



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-POSAGRO

MARIA IVONILDE LEITÃO DE SOUSA

**QUALIDADE FÍSICO-HÍDRICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO  
SOB AGROECOSSISTEMA E FLORESTA NATURAL EM RORAIMA**

Boa Vista

2010

MARIA IVONILDE LEITÃO DE SOUSA

**QUALIDADE FÍSICO-HÍDRICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO  
SOB AGROECOSSISTEMA E FLORESTA NATURAL EM RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Roraima, em Parceria com a Embrapa Roraima.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Cátia Pereira Uchôa.

Coorientador: Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior.

Boa Vista

2010

**Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Roraima**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)

S725q Sousa, Maria Ivonilde Leitão de.

Qualidade físico-hídrica de um argissolo vermelho-amarelo sob agroecossistema e floresta natural em Roraima / Maria Ivonilde Leitão de Sousa. – Boa Vista, 2010.

109f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Cátia Pereira Uchôa.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Área de Concentração Produção Vegetal.

1 - Solos 2 – Manejo do solo . 3 – Pastagem 4 - Amazônia I - Título. II.- Uchôa, Sandra Cátia Pereira.

CDU – 631.445.2

MARIA IVONILDE LEITÃO DE SOUSA

QUALIDADE FÍSICO-HÍDRICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB  
AGROECOSSISTEMA E FLORESTA NATURAL EM RORAIMA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração Produção Vegetal.

Aprovado em: 31 Agosto de 2010

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Catia Pereira Uchôa  
Orientadora - UFRR

---

Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior  
Coorientador – UFRR

---

Prof. Dr. Wellington Farias Araújo  
UFRR

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ofélia Lira Carneiro  
UFRR

## ***DEDICATÓRIA***

*Mãe, quando te perdi achei que não teria força para seguir em frente, mas tenho a certeza que és tu que estas sempre ao meu lado, guiando os meus passos, me fazendo seguir em frente,*

*A minha filha Catarine a inspiração e sentido de tudo,*

*A meu esposo pelo carinho compreensão e força para superar os desafios,*

*A meu pai, exemplo de dedicação, coragem, força. Que quando da nossa maior perda, mesmo na sua dor, foi mais forte do que todos nós, nos estimulando a seguir em frente, nos mostrando que a vida ainda continuava.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder força e me iluminar em mais essa etapa da minha vida;

Ao meu coorientador Prof<sup>o</sup>. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior e á minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Catia Pereira Uchôa, pelas sugestões e incentivo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal da Universidade Federal de Roraima, pela formação e firmação da vida acadêmica;

Á Universidade Federal de Roraima e EMBRAPA Roraima, por me acolherem em mais uma jornada da minha vida acadêmica;

Á CAPES, pelo apoio ao programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal da Universidade Federal de Roraima;

Á Superintendência de Agronegócio e Agricultura familiar, pela liberação para realização desta capacitação profissional em nível de Mestrado;

Á minha família, pela educação, carinho, amizade e motivação na minha formação profissional;

Ao Pesquisador e Estatístico Moisés Mourão Junior pela importante contribuição para realização deste trabalho;

A todos os professores do Curso de Mestrado em Agronomia, pelo incentivo e ensinamentos;

A todos os meus colegas do mestrado, pelo apoio e convívio.

A Universidade Federal de Viçosa- UFV em especial aos Programas de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de plantas e Fitotecnia, em especial ao Prof. Dr. Carlos Ernesto R. Schaefer;

Ao Pesquisador Dr. Gilvan Barbosa Ferreira pelo acolhimento e contribuição;

Ao Professor Dr. Armando pela ajuda e considerações no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Professor Dr. Wellington Farias Araújo, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ofélia Lira Carneiro pela a grata participação na banca examinadora, e suas considerações;

Ao bolsista Pedro Paulo, pela ajuda nas etapas de campo e laboratório, pelo inestimável apoio e convívio

Ao Sr. Walter Volgel pela concessão de sua fazenda para a realização deste estudo, ao Sr. Vendelino José Kroetz e a todos os funcionários da Fazenda Umirizal, que contribuíram para a realização deste trabalho;

A EMBRAPA pelo apoio que tive por meio dos laboratoristas: Marcio, Luzia, Alex, Lediane.

## **BIOGRAFIA**

MARIA IVONILDE LEITÃO DE SOUSA, filha de Maria da Silva Leitão de Sousa e Antonio Manoel Joaquim de Sousa, nasceu em 16 de Janeiro de 1971, na cidade de Crateús, estado do Ceará. Concluiu o segundo grau na Escola Estadual Gonçalves Dias, no ano de 1994 na cidade de Boa Vista, estado de Roraima. Ingressou no Curso de Agronomia na Universidade Federal de Roraima – UFRR no ano de 1996, e concluiu no ano de 2001. Em Abril do mesmo ano, ingressou como Engenheira Agrônoma da Secretaria de Agricultura do estado de Roraima. Hoje se encontra trabalhando na Superintendência de Agronegócio e Agricultura Familiar como Engenheira Agrônoma. No ano de 2004, ingressou no curso de Especialização em Recursos Naturais na Universidade Federal de Roraima - UFRR, concluindo no ano seguinte. Em março de 2008, iniciou o curso de mestrado em Agronomia, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em produção vegetal na Universidade Federal de Roraima- UFRR.

SOUSA, Maria Ivonilde Leitão. **QUALIDADE FÍSICO-HÍDRICAS DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB AGROECOSSISTEMA E FLORESTA NATURAL EM RORAIMA.** 2010. 109f. Dissertação de Mestrado /Dissertação de Mestrado em Agronomia- Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2010.

## **RESUMO**

Na Amazônia, a conversão da floresta natural em pastagens e outros sistemas de produção têm provocado modificações físico-hídricas dos solos em função do tipo de uso e sistemas de manejo. A avaliação dessas modificações por meio de atributos físicos se torna imprescindível para a mensuração da qualidade física dos solos, sendo úteis para o monitoramento de mudanças no ambiente. Neste sentido, este estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físico-hídricas de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob ecossistemas de floresta natural e diferentes sistemas de uso. O estudo foi conduzido na fazenda Umirizal, estado de Roraima, onde os sistemas de manejo avaliados foram: Floresta natural (FN), pasto em pousio (PP), sistema de cultivo mínimo (CM), área desmatada e abandonada (DA) sistema de plantio convencional (PC). Em campo, foram abertas mini-trincheiras e coletadas amostras de solos deformadas e indeformadas, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, as quais foram utilizadas para realização das seguintes determinações: granulometria, densidade do solo e partículas, porosidade total, umidade do solo, resistência a penetração, grau de flocculação, curva de retenção da água no solo, e estabilidade de agregados. A influência da agroecossistemas sobre as propriedades físico-hídricas foi verificada por meio do modelo linear geral (GLM) e testada por meio do teste F. Os resultados obtidos revelaram que a qualidade físico-hídrica obedeceu à seguinte sequência, de acordo com o sistema de manejo submetido e intensificação do uso do solo (PP > FN > DA > CM > PC). A resistência a penetração; porosidade; capacidade de retenção d'água e estabilidade de agregados foram as variáveis que mais refletiram alterações com o uso da terra em relação à floresta natural.

**Palavras-chave** – Solos, Manejo do Solo, Pastagem, Amazônia.

SOUSA, Maria Ivonilde Leitão. **QUALITY PHYSICAL WATER OF A RED-YELLOW ARGISOL AGROECOSYSTEMS IS UNDER NATURE FOREST IN THE NORTH OF THE AMAZON - RORAIMA**. 2010. Dissertação de Mestrado /Dissertação de Mestrado em Agronomia- Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2010.

### **ABSTRACT**

In the Amazon, the conversion of native forests into pastures and other production systems have led to modifications of soil physical and hydraulic depending on the type of use and management systems. The evaluation of these changes through physical attributes becomes essential to measure the physical quality of soils, being useful for monitoring changes in the environment. Thus, this study aimed to evaluate the physic chemical properties of fluid Acrisol nature forest ecosystems under different land use systems. The study was conducted on the farm Umirizal, state of Roraima, where the management systems were: Nature Forest (FN), fallow pasture (PP), a system of minimum tillage (CM), area deforested and abandoned (DA) system conventional tillage (PC). In the field, mini-trenches were opened and samples of disturbed and undisturbed soils at depths of 0-10, 10-20 and 20-40 cm, which were used to perform the following characteristics: particle size, bulk density and particle porosity, soil moisture, penetration resistance, flocculation, retention curve of soil water, and aggregate stability. The influence of the form of land use on physico-water was verified using the general linear model (GLM) and tested by the F test The results revealed that the physico-water had the following sequence, in accordance with the submitted management system and intensification of land use (PP> FN> DA> CM> PC). The resistance to penetration, porosity, water holding capacity and aggregate stability were the variables that most reflected changes in land use in relation to nature forest.

**Key words-** Soil, Soil management, Grassland, Amazon.

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
2.	<b>OBJETIVOS</b> .....	3
2.1	Objetivo geral .....	3
2.2	Objetivo específico.....	3
3.	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
3.1	Qualidade Física do Solo.....	4
3.1.1	Granulométrica.....	5
3.1.2	Porosidade.....	6
3.1.3	Densidade.....	6
3.1.4	Resistência do Solo à Penetração.....	7
3.1.5	Umidade do solo.....	9
3.1.6	Curva de retenção de umidade (Cc e Pm).....	9
3.1.7	Estabilidade de agregados.....	10
	<b>ARTIGO A-ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICO DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB AGROECOSSISTEMAS E FORESTA NATURAL EM RORAIMA</b> .....	13
4	<b>RESUMO</b> .....	13
4.1	<b>RESUMO</b> .....	13
4.2	<b>ABSTRACT</b> .....	14
4.3	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
4.4	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
4.4.1	Localização das Áreas de Estudo.....	18
	Caracterização geológica, geomorfológica e pedológica da Região da Serra da Lua.....	18
4.4.2	da Lua.....	18
4.4.3	Caracterização Pedológica da Área de estudo.....	19
4.4.4	Descrição dos sistemas estudados.....	20
4.5	<b>Trabalho de Campo</b> .....	21
4.5.1	Coleta e Descrição dos Solos.....	21
4.5.2	Resistência Mecânica do Solo à Penetração.....	22
4.6	<b>Trabalhos de Laboratório</b> .....	23
4.6.1	Análises Químicas .....	23
4.6.2	Análises Física .....	23
4.6.3	Determinações Hídricas.....	26
4.7	Análise estatísticas dos dados.....	28
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
5.1	Resistência à penetração (RP).....	35
5.2	Umidade do solo: gravimétrica e volumétrica .....	38
5.3	Densidade do solo.....	39
5.4	Porosidade Total .....	41
5.5	Curva de retenção de umidade.....	45
5.6	Associação entre as variáveis.....	47
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	52
	<b>ARTIGO B-ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB AGROECOSSISTEMAS E FLORESTA NATURAL NO NORTE DA AMAZÔNIA</b> .....	53
7		

7.1	<b>RESUMO</b> .....	53
7.2	<b>ABSTRACT</b> .....	54
7.3	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	55
7.4	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	57
7.4.1	Localização das áreas de Estudo .....	57
	Caracterização geológica, geomorfológica e pedológica da Região da Serra	
7.4.2	da Lua .....	57
7.4.3	Caracterização Pedológica da Área de estudo .....	58
7.4.4	Descrição dos sistemas estudados .....	58
7.5	<b>TRABALHOS DE CAMPO</b> .....	60
7.5.1	Coleta e Descrição dos Solos .....	60
7.6	<b>TRABALHOS DE LABORATÓRIO</b> .....	60
7.6.1	Estabilidade de Agregados .....	61
7.7	Análises dos Dados .....	63
8	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	64
8.1	Propriedades Morfológicas .....	64
8.2	Granulométrica do solo e Matéria Orgânica .....	66
8.3	Estabilidade de agregados (EA) .....	67
9	<b>CONCLUSÕES</b> .....	76
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	78
	<b>ANEXOS</b> .....	87

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO A

Tabela 1	Classes de resistência a penetração.....	23
Tabela 2	Principais propriedades morfológicas do Argissolo vermelho Amarelo sob os agroecossistemas estudados.....	30
Tabela 3	Valores médios e desvio padrão de argila e silte em função dos agroecossistemas.....	31
Tabela 4	Valores médios e desvio padrão de areia total e silte: argila, em função das agroecossistemas.....	32
Tabela 5	Valores médio e desvio padrão de GF (grau de flocculação) e AD (argila dispersar), em função dos agroecossistemas.....	34
Tabela 6	Valores médios e desvio padrão de MOS, em função dos agroecossistemas.....	34
Tabela 7	Valores médios e desvio padrão de RP (MPa), em função dos agroecossistemas.....	36
Tabela 8	Valores médios e desvio padrão de $\theta_g$ (umidade gravimétrica) e $\theta_v$ (umidade volumétrica) em função dos agroecossistemas.....	38
Tabela 9	Valores médios e desvio padrão de $\rho_s$ (densidade do solo) $\rho_p$ (densidade de partícula), em função dos agroecossistemas.....	40
Tabela 10	Valores médios e desvio padrão de porosidade total (PT) e argila dispersa em água (AD), em função dos agroecossistemas.....	42
Tabela 11	Valores obtidos da curva de retenção de umidade e água disponível (CAD).....	43

