

FN: Floresta nativa; ILP: Integração lavoura-pecuária; PAST: Pastagem; LL: limite de liquidez; LP: Limite de plasticidade; I.P.: Índice de plasticidade; I.C.: Índice de consistência; I.A.: índice de atividade da argila. U_{cp}: umidade crítica de compactação

Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

3.3.6 Umidade crítica e densidade máxima do solo

As curvas de compactação determinadas pelo teste de Proctor normal diferiram pouco quando a amostra inicial era sem reuso (SR) ou com reuso (CR), independentemente do sistema e da camada (Figuras 17 e 18). Com reuso houve pequeno aumento na densidade máxima de compactação (D_{mc}), incremento esse de 0,01 Mg m⁻³ na FN e na PAST e 0,03 Mg m⁻³ na ILP, na camada de 0-10. Comportamento semelhante foi constatado na camada de 10-20 cm (Tabela 3).

Os resultados encontrados neste estudo para o efeito de reuso das amostras divergem do relatado por Ramos et al.

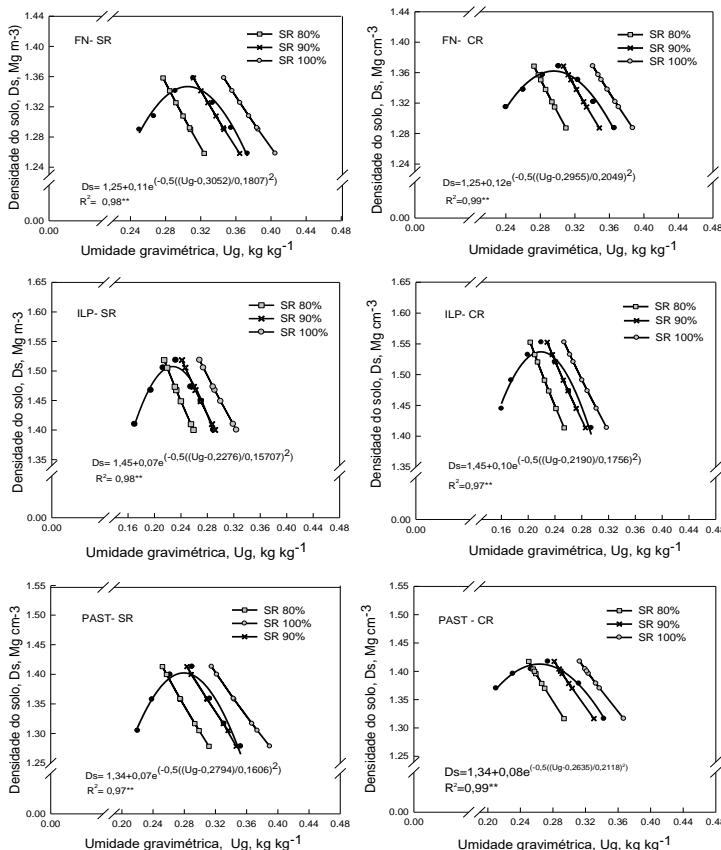
(2013), pois encontraram diferença significativa na configuração e na densidade máxima do solo com reuso da amostra para determinação do ensaio de Proctor normal.

A densidade máxima do solo é diretamente influenciada pelo teor de matéria orgânica, constituinte que diminui a D_{mc} (BRAIDA et al. 2006), o que explica o fato do solo da área de FN apresentar a menor D_{mc} (Tabela 3). Este comportamento foi observado em estudos com uma mesma classe de solo, contudo com diferentes teores de matéria orgânica (ARAGON et al., 2000; BALL et al., 2000; BRAIDA et al., 2006; RAMOS et al., 2013); em estudos com diferentes classes de solos de mesma granulometria e com distintos teores de matéria orgânica (SILVA et al., 1986); em estudos com diferentes classes de solos com distintas granulometrias e com diferentes teores de matéria orgânica (LUCIANO et al., 2012); e em estudos com adição ao solo de matéria semidecomposta (BRAIDA et al., 2006). A maior D_{mc} observada na ILP, além de estar relacionado ao menor teor de matéria orgânica, também estar relacionada à maior proporção ou diferença de partículas de areia em comparação a FN (Apêndice F).

Aragon et al. (2000) encontrou relação direta entre teor de silte e densidade máxima do solo. Isso pode explicar em parte as altas D_{mc} encontradas neste estudo em função da maior proporção da fração silte para o solo em estudo.

A maior U_{cp} do solo na FN é em função do conteúdo de matéria orgânica que influência diretamente esta variável, conforme verificado por Aragón et al. (2000), Braida et al. (2006), Luciano et al. (2012) e Marcolin (2006). Isso se deve a capacidade de retenção de água da matéria orgânica. De acordo com Braida et al. (2006) quanto menor o diâmetro das partículas maior é a área superficial é maior é a capacidade de retenção de água.

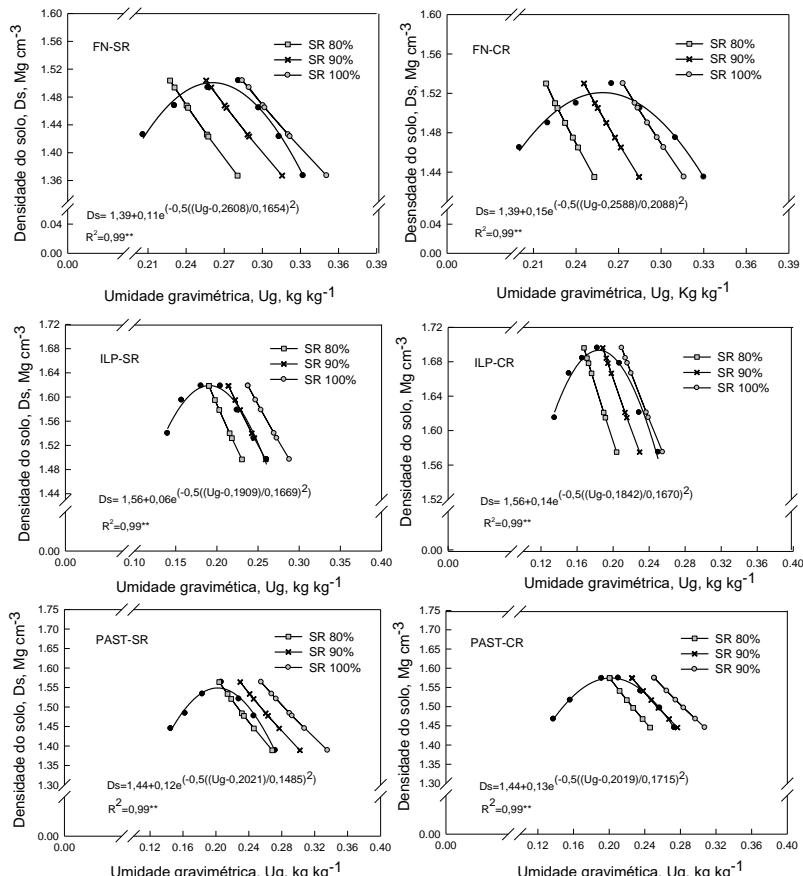
Figura 17- Curva de compactação de um Argissolo Vermelho-Amarelo, com e sem reuso para a profundidade de (0-10 cm), em ambiente de floresta, integração lavoura-pecuária e pastagem (** Modelo ajustado e significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F). Rio Branco, Acre, 2016.



SR: Saturação relativa; FN-SR: floresta nativa sem reuso; FN CR: Floresta nativa com reuso; ILP SR: integração lavoura-pecuária sem reuso; ILP CR: integração lavoura-pecuária com reuso; PAST SR: pastagem sem reuso; PAST CR: pastagem com reuso.

Fonte: produção do próprio autor, 2016

Figura 18- Curva de compactação de um Argissolo Vermelho-Amarelo, com e sem reuso para a profundidade de (10-20 cm) em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem (** Modelo ajustado e significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F). Rio Branco, Acre, 2016.



SR: Saturação relativa; FN-SR: floresta nativa sem reuso; FN CR: Floresta nativa com reuso; ILP SR: integração lavoura-pecuária sem reuso; ILP CR: integração lavoura-pecuária com reuso; PAST SR: pastagem sem reuso; PAST CR: pastagem com reuso.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Na camada de 0-10 cm a D_{mc} foi menor e a U_{cp} foi maior do que na camada de 10-20 cm. A saturação relativa no geral não foi alterada pelo tipo de uso e camada. No ramo úmido da curva, esta foi de 90%, indicando que nestes pontos as amostras compactadas estavam com noventa por cento dos poros preenchidos por água e os outros 10% por ar (Tabela 3).

Quando comparado o efeito dos sistemas de uso do solo, verificou-se nas duas camadas que a D_{mc} aumentou no sistema PAST e principalmente na ILP. Em contrapartida os sistemas de ILP e PAST reduziram a U_{cp} (Tabela 03).

Tabela 3- Umidade crítica e densidade máxima de um Argissolo Vermelho-Amarelo, submetidos a três sistemas de uso do solo na Amazônia Ocidental. Rio Branco, Acre, 2016.

Uso do solo	U_{cp} CR ----- kg kg ⁻¹ -----	U_{cp} SR --- % ---	CV --- % ---	$D_{mc}.$ CR ----- Mg cm ⁻³ -----	$D_{mc}.$ SR -----	CV - % -
0-10-cm						
FN	0,30	0,31	3	1,37	1,36	1
ILP	0,22	0,23	3	1,55	1,52	2
PAST	0,27	0,28	3	1,42	1,41	1
CV %	20	20		6	6	
10-20 cm						
FN	0,26	0,26	1	1,54	1,50	2
ILP	0,18	0,19	4	1,70	1,62	3
PAST	0,20	0,20	1	1,57	1,56	1
CV %	20	17		5	5	

FN: Floresta nativa; ILP: Integração Lavoura pecuária; PAST: Pastagem; CV: Coeficiente de variação; U_{cp} CR: umidade crítica de compactação com reuso; U_{cp} SR: umidade crítica de compactação sem reuso; $D_{mc}.$ CR: densidade máxima com reuso; $D_{mc}.$ SR: densidade máxima sem reuso.

Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Como alternativa da estimativa da determinação da umidade crítica de compactação Ojeniyi e Dexter (1979) indicam que a razão entre a umidade crítica de compactação e o limite de plasticidade (U_{cp}/LP) é igual a 0,90, sugerindo que a umidade crítica de compactação possa ser estimada como sendo igual a 90% do limite de plasticidade. Contudo a relação entre a umidade crítica de compactação e o limite de plasticidade não se mostrou um bom parâmetro para estimar a umidade crítica de compactação (LUCIANO et al., 2012).

A relação encontrada neste estudo também não atingiu esse limite, em especial no solo da ILP, onde os valores ficaram abaixo de (0,9) (Tabela 2). É importante destacar que os teores de matéria orgânica (MO) são menores e que há pequena diferença nos teores de argila deste solo em relação ao solo da FN e PAST. Isso pode sugerir que para solos com menor teor de matéria orgânica e menos argilosos, esta razão, e ou, índice não seja preciso para estimar a umidade crítica de compactação. Braida et al. (2006) verificaram que o teor de MO influenciou a relação U_{cp}/LP , indicando que essa relação diminui com o aumento da MO, sendo que esta tem maior influência no LP que na U_{cp} . Neste sentido, os autores sugerem que a estimativa da U_{cp} a partir do LP pode ser subestimada para baixo teor de matéria orgânica, ou superestimada para altos teores de matéria orgânica, o que também foi observado neste estudo.

Destaca-se também, a influência da granulometria, mesmo que a variação granulométrica entre os solos das áreas seja pequena, a mesma tem influência direta nos LP, como observado por Luciano et al. (2012).

Outro fator importante a destacar é que a umidade critica de compactação do solo em todos os sistemas e camadas ficaram abaixo do limite de plasticidade, umidade na qual é indicada pela literatura como a ideal para realizar o preparo do solo. Estes resultados no mínimo são preocupantes, pois para esta condição de solo e ambiente, caso seja adotado como

referência à umidade no LP pode trazer sérios problemas físico no solo como a compactação do solo. Neste sentido, o LP não seria um parâmetro mais adequado para se estimar a umidade ótima de preparo do solo.

A densidade máxima do solo na ILP e na PAST foi em média (média dos dois sistemas) de $1,49 \text{ Mg m}^{-3}$ na umidade média de $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$. Este fato é no mínimo preocupante, pois implica que, se manejado o solo com implementos e maquinários agrícolas ou até mesmo com pastejo intensivo, nessa faixa de umidade, ocasionará a máxima compactação do solo, degradando as propriedades físicas do solo, ocasionando o aumento da densidade do solo, redução da porosidade, redução da taxa de infiltração de água no solo e, desta forma prejudicando o desenvolvimento das culturas. Assim, torna-se restritivo o manejo do solo nessas condições de umidade. É importante destacar que o solo atingiu a densidade máxima em uma condição de baixa umidade do solo, relacionado ao teor de silte e de argila, bem como do baixo teor de matéria orgânica na ILP e PAST. Todos esses fatores tornam os solos mais susceptíveis à degradação física, e, portanto de manejo mais restritivo, principalmente para os solos da região Oeste do estado do Acre, pois na sua grande maioria são solos com problema de drenagem, ou seja, excesso de umidade.