Tabela 12	Valores médios e desvio padrão de CAD, em função dos agroecossistemas .....	44
Tabela 13	Valores de ponto de murcha, capacidade de campo e atributos do modelo van Genuchten (1980) para as curvas de retenção de água no solo, nas camadas dos agroecossistemas	45
Tabela 14	Matriz de correlação entre os parâmetros físico-hídricos, granulométrico e de retenção hídrica.....	49

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO B

Tabela 15	Principais atributos morfológico do Argissolo Vermelho Amarelo sob os agroecossistemas.....	65
Tabela 16	Valores médios da matéria orgânica do solo (MOS) e da granulometria.....	66
Tabela 17	Valores de quadrados médios e significância do teste F, para as porcentagens de agregados, em função do modelo analítico adotado.....	67
Tabela 18	Valores médios de porcentagem de agregados em função dos agroecossistemas e camada.....	68
Tabela 19	Valores de quadrados médios e significância do teste F, para as porcentagens de agregados, em função do modelo analítico adotado.....	71
Tabela 20	Valores médios de porcentagem de agregados em função das agroecossistemas e camada.....	73

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO A

Figura 1	Localização da área do estudo. mapa do Brasil, destacando o estado de Roraima e área de estudo no mapa de Roraima, situada na região da serra da lua-fazenda Umirizal .....	18
Figura 2	Distribuição de argila e areia em camadas de acordo com os agroecossistemas.....	32
Figura 3	Distribuição de silte e relação silte/argila em camadas de acordo com os agroecossistemas.....	33
Figura 4	Valores médio e erro padrão de MOS, em função dos agroecossistemas nas camadas avaliadas.....	35
Figura 5	Valores médio e erro de RP, em função dos agroecossistemas nas camadas avaliadas.....	37
Figura 6	Capacidade de retenção de umidade em função da camadas.....	39
Figura 7	Densidade em função da camada e agroecossistemas.....	41
Figura 8	Distribuição da porosidade em camadas em função dos agroecossistemas.....	43
Figura 9	Curva de retenção de água no solo, segundo o modelo van genuchten (1980), aos sistema avaliados nas diferentes camadas....	46
Figura 10	Afinidade entre os atributos físico-hídricas, assinaladas segundo a significância da correlação de Pearson.....	48
Figura 11	Afinidade entre os atributos físico-hídricos e granulométricos, assinalados segundo a significância da correlação de Pearson.....	50

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO B

Figura 12	Valores médios do percentual das classes de agregados, em função das camadas nos diferentes agroecossistemas.....	69
Figura 13	DMP e DMP em função das camadas e dos agroecossistemas.....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Dp</b>	Densidade de Partícula
<b><math>\theta_g</math></b>	Umidade Gravimétrica do solo
<b><math>\theta_v</math></b>	Umidade Volumétrica
<b>CTC</b>	Capacidade de troca de cátions
<b>TFSA</b>	Terra Fina Seca ao Ar
<b>LS</b>	Índice de sensibilidade
<b>DMG</b>	Diâmetro médio geométrico
<b>SiBCS</b>	Sistema Brasileiro de Ciência do Solo
<b>MOS</b>	Matéria Orgânica
<b>RP</b>	Resistência a penetração
<b>Ds</b>	Densidade do Solo
<b>AD</b>	Água Disponível
<b>DMP</b>	Diâmetro Médio Poderado
<b>FN</b>	Floresta Natural
<b>PV</b>	Pasto Vedado
<b>CM</b>	Cultivo Mínimo
<b>DA</b>	Destocada e Abandonada
<b>PC</b>	Plantio Convencional
<b>GF</b>	Grau de Flocculação
<b>AD</b>	Argila Dispersa
<b>PT</b>	Porosidade Total
<b>CAD</b>	Capacidade de Água disponível
<b>Dp</b>	Densidade de Partícula
<b><math>\theta_g</math></b>	Umidade Gravimétrica do solo
<b><math>\theta_v</math></b>	Umidade Volumétrica
<b>CTC</b>	Capacidade de troca de cátions
<b>TFSA</b>	Terra Fina Seca ao Ar
<b>LS</b>	Índice de sensibilidade
<b>DMG</b>	Diâmetro médio geométrico
<b>SiBCS</b>	Sistema Brasileiro de Ciência do Solo

## 1 INTRODUÇÃO

O estado de Roraima apresenta uma área total em torno de 226.232 km<sup>2</sup>, desta área temos 8.739 km<sup>2</sup> de área desmatada, o que corresponde a 5,39% da área total florestada no estado (INPE, 2010).

Em geral, o processo de ocupação e uso da terra segue a seguinte sequência: desmatamento, remoção de madeiras de interesse econômico, introdução de culturas anuais e/ou perenes, e formação de pastagens com um baixo nível tecnológico, verificando-se um manejo inadequado com uma produtividade decrescente ao longo dos anos, o que resulta em um sistema de agricultura itinerante, modelo de ocupação comum na Amazônia (NEVES JUNIOR, 2008).

Para tanto, diversos autores estudaram os efeitos provocados pelos desmatamentos e o uso do fogo como prática de limpeza do terreno, destinados à implantação de pastagem ou agricultura itinerante, bem como a dinâmica da matéria orgânica no solo (FEIGL, 1994; KOUTIKA et al., 1997) e suas alterações em seus atributos químicos e físicos (SCHAEFER, 1994 ; 1997; VALE JÚNIOR, 2000; MELO, 2002; BARROS et al., 2009; FEITOSA, 2009).

O cultivo itinerante associado ao uso do fogo, após a remoção da floresta, promovem mudanças perceptíveis nas características químicas, físicas, e na dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS). Estas mudanças variam conforme o solo e o tempo de uso. Estudos que avaliem as mudanças ocorridas nos principais atributos físicos do solo em área de uso de diferentes idades são escassos, o que dificulta ações mais organizadas de planejamento e ocupação da área (VALE JÚNIOR, 2000; NEVES JUNIOR, 2008).

Na Amazônia, cerca de 80% da área desmatada tem sido destinada à pastagens, acredita-se que metade deste percentual apresenta diferentes graus de degradação e, em muitos casos, que sejam áreas abandonadas, isto ocorrendo em decorrência do uso inadequado do solo (ARAÚJO, 2008).

Neste contexto, surge a necessidade de se transformar esses recursos naturais degradados em produtivos, com potencial econômico sustentável, de forma a propiciar melhor qualidade de vida as populações e manejo adequado dos ecossistemas, buscando-se alternativas de uso e manejo do solo que sejam mais adequados à realidade local. Sendo assim, as pesquisas devem ser direcionadas a fornecer dados consistentes para a implantação de técnicas de manejo que garantam a sustentabilidade do sistema em longo prazo, mantendo

um ambiente funcional no solo para o crescimento das plantas sem limitações relacionadas à disponibilidade de água, aeração e impedimento mecânico. O conhecimento da dinâmica do solo sob floresta natural e os distintos agroecossistemas é um fator importante para entender as mudanças químicas, físicas e biológicas que estes passam após a substituição da floresta por outros agroecossistemas (ARAÚJO, 2008).

Dentre os aspectos que provocam prejuízos aos atributos do solo estão a ausência de conhecimento técnico no processo de formação de pastagens, indo desde a semeadura, estabelecimento da cultura, o emprego de espécies e cultivares inadequados e a não fertilização do solo, o que ocasiona a degradação do solo. Uma pastagem é considerada em estado de degradação quando ocorre diminuição considerável na produtividade potencial para as condições edafoclimáticas e bióticas a que está submetida (NEVES JUNIOR, 2005).

Os atributos como a textura, resistência à penetração, curva de retenção de umidade, capacidade de água disponível, densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total e estabilidade de agregados, são sensíveis a mudanças de manejo, os quais influenciam diretamente no desenvolvimento da planta, o que, consequentemente, se reflete na produção. Assim, tais atributos podem fornecer importantes informações sobre a qualidade do solo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os atributos físico-hídricos de um Argissolo Vermelho Amarelo quando convertido de floresta natural em diferentes agroecossistemas em Roraima.

### **2.2 Objetivo Específicos**

- Avaliar os atributos morfológicos de diferentes agroecossistemas e floresta natural;
- Determinar os melhores atributos físico-hídricos do solo quando convertido de floresta natural em diferentes agroecossistemas;
- Correlacionar os atributos físico-hídricos para obter indicadores que melhor expressem alterações nos diferentes agroecossistemas e floresta natural;
- Identificar o comportamento dos atributos físico-hídricos do solo visando ações de manejo nos solos estudados.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Qualidade Física do Solo

A qualidade do solo é conceituada por diversos autores como a capacidade do solo funcionar dentro dos limites do ecossistema e interagir positivamente com o meio ambiente externo a ele (KARLEN et al., 1997; SEYBOLD et al., 1999; SINGER; EWING, 1999; DORAN et al., 1996; LETEY et al., 2003; NORFLEET et al., 2003). Já a Sociedade Americana de Ciência do Solo (KARLEN et al., 1997) defini a qualidade do solo como sendo a capacidade de um dado solo funcionar dentro de um sistema natural, ou manejado, de forma a manter a produtividade vegetal e animal, bem como manter, ou melhorar, a qualidade da água e do ar, de forma a suportar a saúde humana e habitacional.

A qualidade do solo esta associada as peculiaridades regionais, identificando-se com os atributos relacionados, visto ser este um sistema aberto. Sob essa ótica, os sistemas agrícolas que favorecem a qualidade do solo são aqueles que cultivam plantas de forma intensiva, mas sem o revolvimento do solo, pois esta prática favorece a quebra das estruturas físicas formadas, a perdas de elementos químicos e matéria orgânica do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

A avaliação dessa qualidade se dá por meio do estudo das propriedades do solo, que é bastante complexa, devido a grande quantidade de definições que este pode apresentar como qualidade para determinado uso. Há multiplicidade de inter-relações entre fatores físicos, químicos e biológicos que controlam os processos e aos aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço (ARAÚJO, 2008).

Os indicadores da qualidade do solo são características mensuráveis tanto do solo quanto da planta (quantitativas ou qualitativas), através de um processo ou atividade que permite caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema (ARSHAD; MARTIN, 2002). A utilização de indicadores de qualidade do solo, relacionados à sua funcionalidade, constitui uma maneira indireta de mensurar a qualidade dos solos, sendo úteis para o monitoramento de mudanças no ambiente.

Os indicadores analíticos da qualidade do solo são de natureza física, química e biológica. Dentre os indicadores físicos do solo, destacam-se a textura, a densidade, a

resistência à penetração, a infiltração e a capacidade de retenção de água (SECCO et al., 2005; ARAÚJO, 2008).

Em termos agronômicos, os agroecossistemas devem manter a capacidade do solo em suas funções físicas para o desenvolvimento e ancoragem das raízes, bem como favorecer o suprimento de água, nutrientes e oxigênio às plantas. A perda de solo por erosão, a redução da matéria orgânica e a compactação são alguns dos processos que concorrem para a degradação física do solo, com consequente perda de uma ou mais destas funções (DORAN; PARKIN, 1996).

Na região Amazônica, as avaliações destas alterações deveriam ser feitas submetendo um solo sob floresta natural às explorações agrícolas desejadas (uso e manejo) e analisando seus atributos físicos periodicamente, desde que mantidos os critérios genéticos e topográficos relacionados com os fatores e processos de formação dos solos (NEVES JÚNIOR, 2008).

Atualmente, são objetos de estudos os aspectos relacionados às modificações físicas dos solos em função do tipo de uso e sistemas de manejo adotados. Um aspecto a ser considerado é o preparo excessivo do solo voltado para culturas anuais, pois este pode causar sérios danos, e, por consequência, a degradação (BERTOL et al., 2004).

Dentre os atributos que melhor expressam a qualidade física de um solo, serão destacados aqueles que foram considerados neste estudo.

### **3.1.1 Granulometria**

A granulometria refere-se à proporção das frações areia, silte e argila de um solo, é também denominada de textura, sendo um dos atributos mais estáveis, sendo modificada levemente pelo cultivo e outras práticas que ocasionam a mistura de diferentes camadas.

Contudo, é uma propriedade que tem estreita relação com a retenção e o transporte de água, a estrutura do solo, o teor de nutrientes e de matéria orgânica, além de influenciar fortemente nos processos erosivos do solo (FELLER; BEARE, 1997; BARROS et al., 2009).

Após a caracterização inicial, as medidas subsequentes podem ser feitas de 2 a 5 anos, porque a alteração da textura se verifica somente quando a erosão acelerada é o processo de degradação predominante. A erosão remove seletivamente a argila, deixando as frações mais grosseiras (ARSHAD et al., 1996).

### 3.1.2 Porosidade

O conhecimento da porosidade total de um solo não constitui uma informação muito importante quanto às suas propriedades. Neste caso, é necessário conhecer a distribuição e tamanho dos poros. Operacionalmente, costuma-se classificar os poros do solo de acordo com as classes de tamanho, ou seja, macroporos e microporos, cujo limite está nos poros com diâmetros menores e maiores que 0,6 mm, respectivamente, e uma altura da coluna de água de aparelhos com a mesa de tensão de 60 cm (AMARO FILHO et al., 2008). 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 (REICHARDT, 1990).

A introdução de sistemas agrícolas em substituição às florestas causa um desequilíbrio no ecossistema, modificando consideravelmente os atributos do solo como a densidade e a porosidade do solo, dependendo da textura e dos teores de matéria orgânica do solo (COOTE; RAMSEY, 1983; HAJABBASI et al., 1997).

Para Gavande (1982), a matéria orgânica é responsável pela formação de grânulos, proporcionando a diminuição da densidade do solo e aumento da porosidade.

### 3.1.3 Densidade

A densidade do solo, representada pela relação entre a massa de sólidos e o volume total que essa massa ocupa, refletindo na permeabilidade do solo, ela tem sido utilizada como indicadora da qualidade do solo por tratar-se de atributos dinâmicos, suscetíveis ao uso e de fácil determinação, estando relacionadas, principalmente, à compactação e à relativa restrição ao crescimento radicular. Valores baixos de densidade favorecem a retenção de água, crescimento de raízes, trocas gasosas e a vida microbiana. Desta forma, o conhecimento da densidade do solo ajuda na tomada de decisão quanto as práticas de manejo a serem adotadas (ARSHAD et al., 1996; ALVARENGA; SOUZA, 1997).

Segundo Goedert (1985), a densidade do solo normalmente se apresenta entre 1,0 a 1,25 g cm<sup>-3</sup> e 1,25 a 1,4 g cm<sup>-3</sup> para solos argilosos e arenosos, respectivamente, podendo, os últimos, chegarem a 1,6 g cm<sup>-3</sup>, ou mesmo, até 1,8 g cm<sup>-3</sup>. Massing et al. (2004), avaliando

densidade máxima e relativa de solos sob plantio direto, constataram que a densidade do solo no campo depende também da textura, mas é, em grande parte, influenciada pelo manejo adotado.

O aumento da densidade do solo sob diferentes agroecossistemas foi verificado em estudos realizados por vários autores (CRUZ et al., 2003; TORMENA et al., 2002; BERTOL et al., 2000; 2004; SECCO et al., 2004; SECCO et al., 2005).

Feitosa (2007), avaliando a qualidade física do solo num sistema de plantio direto sob Argissolo Amarelo em Roraima, verificou que a densidade do solo foi maior nas camadas 30 – 60 cm no sistema de plantio direto ( $1,62 \text{ g cm}^{-3}$ ), mostrando tendência à compactação nesta secção do solo.

Enquanto Barros et al. (2009), verificaram o aumento na densidade do solo nos primeiros 30 cm de um Argissolo Vermelho Amarelo no primeiro ano da conversão de savana natural em *Acacia mangium*, na região da Serra da Lua, em Roraima. Os valores para densidade do solo foram de  $1,34 \text{ g cm}^{-3}$  no horizonte superficial, cujo teor de areia em torno de 80% e, em camada, a densidade do solo atingiu valores de até  $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ , onde a textura registrou em torno de 70% de areia e 24% de argila. Resultado semelhante foi obtido por Collares et al. (2006).

Outros trabalhos, também realizados em Roraima, apresentam mudanças na densidade do solo quando submetido a diferentes usos e sistemas de manejo (BRASIL, 1975; VALE JUNIOR, 2000; MELO, 2002; BENEDETTI, 2007).

### **3.1.4 Resistência do Solo à Penetração (RP)**

Conforme Amaral et al. (2001), a resistência do solo à penetração é o índice de dureza do solo nas condições em que a medição for feita, envolvendo consistência e estrutura do solo. Solos arenosos com estrutura do tipo grãos simples apresentam pouca ou nenhuma resistência ao penetrômetro, enquanto os mais argilosos tendem a apresentar maior resistência a este instrumento, o que é consequência do seu estado de agregação.

Ela pode também ser avaliada indiretamente pela densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ), pela condutividade hidráulica ( $\text{cm h}^{-1}$ ) e pela camada de raízes. Por exemplo, valores elevados de densidade do solo, baixos níveis de condutividade hidráulica e raízes pouco profundas são

indicativos de alta resistência à penetração do solo. Nesse caso, são chamados comumente de solos pesados ou adensados (SECCO et al., 2005).

A resistência do solo à penetração (RP) é um dos atributos físicos que frequentemente impõe restrições ao crescimento das raízes das plantas. A RP varia positivamente com a densidade do solo (Ds) e negativamente com o conteúdo de água do solo (ROSOLEM et al., 1999; COLLARES et al., 2006). Valores de RP entre 1,0 e 3,5 MPa restringem o crescimento das raízes (MEROTTO JUNIOR; MUNDSTOCK, 1999; BEUTLER et al., 2002).

O valor de RP = 2 MPa tem sido frequentemente utilizado como crítico para o crescimento das plantas (LAPEN et al., 2004), ainda que 2,5 MPa tenha sido utilizado em solos sob pastagem (LEÃO et al., 2004) e 3,0 MPa em solos sob florestas (ZOU et al., 2000). O valor de 3,5 MPa foi utilizado por Tormena et al. (2007) em solo cultivado, em longo prazo, sob plantio direto, justificado pela presença de bioporos contínuos e efetivos no solo sob plantio direto.

Cavalieri et al. (2006), verificaram que a resistência do solo à penetração (RP) foi influenciada pelos sistemas de preparo e pela camada, tendo maior magnitude nos sistemas de plantio sem revolvimento do solo e de preparo mínimo, havendo aumento na densidade das camadas de 0 -15 a 15 - 30 cm e cujos valores para RP foram: 0,0052 MPa e 0,0059, respectivamente.

A resistência do solo à penetração (RP) pode ser usada como medida física bastante confiável para avaliar o grau de adensamento do solo, já que os pães (horizontes endurecidos) têm poucos macroporos e desenvolvem uma resistência do solo muito alta, suficiente para restringir o crescimento das raízes (VEPRASKAS, 1984). A RP é fortemente relacionada com o conteúdo de água e pode mudar consideravelmente com os ciclos de umedecimento e secagem do solo (SMITH et al., 1997).

A presença de materiais finos, como argila e silte, também contribuem com o aumento da RP do solo seco, atuando como pontes que conectam as partículas de areia (MULLINS, 1997).

Neste contexto, Barros et al. (2009) verificaram o aumento acentuado de RP Argissolo Vermelho Amarelo sob savana natural e plantio de *Acacia mangium*, registrando valores em superfície em torno de 0,15 MPa e 0,30 MPa no horizonte Bt, cuja densidade do solo atingiu valor em torno de  $1,7 \text{ g cm}^{-3}$ , enquanto Feitosa (2007) verificou valor de 0,30

MPa , em superfície e 0,34 MPa no horizonte subsuperficial (Bt) em Argissolo Amarelo sob savana natural, com densidade do solo de  $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ , em contrapartida houve um aumento de 0,34 MPa e 0,44 MPa respectivamente e densidade de  $1,6 \text{ g cm}^{-3}$  quando o solo foi convertido para plantio direto.

### 3.1.5 Umidade do solo

A capacidade de retenção de água de um solo, por sua vez, depende do número e tamanho dos poros, os quais são influenciados primeiramente pela textura, estrutura, matéria orgânica e mineralogia do solo (LOWERY et al., 1996). Esta propriedade está relacionada ao transporte e armazenamento de água, a erosividade e ao teor de água disponível no solo (DORAN; PARKIN, 1996).

Feitosa (2009), estudando atributos físicos de Argissolo Vermelho Amarelo sob formações florestais em Roraima, verificou percentagem de umidade variando de 6,64% em superfície a 7,35% em camada no período seco e, em torno, de 14,0% no período chuvoso, sendo correlacionado com os maiores valores de argila e da matéria orgânica do solo.

### 3.1.6 Curva de retenção de umidade (Cc e Pm)

Uma pequena parte de toda água armazenada no solo pode ser utilizada pelas plantas. A quantidade de água existente entre a capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) e o ponto de murcha permanente ( $\theta_{pmp}$ ) é definida como água disponível (AD) (VIEHMEYER; HENDRICKSON, 1927), ou seja, corresponde a água utilizada entre o potencial mátrico de 0,01 MPa ( $\theta_{cc}$ ) e 1,5 MPa ( $\theta_{pmp}$ ).

As características de retenção de água no solo são substancialmente afetadas pela distribuição do tamanho de partículas do solo, e também pelo arranjo das mesmas. Normalmente, solos de textura média apresentam maiores teores de água disponível devido a maior percentagem de material coloidal, maior espaço poroso e maior superfície de absorção do que solos de textura mais grossa (AMARO FILHO et al., 2008). Entretanto, solos de mesma classe textural podem apresentar curvas de retenção diferentes devido às diferentes granulometrias.

A melhor agregação do solo se reflete na sua densidade, porosidade e na retenção de água (SILVA et al., 2005).

Rojas e Van Lier (1999), trabalhando com um Argissolo Amarelo, observaram na camada de 0,10 - 0,20 cm, uma maior retenção de água, creditada ao maior volume de microporos nessa camada, enquanto Feitosa (2009) associou a textura e a teores de matéria orgânica. Por sua vez, Silva et al. (1986) obtiveram maior retenção de água em solos compactados artificialmente, condizente com aumento da densidade do solo e da microporosidade.

### **3.1.7 Estabilidade de agregados**

A estrutura do solo refere-se ao tamanho e ao padrão de arranjo das partículas primárias (areia, silte e argila) e poros do solo (OADES, 1984). Estas unidades estruturais compostas são denominadas agregados.

A intrincada dinâmica da agregação resulta da interação entre fatores ambientais, de manejo do solo, influência da planta e atributos do solo, tais como: composição mineral, textura, carbono orgânico do solo, processos pedogenéticos, atividade microbiana, capacidade de troca catiônica, reserva nutricional e disponibilidade de água, sendo frequentemente expressa em termos de estabilidade de agregados (BRONICK; LAL, 2005).

Os preparos convencionais provocam o rompimento dos agregados na camada preparada e aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados do solo (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990). Estes sistemas de preparo aumentam o volume de poros dentro da camada preparada (BERTOL et al., 2000), o que propicia a permeabilidade e o armazenamento de ar, os quais facilitam o crescimento das raízes das plantas.

Alvarenga et al. (1986) chegaram à conclusão semelhante, ao usar a porcentagem de agregados (>2 mm) para expressar a agregação do solo. Harris et al. (1996) utilizaram a porcentagem de agregados estáveis (>2 mm) em água para avaliar a qualidade do solo em sistemas de manejo. Segundo esses autores, os valores foram 40, 26 e 19%, para sistema conservacionista, plantio direto e solo arado, respectivamente.

Também foi observado efeitos positivos na agregação do solo propiciados por gramíneas (CAMPOS et al., 1995; SILVA et al., 1998; SILVA ; MIELNICZUK, 1998).

Vários outros trabalhos, como os de Campos et al. (1995) e Castro Filho et al. (1998) mostraram que há maior estabilidade de agregados do solo em sistemas de semeadura direta, considerando a não-mobilização do solo e a deposição de matéria orgânica na superfície, incrementando a atividade biológica.

Alguns trabalhos relacionaram os processos de organização e formação de agregados no solo aos domínios de argilas orientadas com MOS e partículas de quartzo, sendo que a proteção da MOS é proporcional à área superficial do domínio (TISDALL ; OADES, 1982; SIX et al., 2004).

A estabilidade de agregados é um indicador dos processos envolvidos na degradação do solo (TIPPKOTTER, 1994), pois ele influencia na infiltração, retenção de água, aeração e resistência à penetração de raízes (SANTOS, 1993; SILVA, 1994), selamento e encostamento superficial (DERPSCH et al., 1991), erosão hídrica e eólica (REICHERT et al., 1993). Ela também é a propriedade que melhor se correlaciona com a erodibilidade do solo (ANGULO, 1983; EGASHIRA et al., 1983; SÁ et al., 2000; BARROS et al., 2009). No processo de cultivo há a redução nos teores da matéria orgânica e, consequentemente, na estabilidade de agregados, resultando em aumento da proporção relativa de microagregados do solo, cuja estabilidade não é influenciada pelo manejo (TISDALL; OADES, 1982).