3.3.7 Densidade relativa

A densidade relativa do solo (Dr) aumentou em profundidade. Na FN, aumentou de $0,89 \text{ Mg m}^{-3}$ na superfície para $0,93 \text{ Mg m}^{-3}$ na camada mais profunda; no sistema ILP de 0,94 para $0,98 \text{ Mg m}^{-3}$; e no sistema de PAST de 0,91 para $0,96 \text{ Mg m}^{-3}$.

Houve tendência de incremento na Dr do solo em todas as camadas, tanto na ILP quanto na PAST em relação ao solo sob FN (Tabela 4). Isso demonstra que o uso do solo para fins

agrícolas, independentemente do sistema de manejo utilizado, promove alterações nas suas propriedades físicas.

Tabela 4- Densidade do solo, densidade de partícula, matéria orgânica e densidade relativa de um Argissolo Vermelho-Amarelo, submetidos a três sistemas de uso do solo na Amazônia Ocidental. Rio Branco, Acre, 2016.

Uso do solo	Ds	Dp	Dr	MO
		Mg m ⁻³		..... g kg ⁻¹
0-10 cm				
FN	1,17	2,54	0,89	27
ILP	1,43	2,53	0,94	18
PAST	1,37	2,50	0,91	20
C.V. %	3	1	3	21
10-20 cm				
FN	1,39	2,63	0,93	17
ILP	1,56	2,63	0,98	9
PAST	1,44	2,60	0,96	11
C.V. %	8	1	2	34

FN: Floresta nativa; ILP: Integração Lavoura pecuária; PAST: Pastagem; CV: Coeficiente de variação; Dr CR: Densidade relativa com reuso; Dr SR: densidade relativa sem reuso.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas visando obter a densidade relativa crítica ou a faixa ótima ao desenvolvimento das plantas. Carter (1990) obteve máximo rendimento de cereais quando a densidade relativa se manteve entre 0,77 e 0,84; Hakansson (1990), em solos da Suécia, encontrou máximo rendimento de cevada quando a densidade relativa se encontrava próximo a 0,87; Beutler et al. (2005), com base em estudos de laboratório, consideram que a Dr ideal para o desenvolvimento das plantas é de 0,84 e 0,75 para solos com 0,57 e 0,27 g kg⁻¹ de argila respectivamente. A campo sugeriu como ideal Dr de 0,80 para solos com 0,57 g kg⁻¹ de

argila. Marcolin (2009) apresenta valores de referência para a densidade relativa: < 0,80 nível de compactação é solto; 0,80 a 0,90 não compactado; 0,90 a 0,95 compactado; e > 0,95 muito compactado.

Com bases nessas referências, os resultados de Dr do solo encontrados nesse estudo indicam que o solo estar adensado na FN e muito compactado na ILP e PAST. Apenas na camada de 0-10 cm, o solo se encontra em estado de não adensamento na FN.

A priori, as diferenças observadas na densidade e resistência do solo à penetração abaixo de 50 cm de profundidade são pouco influenciadas pelo sistema de uso e manejo do solo. Pode-se concluir que estas diferenças sejam devido à variabilidade espacial dos atributos do solo, como a granulometria por exemplo. Desta forma, como a densidade relativa independe da granulometria, este atributo é adequado para discutir as diferenças entre os sistemas.

3.4 CONCLUSÕES

O reuso das amostras de solos para realização do ensaio de Proctor normal não modificou a configuração das curvas e não alterou de forma significativa a densidade máxima e umidade crítica de compactação do solo, portanto, para este Argissolo Vermelho-Amarelo é possível utilizar amostras com reuso para diminuir o volume de solo coletado.

A conversão de floresta nativa para ILP e PAST degradou a estrutura do solo, pois elevou à densidade do solo, a densidade relativa, a resistência do solo à penetração, contudo aumentou a estabilidade de agregados nas camadas mais superficiais do solo.

O Argissolo Vermelho-Amarelo é naturalmente adensado indicado pela densidade relativa. Além disso, o uso

do solo com integração lavoura-pecuária e pastagem ocasionou a compactação.

4 CAPITULO III- RETENÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

RESUMO

Estudos sobre a capacidade de armazenamento de água subsidiam práticas de uso do solo mais sustentáveis. O objetivo deste estudo foi avaliar atributos físico-hídricos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistemas de pastagem (PAST) e integração lavoura-pecuária (ILP) após a substituição de floresta nativa (FN). Foram coletadas amostras de solo, até a profundidade de 100 cm para determinar a curva de retenção de água no solo, porosidade total, volume de bioporos, macroporos, microporos, criptoporos, porosidade de aeração, capacidade de aeração, água disponível (AD) e o índice de qualidade do solo (índice S). A conversão de FN para uso com sistemas de ILP e PAST reduz a porosidade total do solo, afetando principalmente os bioporos e macroporos nas camadas superficiais. A porosidade de aeração reduziu em profundidade, sendo reduzida na camada inicial nos sistemas de ILP e PAST em comparação à FN. Água disponível diminui com a profundidade e foi menor na PAST comparada a FN e ILP. Na ILP a AD foi maior até a profundidade de 30 cm. O índice S ficou abaixo do limite crítico em todas as profundidades e nos três sistemas avaliados, indicando que o solo estava com estrutura degradada.

Palavras-chave: Acre. água disponível. índice de qualidade do solo.

4 CHAPTER III- WATER RETENTION AND STORAGE OF A Typic Hapludults (Red-yellow) UNDER DIFFERENT SOIL USE SYSTEMS IN WESTERN AMAZON

ABSTRACT

Studies on water storage capacity supply more sustainable soil use practices. The objective of this study was to evaluate soil physical-hydric attributes of a Typic Hapludults (red-yellow) a grazing system (PAST) and an integrated crop-livestock (ICL) system after replacement of a native forest NF). Soil samples were collected till a depth of 100 cm, to determine the following variables: soil water retention curve , total porosity, biopores volume, macroporosity, microporosity, criptopores, aeration porosity, aeration capacity, available water (AW) and soil quality index (index S). The soil total porosity decreased in depth. The conversion of the NF into ICL and PAST systems reduced the soil total porosity, affecting mainly the biopores and the macroporosity in the surface layers. The aeration porosity reduced in depth, being lower in the initial layer in the ICL and PAST systems when compared to the NF. Available water decreased with the depth, and it was lower in the PAST system when compared to NF and ICL system. In the ICL system the AW was higher till the 30 cm depth. The S index was below the critical limit at all the depths in the three systems evaluated, indicating that the soil is with degraded structure.

Keywords: Acre. available water . soil quality index.

4.1 INTRODUÇÃO

A compreensão e a quantificação dos impactos de uso e manejo de solos agrícolas nas propriedades físicas do solo, principalmente das propriedades que estão intimamente relacionadas com a retenção e armazenamento de água do solo são fundamentais para subsidiar práticas de uso mais sustentáveis, principalmente em solos de textura siltosa, que pouco se conhece essa dinâmica de atributos físicos nesses solos sob diferentes sistemas de uso e manejo.

O uso do solo para atividades agrícolas em substituição a floresta pode desequilibrar o ecossistema, modificando as propriedades do solo, cuja intensidade varia com as condições de clima, uso e manejos adotados e a natureza do solo (GODEFROY e JACQUIN, 1975). O uso intensivo de solos geralmente degrada suas propriedades físicas (COOTE e RAMSEY, 1983).

A densidade e a porosidade do solo refletem o impacto dos estresses aplicados ao solo pelos sistemas de preparo e pelo tráfego de máquinas (KAY e ANGERS, 2000). Portanto, as formas de operações de preparo podem alterar as propriedades físicas do solo (TORMENA et al., 2004). Estudos realizados no Acre indicam que a implantação de pastagem em solo após a conversão de floresta nativa, reduz a porosidade e aumenta a densidade do solo (ARAÚJO et al., 2004, 2011), reduzem o volume de macroporos com prejuízo na permeabilidade de água, nas trocas gasosas e na ciclagem de nutrientes (ARAÚJO, 2008; HAMZA e ANDERSON, 2005; REINERT et al., 2008; REICHARDT et al., 2010; SILVA et al., 2006). Estas alterações podem afetar a distribuição, a quantidade e a morfologia das raízes, com reflexos no crescimento da parte aérea das plantas (KLEPKER e ANGHINONI, 1995).

Para quantificar as modificações ocasionadas pelo uso e manejo do solo a distribuição do tamanho dos poros é uma

análise necessária (PAGLIAI et al., 1983; REICHARDT, 1990). Richards (1965) e USDA (1972) denominam macroporos os poros com diâmetro maior do que 0,05 mm e microporos os com diâmetro menor que 0,05 mm. Esta divisão baseia-se no fato de que, em baixas tensões, os poros grandes esvaziam-se primeiramente e, com o aumento da tensão, vão se esvaziando os poros cada vez menores (REICHARDT, 1990). Embora não exista uma nítida linha de demarcação entre os poros do solo, devido a suas irregularidades, admite-se que os macroporos sejam responsáveis pelo livre movimento do ar, da água e do crescimento radicular, sendo os microporos um reservatório de água (BUCKMAN; BRADY, 1976; REICHARDT, 1990).

Portanto, a capacidade de retenção de água de um solo dependerá do número e tamanhos dos poros, os quais são influenciados inicialmente pela granulometria, estrutura, matéria orgânica e mineralogia do solo (GROHMAN e MEDINA, 1962; LOWERY et al., 1996; REICHARDT, 1990) e compactação (SILVA et al., 1986). Estas propriedades estão relacionadas ao transporte e armazenamento de água no solo, a erosividade do solo e ao teor de água disponível (DORAN; PARKIN, 1996). Alterações provocadas pelo revolvimento do solo modificam a distribuição dos tamanhos dos poros e o teor de carbono orgânico, e, portanto, alteram as forças de retenção de água no solo e sua disponibilidade (SILVA et al., 2005). Além disso, modificações na distribuição do tamanho dos poros, bem como na área superficial específica dos solos afetam a retenção e a disponibilidade de água.

A distribuição do tamanho dos poros e a capacidade de retenção de água de um solo podem ser avaliadas através da curva de retenção de água, a qual é essencial em estudos de qualidade do solo para nortear práticas de uso e manejo sustentável dos sistemas agrícolas (BEUTLER et al., 2002; MACHADO et al., 2008). Os resultados apresentados por Rawls et al. (1991) demonstram que, em elevados potenciais, a

curva de retenção é influenciada por poros estruturais associados ao efeito da matéria orgânica na formação e na estabilidade da estrutura do solo. E em baixos potenciais, a composição granulométrica e a mineralogia do solo são mais importantes, pois, influenciam a superfície disponível para a adsorção de água (GUPTA e LARSON, 1979).

Um avanço na quantificação da qualidade estrutural do solo, a partir da curva de retenção de água no solo, foi proposta por Dexter (2004a), introduzindo o índice S, o qual é baseado no ponto de inflexão da curva. Tanto a posição do ponto de inflexão como o coeficiente angular da curva de retenção no ponto de inflexão é importante e modificações no formato da curva de retenção de agua permitem analisar se o solo está com estrutura adequada ou degradada (SILVA et al., 2010). Uma inclinação pequena corresponde ao solo desestruturado, enquanto uma inclinação elevada corresponde ao solo melhor estruturado e com adequada distribuição de tamanho dos poros (SILVA et al., 2010).

O objetivo do presente estudo foi avaliar atributos físico-hídricos de um Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Ocidental submetido a diferentes sistemas de uso após a substituição da floresta nativa.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudos são as mesmas descritas no capítulo 1 e a coleta de amostras de solos com estrutura alterada foi à mesma descrita no capítulo 2. Foram coletados solos nos três sistemas, nas quatro trincheiras, em dois lados opostos e em oito camadas de solo. Com isso, foram coletados cento e noventa e dois anéis.

No laboratório de física e manejo do solo, as amostras de solos foram preparadas em conjunto de trinta amostras com estrutura preservada em cada bateria de análise, foi retirado o

excesso de solo dos anéis e posteriormente colocadas para saturar em bandejas por 48 horas. Após saturação as amostras foram pesadas e dispostas na mesa de tensão de areia obtendo-se a umidade volumétrica nos potenciais matriciais de 0, -1, -6, -10 kPa e posteriormente para câmaras de Richards com placas porosas, obtendo-se a umidade volumétrica nos potenciais matriciais de -33, -100, -300, -500 e -1.500 kPa.

Aos pares de dados de potencial matricial e umidade volumétrica foi ajustada a equação de Van Genuchten (1980) (Equação 14), minimizando a soma dos quadrados dos desvios, utilizando o software SWRC (DOURADO NETO et al., 2000).

$$\frac{\theta - \theta_{sat}}{\theta_{sat} - \theta_{res}} = [1 + (\alpha \psi)^n]^{-m} \quad (\text{Eq.14})$$

Sendo, Θ_{sat} e Θ_{res} ($m^3 m^{-3}$): os conteúdos de água na saturação e residual, respectivamente; Θ ($m^3 m^{-3}$) e Ψ (m): o conteúdo de água no solo e tensão da água no solo; α (m^{-1}), m e n são os parâmetros que governam o formato da curva ajustada.