A reestruturação do solo depende do sistema de manejo que será usado no preparo do mesmo. A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo pelo contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção de uma boa estrutura. O contínuo fornecimento de material orgânico serve como fonte de energia para a atividade microbiana, a qual atua como agente de estabilização dos agregados (CAMPOS et al., 1995).

Vários estudos verificaram que o diâmetro médio geométrico dos agregados diminui com o aumento da intensidade de preparo do solo, sempre superior ao preparo convencional (DA ROS et al., 1997; CASTRO FILHO et al., 1998).

No que se refere ao diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), este é um dos índices que indicam a estabilidade da estrutura frente à ação de desagregação da água, podendo indicar o grau de suscetibilidade do solo à erosão hídrica. No entanto, um agregado de elevado DMP nem sempre apresenta adequada distribuição de tamanho de poros no seu interior, o que implica a qualidade estrutural (SILVA et al ., 1998).

O índice de sensibilidade para o diâmetro médio ponderado de agregados pode demonstrar que um determinado sistema de manejo apresenta maior degradação quando comparado ao sistema natural (BERTOL et al., 2004) .

Assim, a agregação do solo avaliada por meio da estabilidade dos agregados em água e resistência ao impacto das gotas de chuva proporciona melhor correlação com a erodibilidade do solo, seguida da porcentagem de agregados >1 mm. Isso acontece porque, quanto maiores forem os agregados, maiores serão o diâmetro médio geométrico e os espaços porosos entre eles, aumentando a infiltração e diminuindo a erosão (ANGULO et al., 1984). A manutenção de um bom estado de agregação e estabilidade e, consequentemente, de uma boa estrutura é condição primordial para garantir a alta produtividade agrícola.

## 4 ARTIGO A- ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB AGROECOSSISTEMAS E FLORESTA NATURAL EM RORAIMA

### 4.1 RESUMO

A remoção da floresta natural para a instalação de pastagens e/ou outros agroecossistemas provocam alterações nos atributos físico-hídricos do solo que podem influenciar a sua produtividade e sustentabilidade. Objetivou-se com este estudo avaliar os atributos físico-hídricos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes agroecossistemas, comparativamente com a floresta natural no Estado de Roraima. Os sistemas estudados foram: floresta natural (FN), pastagem em pousio (PP), cultivo mínimo (CM), área destocada (DA) e plantio convencional (PC). Foram coletadas amostras de solos deformadas e indeformadas, nas camadas de 0-10; 10-20 e 20-40 cm, as quais foram utilizadas para realização das seguintes determinações: granulometria, teor de matéria orgânica do solo, resistência do solo a penetração (RP), argila dispersa em água (AD), grau de flocculação (GF), densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), umidade gravimétrica ( $\theta_g$ ) e volumétrica ( $\theta_v$ ), curva de retenção e capacidade de água disponível (CAD). Houve diferença significativa na resistência a penetração em superfície na ordem: DA>PP>PC>CM>FN. Dentro de cada sistema, a capacidade de retenção de umidade foi maior em superfície, decrescendo em camada e os maiores valores foram observados para FN e os menores para PC. A densidade do solo mostrou tendência de aumento em camada, com ordem decrescente de valores de PC>DA>CM>PP>FN, sendo que os maiores valores para PC na camada entre 0-10 e 10-20 cm diferiram significativamente dos demais agroecossistemas. A capacidade de água disponível aumentou em camada, com diferenças significativas entre os sistemas, que seguiram a ordem FN>PP>CM>DA>PC. A qualidade físico-hídrica do solo obedeceu a seguinte sequência, de acordo com os sistemas adotados e intensificação de uso do solo: PP>FN>DA>CM>PC, em que os melhores atributos que expressaram foram RP, PT e CAD. Do ponto de vista estritamente físico-hídrico, nas condições estudadas, o sistema de pastagem em pousio foi o que mais se aproximou da condição natural sob floresta, enquanto o cultivo convencional apresentou os maiores impactos negativos na qualidade física do solo.

**Palavras-chaves:** solos, manejo e conservação, atributos físicos.

## PHYSICAL ATTRIBUTES OF WATER RED-YELLOW ARGISOL AGROECOSYSTEMS IS UNDER NATURAL FOREST IN THE RORAIMA

### 4.2 ABSTRACT

The removal of native forest and pasture installation and/or other agroecosystems cause changes in physical attributes of soil water that can influence the productivity and sustainability. The aim of this study was to evaluate changes in physical attributes of a water Red-Yellow Argisol under different land use systems compared to the native forest in Roraima state. The systems studied were: natural forest (FN), fenced pasture (PP), minimum tillage (CM), stump removal area (DA) and conventional tillage (CT). Samples were collected from disturbed and undisturbed soils at depths of 0-10cm, 10-20cm and 20-40cm, which were used to perform the following parameters: texture, organic matter content of soil, soil resistance to penetration (RP), water dispersible clay (AD), flocculation (GF), density, porosity (PT), gravimetric ( $\theta_g$ ) and volumetric moisture ( $\theta_v$ ), water retention and available water capacity (CAD). There were significant differences in resistance to penetration of surface in the order: DA>PP>PC>CM>FN. Within each system, the moisture holding capacity was higher at the surface, decreasing in depth and the highest values were observed for FN and the smaller PC. The bulk density tended to increase in depth, with decreasing values of PC>DA>CM>PP>FN, with higher values for PC in the depth of 0-10cm and 10-20cm, differed significantly from other systems of use. The available water capacity increased with depth, with significant differences between the systems, which followed the order FN>PP>CM>DA>PC. The physico-hydric soil obeyed the following sequence according to the adopted systems and intensification of land use: PP>FN>DA>CM>PC, where the best parameters that were expressed PR, PT and CAD. From a purely physical, hydraulic, under the conditions studied, the system Pasture Fence was what was closest to the condition under natural forest, while conventional tillage had the greatest negative impacts on soil physical quality while the conventional cultivation .

**Key words:** Soil, management and conservation, physical propertie.

### 4.3 INTRODUÇÃO

A preocupação com os impactos gerados ao ambiente e aos recursos naturais na Amazônia é cada vez mais crescente, isto ocorrendo em função da intensa conversão das áreas de floresta em áreas agrícolas, e, em especial, em áreas de pastagens (NEVES JUNIOR, 2005; VIEIRA et al., 2005; LIRA et al., 2006). Esta preocupação é maior para estados como Roraima, onde os índices de antropização já são muito expressivos e cujos níveis de desmatamento o inserem no circuito do desmatamento da Amazônia, apresentando uma das maiores taxas de perdas de floresta para a agricultura e formação de pastagens (VALE JÚNIOR, 2000; MELO 2002).

Dentro deste contexto, diversos autores têm desenvolvido estudos na Amazônia sobre os efeitos do desmatamento, do uso do fogo como prática de limpeza do terreno, e outros tipos de manejo visando à implantação de pastagem ou agricultura itinerante, o que acarreta a alteração dos atributos físicos do solo (SCHAEFER, 1994; 1997; VALE JÚNIOR, 2000; MELO, 2002; NEVES JÚNIOR, 2005; ARAÚJO, 2008; BARROS et al., 2009; FEITOSA, 2009).

A textura do solo é uma dos atributos mais estáveis sob uso, sendo modificada levemente pelo cultivo e outras práticas que ocasionam a mistura de diferentes camadas (ARSHAD et al., 1996). Apesar de não ser considerado um atributo físico, é uma propriedade que tem estreita relação com os atributos físico-hídricos (FELLER; BEARE, 1997). A introdução de sistemas agrícolas em substituição às florestas causa um desequilíbrio no ecossistema, modificando consideravelmente os atributos do solo como a densidade e a porosidade, dependendo da textura e teores de matéria orgânica do solo (HAJABBASI et al., 1997).

A densidade do solo, representada pela relação entre a massa de sólidos e o volume total que essa massa ocupa, se reflete na permeabilidade do solo. Valores baixos de densidade podem favorecer a retenção de água, crescimento de raízes, trocas gasosas e a atividade microbiana (ALVARENGA; SOUZA, 1997).

Segundo Goedert (1985), a densidade do solo normalmente se apresenta entre 1,0 a 1,25 g cm<sup>-3</sup> e 1,25 a 1,4 g cm<sup>-3</sup> para solos argilosos e arenosos, respectivamente, podendo, os últimos, chegarem a 1,6 g cm<sup>-3</sup> ou mesmo, até 1,8 g cm<sup>-3</sup>

Massing et al. (2004), ao avaliarem a densidade máxima e relativa de solos sob plantio direto, constatou que a densidade do solo no campo depende também da textura, mas é, em grande parte, influenciada pelo manejo adotado.

Feitosa (2007), ao estudar o sistema de plantio direto sob Argissolo Amarelo em Roraima, verificou que a densidade do solo foi maior nas camadas 30 – 60 cm, mostrando tendência de compactação nesta camada do solo, enquanto Barros et al. (2009) verificou aumento na densidade do solo nos primeiros 30 cm de um Argissolo Vermelho Amarelo no primeiro ano da conversão de savana natural em *Acacia Mangium* na região da Serra da Lua em Roraima, com valores para densidade do solo de 1,34 g cm<sup>-3</sup> no horizonte superficial, atingindo em camada valores de até 1,70 g cm<sup>-3</sup>. Outros trabalhos também realizados em Roraima mostraram mudanças na densidade quando o solo é submetido a diferentes usos (BRASIL, 1975; VALE JUNIOR, 2000; MELO, 2002; BENEDETTI, 2007).

A resistência do solo à penetração (RP) é uma dos atributos físicos que frequentemente impõem restrições ao crescimento das raízes das plantas. A RP varia positivamente com a densidade do solo (Ds) e negativamente com o conteúdo de água do solo (SMITH et al., 1997; COLLARES et al., 2006). O valor de RP 2 MPa tem sido frequentemente utilizado como crítico para o crescimento das plantas (LAPEN et al., 2004), ainda que 2,5 MPa tenha sido utilizado em solos sob pastagem (LEÃO et al., 2004) e 3,0 MPa em solos sob floresta (ZOU et al., 2000).

Barros et al. (2009), verificaram aumento acentuado de RP Argissolo Vermelho Amarelo sob savana natural e plantio de *Acacia mangium*, registrando valor em de 0,152 MPa e no horizonte Bt de 0,30 MPa cuja densidade do solo atingiu valor em torno de 1,7 g cm<sup>-3</sup>, enquanto Feitosa (2007) verificou o valor de 0,30 MPa em superfície e 0,34 MPa no horizonte subsuperficial (Bt) e com densidade do solo de 1,5 g cm<sup>-3</sup> em um Argissolo Amarelo sob savana natural, em contrapartida, houve um aumento de 0,34 e 0,44 MPa, respectivamente, e densidade de 1,6 g cm<sup>-3</sup> quando o solo foi convertido para plantio direto.

A melhor agregação do solo se reflete na densidade e porosidade do solo (KAY; ANGERS, 1999), bem como na retenção de água deste (SILVA et al., 2005).

Uma pequena parte da água armazenada no solo pode ser utilizada pelas plantas, esta corresponde a quantidade de água existente entre a capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) e o ponto de murcha permanente ( $\theta_{pmp}$ ), ou seja, corresponde a água utilizada entre o potencial mátrico de 0,01MPa ( $\theta_{cc}$ ) e 1,5 MPa ( $\theta_{pmp}$ ). (VIEHMEYER ; HENDRICKSON, 1927) .

A capacidade de retenção de água de um solo, por sua vez, depende do número e tamanho dos poros, os quais são influenciados pela textura, estrutura, matéria orgânica e mineralogia do solo (LOWERY et al., 1996; ROJAS; VAN LIN, 1999). Esta propriedade está relacionada ao transporte e armazenamento de água no solo, à erodibilidade do solo e ao teor de água disponível (DORAN; PARKIN, 1996).

Assim, considerando a carência de estudos a respeito das alterações nos atributos físico-hídricos dos solos sob vegetação natural e antropizado, em especial as áreas de pastagens, pois temos um processo acelerado de deflorestamento no Estado de Roraima, se dando este sem qualquer planejamento sustentável. O presente estudo objetivou avaliar as alterações dos atributos físico-hídricos em um Argissolo Vermelho Amarelo sob Floresta Natural e diferente agroecossistemas.

## 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.4.1 Localização das Áreas de Estudo

O estudo foi realizado em cinco áreas localizadas na Fazenda Umirizal com 5.340 ha, situada na região da Serra da Lua, município do Bonfim, cerca de 45 km da capital Boa Vista, RR, cujas coordenadas geográficas de referência são: 2° 33' 36'' e 2° 43' 12'' N; longitude 60° 19' 12'' e 60° 24' 00'' W (figura1).

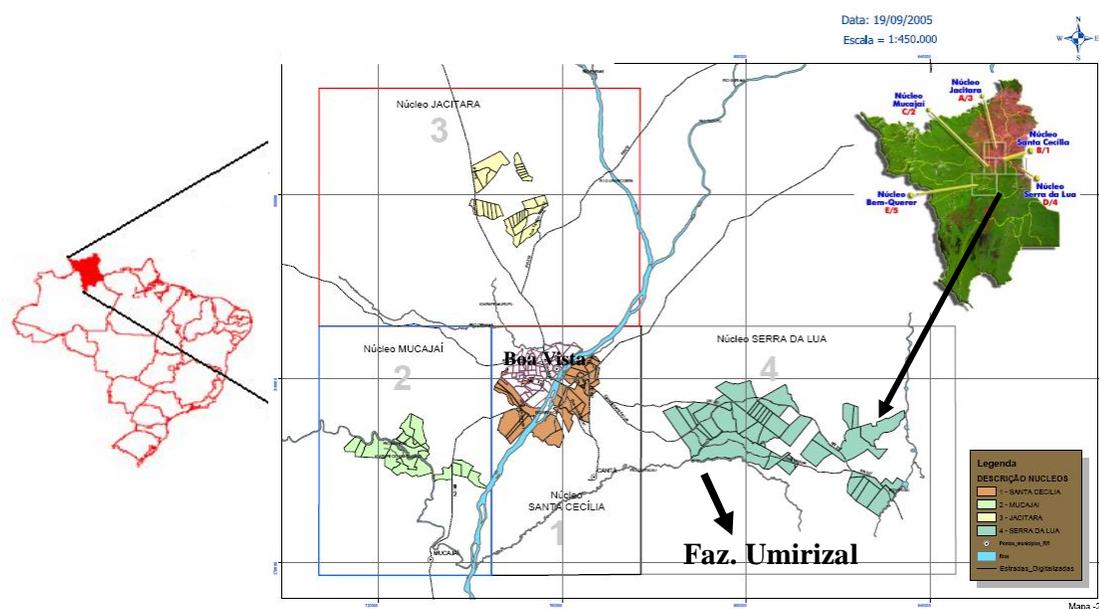


Figura 1- Localização da área do estudo. Mapa do Brasil, destacando o estado de Roraima e a área de estudo no mapa de Roraima, situada na região da Serra da Lua - Fazenda Umirizal

O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Awi, ou seja, tropical chuvoso com período seco definido. A precipitação média anual é de 1.600 mm, sendo os meses de abril a julho os mais chuvosos, a temperatura média anual é de 25° C (BARBOSA, 1997).

#### **4.4.2 Caracterização geológica, geomorfológica e pedológica da Região da Serra da Lua**

A Região da Serra da Lua está inserida no domínio de transição Savana/Floresta, cuja geologia caracteriza-se por um maciço de rochas do Complexo Guianense, representadas pelos gnaisses ortoderivados, em sua maioria fácies granulitos/anfibolitos alto, migmatitos, granitos, dioritos, gabros e ultramáfitos (BRASIL, 1975).

Nesta região foram mapeadas áreas com declividades entre 8 a 13%, com relevo regional suave ondulado a ondulado, cujas terras apresentam de pouca a moderada suscetibilidade à erosão quando utilizadas com lavouras por um período de 10 a 20 anos, conforme classificação de Ramalho Filho e Beek (1995).

Em geral, os solos da região são formados a partir de produtos da decomposição granitos e guinaises, tendo como principais classes: LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos (LVd), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distróficos plíntico (LVAd); ARGISSOLO VERMELHO – AMARELO Distróficos plintico (PAVd); PLINTOSSOLOS PÉTRICO CONCRECIONÁRIO Distróficos (FFcd), posicionados nos topos mais aplainados e encostas da paisagem, enquanto nas áreas abaciadas, e ao longo de igarapés foram mapeadas manchas de GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (GXb) e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico (RQg) (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR, 2005; BARROS, 2007).

#### **4.4.3 Caracterização Pedológica da Área de estudo**

As áreas de estudo estão constituídas por ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, conforme SiBCS (EMBRAPA, 2006). São solos profundos, bem drenados, cujo horizonte diagnóstico é o B textural, não hidromórfico, com ausência de cerosidade.

Elas estão posicionadas em relevos suavemente ondulados, com declividade média variando de 8 a 13%. Apresentam a sequência de horizontes A e Bt, com acentuada diferenciação textural entre os horizontes A e Bt, com teor médio de argila no horizonte A de 13,1% e no horizonte Bt de 25,3%, caracterizando mudança abrupta. São baixos os valores da relação silte/argila, mostrando um elevado grau de intemperização destes solos. A transição entre os horizontes é abrupta e plana (foto anexo) (BRASIL, 1975; BARROS et al., 2009).

A coloração para o horizonte A varia de brunada a bruno amarelada com matiz 10YR, 7.5YR e para o horizonte Bt é amarelo avermelhada, com matizes de 7.5YR.

Quimicamente, corresponde a solos de baixa fertilidade natural, sendo fortemente ácido segundo a Embrapa (2006), eles apresentam baixos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ , baixos teores de soma de bases e CTC, com elevada saturação por alumínio (; EMBRAPA, 1983; BARROS et al., 2009).

#### 4.4.4 Descrição dos sistemas estudados

Para a realização do estudo foram selecionadas quatro áreas com diferentes agroecossistemas e uma área com a cobertura natural preservada como testemunha, sendo a seguir descritas:

**a) Floresta Natural (FN)** – compreende uma cobertura de transição da região de floresta e savana em Roraima, cuja tipologia é Floresta estacional semidecidual, assentada sobre Argissolo Vermelho Amarelo, mantida em condições sem antropização até o dia 10/12/2009 (fotos em anexo).

**b) Sistema de pastagem em pousio (PP)** – Pastagem em pousio sobre Argissolo Vermelho Amarelo, com a seguinte seqüência de manejo: *Brachiaria decumbens*/*Brachiaria brizantha*/ pastagem em pousio.

A área foi aberta em 1980, com 28 anos de antropização, tendo o uso do fogo como forma de manejo para renovação do pasto de *Brachiaria decumbens*, e o uso de máquina para destoca após 16 anos da sua abertura. Em 2007, foi feito gradagem, adubação com N-P-K e semeio com *Brachiaria brizantha*, permanecendo em pousio até o dia 10/12/2009 (fotos em anexo).

**c) Área desmatada e abandonada (DA):** A área foi aberta em 1998, com 10 anos de antropização. Em 2004, foi realizada uma roçada manual permanecendo em pousio até 2008, quando foi realizada a destoca com uso do trator de esteiras para amontoamento das madeiras e retirada de troncos remanescentes (fotos em anexo).

**d) Sistema de cultivo mínimo (CM)** – A área aberta em 1980 apresenta 28 anos de

antropização, sendo utilizado periodicamente o fogo para renovação do pasto de *Brachiária decumbens*, no intervalo de uso efetuou-se a limpeza dos tocos remanescentes com trator de esteira. Em 2003 houve a limpeza da área com roçadeira mecânica e trator com lâminas. Já em 2004, foi realizado o preparo do solo com grade aradora e niveladora para o semeio de arroz, com o uso de formulação N-P-K. Na adubação de cobertura do arroz com uréia foi semeada a *Brachiaria brizantha* para renovação da pastagem. Em 2008, a área foi cultivada com milho em cultivo mínimo, sendo empregado N-P-K para adubação da área (fotos em anexo).

**e) Sistema de plantio convencional (PC)** – A área foi aberta em 1980, sendo a 28 anos antropizada e com o uso do fogo periodicamente para renovação do pasto de *Brachiária decumbens*. No intervalo de uso efetuou-se a limpeza dos tocos remanescentes com trator de esteira.

Em 2007, foi realizado o preparo do solo com grade aradora, sendo esta operação repetida em 2008. Neste mesmo ano, o milho foi semeado em plantio convencional, sendo empregado N-P-K para adubação da área (figura 12 e 13).

Os agroecossistemas foram explorados com a pecuária em todo período, com exceção do período em que estavam sendo exploradas com agricultura ou em processo de renovação de pasto. E, a partir de 1990, não foi mais empregado o uso do fogo, exceto a área DA.

## 4.5 TRABALHOS DE CAMPO

### 4.5.1 Coleta e Descrição dos Solos

As amostras para análises dos atributos físico-hídricos foram obtidas em uma área de 1 ha (100 m x 100 m). Em cada área foi marcado um transecto de 100 m, onde foram abertas cinco mini-trincheiras com camadas de 40 cm, e distribuídos a cada 20 m, totalizando-se cinco pontos de amostragem (repetições), por sistema de manejo (fotos em anexo).

Em cada mini-trincheira foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, nas camadas de 0 – 10; 10 – 20; 20 – 40 cm: (5 áreas x 3 camada x 5 repetições), perfazendo um total de 75 unidades experimentais.

As descrições morfológicas, tais como camada, espessura dos horiozntes, pedregosidade e rochosidade, raízes e atividades da fauna foram realizadas segundo o manual de descrição e coleta de solos no campo (SANTOS et al., 2005). A cor do solo foi determinada em amostras de solo seco e úmido em campo, no momento da coleta, utilizando-se a caderneta de Munsell (2000), e a classificação foi conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

#### **4.5.2 Resistência Mecânica do Solo à Penetração**

Na avaliação direta do estado de compactação, foi medida a resistência mecânica do solo à penetração com um penetrômetro de pressão (**Solotest**). As leituras foram realizadas em quatro pontos ao redor das mini-trincheiras, sendo em cada ponto feitas quatro leituras nas camadas de 0 – 10; 10 – 20 e de 20 a 40 cm, totalizando 20 repetições em cada sistema de uso. Nesse momento, amostras de solos foram coletadas para determinação da umidade pelo método gravimétrico (Ug).

Os valores, em  $\text{kgf cm}^{-2}$ , foram multiplicados por 0,098 para transformação em MPa. Na tabela 1, são apresentadas as classes de resistência à penetração adaptadas de Soil Survey Staff (1993) citado por Arshad et al. (1996).

**Tabela 1** - Classes de resistência à penetração.

<b>Classe</b>	<b>Resistência à penetração (MPa)</b>
Extremamente baixa	<0,01
Muito baixa	0,01-0,1
Baixa	0,1-1,0
Moderada	1,0-2,0
Alta	2,0-4,0
Muito alta	4,0-8,0
Extremamente alta	>8,0

## 4.6 TRABALHO DE LABORATÓRIO

### 4.6.1 Análise Química

O carbono orgânico total foi determinado pelo método de extração de Walkley-Black (com calor externo) descrito por Allison (1965), com aumento de 25% da concentração de dicromato (para maior abrangência de amostras com diferentes teores de carbono), este foi extraído com dicromato de potássio, e quantificado por titulação com  $\text{FeSO}_4$   $0,25 \text{ mol}_c \text{ L}^{-1}$ . Os valores obtidos foram multiplicados pelo fator 1, 724 para obter a matéria orgânica do solo (MOS).

### 4.6.2 Análises Físicas

#### Composição Granulométrica

Uma vez no laboratório, as amostras dos solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malha de 2 mm, obtendo-se a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Em seguida, foram submetidas à análise granulométrica. As amostras foram submetidas à dispersão de 10 g em 50 ml de  $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol}^{-1}$ , por 12 horas, e agitação em alta rotação, por 15 minutos. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamisação em peneiras com malhas de 0,2 mm e 0,053 mm de abertura, respectivamente.

A composição granulométrica foi determinada após dispersão da TFSA com NaOH  $1 \text{ mol}^{-1}$  e agitação. A fração areia foi obtida por peneiramento úmido, a argila pelo método de Bouyoucus e o silte por diferença (EMBRAPA, 1997).

### **Argila Dispersa em água (AD) e Grau de Floculação (GF)**

Uma vez no laboratório, as amostras dos solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malha de 2 mm, obtendo a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e determinada a AD e GF, segundo Embrapa (1997).

Para essas determinações foram pesados 20 g de solo e transferidos para copo plástico de 250 ml, onde foram adicionados 110 ml de água, em seguida, agitou-se com bastão de vidro, e logo depois foi deixada em repouso durante uma noite. O conteúdo foi transferido para o copo metálico do agitador elétrico com o auxílio de um jato de água, ficando o volume em torno de 300 ml, posteriormente procedeu-se a agitação durante 15 minutos. Após a agitação o conteúdo foi passado em peneiras com malhas de 0,053 mm de abertura, coletando-se o material líquido em uma proveta de 1000 ml. O material sólido retido na peneira foi lavado, de modo que ficou apenas a areia, sendo completado o volume até aferimento (fotos em anexo).