A porosidade total e a distribuição dos tamanhos dos poros foram calculadas da seguinte maneira (Tabela 5).

Tabela 5- Equações para determinação de propriedades físicas do solo. Rio Branco, Acre, 2016.

Propriedades	Equações
Porosidade total	$PT = 1 - \left(\frac{Ds}{Dp} \right)$
Bioporos	$Bio = \frac{(mSat - mS1kPa)}{V}$
Macroporos	$Macro = PT - Micro$
Microporos	$Micro = \frac{(mS6kPa - mSS)}{V}$
Criptoporos	$Crip = \frac{(mS1500 kPa - mSS)}{V}$
Porosidade de aeração	$Ea = PT - Uv$
Capacidade de aeração	$Ca = PT - CC$
Capacidade de campo	CC= -10 kPa
Ponto de murcha permanente	PMP= -1500 kPa
Água disponível	AD= CC (10kPa)-PMP (1500kPa)
Volume de partículas sólidas	$Vp = 1 - PT$

Ds: Densidade do solo; Dp: densidade de partículas; Bio: Volume de bioporos; Ea: porosidade de aeração; Ca: capacidade de aeração; mSat: massa do solo saturado; Vp; volume de partículas sólidas; V: volume do solo; Macro: Volume de macroporos; PT: porosidade total; Uv: umidade volumétrica; Micro: volume de microporos; mSS: Massa do solo seco; mS1kPa: massa de solo na tensão de -1kPa; mS6kPa: massa de solo na tensão de -6kPa; mS1500kPa: massa de solo na tensão de -1500kPa; CC: umidade na capacidade de campo à -10 kPa. Todos os atributos são expressos em $m^3 m^{-3}$.

O volume de água disponível para as plantas até a profundidade de 100 cm foi estimado pela diferença entre a umidade volumétrica no potencial de -10 kPa, definido como a umidade na capacidade de campo e a umidade volumétrica no potencial de -1500 kPa, definhada como a umidade no ponto de murcha permanente (CARLESSO, 1995).

Para obtenção dos índices S, ajustou-se a curva de retenção a uma função matemática e, então, calculou-se a inclinação dos pontos de inflexão, a partir dos parâmetros da função (Equação 15) de acordo com Dexter (2004a).

$$S = -n(\theta_{sat} - \theta_{res}) \left[1 + \frac{1}{m} \right]^{-(1+m)} \quad (\text{Eq. 15})$$

Sendo, S: índice de qualidade do solo; θ_{sat} e θ_{res} ($m^3 m^{-3}$): conteúdos de água na saturação e residual, respectivamente; m e n são os parâmetros que governa formato da curva ajustada (Equação de Van Gucheten, 19980).

A análise estatística foi realizada no programa Statistical Analysis System-SAS 9.2 (SAS Institute INC., 2010). Inicialmente os dados foram submetidos ao teste de normalidade (teste de Lilliefors), sendo que todas as variáveis apresentaram distribuição normal. Após foi verificada a homogeneidade da variância (teste de Cochran e Barttlet). Na sequência os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas através do teste de Student (t). Foram realizadas correlações de Pearson entre as propriedades físicas.

4.3 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.3.1 Distribuição do tamanho de poros

A porosidade total teve tendência de redução em profundidade, sendo na FN de 0,54 na superfície para $0,44\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ na camada mais profunda; na ILP de $0,44\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ para $0,40\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ e na PAST de 0,50 para $0,45\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ (Figura 19).

A conversão de FN para o uso do solo com ILP e PAST reduziu a PT, principalmente nas camadas de superfície, exceto na camada de 60-80 cm, em que a PT foi maior na PAST (Figura 19). Este fato demonstra que o uso do solo para fins agrícolas, independentemente do sistema de manejo utilizado, altera suas propriedades físicas, levando a compactação do solo com prejuízos ao adequado desenvolvimento de culturas e ambiente.

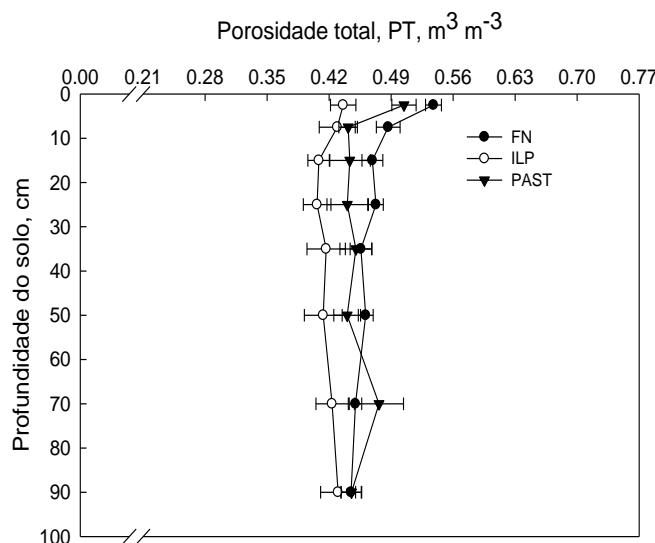
Na ILP a PT diferiu até profundidade de 60 cm em comparação à FN; na PAST diferiu até a profundidade de 20 cm. Entre os sistemas de ILP e PAST foram observadas diferenças nas camadas de 0-5, 20-30, 30-40 e 60-80 cm (Figura 19).

A redução da porosidade do solo nas áreas de ILP e PAST, principalmente nas camadas superficiais e em profundidade independentemente do sistema de uso, é consequência da pressão exercida sobre o solo que aumentou a densidade do solo e a resistência do solo à penetração nestes sistemas. Além disso, a redução da matéria orgânica do solo pode ter influenciado também a redução da PT o que é corroborado pela correlação entre MO e PT ($r= 0,53$, $p= < 0,05$, $n=192$) e Ds e PT ($r= -0,94$, $p< 0,05$, $n=192$) (Apêndice D).

A redução da porosidade do solo em sistemas de uso do solo e o feito do incremento da densidade do solo na distribuição do volume de poros, também foram verificados

por Araújo et al. (2004) e Araujo et al. (2004) em Argissolo sob sistemas de uso do solo após a substituição da floresta nativa; por Klein et al (2002) em diferentes sistemas de uso e manejo de Latossolo Vermelho, por Schaefer et al. (2001) em diferentes sistemas de uso do solo em Argissolo Vermelho, por Albuquerque et al. (2001) em sistemas de plantio direto com milho no verão e aveia no inverno para pastejo em Nitossolo Vermelho e por Lanzanova et al. (2007) em diferentes frequências de pisoteio de gado em sistemas de pastagem.

Figura 19- Porosidade total de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

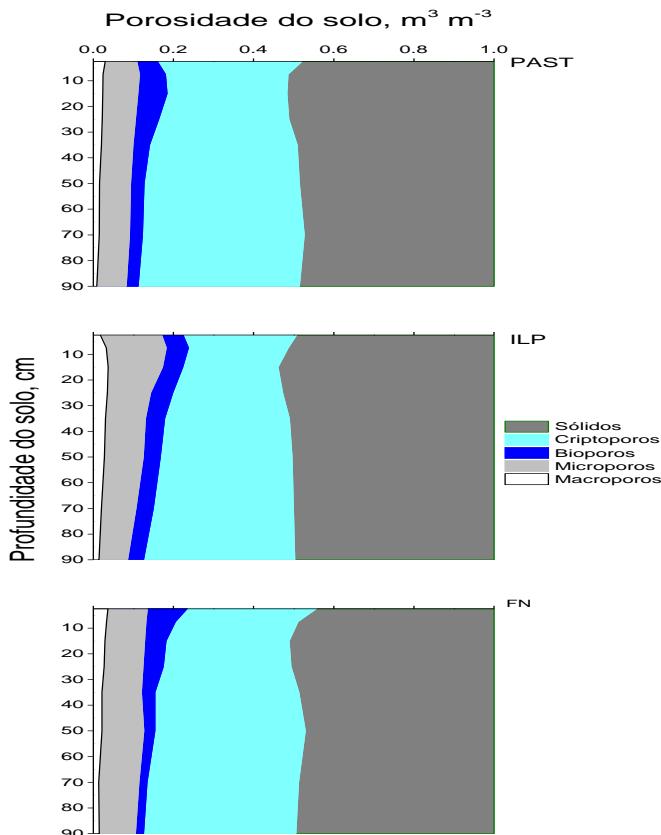
Avaliando a porosidade do solo de acordo com as classes de tamanho de poros, contatou-se que os sistemas de uso do solo com ILP e PAST reduziram o volume, macroporos e bioporos, até a profundidade de 15 cm em comparação a FN (Figura 20). Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo et al. (2004) em Argissolo Vermelho cultivado com pastagem e uso agrícola, em comparação a floresta nativa, por Albuquerque et al. (2001) que encontraram maior densidade do solo e menor macroporosidade em sistemas de plantio direto com milho no verão e aveia no inverno para pastejo em Nitossolo Vermelho; por Lanzanova et al. (2007) em diferentes frequências de pisoteio de gado em sistemas de pastagem.

O volume de microporos na ILP foi menor do que na PAST e FN até a profundidade de 15. Para os criptoporos, que representam a maior proporção dos poros do solo em todos os sistemas, na FN variou de $0,32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na superfície para $0,38 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada mais profunda, na ILP de $0,28$ para $0,38 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e na PAST de $0,36$ para $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. O volume de criptoporos na PAST foi maior até a profundidade de 30 cm em comparação a FN e ILP. E na ILP foi maior até a profundidade de 40 cm em comparação a FN (Figura 20).

Estes resultados corroboram com os resultados encontrados na literatura, em que os sistemas de manejo e uso do solo pouco alteram os microporos do solo (ARAÚJO, M. et al., 2004; ARAUJO et al., 2004; ALBUQUERQUE et al., 2001; LANZANOVA et al., 2007; TORMENA et al., 2002). Contudo, no sistema de ILP a microporosidade foi maior até a profundidade de 15 cm, em comparação a FN e PAST. Segundo Silva e Kay (1997) a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela granulometria, teor de carbono orgânico e pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo. O que em parte explica o maior volume de criptoporos em detrimento da maior proporção da fração areia em superfície em relação ao solo sob FN e PAST.

Problemas na estrutura do solo podem ser observados pela relação entre macroporosidade e porosidade total, a qual foi inferior a 0,33 para todos os sistemas avaliados. Taylor e Aschcroft (1972) afirmaram que a relação ideal entre macroporos e porosidade total deve ser próxima de 0,33 para o desenvolvimento das culturas, pois permite adequada infiltração, aeração e retenção de água. A relação diminuiu de 0,24 na primeira camada para 0,07 na camada mais profunda na FN; de 0,14 para 0,11 na ILP; e 0,16 para 0,07 na PAST. Isso demonstra que o uso do solo para fins agrícolas, independentemente do sistema de manejo utilizado, promove alterações nas suas propriedades físicas, indicando compactação do solo e eventuais problemas no desenvolvimento de culturas. Além disso, a baixa relação nas camadas mais profunda indica que o solo de textura siltosa apresenta problemas estruturais.

Figura 20- Distribuição de volume de sólidos e das classes de poros de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: Produção do próprio autor, 2016

A porosidade de aeração reduziu gradativamente de $0,23\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ na superfície para $0,06\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ na camada mais profunda na FN; de $0,12\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ para $0,04\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ na ILP e de $0,20$ para $0,06\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ na PAST, respectivamente. A porosidade de aeração diferiu nas camadas de 0-5 e 10-20 cm nos sistemas de ILP e PAST em comparação a FN. Entre os sistema houve diferença apenas na camada de 0-5 cm (Figura 21).

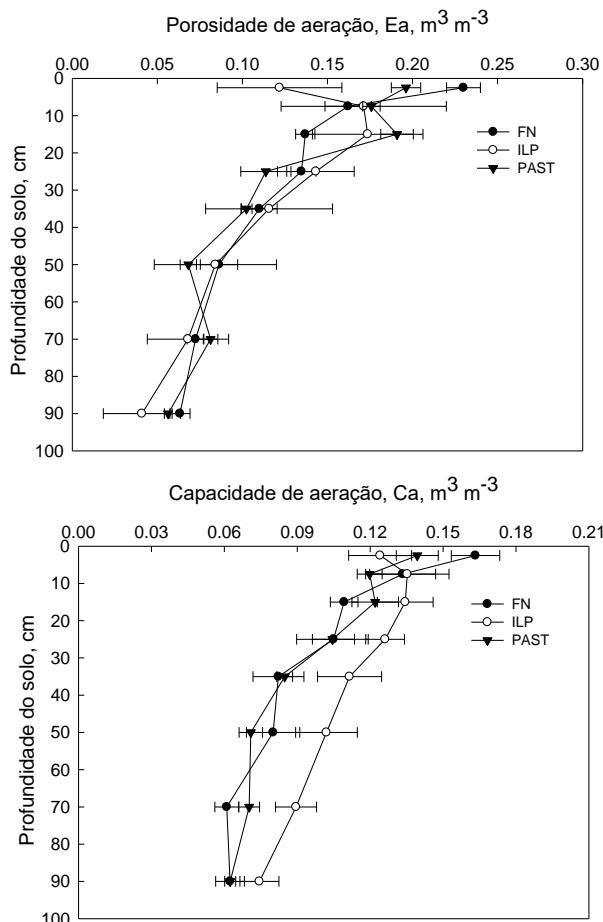
De acordo com Cockroft e Olson (1997) a porosidade de aeração considerada crítica é de $0,10$ a $0,15\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$. A porosidade de aeração foi restritiva na maioria das camadas avaliadas, com exceção de 0-10 cm na FN, 5-20 cm na ILP e 0-20 cm na PAST. Entretanto, a porosidade crítica é dependente do tipo de planta e da atividade biológica do solo (GUPTA et al., 1989).