Em seguida, foi agitada a suspensão por 20 segundo com bastão, tendo na sua extremidade uma tampa de borracha contendo vários furos, sendo verificado o tempo de sedimentação da fração argila, passando o tempo, uma pipeta de 50 ml foi introduzida até a camada de 5 cm, transferindo para um bécker de 30 ml, numerado e de peso conhecido, pesado com aproximação de 0,001 g. O bécker foi colocado na estufa e deixado durante uma noite até evaporar completamente a suspensão com a porção proveniente da pipeta. A massa da argila foi obtida por diferença.

Para determinação do grau de floculação, estabelecida pela relação entre a argila natural dispersa em água e a argila total, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{GF} = (\mathbf{a-b/a}) \times \mathbf{100}, \quad (1)$$

Sendo: a= argila total e b= argila dispersa em água

### Densidade do solo ( $\rho_s$ )

Foi determinada pelo método do anel volumétrico, método Koppec (EMBRAPA, 1997) cujo volume é de  $50 \text{ cm}^3$ , usando-se a equação:

$$\rho_s = mss/vt \text{ (g cm}^{-3}\text{)} \quad (2)$$

$\rho_s$ =densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ); mss=massa do solo seco a  $105^\circ\text{C}$  (g); vt = volume total ( $\text{cm}^3$ )

### Densidade de Partículas ( $\rho_p$ )

Para determinação de densidade de partícula foi pesado 20 g de solo, sendo colocado em uma lata de alumínio de peso conhecido, posteriormente levado á estufa e deixado por 12 horas, dessecado e pesado, a fim de se obter o peso da amostra seca a  $105^\circ \text{C}$ . O material foi transferido para balão aferido de 50 ml, sendo adicionado álcool etílico, em seguida, foi agitado bem o balão para eliminar as bolhas de ar que se formaram, até a ausência de bolhas e completo o volume do balão, após foi anotado o volume gasto, cujo valor é conhecido pela da equação (EMBRAPA,1997):

$$\rho_p = a/ 50-b \text{ (g cm}^{-3}\text{)} \quad (3)$$

Sendo:  $\rho_p$  = Densidade de partículas; a = peso da amostra seca a  $105^\circ\text{C}$ ; b = volume de álcool gasto

### Porosidade Total ( $\alpha$ )

A partir dos valores de densidade do solo e da densidade de partícula, determinados pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997), a porosidade total foi obtida pela seguinte equação:

$$\text{Porosidade total } (\alpha) \text{ (cm cm}^{-3}\text{)} = (\rho_p - \rho_s) / \rho_p \text{ ou } \alpha = [1 - (\rho_s / \rho_p)] \quad (4)$$

Sendo:  $\rho_p$  = densidade de partículas ( $\text{g cm}^{-3}$ ) e  $\rho_s$  = densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

#### 4.6.3 Determinações Hídricas

##### Umidade gravimétrica do solo ( $\theta_g$ )

A determinação da umidade do solo foi realizada segundo o padrão de estufa (Gravimétrico), conforme equação:

$$\theta_g = M_1 - M_2 / M_2 - M_3 \text{ ou } \theta_g = \text{massa de água/massa de solo seco} \quad (5)$$

Sendo:  $\theta_g$  = umidade em peso ( $\text{kg kg}^{-1}$ );  $M_1$  = peso da amostra úmida + recipiente;  $M_2$  = Peso da amostra seca + recipiente;  $M_3$  = peso do recipiente.

##### Conteúdo de água em volume ( $\theta_v$ )

A determinação do conteúdo de água em volume foi realizada conforme equação:  $\theta_g \times \rho_s$  ( $\text{cm}^{-3} \text{ cm}^{-3}$ ). (6)

### Curva de retenção de umidade

Nas amostras indeformadas de solo foi determinada a curva de retenção de umidade pelo método da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997).

Para determinar a curva de retenção de água (CRA) ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) foi adotado o procedimento descrito por Silva et al. (1994). As amostras foram divididas em 8 grupos de 6 amostras, sendo três amostras por sistema de uso do solo em cada potencial utilizado. Foram utilizados os seguintes potenciais: 10, 30, 100 e 1500 kPa. Sendo adotado 10 kPa para determinação na Capacidade de Campo ( $\theta_{cc}$ ) e 1500 kPa para o ponto de murcha ( $\theta_{mp}$ ).

Após a obtenção das curvas de retenção de água do solo, estas foram ajustadas utilizando-se o modelo matemático proposto por van Genuchten (1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha |\Psi_{mat}|)^n\right]^m} \quad (7)$$

Sendo:  $\theta$  – umidade do solo ( $\text{cm cm}^{-3}$ );  $\theta_r$  – umidade volumétrica residual ( $\text{cm cm}^{-3}$ );  $\theta_s$  – umidade volumétrica saturada ( $\text{cm cm}^{-3}$ );  $\Psi_{mat}$  – potencial matricial (kPa);  $\alpha$ ,  $m$ ,  $n$  – atributos empíricos da equação

### Água disponível no Solo (CAD)

A água disponível foi determinada conforme a seguinte equação:

$$\text{CAD (\%)} = (\theta_{cc} - \theta_{mp}) \times 100 \quad (8)$$

Em que: AD = Água disponível (%);  $\theta_{cc}$  = valor da umidade na capacidade de campo a uma tensão de 10 Kpa;  $\theta_{mp}$  = valor da umidade no ponto de murcha permanente a uma tensão de 1500 Kpa.

#### 4.7 Análises Estatísticas dos Dados

O deliamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco repetições. Os tratamentos consistiram em cinco áreas, sendo cada camada do solo analisada individualmente. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Os atributos físico-hídricos foram correlacionados entre si em cada uma das camadas de avaliação, buscando-se estabelecer padrões de resposta dos atributos nas camadas 0- 10; 10 – 20 e de 20 a 40 cm. (todas as análises, a exceção da modelização das curvas de retenção hídrica).

A influência da forma de uso da terra sobre os atributos físico-hídricos foi verificada por meio do modelo linear geral (GLM) e testada por meio do teste F. Dada a significância do efeito, os valores médios foram comparadas segundo o teste de Tukey. Tanto no caso do teste F, quanto do teste de comparação entre médias, o nível de significância adotado foi de 5%.

A estrutura de correlação entre os atributos físico-hídricos foi avaliada por meio do uso da correlação de Pearson, sendo utilizada como medida de afinidade uma análise de agrupamento multivariado. Após a definição da matriz de afinidade entre as variáveis, foi utilizada uma análise não métrica multidimensional (*Non-Metric Multidimensional Scalling*, NMDS), buscando estabelecer a topologia da afinidade entre os atributos. As conexões se deram tomando como base a significância da correlação e orientação destas, as quais serviram de base para a representação desta topologia.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização Morfológica

O solo apresentou independentemente da forma de uso, uma sequência de horizontes dos tipos A e Bt, cuja coloração seca em superfície variou de bruno acinzentado a cinzento, e quando úmido variou de bruno a bruno acinzentado escuro, com matizes variando de 10YR a 7.5YR. Enquanto nas camadas entre 10 a 40 cm as cores foram predominantemente brunadas no matiz 7.5YR (tabela 2).

A predominância de cores brunadas mostra que a matéria orgânica concentra-se nos primeiros centímetros do solo, em especial, até 20 cm da superfície, coincidindo com o horizonte A, onde a pouca expressão da matéria orgânica, concentrada nos primeiros centímetros do horizonte superficial é marcante em ecossistemas Amazônicos (CERRI, 1991; TOGNON et al., 1998 ; ARAÚJO et al., 2004), associada a elevada taxa de mineralização da matéria orgânica à superfície nesses ambientes (KOUTIKA et al., 1997; VALE JÚNIOR, 2000; SOUSA, 2004; NICODEM, 2009).

A coloração acinzentada em superfície indica ligeira estagnação de água nos primeiros centímetros do perfil do solo, em especial, no período chuvoso, criando temporariamente um “lençol freático suspenso”, promovido pela presença do horizonte Bt, onde a velocidade de infiltração de água é bastante reduzida. Coloração semelhante foi descrita em estudos realizados na região (BRASIL, 1975; EMBRAPA, 1983; VALE JÚNIOR, 2000; BARROS, et al., 2009; FEITOSA, 2009).

Os solos representativos da área em estudo constituíram-se de materiais leve na superfície, cujas classes texturais estão de acordo com o triângulo americano modificado (SANTOS et al.; 2005), variando de areia franca a franco arenosa em superfície, mas com teor de argila crescente ao longo do perfil, chegando a classe franco-argilo-arenosa, resultados também descritos por vários autores (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR, 2000; BARROS et al., 2009; FEITOSA, 2009).

**Tabelas 2** – Principais propriedade morfológicas do Argissolo Vermelho Amarelo sob os Agroecossistemas estudados, conforme SiBCS (EMBRAPA, 2006).

Camadas	Cor		Classe textural	Estrutura
	Seca	úmida		
<b>FN</b>				
<b>00 – 10 cm</b>	10YR 5/2	10YR 4/2	Areia franca a Franco arenosa	Moderada pequena e média granular e grãos simples
<b>10 – 20 cm</b>	10YR 6/3	10YR 4/3	Franco- argilo-arenosa	Fraca pequena e média blocos subangulares
<b>20 – 40 cm</b>	10YR 6/4	7.5YR 5/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca a moderada pequena e média blocos subangulares
<b>DA</b>				
<b>00 – 10 cm</b>	7.5YR 5/1	7.5YR 4/1	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular
<b>10 – 20 cm</b>	7.5YR 6/2	7.5YR 5/4	Franco-argilo-arenosa	fraca a moderada pequena granular e blocos subangulares
<b>20 – 40 cm</b>	7.5YR 6/3	7.5YR 5/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca a moderada muito pequena e pequena blocos subangulares
<b>CM</b>				
<b>00 – 10 cm</b>	10YR 5/2	7.5YR 4/2	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular
<b>10 – 20 cm</b>	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Franco-argilo-arenosa	fraca pequena granular e blocos subangulares
<b>20 – 40 cm</b>	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca a moderada muito pequena e pequena blocos subangulares
<b>PP</b>				
<b>00 – 10 cm</b>	7.5YR 5/1	7.5YR 3/2	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular
<b>10 – 20 cm</b>	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Areia franca a Franco arenoso	fraca a moderada pequena granular e blocos subangulares
<b>20 – 40 cm</b>	7.5YR 6/4	7.5YR 4/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca a moderada muito pequena e pequena blocos subangulares
<b>PC</b>				
<b>00 – 10 cm</b>	10YR 5/1	7.5YR 3/2	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular
<b>10 – 20 cm</b>	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular e blocos subangulares
<b>20 – 40 cm</b>	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca muito pequena e pequena blocos subangulares

Sendo: FN- Floresta natural; DA- área destocada; PP- pastagem em pousio; PC- plantio convencional; CM – cultiva mínimo.

Na descrição de campo foram verificadas abundantes raízes finas e médias em superfície no sistema PP e intensa atividade de minhocas. Este sistema foi seguido pela FN e por último o PC, onde foram observadas poucas raízes finas e médias e ausência de minhocas. Em todos os sistemas estudados a estrutura mantém-se granular na camada de 0 – 10 cm, mesmo com grau fraco e textura arenosa, influenciada pelos maiores valores de matéria

orgânica e abundantes raízes finas e médias. Enquanto de 20-40 cm torna-se fraca a moderada muito pequena a pequena em blocos subangulares.

### Granulometria do solo

Os resultados da análise granulométrica, apresentados na tabela 3 e figura 2, demonstram um aumento de argila em camada, independente dos tipos de uso. Na camada de 0-10 cm, foram registrados valores entre 13,8 % a 16,2 % para FN e CM, respectivamente, não diferindo significativamente entre os tratamentos, se destacando a FN com valor de 25,2%, na camada de 20-40 cm, portanto, segundo o SiBCS–(EMBRAPA, 2006), trata-se de solos de textura média. Esses valores indicam um processo de podzolização, responsável pela gênese do horizonte Bt que é diagnóstico da classe dos Argissolos.

A Floresta Natural (FN) apresentou maior gradiente textural, verificando-se uma tendência de solos com maiores teores de areia, contrariando valores obtidos por Martins et al. (2006), estudando mata e campo nativo na região de Humaitá (AM).