A capacidade de aeração seguiu a mesma tendência da porosidade de aeração, reduziu em profundidade. Na FN, reduziu gradativamente de $0,14$ na superfície para $0,07\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ na camada mais profunda; na ILP de $0,12$ para $0,04\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ e na PAST de $0,11$ para $0,06\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ (Figura 21).

A capacidade de aeração não diferiu na camada de 5-10 cm na ILP, diferindo nas demais camadas em comparação a FN. Já na PAST diferiu apenas na camada de 0-5 cm também em comparação a FN. Entre a ILP e PAST diferiu apenas na primeira camada (Figura 21).

A redução da capacidade de aeração em profundidade e nos sistema de ILP, principalmente, pode ser explicada pela correlação entre a Ds e capacidade de aeração ($r=-0,55$, $p=<0,05$, $n=192$), indicando que a Ds influencia diretamente esta variável.

Figura 21- Porosidade de aeração e capacidade de aeração de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

4.3.2 Curva de retenção de água

Nas figuras 22 e 23 são apresentadas as curvas de retenção de água do solo nos sistemas de FN, ILP, PAST e nas diferentes profundidades, ajustadas segundo o modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980). Observou-se que a retenção de água foi diferenciada no sistema de ILP, a parti do potencial de -10 kPa.

O armazenamento de água na capacidade de campo (-10 kPa) aumentou em profundidade, porém de forma não significativa, variando de $0,41 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada inicial para $0,46 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada mais profunda na FN; de 0,43 para $0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na ILP; e de 0,43 para $0,47 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na PAST. A água armazenada no ponto de murcha permanente (-1500 kPa), teve mesma tendência, contudo a diferença do conteúdo de água retido nesse potencial entre os sistemas foi maior, principalmente na ILP, onde teve menor conteúdo de água retido. O armazenamento de água nesse potencial (PMP) foi de 0,32 para $0,38 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na FN; de 0,28 para $0,38 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na ILP; e de 0,36 para $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na PAST (Figuras 22 e 23).

Nos sistemas de PAST e FN, a retenção de água foi maior a partir do potencial de -10 kPa em comparação a ILP. O conteúdo de água decresceu gradualmente com o aumento da tensão, corroborando com Reichardt (1990) e Demattê (1988). Esses autores afirmaram que, em solos de textura mais fina, a distribuição dos poros por tamanho é maior e mais uniforme, aumentando a retenção de água e decrescendo de forma gradual a umidade do solo com o aumento da tensão. Em altas tensões, o maior teor de argila é responsável por maior retenção de água, visto que, acima da tensão de 200 kPa a porosidade é menos relevante na retenção de água (DEMATTÊ, 1988). Neste sentido Brady (1989), Carvalho et al. (1999), Dias Junior e Estanislau (1999) e Silva et al. (1986) verificaram maior retenção de água, em todas as tensões em solo de textura mais fina. O que explica a média a alta retenção

de água no Argissolo Vermelho-Amarelo, na capacidade de campo e ponto de murcha permanente, principalmente na FN e ILP.

De acordo com Silva et al. (2005) a granulometria e a composição do solo influenciam a retenção de água, pois as forças de adsorção dependem basicamente da espessura do filme de água que recobre as partículas, que varia de acordo com a área superficial específica, sugerindo ainda que a retenção de água é maior em solos argilosos e com maior teor de matéria orgânica.

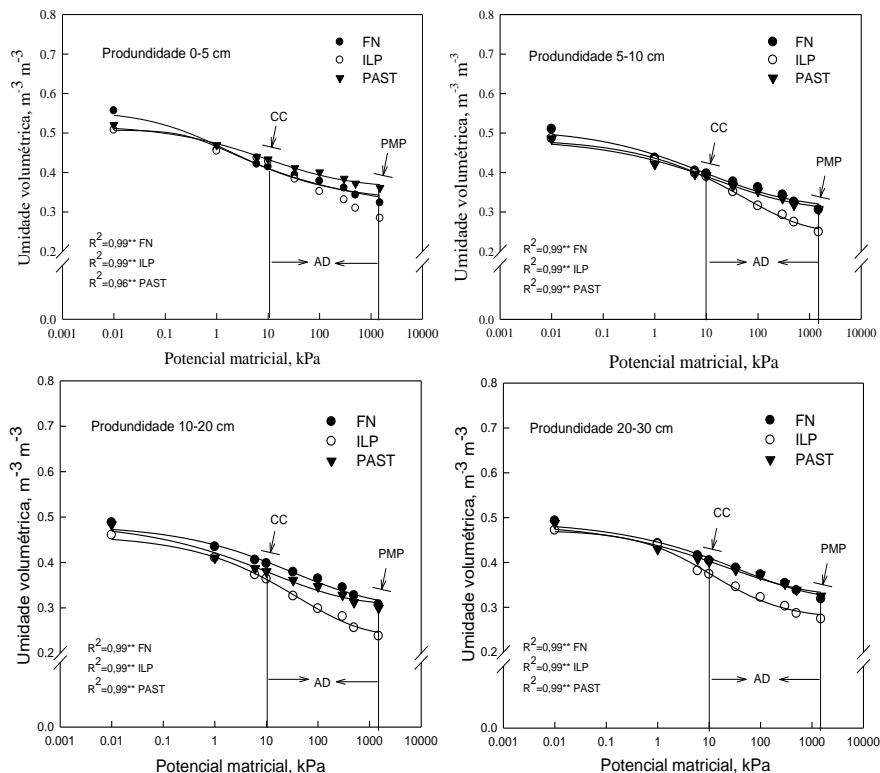
No apêndice E, são apresentadas as correlações de Pearson entre os atributos do solo e a retenção de água na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP). A matéria orgânica não teve correlação com a retenção de água na CC e no PMP, concordando com os estudos de Centurion e Andrioli (2000), que não verificaram participação efetiva da matéria orgânica na retenção de água. Neste sentido, Zimback (1993) verificou a eficiência significativa da matéria orgânica na retenção de água somente em horizontes arenosos, e Grohmann e Medina (1962) estudando vários solos, verificaram que a retenção de água foi positivamente influenciada pelo teor de matéria orgânica em solo sob sistema de floresta.

A densidade do solo não teve relação com a retenção de água na CC e PMP, discordando de Beutler et al. (2002) e Cavalieri et al. (2006) que encontraram efeito positivo da densidade do solo na retenção de água nas diferentes tensões. As propriedades que mais influenciaram positivamente a retenção de água foi o teor de argila, silte e o volume de micro e criptoporos.

Estes resultados indicam que a matéria orgânica tem pouca influência na retenção de água em meios heterogêneos em relação à textura e densidade do solo, confirmando pesquisas de Grohmann e Medina (1962). E que as diferenças

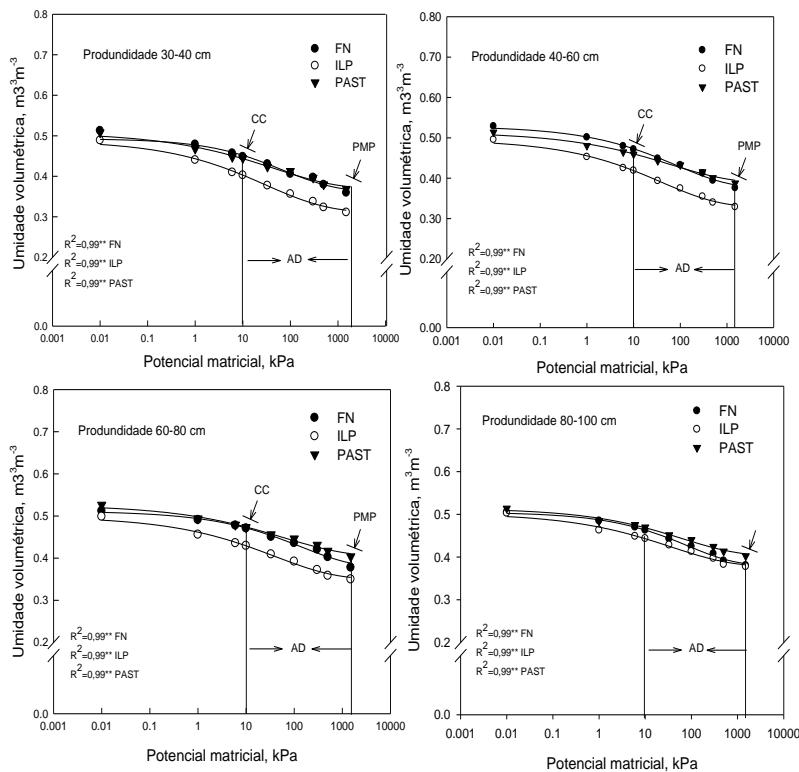
observadas na retenção de água na CC e PP no solo sob uso com ILP é devida a textura e distribuição da porosidade, visto que o solo neste sistema apresentou menor conteúdo de argila, principalmente até a profundidade de 60 cm e menor volume de criptoporos até a profundidade de 40 cm. Neste sentido, a diferença na retenção de água no solo se deve em parte as diferenças observadas na granulometria e porosidade do solo e não aos sistemas de uso e manejo do solo.

Figura 22- Curva de retenção de água de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem e até a profundidade de 40 cm. (Modelo ajustado e significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F) Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem; CC: capacidade de campo; PP: ponto de murcha permanente; AD: água disponível.
Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Figura 23- Curva de retenção de água de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem (PAST) até a profundidade de 100 cm. Modelo ajustado e significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem; CC: capacidade de campo; PP: ponto de murcha permanente; AD: água disponível.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

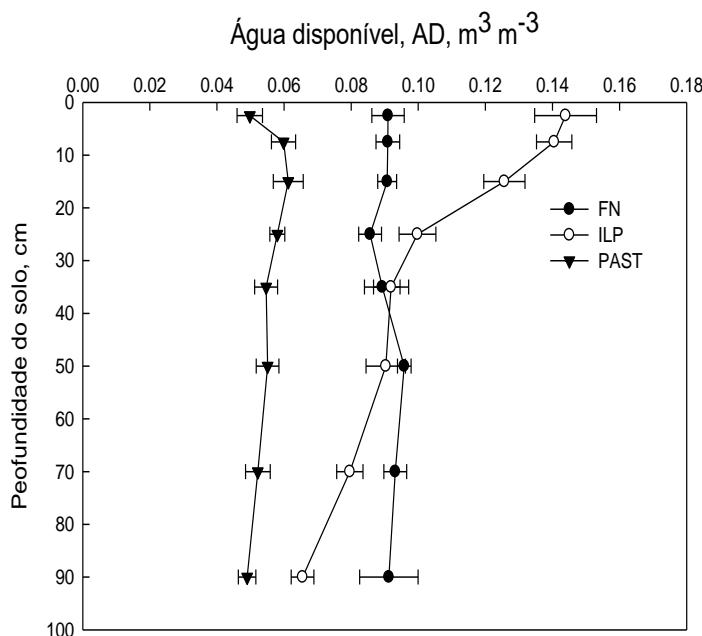
4.3.3 Água disponível

A água disponível (AD), considerada como o volume de água retido entre a capacidade de campo (-10 kPa) e o ponto de murcha permanente (-1500 kPa) de forma geral não diferiu em profundidade, ou seja, manteve conteúdos semelhantes na FN. Já na PAST teve tendência de aumento até a profundidade de 20 cm e redução nas camadas mais profundas. Tendência oposta foi observada na ILP, aumentou até a profundidade de 30 cm e reduziu gradativamente nas demais camadas (Figura 24).

O volume de água disponível foi menor e diferiu em todas as profundidades na PAST em relação à FN e ILP. Na ILP a água disponível foi maior e diferiu até a profundidade de 30 cm, foi igual nas camadas de 30-40 e 40-60 cm e foi menor nas demais camadas em relação à FN (Figura 24).

Essas diferenças podem ser observadas nas curvas de retenção, onde foi verificada maior retenção de água no PMP na PAST e FN e menor retenção na ILP. As diferenças na retenção de água entre os sistemas no ponto de CC foram menores em comparação ao PMP, onde houve maior amplitude.

Figura 24- Água disponível de um Argissolo Vermelho-amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 100 cm. Barras na horizontal indicam o erro padrão da média. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

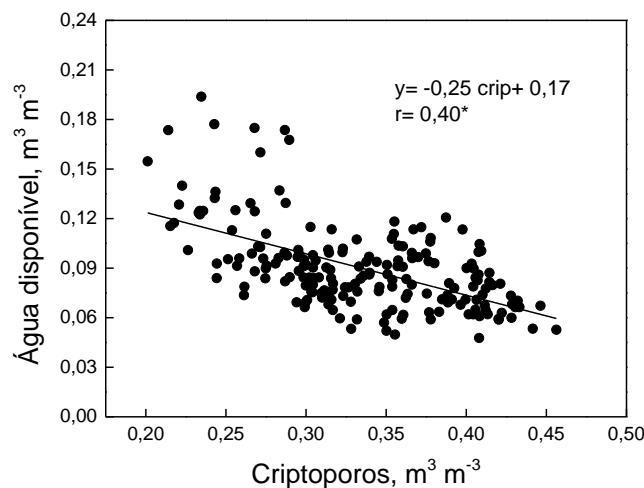
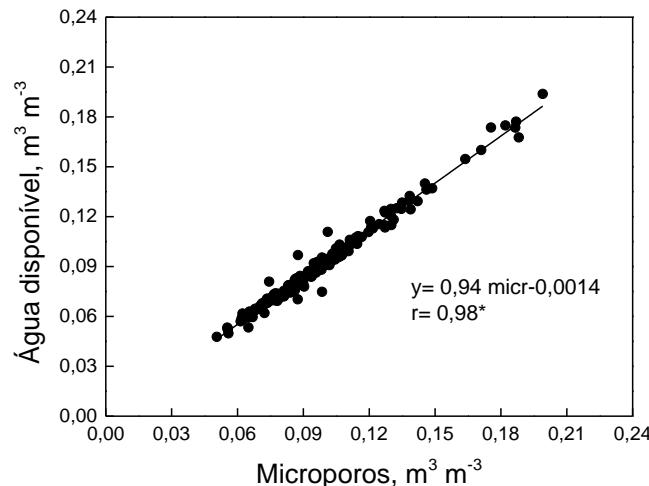
Nos três sistemas de uso do solo a água disponível necessária ao desenvolvimento das plantas está inferior ao limite crítico sugerido por Cockroft e Olson (1997) que deve estar entre $0,15$ e $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Neste sentido Carlesso e Santos (1999) verificaram que em solo de textura frango-argilo-siltosa o maior armazenamento total de água no perfil de solo não representou maior disponibilidade de água para a cultura do milho. Esses

resultados concordam com os de Fiorin et al. (1997) que verificaram que maior capacidade de armazenamento pode não representar maior potencial de água extraível às plantas. Isso também foi constatado nesse estudo, a média/alta capacidade de retenção de água não resultou em maior água disponível no solo.

A água disponível se correlacionou com a fração areia ($r=0,37$, $p= < 0,05$, $n=192$); com argila ($r=-0,47$, $p= < 0,05$, $n=192$) e principalmente com a porosidade do solo (Figura 25). Sendo que os microporos aumentam a quantidade de água disponível, em contrapartida o aumento dos criptoporos diminui a água disponível. Isso explica em parte a maior quantidade de água disponível no solo da área de ILP até a profundidade de 30 cm, pois apresentou menor proporção de argila, maior proporção de areia e menor volume de criptoporos, principalmente até a profundidade de 60 cm.

Figura 25- Correlação de Person entre atributos fiscos de um Argissolo Vermelho-Amarelo, Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

O teor de matéria orgânica do solo teve baixa correlação com a água disponível ($r= 0,26$, $p= < 0,05$, $n=192$), corroborando com o estudo de Centurion e Andrioli (2000), que não verificaram participação efetiva da matéria orgânica na retenção de água e na água disponível. Entretanto, outros estudos como os de Grohmann e Medina (1962) e Zimback (1993) observaram efeito positivo da matéria orgânica na água disponível.

Estes resultados indicam que a quantidade de água disponível foi mais influenciada pela granulometria e pela distribuição de poros entre os sistemas de uso do solo e não pelos efeitos dos sistemas de uso e manejo do solo, que pouco alterou esses atributos.

Neste sentido, também Cavalieri et al. (2006) em um Latossolo Vermelho distrófico e Silva et al. (2005) em Argissolo Vermelho não verificaram diferenças na água disponível em diferentes sistemas de uso e preparo do solo.

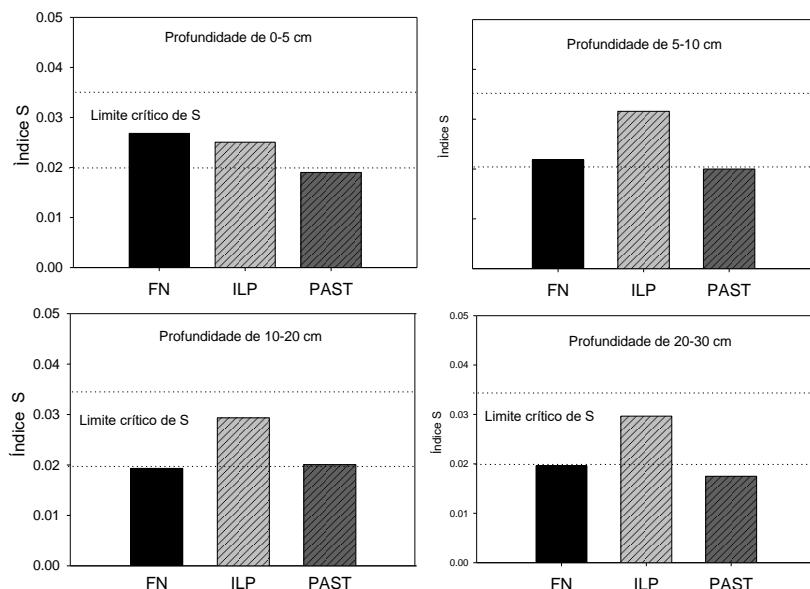
4.3.4 Índice S

O índice S teve tendência de redução em profundidade. Na FN, reduziu gradativamente de 0,027 na superfície para 0,019 na camada mais profunda. Já na ILP reduziu de 0,025 para 0,015 e na PAST de 0,019 para 0,015, respectivamente (Figuras 26 e 27).

O índice S até a profundidade de 60 cm foi maior na ILP, com exceção na camada de 0-5 onde foi menor do que na FN. Contudo, abaixo de 60 cm em todos os sistemas o índice S ficou abaixo do limite crítico estabelecido por Dexter (2004a) que é entre 0,020 e 0,035 (Figuras 26 e 27). Estes resultados indicam que até a profundidade de 60 cm o solo apresenta baixa qualidade física em todos os sistemas de uso do solo e abaixo dessa profundidade a qualidade do solo é considerada

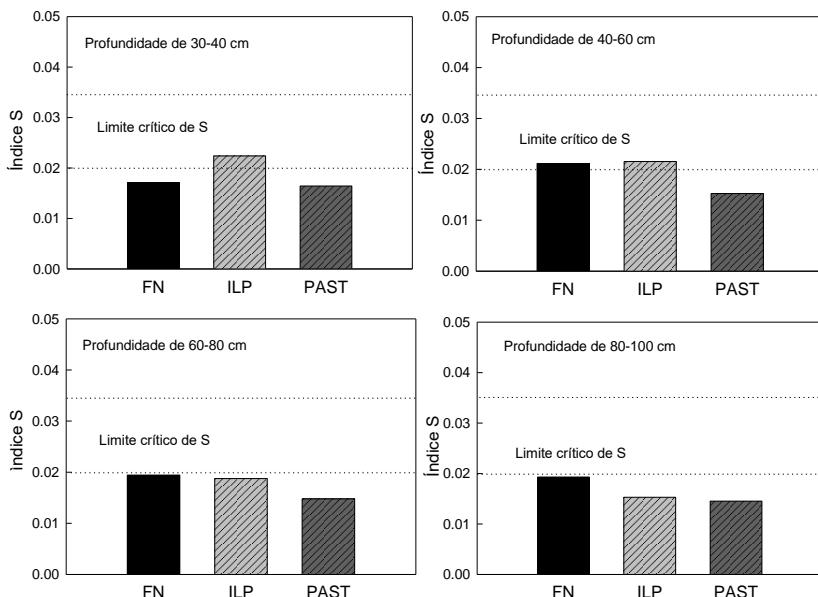
muito pobre, conforme a classificação proposta por Dexter (2004a) (Apêndice I).

Figura 26- Índice S de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a camada de 20-30 cm. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.
Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Figura 27- Índice S de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem na camada de 30-40 a 80-100 cm. Rio Branco, Acre, 2016.



FN: floresta nativa; ILP: integração lavoura-pecuária; PAST: pastagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

A declividade da curva de retenção de água do solo no ponto de inflexão é devida, principalmente, à porosidade microestrutural: microfendas e fendas. Já solos só com porosidade textural, que ocorre entre as partículas dos minerais primários, têm pobre qualidade física (DEXTER, 2004b) o que foi verificado no presente estudo. Em solos que predominam poros estruturais o índice S é maior, indicando melhor qualidade física do solo (DEXTER, 2004a).

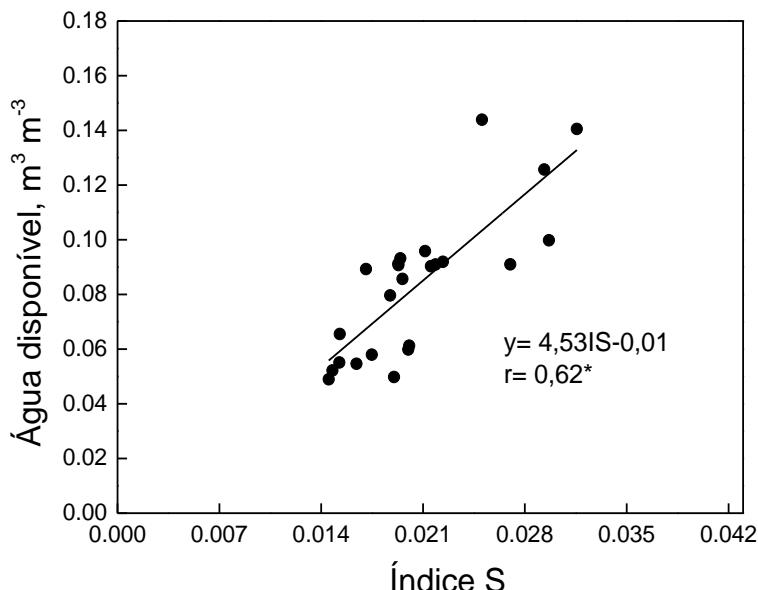
O índice S não se correlacionou com a densidade e porosidade do solo. Este resultado é contrário ao reportado por Andrade e Stone (2009) que encontraram correlação desses atributos com o Índice S, também indicado por Dexter (2004a,b,c).

Neste sentido, de acordo com Lier (2014) o índice S como indicador da qualidade física do solo, não possui valor adicional em relação à densidade ou à porosidade do solo. Aponta ainda que o índice crítico indicado por Dexter (2004a) não permite previsões confiáveis sob diversas condições de contorno descritas na literatura e que este fato se deve porque o índice S é um parâmetro estático, portanto implicitamente incapaz de descrever processos dinâmicos. Em tese, isso pode explicar o fato de que o índice S para algumas camadas na ILP indicou melhor qualidade física do solo em comparação à área de FN.

Contudo o índice S teve boa correlação com a água disponível (Figura 28). Isso explica em parte a maior quantidade de água disponível na ILP, onde teve melhor índice S até a profundidade de 40 cm, justamente onde a ILP teve maior volume de água disponível, e a menor quantidade de água disponível na PAST, onde teve o menor índice S em todas as profundidades. Este fato reflete as diferenças observadas quanto à distribuição do volume de poros entre os sistemas, principalmente nas primeiras camadas.

De maneira geral o índice S se mostrou ideal para expressar a qualidade física do solo, pois indicou o mesmo estado de qualidade física do solo apresentado pela densidade relativa e demais indicadora da qualidade física de solos.

Figura 28- Correlação entre o índice S e água disponível em sistemas de uso e manejo de um Argissolo Vermelho-Amarelo na Amazônia Ocidental, Rio Branco, Acre, 2016.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

4.4 CONCLUSÕES

A conversão de FN para ILP e PAST reduziu a porosidade total do solo, principalmente os macroporos, modificando, portanto, a distribuição por classe de tamanho dos poros e a funcionalidade do solo.

O Argissolo Vermelho-Amarelo independente do sistema de uso e manejo apresentou média a alta capacidade de retenção de água, sendo pouco influenciada pelo uso e manejo

do solo. Contudo esta retenção de água não resultou em maior quantidade de água disponível para as culturas.

A integração lavoura-pecuária aumentou a água disponível nas camadas mais superficiais e a pastagem reduziu a água disponível em relação à FN e ILP, porém essas diferenças são atribuídas a granulometria e a distribuição do volume de poros e não aos sistemas de uso do solo.

Na floresta nativa a qualidade física do solo é naturalmente baixa, indicada pelo baixo Índice S e elevada densidade relativa. Além disso, a modificação do uso do solo para sistemas de ILP e PAST afetou negativamente a qualidade do solo.