**Tabela 3** - Valores médios e desvio padrão de argila e silte em função dos agroecossistemas, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Uso da Terra	Argila (g kg <sup>-1</sup> )			Silte (g kg <sup>-1</sup> )		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
FN	138±21,7 a	210±29,2 a	25,2±19,2 a	82±8,4 a	66±37,8	94±11,4 a
DA	152±13,0 a	206±32,1 a	250±25,5 a	38±17,9 b	50±10,0	50±15,8 c
PP	160±33,9 a	174±35,8 a	218±21,7 a	66±11,4 a	58±25,9	62±17,9 bc
PC	150±39,4 a	192±39,6 a	240±22,4 a	76±19,5 a	92±14,8	86±5,50 ab
CM	162±32,7 a	216±21,9 a	236±15,2 a	60±10,0 ab	60±7,10	64±19,5 bc
Global	152±28,0	199±33,0	239±22,0	64±20,2	65±25,0	71±21,5
ANOVA						
g.l.	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)
QM <sub>(Efeito)</sub>	4,54	14,14	9,26	14,54	12,86	16,56
QM <sub>(Erro)</sub>	8,82	10,42	4,44	2,00	4,94	2,22
F	0,51	1,36	2,09	7,27	2,60	7,46
	ns	ns	ns	P<0,01	ns	P<0,01

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. Valores precedidos da mesma letra na coluna não diferem significativamente, no nível de 5%.

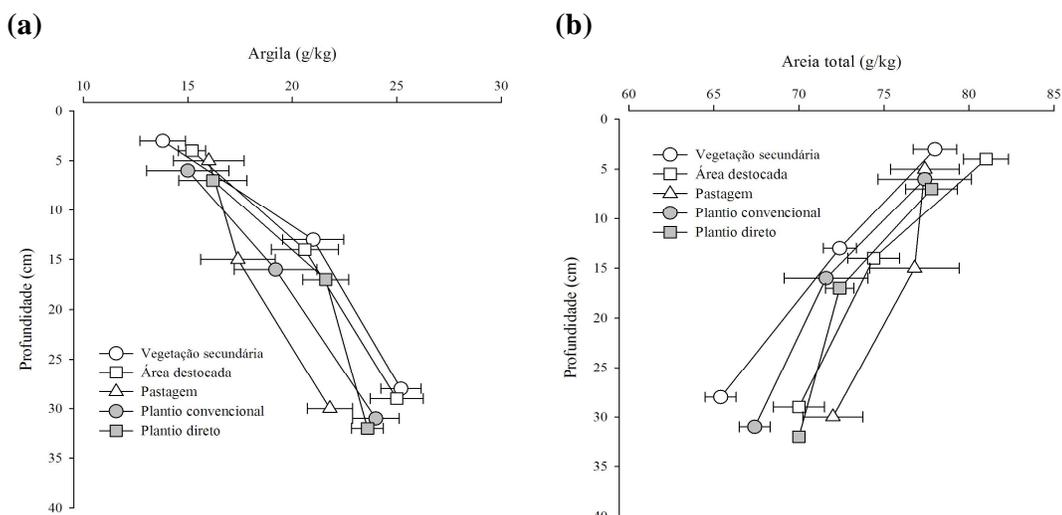


Figura 2 – Distribuição de argila e areia em camada de acordo com as agroecossistemas

Os baixos valores de silte apresentados em todos os tratamentos e, conseqüentemente, a baixa relação silte/argila (tabela 4 e figura 3), com valores inferiores a 0,60, indicam o avançado estágio de intemperismo destes solos. Resultados semelhantes também foram descritos por diversos autores (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR, 2000; MELO 2002; BENEDETTI, 2007).

**Tabela 4** - Valores médios e desvio padrão de Areia total e Silte: Argila, em função dos agroecossistemas, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Uso da Terra	Areia total ( $\text{g kg}^{-1}$ )			Silte/ Argila		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
FN	780±25,5 a	724±19,5 a	654±18,2 c	0,6±0,10 a	0,34±0,21 ab	0,38±0,06 a
DA	810±26,5 a	744±30,5 a	700±30,0 ab	0,5±0,22 a	0,31±0,06 ab	0,1±0,12,0 ab
PP	774±40,4 a	768±52,6 a	720±35,4 a	0,42±0,03 a	0,23±0,02 b	0,25±0,02 b
PC	774±55,0 a	716±49,3 a	674±18,2 bc	0,52±0,10 a	0,49±0,09 a	0,36±0,05 ab
CM	778±30,3 a	724±16,7 a	700±7,10 ab	0,42±0,00 a	0,23±0,00 b	0,25±0,00 b
Global	783±36,0	735±38,0	689±32,0	0,49±0,13	0,32±0,14	0,31±0,08
ANOVA						
g.l.	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)
QM <sub>(Efeito)</sub>	11,56	22,16	33,14	0,03	0,06	0,02
QM <sub>(Erro)</sub>	13,86	13,58	5,72	0,01	0,01	0,00
F	0,83	1,63	5,79	2,21	4,84	4,22
	ns	ns	P<0,01	ns	P<0,01	P<0,01

Sendo: FN – floresta natural; DA – área desmatada e destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. Valores precedidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente, no nível de 5%

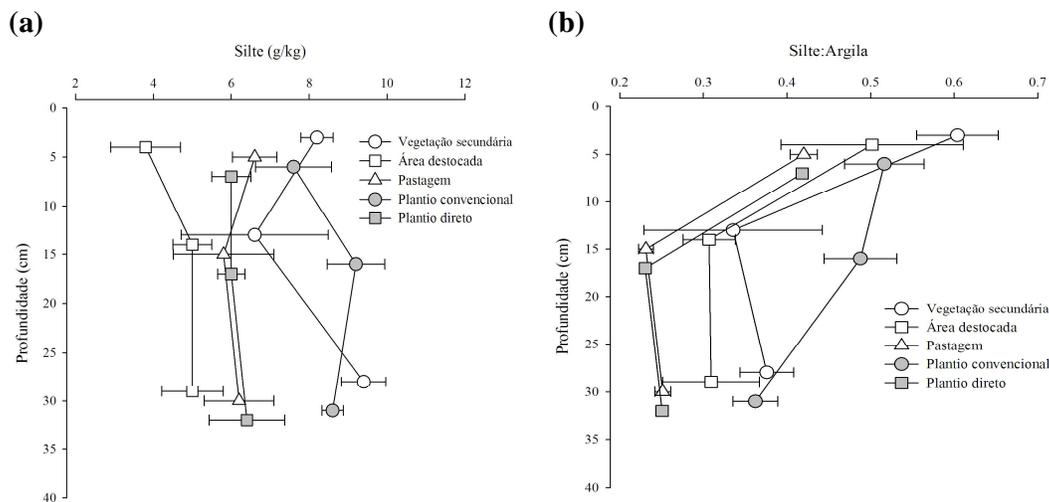


Figura 3 - Distribuição de silte e relação silte/argila em camada de acordo com os agroecossistemas

De modo geral, todos os sistemas estudados apresentaram elevado grau de floculação, principalmente em superfície com 93,4% para FN e 88,6% para PC (tabela 5), embora não diferindo significativamente entre os agroecossistemas, evidenciando, em especial, o efeito dos maiores teores de matéria orgânica do solo (MOS), destacando-se como principal agente floculante, conforme descrito por Amaro et al. (2008), somado com o efeito da mineralogia de argila (argila 1:1) (BRASIL, 1975; EMBRAPA, 1983; BENEDETTI, 2007;) e ausência do efeito dispersivo de sódio e magnésio, conforme descrito por Corrêa et al., (2003). Contudo, a relação da textura com outros atributo físicos estudados é marcante, tais como o elevado grau de floculação que contribui positivamente na formação de agregados.

Quanto à participação da matéria orgânica do solo no grau de floculação, é evidenciado por apresentar diferenças significativas entre os agroecossistemas, sendo somente possível nas camadas superficiais, o que verificou-se que, de modo geral, os valores oscilaram entre I.C. (95%): 1.48-2.74 dag kg<sup>-1</sup> (tabela 6 e figura 4). Sendo que as maiores concentrações de matéria orgânica superficial foram observadas na área destocada com 2,74 dag kg<sup>-1</sup>, seguida da área de pastagem com 2,13 dag kg<sup>-1</sup>; não havendo diferença significativa entre elas, nas demais camadas não houve diferenças entre os diferentes agroecossistemas.

Tabela 5 - Valores médios e desvio padrão de GF (grau de floculação) e AD (argila dispersar), em função dos agroecossistemas, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Uso da terra	GF (%)			AD (%)		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
FN	93,44±5,1 a	77,24±9,6 a	77,3±10,7 a	0,83±0,56 a	4,66±1,75 a	5,6±2,48 a
DA	88,28±4,9 a	79,03±8,9 a	76,44±6,3 a	1,78±0,75 a	4,5±2,46 a	5,84±1,52 a
PP	90,03±4,5 a	75,6±14,2 a	79,36±15 a	1,5±0,49 a	3,9±1,27 a	4,32±2,88 a
PC	88,65±3,7 a	81,91±5 a	82,68±3,2 a	1,65±0,58 a	3,34±0,56 a	4,11±0,45 a
CM	88,96±7,6 a	83,76±7,0 a	82,85±3,1 a	1,69±1,01 a	3,46±1,45 a	4,01±0,53 a
Global	89,87±5,2	79,51±9,2	79,74±8,6	1,49±0,73	3,97±1,58	4,78±1,87
<b>ANOVA</b>						
g.l.	(4;20)	(4;20)	(4;20)	g.l.	(4;20)	(4;20)
QM <sub>(Efeito)</sub>	22,04	55,69	43,71	QM <sub>(Efeito)</sub>	60,34	101,56
QM <sub>(Erro)</sub>	28,56	90,11	80,89	QM <sub>(Erro)</sub>	9,58	6,00
F	0,77	0,62	0,54	F	6,30	16,93
	ns	ns	ns		ns	ns

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. Valores precedidos de mesma letra coluna não diferem significativamente, no nível de 5%

Tabela 6 - Valores médios e desvio padrão de MOS, em função dos agroecossistemas da terra, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Uso da terra	MOS (dag.Kg <sup>-1</sup> )		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
FN	1,85±0,24 b	0,99±0,22 a	0,57±0,12 a
DA	2,74±0,8 a	1,14±0,8 a	0,68±0,28 a
PP	2,13±0,36 ab	1,02±0,68 a	0,78±0,23 a
PC	1,49±0,4 b	0,81±0,17 a	0,57±0,07 a
CM	1,48±0,15 b	0,74±0,17 a	0,53±0,06 a
Global	1,94±0,63	0,95±0,48	0,61±0,18
<b>ANOVA</b>			
g.l.	(4;20)	(4;20)	(4;20)
QM <sub>(Efeito)</sub>	1,37	0,17	0,04
QM <sub>(Erro)</sub>	0,20	0,24	0,03
F	6,85	0,71	1,46
	p<0.01	n.s.	n.s.

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. Valores precedidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente, no nível de 5%

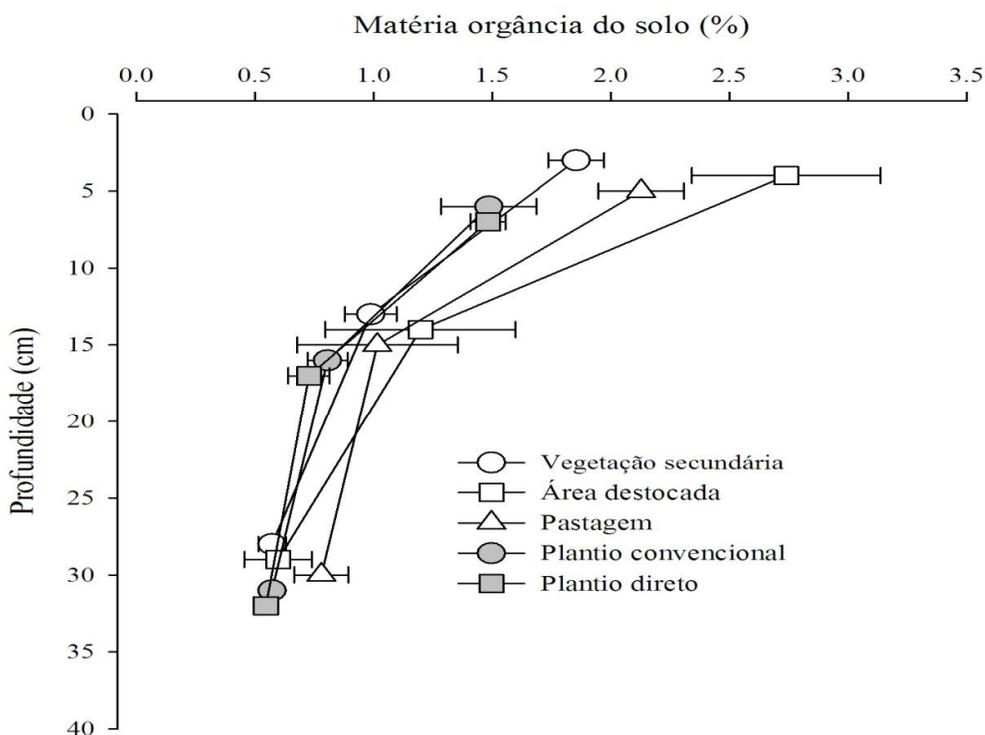


Figura 4 - Valores médios e erro padrão de MOS, em função dos agroecossistemas nas camadas avaliada

A equivalência entre os agroecossistemas, com relação à matéria orgânica do solo, representou intervalos de I.C. (95%): 0,73 – 1,2 dag kg<sup>-1</sup> na camada de 10-20 cm e de I.C. (95%): 0,55 – 0,6 dag kg<sup>-1</sup> no intervalo de 20-40 cm.