5 CONCLUSÕES GERAIS

O uso do solo em sucessão floresta nativa-integração lavoura-pecuária e floresta nativa-pastagem, tende a degradar a matéria orgânica do solo, aumentar a acidez ativa, reduzir a fertilidade do solo, principalmente nas camadas mais superficiais, sendo as diferenças observadas nas maiores profundidades, a priori não podendo ser atribuídas ao manejo do solo. Contudo, apesar dessas reduções, os sistemas de uso do solo, com exceção dos teores de fósforo, estão acima dos limites considerados críticos para o desenvolvimento das culturas, isto pode estar relacionado à mineralogia do solo 2:1, que tem a capacidade de manter a fertilidade do solo, repondo os nutrientes ao solo.

Em contrapartida as propriedades físicas do solo foram mais afetas pelos sistemas de uso do solo, indicando a degradação física, principalmente devido ao aumento da densidade do solo, da densidade relativa e da resistência do solo à penetração, e redução da porosidade total, porosidade de aeração e do índice S. Apesar de que, nas camadas mais superficiais, apresenta maior estabilidade dos agregados do que na FN.

Este fato torna o uso e manejo do solo desta região do Acre mais restritivo, principalmente no âmbito da qualidade física. Com isso, é importante adequar os sistemas de manejo do solo as características do solo para promover sua preservação. Esses fatores se devem principalmente a maior predominância da fração mais fina, principalmente do silte que pode tornar os solos mais susceptíveis a degradação.

Apesar do solo em ambas as áreas apresentarem alta capacidade de retenção de água, apresentar baixa capacidade de água disponível no solo, sendo atribuída a granulometria mais fina que tem maior capacidade de reter água diminuindo a água considerada disponível para as plantas.

Por fim, outro fator importante a destacar é que na condição natural do solo, não perturbação (sob FN), também apresenta baixa qualidade física do solo indicado pela elevada densidade reativa e baixo índice S, indicando que os solos desta região naturalmente são de baixa qualidade física. Apesar do solo em ambas as áreas apresentarem alta capacidade de retenção de água, apresentar baixa capacidade de água disponível no solo, sendo atribuída a granulometria mais fina que tem maior capacidade de reter água diminuindo a água considerada disponível para as plantas.

Por fim, outro fator importante a destacar é que na condição natural do solo, não perturbação (sob FN), também apresenta baixa qualidade física do solo indicado pelos altos valores de densidade reativa e baixos valores de índice S, indicando que os solos desta região naturalmente são de baixa qualidade física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. 2010. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala 1:250.000): Documento Síntese. 2.ed. SEMA, Rio Branco, Brasil. 356 p.

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

ALLEONI, L.R; MELLO, J.W.V. ROCHA, W.S.D. Eletroquímica, adsorção e troca iônica no solo. In: VANDER, F.M.; ALLEONI, L.R.F. (Eds.). **Química e Mineralogia do Solo: Parte II-Aplicações**. 1.ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.100-164,2009.

ALMEIDA,G.C.P. Caracterização Física e Classificação dos Solos. Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Engenharia. Departamento de Transporte.145p. 2005.

ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; RAMALHO, J.H.; GARCIA, J.C.; VIANA, M.C.M.; CASTRO, A.A.D.N. **Sistema de Integração lavoura-pecuária: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9 p. (Circular Técnica, 93).

AMARAL, E.F.; SOUZA, A.N. **Avaliação da fertilidade do solo no sudeste acreano: o caso do PED/MMA no município de Senador Guiomard.** Rio Branco, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 32p. 1997.

AMARAL, E.F.; SILVA, J.R.T.; TAVARES, A.T. Influência da cobertura vegetal na fertilidade do solo em diferentes ecossistemas de pastagens. **Cadernos UFAC**, v.3, p.109-127, 1995.

ANDRADE, R.S.; STON, L.F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.382-388, 2009.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F. **Síndrome da morte do capim-brizantão no Acre: características, causas e soluções**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 41 p. (Documento, 105).

ARAGÓN, A.; GARCÍA, M.G.; FILGUEIRA, R.R.; PACHEPSKY, Y.A.A. Maximum compatibility of Argentine soils from the Proctor test; the relationship with organic carbon and water content. **Soil and Till Research**, v.56, p.197-204, 2000.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; OLIVEIRA, E.K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta amazônica**, v.41, p.03-114, 2011.

ARAÚJO, E.A. **Qualidade do solo em ecossistemas de mata nativa e pastagens na região leste do Acre**. 2008. 253f. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

ARAÚJO, E.A.; LANI, J.L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de um

Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental.
Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.307-315,
2004.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
- ABNT NBR 7182/86. **Solo**: ensaio de compactação. Rio
de Janeiro, 1986. 10p.

BALL, B.C.; CAMPBELL, D.J.; HUNTER, E.A. Soil
compactibility in relation to physical and organic properties at
156 sites in UK. **Soil and Till Research**, v.57, p.83-91, 2000.

BARDALES, N.G. **Classes de solos em áreas desmatadas no
Estado do Acre**. Embrapa Acre/IMC 2012.

BARZEGAR, A.R.; NADIAN, H; HEIDARI, F.; HERBERT,
S.J.; HASHEMI, A.M. Interaction of soil compaction,
phosphorus and zinc on clover growth and accumulation of
phosphorus. **Soil and Tillage Research**, v.87, p.155-162,
2006.

BASSANI, H.J. **Propriedades físicas induzidas pelo plantio
direto e convencional em área pastejada e não pastejada**.
2008. 80f. (Dissertação em Ciência do solo). Universidade
Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 1996.

BETTERIDGE, K.; MACKAY, A.D.; SHEPHERD, T.G.;
BARKER, D.J.; BUDDING, P.J.; DEVANTIER, B.P.;
COSTALL, D.A. Effect of cattle and sheep treading on surface

configuration of a sedimentary hill soil. **Áustria. Jornal Soil Research**, v.37, p.743-760, 1999.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SOUZA, Z.M.; ANDRIOLI, I.; ROQUE, C.G. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.829-834, 2002.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G.; FERRAZ, M.V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.843-849, 2005.

BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. eds. **Plants roots: the hidden half**. Marcel Dekker. New York, 1991. p.393-414.

BODDEY, R.M.; RESENDE, C.P.; SCHUNKE, R.M. Sustentabilidade de pastagens consorciadas e de gramíneas em monocultura: o papel chave das transformações de nitrogênio, In: 30^a Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: SBZ, 1993. p.141-173.

BORTOLO, M.; CECATO, U.; MARTINS, E.N.; CANO, C. C.P.; COALHO, M.R.; CANTO, M.W.; SANTOS, G.T. Avaliação de uma pastagem de coastcross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) sob diferentes níveis de matéria seca residual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.627-635, 2001.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.DA; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima

obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.605-614, 2006.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898p.

BRASIL. 1976. **Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam Brasil**. Folha SC. Rio Branco; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. IBGE, Rio de Janeiro, 458 p. (v.12).

BRONICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, v.124, p.3-22, 2005.

BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. 594p.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus água extraível e a produtividade das culturas, **Ciência rural**, v.25, p.83-188, 1995.

CARLESSO, R.; SANTOS, R.F. Disponibilidade de água às plantas de milho em solos de diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.17-25, 1999.

CARTER, M.R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies of fine loamy sands. **Canadian Journal of Soil Science**, v.70, p.425-433, 1990.

CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; KUNELIUS, H.T. Soil structure and organic matter fractions under perennial grasses. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.1194-1199, 1994.

CASTRO FILHO, C. **Effects of liming on characteristics of a Brazilian Oxisol at three levels of organic matter as related to erosion.** 1988. 261 f. (Tese de Doutorado). The Ohio State University, Columbus, EUA, 1988.

CASSOL, L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície.** 2003. 143f. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, RS, 2003.

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

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.257-265, 1999.

CARVALHO JÚNIOR, I.A.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.505-514, 1998.

CECATO U.; CASTRO C.R.C.; CANTO, M.W.; PETERNELLI M.; A. JÚNIOR, J.; JOBIM, C.C.; CANO, C.C. P. Perdas de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzania-1) manejado sob diferentes alturas sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.295-301, 2001.

CENTURION, J.F. & ANDRIOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.701-709, 2000.

COCKROOFT, B., OLSSON, K.A. Case study of soil quality in south-eastern Australia: management of structure for roots in duplex soils. In: GREGORICH, E.G., CARTER, M.R. Eds., **Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health**. Developments in Soil Science, v. 25. Elsevier, New York, NY, p.339-350, 1997.

COOTE, D.R.; RAMSEY, A.J.F. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.63 p.1-14, 1983.

CORREA, J.C. & REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p.107-114, 1995.

DALLA ROSA, A. **Uso, manejo e conservação do solo: um grito de alerta**. Santo Ângelo: Cotrisa, 1981. 32 p.

DEMATTÊ, J.L.I. **Manejos de solos ácidos dos trópicos úmidos - Região Amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.

DESJARDINS, T.; ANDREUX, F.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Organic carbon and ^{13}C contents in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. **Geoderma**, v.61, p.103-118, 1994.

DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004a.

DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part II. Friability, tillage, filth and hard-setting. **Geoderma**, v.120, p.215-225, 2004b.

DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. **Geoderma**, v.120, p.227-239, 2004c.

DIAS JÚNIOR, M.S.; MIRANDA, E.E.V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.337-346, 2000.

DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S. **Pastagens no trópico úmido**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241), 2006.

DIAS JUNIOR, M.S. & PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.20, p.175-182, 1996.

DIAS JUNIOR, M.S. & ESTANISLAU, W.T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.23, p.45-51, 1999.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARD, K.; BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, v.57, p.191-192, 2000.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J.

eds. **Methods for assessing soil quality. Wisconsin, USA:**
Soil Science Society American, v.55, p.25-37, 1996.

ELLIES, A.; GAYOSO, J. Die Bestimmung der Konsistenz
grenzen in einigen Vulkanas chenboden aus Sudchile.
Zeitschrift fur Pflanzenernahrung und Bobenkunde, v.149,
p.1-8, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa
de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed.
revista e atualizada. Rio de Janeiro: 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(Brasil). **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 3.ed. rev.
ampl. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de
Janeiro, Embrapa, 1979. 412p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil
Conservation service. **Soil Survey Laboratory Methods and
procedures for collecting soil samples: soil survey
investigations**. Washington, 1972. (Report 1).

FEIGL, B.J.; MELILLO, J.; CERRI, C.C. Changes in the
origin and quality of soil organic matter after pasture
introduction in Rondônia. **Plant and Soil**, v.175, p.21-29,
1995.

FERRERAS, L.A.; BATISTA, J.J.; AUSILIO, A.J.J.;
PECORARI, C. Parámetros físicos del suelo en condiciones no

perturbadas y bajo laboreo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.161-170, 2001.

FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J.V., ed. **Física do solo**. Viçosa, Mg: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.2-27.

FIORIN, J.E.; ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J. Armazenamento de água no solo e crescimento e produção do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.249-255, 1997.

FULLER, L.G.; GOH, T.B.; OSCARSON, D.W. Cultivation effects on dispersible clay of soil aggregates. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, p.101-107, 1995.

GODEFROY, J. & JACQUIN, F. Relation entre la stability structural des sols cultivés et le apports organiques em conditions tropicales; comparasion avec les sols foresters. **Fruits**, v.30, p.595-612, 1975.

GRACIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.127, p.1489-1498, 2010.

GLINSKI, J. & LIPIEC, J. **Soil physical conditions and plants roots**. CRC Press, Boca Raton, FL. USA. 250p. 1990.

GRANTE, C.A.; LAFOND, G.P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in Southern Saskatchewan. **Candian Journal Soil Sciences**, v.73, p.223-232, 1993.

GROHMAN, F. & MEDINA, H.P. Características de umidade dos principais solos do estado de São Paulo. **Bragantia**, v.21, p.285-295, 1962.

GUPTA, S.C.J.; LARSON, W.E. Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. **Water resources research**, v.15, p.1633-1635, 1979.

GUPTA, Y.P.; GOYAL, S. Flexibility of manufacturing systems: concepts and measurements. **European Journal of Operational Research**, v.43, p.119-135, 1989.

HAKANSSON, I. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. **Soil and Tillage Research**, v.16; p.105-120, 1990.

HAKANSSON, I.; LIPIEC, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. **Soil and Tillage Research**, v.53 p.71-85, 2000.

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

HARRIS, R.F.; CHESTERS, G. & ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation. **Advan. Agron**, v.18, p.107-169, 1966.

HAYNES, R.J. & BEARE, M.H. Aggregation and organic matter storage in meso-thermal, humid soils. In: CARTER, M.R. e STEWART, B.A., eds. **Advances in Soil Science: Structure and organic matter in agricultural soils**. Boca Raton, Lewis-CRC Press, v.86, p.213-262, 1996.

HELALIA, A.M.; LETEY, J.; GRAHAM, R.C. Crust formation and clay migration effects on infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, p.251-255, 1988.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. London, Academic Press, 1980. 413p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estados do Acre, 2010. Disponível em:<
<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ac>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

JUNIOR, S.A.G.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.477-484, 2004.

KAY, B.D.; ANGERS, D.A. Soil structure. In: SUMMER, M.E. (ed.). **Handbook of soil science**. New York: CRC Press, v.34, p.229-275, 2000.

KEMPER, W.D. e CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. e CLARCK, F.E., eds. Methods of soil analysis. Part 1, Madison, **American Society of Agronomy**, v. 67, p.499-510, 1965.

KLEIN, V.A. Densidade relativa - Um indicador da qualidade física de um Latossolo vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.5, p.26-32, 2006.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes

sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.857-867, 2002.

KLEIN, V.A. **Física do solo**. Passo fundo: UPF, 2012. 240p.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L.; SILVA, A.P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola**, v.18, p.45-54, 1998.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.395-401, 1995.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 1131-1140, 2007.

LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S. e EUCLIDES, V.P.B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.415-423, 2004.

LIER, Q.J.V. Revisiting the S-index for soil physical quality and its use in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p.1-10, 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; ANDRADE BERNINI, T.A.; ZATORRE, N.P.; WADT, P.G.S. Fertilidade do solo e matéria orgânica em Vertissolo e Argissolo sob cobertura florestal e pastagem. **Comunicata Scientiae**, v.5, p.1-10, 2014.

LYNCH, J.M. & BRAGG, E. Microorganism and soil aggregate stability. **Advence Soil Science**, v.2, p.133-171, 1985.

LOWERY, B.; HICKEY, W.; ARSHAD, M.A.; LAL, R. Soil water parameters and soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. Eds. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Society of America, v.29, p.143-155, 1996.

LIEPIC, J.; TARKIEWICZ, S.; KOSSOWSKI, J. Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. **Soil and Tillage Research**, v.19, p.307-317, 1991.

LUCIANO, R.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; COSTA, A.; BATISTELLA, B.; WARMLING, M.T. Atributos físicos relacionados à compactação de Solos sob vegetação nativa em região de altitude no sul do brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1733-1744, 2012.

MACHADO, J.L.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; SCAPIM, C.A. inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção de água de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.495-502. 2008.

MAKEWITZ, D.; DAVIDSON, E.; MOUTINHO,P.; NEPSTAD, D. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**, v.14, p.177-199, 2004.

MARCOLIN, C.D. **Indicadores da qualidade física de solos sob plantio direto por funções de pedotranferência**. 2009. 183 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2009.

MARCOLIN, C.D. **Propriedades físicas de um Nitossolo e Latossolos Argilosos sob plantio direto.** 2006. 97f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) FAMV-UPF. Passo Fundo, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2.ed. London, Academic Press, p.508-536, 1995.

MATERECHERA, S.A.; DEXTER, A.R. & ALSTON, A.M. Formation of aggregates by plant roots in homogenized soils. **Plant Soil**, v.142, p.69-79, 1992.

MELO, A.W.F. **Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre.** 2003. 74 f. (Dissertação em Ecologia de Agroecossistemas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2003.

MORAES, A. Pastagem como fator de recuperação de áreas degradadas. In. Simpósio sobre Ecossistema de Pastagem, 2, 1993, Jaboticabal. **Anais**. p.191-215, 1993.

MORAES, J.F.L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brasil. **Geoderma**, v.70, p.63-81, 1996.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1103-1110, 2004.

MUNEER, M. & OADES, J.M. The role of Ca-organic interactions in soil aggregates stability. III. Mechanisms and models. **Austria Jurnal Soil Research**, v.27, p.441-423, 1989.

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

NHANTUMBO, A B.J.C.; CAMBULE, A.H. Bulk density by proctor test as a function of texture for agricultural soils in Maputo province of Mozambique. **Soil and Tillage Research**, v.87, p.231-239, 2006.

NASCIMENTO, M.C.; RIVA, R.D.D.; CHAGAS, C.S.; OLIVEIRA, H.; DIAS, L.E.; Fernandes Filho, E.I.; SOARES, V.P. Uso de imagens do sensor ASTER na identificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.196-202, 2006.

OJENIYI, S.O. & DEXTER, A.R. Soil factor affecting the macro-estruture produced by tillage. **Transactions of the ASAE**, v.22, p.339-343, 1979.

PAGLIAI, M.; MARCA, M. & LUCAMANTE, G. Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage. **Jornal Soil Science**, v.34, p.391-403, 1983.

PEREIRA, W.L.M.; VELOSO; C.A.C.; GAMA, J.R.N.F. Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Scientia Agrícola**, v.57, p.531-537,2000.

PORTUGAL, A.F. **Geoambientes de terra firme e várzea da região do Juruá, Noroeste do Acre**. 2009. 148f. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

PRADO, R.M.; CENTURION, J.F. Alterações na cor e no grau de flocação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.36, p.197-203, 2001.

RAMOS, F.T.; RAMOS, D.T., MAIA, J.C.S.; SERAFIM, M. E.; AZEVEDO, E.C.; ROQUE, M.W. Curvas de compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo: Com e sem reuso de amostras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.129-136, 2013.

RAWLS, W.J.; GISH, T.J. & BRAKENSIEK, D.L. Estimating soil water retention from soil physical properties and characteristics. **Advances Soil Science**, v.16, p.213-234, 1991.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J.C.; REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretações e aplicações**. Lavras: UFLA, 2005. 192 p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SUZUKI, L.A.S.; HRON, R. MECÂNICA DO SOLO. In. LIER, Q. J.V. (Ed.) **Física do solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, Minas gerais: MG, 2010,p.81-84.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Condições físicas de solos associadas à sua qualidade e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, p.29-48, 2003.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990, 188p. 1990.

REICOSKY, D.C.; LINDSTROM, M.J. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. **Agronomy Journal**, v.85, p.1237-1243, 1993.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1805-1816, 2008.

RIBEIRO NETO, M.A. **Caracterização e gênese de uma toposequência de solo do município de Sena Madureira**. 2001.131.f. (Dissertação em Agronomia)-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. 2001.

RICHARDS, L.A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C.A., (ed.) **Methods of soil analysis. Part 1**. Madison, American Society for Testing and Materials, 1965. 770p. (Agronomy, 9).

SALIMON, C.I.; WADT, P.G.S.; MELO, A.W.F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em Argissolos da Formação Geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, p.29-38, 2007.

SALIRE, E.V.; WOODHEAD, T. Soil friability. In: WOPEREIS, M. (Ed.) **Soil physical properties. Measurement and use in rice-based cropping systems**. Manila: Irri, 1994, p.70-71.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.S.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo

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

SANTOS, G.A.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; FURTINI NETO, A.E. Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciando no crescimento de plantas de milho (*Zea mays L.*) cultivadas em solos distintos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.740-752, 2005.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2010. 8445p.

SILVA, G.J.; MAIA, J.C.S.; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.31-40, 2006.

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**, v.35, p.544-552, 2005.

SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; JUNIOR, M.S.D.; IMHOFF, S.; KLEIN, V.A. Indicadores da qualidade do solo. In: LIER, Q.J.V. (Ed.). **Física do Solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010, p.242-281.

SILVA, A.P.; KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, p.877-883, 1997.

SCHAEFER, C.E.G.R.; SOUZA, C.M.; VALLEJO, F.J.; VIANA, J.H.M.; GALVÃO, J.C.C.; RIBEIRO, M. Características da porosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.765-8769, 2001.

SILVA, G.R., SILVA JUNIOR, M.L., MELO, V.S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazônica**, v.36, p.151-158, 2006.

SILVA, J.R.T. **Solos do Acre: caracterização física, química e mineralógica e adsorção de fosfato**. 1999. 117f. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, MG, 1999.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 277-356.

SOARES FILHO, C.V.; MONTEIRO F.A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de Brachiaria decumbens e. efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicales**, v.14, p.2-6, 1992.

SILVEIRA, G.M. **O preparo do solo: implementos corretos**. São Paulo: Globo, 1988. 243 p.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. II - Grau de saturação em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.9-15, 2002.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.113-117, 1997a.

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

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. & CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.91-95, 1986.

SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R.; MERMUT, A.R.; BENKE, M.B. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em Latossolo amarelos coesos do Estado de Alagoas: propriedade micromorfológicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.515-525, 1998.

SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R. Caracterização de Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.677-684, 1997.

TAYLOR, S.A. ASHCROFT, G.L. **Physical e daphnology - The physics of irrigated and nonirrigated soils**. San Francisco: W.H. Freeman, 1972. 532p.

TISDALL, J.M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. **Plant Soil**, v.159, p.115-121, 1994.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. The effect of crop-rotation on aggregation in a red-brown earth. Aust. **Jornal Soil Research**, 18: v.18, p.423-433, 1980a.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. The management of ryegrass to stabilize aggregates of a red-brown earth. Aust. **Jornal Soil Reserch**, v.18, p.415-422, 1980b.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA. A.C.S; GONÇALVES. A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, v.59, p.795-801. 2002.

TORMENA, C.A.; FILHO, P.S.V.; GONÇALVES, A.C.A.; ARAÚJO, M.A.; PINTRO, J.C. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, p.65-71, 2004.

VAN GENUCHTEN, M.TH. A Closed-Form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America**, v.44, p.892-897, 1980.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo, Mcgraw-Hill do Brasil, 1977. 509p.

YDOYAGA, D.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; JÚNIOR, J.C.B.D.; SILVA, M.C.; SANTOS, V.F.; FERNANDES, A.P.M. Métodos de recuperação de pastagens de Brachiaria decumbens Stapf. no agreste pernambucano. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, p.699-705, 2006.

ZIMBACK, C.R.L. **Levantamento semidetalhado e caracterização hídrica de solos provenientes do grupo bauru, em duas bacias hidrográficas, na região de Marília-**

SP. 1993. f.184. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 1993.

APÊNDICES

Apêndice A- Propriedades químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e pastagem, até a profundidade de 30 cm. Rio Branco, Acre, 2016.

Uso do solo	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SB cmol _c dm ⁻³	CTC	CTC a pH 7	V	M
0-5 cm									
FN	6,5 a ¹	4,1 a	0,03 a	0,4 a	11,4 a	11,5 a	13,8 a	83 a	1 a
ILP	2,9 b	2,1 b	0,04 a	0,1 b	5,1 b	5,2 b	8,4 b	59 b	2 b
PAST	3,5 b	1,1 c	0,03 a	0,1 b	4,7 b	5,0 c	10,1 c	67 c	5 c
Média	6,2	2,4	0,04	0,2	7,1	7,2	10,8	70	3
CV²	31	63	20	71	53	52	26	18	76
5-10 cm									
FN	6,8 a	3,0 a	0,03 a	0,3 a	10,1 a	10,3 a	12,7 a	80 a	1 a
ILP	2,3 b	1,5 b	0,03 a	0,1 b	3,9 b	4,0 b	7,5 b	51 b	3 b
PAST	3,0 b	1,2 b	0,03 a	0,1 b	4,3 b	4,5 a	7,6 b	56 b	6 c
Média	4,0	1,9	0,0	0,2	6,1	6,3	9,2	62	4
CV	61	49	3	91	57	55	32	25	67
10-20 cm									
FN	6,6 a	3,2 a	0,03 a	0,2 a	10,1 a	10,2 a	13,0 a	77 a	2a
ILP	2,2 b	1,1 b	0,02 b	0,1 b	3,4 b	3,8 b	7,2 b	46 b	13 b
PAST	2,5 b	1,2 b	0,03 a	0,1 b	3,7 b	4,8 a	7,0 b	53 c	23 b
Média	3,8	1,8	0,0	0,1	5,7	6,3	9,0	59	13
CV	66	65	25	86	66	55	38	28	84
20-30 cm									
FN	6,5 a	3,4 a	0,06 a	0,2 a	10,0 a	10,2 a	13,7 a	73 a	2a
ILP	2,4 b	1,1 b	0,02 b	0,1 b	3,6 b	4,7 b	7,8 b	45 b	23 b
PAST	1,7 b	1,2 b	0,05 a	0,1b	2,9 b	7,4 a	9,2 b	33 c	60 c
Média	3,5	1,9	0,0	0,1	5,5	7,4	10,3	50	29
CV	73	68	44	79	71	37	30	41	102

¹Médias seguidas da mesma letra na vertical não se diferenciam pelo teste t ($p < 0,05$); ²CV: Coeficiente de variação; SB: Soma de base; V: saturação por base; m: saturação por alumínio.

Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Apêndice B- Propriedades químicas de Um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e ambiente de pastagem, da camada de 30 a 100 cm. Rio Branco, Acre, 2015.

Uso do solo	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SB	CTC	CTC a pH 7	V	M
	.....	.....	.....	.....	cmol _c dm ⁻³	.....	.....	..... %	.....
30-40 cm									
FN	5,3 a	3,4 a	0,1 a	0,2 a	9,9 a	12,5 a	15,3 a	65 a	19 a
ILP	2,5 b	1,2 b	0,0 b	0,1 b	3,8 b	9,1 a	10,7 ab	35 b	56 b
PAST	1,3 c	1,1 b	0,1 a	0,1 b	2,4 c	10,4 a	12,3 b	32 c	76 c
Média	3,4	1,9	0,1	0,1	5,4	10,7	12,8	41	50
CV	78	69	59	69	74	16	18	55	57
40-60 cm									
FN	4,4 a	3,5 a	0,2 a	0,3 a	10,2 a	16,8 a	17,7 a	58 a	39 a
ILP	2,3 b	1,2 b	0,0 b	0,1 b	3,7 b	11,3 b	12,3 b	30 b	67 b
PAST	1,1 c	1,2 b	0,1 a	0,1 b	2,3 c	13,3 b	15,9 ab	25 c	83 c
Média	3,3	2,0	0,1	0,2	5,4	13,8	15,3	34	63
CV	86	67	69,9	80,0	78	20	18	63	35
60-80 cm									
FN	5,1 a	3,7 a	0,3 a	0,3 a	10,1 a	16,7 a	18,9 a	43 a	40 a
ILP	1,9 b	1,5 b	0,0 ab	0,1 b	3,5 b	13,1 b	13,4 b	26 b	74 b
PAST	1,0 c	1,0 b	0,2 a	0,1 b	2,1 c	13,9 c	17,6 a	22 c	85 c
Média	3,0	2,1	0,2	0,2	5,2	14,6	16,7	30	66
CV	90	69	76	78	81	13	17	69	36
80-100 cm									
FN	4,9 a	3,6 a	0,3 a	0,3 a	9,8 a	16,4 a	19,2 a	31 a	40 a
ILP	1,9 b	1,4 b	0,0 b	0,1 b	3,4 b	14,4 a	14,6 b	23 b	77 b
PAST	0,7 c	1,0 b	0,3 a	0,1 c	1,7 c	14,4 b	18,4 a	20 c	88 c
Média	2,8	2,0	0,2	0,2	5,0	15,1	17,4	28	68
CV	97	69	78	70	85	8	14	75	36

¹ Médias seguidas da mesma letra na vertical não se diferenciam pelo teste t ($p < 0,05$); ²CV: Coeficiente de variação; SB: Soma de base; V: saturação por base; m: saturação por alumínio.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Apêndice C- Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo. Rio Branco, AC, 2016.

	NO	Ca	Mg	K	SB	CTC	pH	Al	P
MO	0,93*	0,28*	0,21 _{NS}	0,27*	0,79*	-0,34*	0,43*	-0,56*	0,76*
NO		0,29	0,23*	0,30*	0,30*	-0,29*	0,41*	-0,51*	0,80*
Ca			0,86*	0,78*	0,98*	0,31*	0,75*	-0,41*	0,45*
Mg				0,76*	0,94*	0,48*	0,65*	-0,21 _{NS}	0,44*
K					0,81*	0,44*	0,61*	-0,16 _{NS}	0,49*
SB							0,74NS	-0,36*	0,48*
CTC							-0,05NS	0,72*	-0,07NS
pH								-0,60*	0,57*
Al									-0,42*

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

**: Significativo a 5% de probabilidade de erro; NS: Não significativo.

Apêndice D- Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo. Rio Branco, AC, 2016.

	Areia	Argila	DMG	GF	DS	Ma	Mi	PT	RSP	AD
MO	0,34 *	-0,51*	0,64*	0,13NS	-0,67	0,24*	0,26*	0,53*	-0,05*	0,26*
Areia		-0,70*	0,48*	-0,35 _{NS}	0,23*	0,36*	-0,57*	-0,35	0,64 _{NS}	0,37*
Argila			-0,46*	0,47*	-0,08 _{NS}	-0,36*	-0,58*	0,21 _{NS}	-0,45*	-0,47*
DMG				-0,10*	-0,57*	0,11 _{NS}	0,41*	0,41*	0,02NS	0,43*
GF					-0,40 _{NS}	-0,09 _{NS}	-0,25*	0,43*	-0,18 _{NS}	-0,20*
DS						-0,45*	-0,34*	-0,94*	0,55*	-0,17 _{NS}
Ma							-0,43*	0,37*	0,00 _{NS}	0,21*
Mi								0,39*	-0,41*	0,94*
PT									-0,62*	0,1 _{NS}
RSP										0,13 _{NS}

* Significativo a 5% de probabilidade de erro. NS: Não significativo.

Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Apêndice E- Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo. Rio Branco, AC, 2016.

	MO	Ds	PT	Micr	Crip	Argila	Silte	AG	AF
FN									
CC	0,10 N	-0,10N	0,10N	0,99*	0,93*	0,50*	-0,19 N	-0,20 N	-0,50*
PP	0,02 N	-0,12 N	0,20 N	0,88*	0,8*	0,47*	-0,30*	-0,25 N	-0,43*
ILP									
CC	0,05 N	-0,47*	0,490*	0,99*	0,60*	0,50*	-0,47	-0,25 N	-0,22 N
PP	0,08 N	-0,16 N	0,33	0,70*	0,77*	0,45*	-0,80	-0,23 N	-0,42*
PAST									
CC	0,20 N	-0,06N	0,24N	0,98*	0,94*	0,54*	-0,50*	-0,50*	-0,39*
PP	0,04 N	-0,03 N	0,35 N	0,93*	0,95*	0,57*	-0,54*	-0,54*	-0,40*

N: Não significativo; * Significativo.

MO: Matéria orgânica do solo; Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; Crip: criptoporos; Micr: microporos; AG: areia grossa; areia fina.

Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

Apêndice F- Propriedades físicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo, submetidos a três sistemas de uso do solo na Amazônia Ocidental. Rio Branco, Acre, 2016.

Uso do solo	Argila	Silte	Areia Fina	Areia grossa	Areia total
----- g kg ⁻¹ -----					
0-10 cm					
FN	355	536	100	9	109
ILP	188	567	202	43	245
PAST	283	473	200	44	244
CV %	30	9	48	48	37
10-20 cm					
FN	374	530	91	13	104
ILP	222	572	160	50	210
PAST	326	455	180	53	233
CV %	25	11	32	58	38

FN: Floresta nativa; ILP: Integração Lavoura pecuária; PAST: Pastagem;
CV: Coeficiente de variação.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Apêndice G- Propriedades físicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e de pastagem, até a profundidade de 30 cm. Rio Branco, Acre, 2016.

Uso do solo	Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina	Argila em H ₂ O	Grau de floculação
	..... g kg ⁻¹ .....				..... %	....
0-5 cm						
FN	344	545	16	105	196	44
ILP	198	557	40	215	144	24
PAST	293	467	36	204	205	30
Média	275	523	31	175	181	32
CV (%)	29	9	43	35	33	31
5-10 cm						
FN	365	527	14	94	220	40
ILP	200	577	45	189	156	17
PAST	275	479	51	195	218	21
Média	276	528	37	160	198	26
CV (%)	26	8	45	29	15	39
10-20 cm						
FN	374	530	13	91	258	31
ILP	222	572	50	160	183	17
PAST	325	455	53	180	267	17
Média	307	519	38	144	236	22
CV (%)	25	11	58	33	20	37
20-30						
FN	393	535	11	61	270	31
ILP	302	532	43	137	239	20
PAST	434	388	46	132	334	22
Média	376	485	33	110	281	24
CV (%)	18	17	59	39	17	24

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Apêndice H- Propriedades físicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo em ambiente de floresta nativa, integração lavoura-pecuária e de pastagem, para as camadas de 30 a 100 cm. Rio Branco, Acre, 2016.

Uso do solo	Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina	Argila em H ₂ O	Grau de floculação
	g kg^{-1}					%
30-40 cm						
FN	450	483	10	57	334	26
ILP	417	437	31	115	309	23
PAST	515	333	37	114	364	29
Média	461	418	26	95	336	26
CV (%)	11	18	55	35	10	11
40-60 cm						
FN	483	460	9	48	341	29
ILP	460	412	25	140	314	28
PAST	574	305	30	91	380	34
Média	506	392	21	93	345	30
CV (%)	10	17	43	41	8	8
60-80 cm						
FN	480	477	7	35	372	22
ILP	524	380	16	80	327	36
PAST	597	299	24	91	380	35
Média	534	385	16	69	360	31
CV (%)	11	23	51	43	8	26
80-100 cm						
FN	431	421	8	40	347	19
ILP	539	368	20	74	310	40
PAST	603	295	24	78	348	42
Média	525	361	17	64	335	34
CV (%)	17	18	50	33	6	39

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Apêndice I- Classificação do índice S do solo.

Classe	Índice
Muito Boa	$S \geq 0,050$
Boa	$0,050 > S \geq 0,0350$
Pobre	$0,0350 > S \geq 0,020$
Muito pobre	$0,020 > S$

Fonte: Dexter (2004).

Apêndice J – Perfis descritos. Rio Branco, Acre, 2016.
Descrição geral

Perfil- 01

Data- 05-03-2015

Classificação- Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plintossólico, textura franco-argilo-siltosa, floresta aberta com palmeira e bambu, relevo suave ondulado

Localização, município, estado e coordenadas- Estrada transacreana km 52, Fazenda Batista, Município de Rio Branco, Acre. Coordenadas UTM: Zona 19L, N 0582597, E 8893776

Situação, declive, e cobertura vegetal sobre o perfil- floresta nativa, coletado em trincheira, declive de 3-8%

Altitude- 188 m

Litologia- Argilito

Formação Geológica- Formação Solimões

Período: Terciário. Plioceno. Pleistoceno

Material originário: Produto de alteração de argilitos, siltitos e arenitos

Pedregosidade- Não pedregoso

Rochosidade- Não rochoso

Relevo local- Plano

Relevo original- Suave ondulado

Erosão- Não aparente

Drenagem- Moderadamente drenado

Vegetação primária- Floresta aberta com palmeiras, com incidência de bambu

Uso atual: Floresta (Reserva Legal)

Clima- Am da classificação de Köppen

Descrito e coletado por: Nilson Gomes Bardales, Erbesson de Souza Brito e Meiriane de Sousa Brito

Descrição Morfológica

- A** 0-10 cm, 7,5 YR 3/2, úmida; Argilo siltosa; pequeno e médio em blocos subangulares e granular (macio); plástico e pegajoso; transição irregular e clara.
- AB** 10-20 cm, 7,5 YR 3/2, úmida; Argilo siltosa; pequeno e médio em blocos angulares e subangulares (macio); plástico e pegajoso; transição plana e clara.
- BA** 20-30 cm, 7,5 YR 4/3, úmida; Argilo siltosa; pequeno e médio em blocos angulares e subangulares (ligeiramente duro); ligeiramente plástico e pegajoso; transição plana e gradual.
- Bt₁** 30-50 cm, 7,5 YR 4/6, úmida; muito argilosa; pequeno e médio em blocos angulares e subangulares (ligeiramente duro); ligeiramente plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- Btj₁** 50-90 + cm, 7,5 YR 4/4, úmida; muito argilosa; pequeno e médio em blocos angulares e subangulares (ligeiramente duro); ligeiramente plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.

Raízes- Nos horizontes A, AB e BA apresentação abundância de raízes finas e muitas finas e médias e, nos horizontes Bt₁ e Btj₁ comuns e poucas finas e médias.

Observações- Os horizontes A e AB apresentam aspecto coeso (adensado).

Descrição geral

Perfil- P02

Data- 05-03-2015

Classificação- Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico, textura franco-argilo-siltosa, relevo suave ondulado.

Localização, município, estado e coordenadas- Estrada transacreana km 52, Fazenda Batista, Município de Rio Branco, Acre. Coordenadas UTM: Zona 19L, N 0582899, E 8894415

Situação, declive, e cobertura vegetal sobre o perfil- floresta nativa, coletado em trincheira, declive de 3 -8%

Altitude- 200 m

Litologia- Argilito

Formação Geológica- Formação Solimões

Período: Terciário. Plioceno. Pleistoceno

Material originário: Produto de alteração de argilitos, siltitos e arenitos

Pedregosidade- Não pedregoso

Rochosidade- Não rochoso

Relevo local- Plano

Relevo original- Suave ondulado

Erosão- Não aparente

Drenagem- Imperfeitamente drenado

Vegetação primária- Floresta aberta com palmeiras, com incidência de bambu

Uso atual: Pastagem

Clima- Am da classificação de Köppen

Descrito e coletado por- Nilson Gomes Bardales, Erbesson de Souza Brito e Meiriane de Sousa Brito

Descrição Morfológica

- Ap** 0-9 cm, 7,5 YR 3/8, úmida; Argilo siltosa; pequeno e médio em blocos subangulares e granular (forte); plástico e pegajoso; transição plana e clara.
- BA** 9-29 cm, 7,5 YR 5/2, úmida; Argilo siltosa; pequeno e médio em blocos angulares e subangulares (moderada); plástico e pegajoso; transição plana e gradual.
- BTf₁** 29-58 cm, 7,5 YR 6/3, úmida; muito argilosa; pequeno e médio em blocos angulares e subangulares (moderada); ligeiramente plástico e muito pegajoso; transição irregular e clara.
- BTf_{2/c}** 58-95 + cm, 7,5 YR 5/5, úmida; muito argilosa; pequeno e médio em blocos angulares e subangulares (ligeiramente duro); ligeiramente plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.

Raízes- Nos horizontes Ap apresenta muitas raízes finas e muitos finas e médias e, nos horizontes BA e BTf₁ comuns e muito finas.

Observações- Os horizontes A e BA apresentam aspecto coeso (adensado)