### 5.1 Resistência à penetração (RP)

A resistência do solo à penetração variou de 0,4 MPa em FN na camada de 0-10 cm e 2,75 MPa em PP na camada 20-40 (tabela 7 e figura 5). Os agroecossistemas apresentaram diferenças significativas somente na camada de 0-10 cm entre as áreas estudadas. Nesta camada, os valores oscilaram entre I.C. (95%): 0.41-2.22 MPa, sendo que a resistência foi assinalada na seguinte ordem DA > PP ≥ PC ≥ CM ≥ FN. Os maiores valores podem estar

associados ao efeito do uso das máquinas pesadas para destoca, preparo do solo e pisoteio de animais.

Observa-se em todos os sistemas e na FN aumento da RP em camada de 20-40 cm, com valores variando entre 2,39 MPa a 2,63 MPa para FN e PC, respectivamente. Esse aumento em camada segue uma tendência do aumento de argila, o que é consequência do seu estado de agregação (MULLINS, 1997; AMARAL; BROWN 2001).

**Tabela 7** - Valores médios e desvio padrão de RP (MPa), em função dos agroecossistemas, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Uso da terra	RP (MPa)					
	0-10 cm		10-20 cm		20-40 cm	
FN	0,41±0,07	d	1,61±0,33	a	2,39±0,37	a
DA	2,22±0,3	a	2,3±0,61	a	2,39±0,4	a
PP	1,48±0,11	b	2,26±0,52	a	2,75±0,23	a
PC	1,3±0,20	bc	2,31±0,56	a	2,63±0,48	a
CM	0,92±0,09	cd	2,32±0,54	a	2,62±0,1	a
Global	1,27±0,63		2,16±0,55		2,56±0,35	
ANOVA						
g.l.	(4;20)		(4;20)		(4;20)	
QM <sub>(Efeito)</sub>	18,66		0,08		5,67	
QM <sub>(Erro)</sub>	0,79		5,68		7,54	
F	23,49		0,01		0,75	
	p<0,01		n.s.		n.s	

Sendo: FN – Floreta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. Valores precedidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente, no nível de 5%

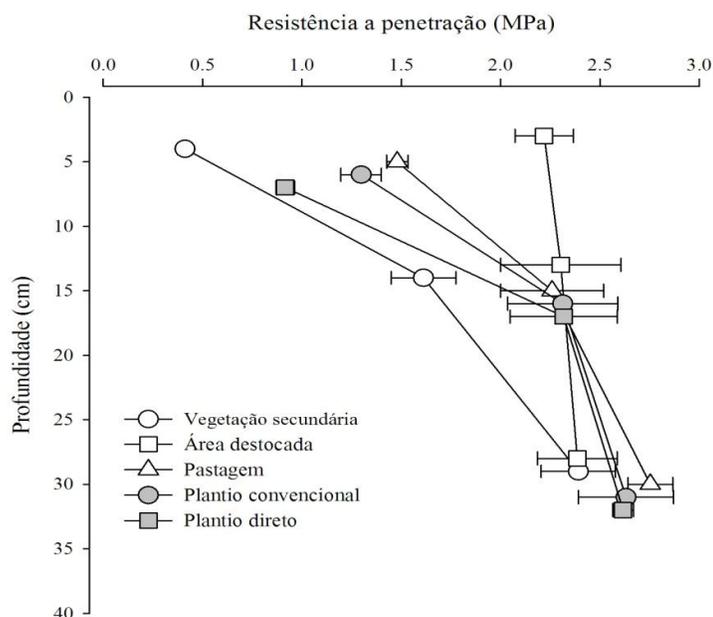


Figura 5 - Valores médios e erro padrão de RP, em função dos agroecossistemas nas camadas avaliadas

De acordo com Arshad et al. (1996), os valores encontrados estão na classe de resistência a penetração moderada (1,0 – 2,0 MPa) a alta (2,0 – 4,0 MPa) em camada, sendo considerados críticos para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, cujo valor de  $RP = 2$  MPa tem sido frequentemente utilizado como crítico para o crescimento das plantas (LAPEN et al., 2004), ainda que 2,5 MPa tenha sido utilizado em solos sob pastagem (LEÃO et al., 2004) e 3,0 MPa em solos sob florestas (ZOU et al., 2000). O valor de 3,5 MPa foi utilizado por Tormena et al. (2007) em solo cultivado em longo prazo sob plantio direto, justificado pela presença de bioporos contínuos e efetivos no solo sob plantio direto.

Esses valores estão abaixo dos encontrados por Barros et al. (2009), estudando perdas de solos (Argissolo Vermelho Amarelo) por erosão em Roraima, cujo valor em superfície foi de 4,7 MPa e, em camada, 9,3 MPa. Feitosa (2009), estudando as propriedades físicas e químicas em Argissolo Vermelho Amarelo sob floresta de Roraima, também mediu valores 9,3 MPa em superfície e 10,5 MPa em subsuperfície.

Os resultados de RP em camada mostram possível estado de coesão desses solos, identificados por diversos estudos na região (SCHAEFER, 1994; 1997; VALE JÚNIOR, 2000; BENEDETTI, 2007), as característica que desenvolvem uma resistência do solo muito alta, suficiente para restringir o crescimento de raízes (VEPRASKAS, 1984).

Em campo, quando na descrição e coleta das mini-trincheiras, verificou-se maior concentração do sistema radicular das plantas em superfície, em especial na FN, onde as raízes se concentram nos primeiros 20 cm.

Vale ressaltar que a RP varia positivamente com a densidade do solo ( $\rho_s$ ) e negativamente com o conteúdo de água do solo, (TAYLOR; RATLIFF, 1969; TAYLOR et al., 1966; LOGSDON et al., 1992; ROSOLEM et al., 1999; COLLARES et al., 2006).

Nesse experimento os valores da RP foram obtidos no período considerado seco na região. Sendo assim, a tendência é que no período chuvoso haja uma redução considerável dos valores, pois, esse atributo é fortemente relacionado com conteúdo de água e pode mudar significativamente com os ciclos de umedecimento e secagem do solo (SMITH et al., 1997).

## 5.2 Umidades do solo: gravimétrica ( $\theta_g$ ) e volumétrica ( $\theta_v$ )

Observa-se que a capacidade de retenção de água variou significativamente em função dos sistemas estudados (tabela 8 e figura 6).

**Tabela 8** - Valores médios e desvio padrão de  $\theta_g$  (umidade gravimétrica) e  $\theta_v$  (umidade volumétrica) em função dos agroecossistemas, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Uso da Terra	$\theta_g \text{ g g}^{-1}$			$\theta_v \text{ cm}^{-3} \text{ cm}^{-3}$		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
FN	0,29±0,13 a	0,16±0,02 a	0,15±0,01 a	0,37±0,18 a	0,28±0,02 a	0,26±0,02 a
DA	0,17±0,04 ab	0,14±0,03 a	0,14±0,03 a	0,27±0,03 ab	0,24±0,03 b	0,25±0,04 a
PP	0,15±0,02 b	0,14±0,01 ab	0,13±0,01 a	0,23±0,03 ab	0,22±0,01 bc	0,23±0 a
PC	0,11±0,01 b	0,11±0,01 b	0,11±0,01 a	0,2±0,01 b	0,19±0,01 c	0,19±0,02 a
CM	0,11±0,04 b	0,14±0,02 ab	0,1±0,05 a	0,17±0,05 b	0,23±0,03 b	0,18±0,09 a
Global	0,17±0,09	0,14±0,02	0,13±0,03	0,25±0,1	0,23±0,04	0,22±0,06
ANOVA						
g.l.	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)
QM <sub>(Efeito)</sub>	0,03	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01
QM <sub>(Erro)</sub>	0,004	0,000	0,001	0,01	0,000	0,002
F	6,35	7,50	3,12	4,16	14,73	3,27
	P<0,01	P<0,01	n.s.	P<0,05	P<0,01	n.s.

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. Valores precedidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente, no nível de 5%

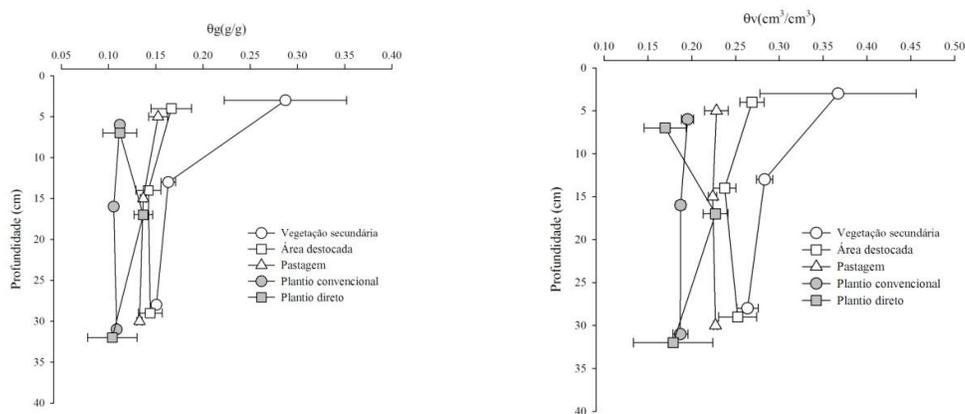


Figura 6 – capacidade de retenção de umidade em função da camada

Dentro de cada sistema a capacidade de retenção de água foi sempre maior em superfície, reduzindo nas camadas seguintes. A FN apresentou os maiores valores com  $0,29 \text{ g g}^{-1}$  na camada 10-20 cm. Observa-se semelhante teor de umidade nos tratamento FN e DA, sendo que os primeiros diferem significativamente dos demais, enquanto o segundo apresenta valores similares a PP, PC e CM. A área sob PC apresentou a menor capacidade de retenção de água não diferenciando do plantio de CM, revelando o efeito negativo das práticas de manejo para o preparo dos solos nos sistemas plantados.

Os resultados obtidos estão associados aos maiores valores de matéria orgânica do solo em superfície, onde menores valores de densidade do solo ( $\rho_s$ ) resultaram em maiores valores para porosidade total (PT), estando de acordo com a literatura.

Lowery et al. (1996) afirmaram que a capacidade de retenção de umidade de um solo dependerá do número e tamanho dos poros, os quais são influenciados primariamente pela textura, estrutura, matéria orgânica e mineralogia do solo. Esta propriedade está relacionada ao transporte e armazenamento de água no solo, à erosividade do solo e ao teor de água disponível (DORAN; PARKIN, 1996).

Resultados semelhantes foram obtidos por Feitosa (2009), ao estudar os atributos físicos de Argissolo Vermelho Amarelo sob formações florestais em Roraima, correlacionando seus resultados aos maiores valores de argila e da matéria orgânica presentes no solo.

### 5.3 Densidade do solo ( $\rho_s$ )

Quanto à densidade do solo, os resultados mostram uma tendência de aumento em camada, cujos maiores valores em superfície seguiram a ordem : PC ≥ DA ≥ CM ≥ PP ≥ FN. A densidade do solo se diferenciou entre os sistemas estudados na camada de 0-10 cm; os demais sistemas não se diferem, variando de 1,67 a 1,78 g cm<sup>-3</sup> (tabela 9 e figura 7).

A FN variou de 1,26 g cm<sup>-3</sup> (0-10 cm) a 1,75 g cm<sup>-3</sup> (20-40 cm). O PC apresentou o maior valor na camada (10-20 cm) 1,78 g cm<sup>-3</sup>. Resultados semelhantes foram obtidos, em Roraima, por Barros et al. (2009) que verificaram aumento de densidade nas camadas mais profundas, obtendo-se valores entre 1,6 a 1,8 g cm<sup>-3</sup>.

**Tabela 9** - Valores médios e desvio padrão de (densidade aparente)  $\rho_s$  e (densidade de partícula)  $\rho_p$ , em função dos agroecossistemas, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Uso da Terra	$\rho_s$ g cm <sup>-3</sup>			$\rho_p$ g cm <sup>-3</sup>		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
FN	1,26±0,08 b	1,74±0,08 a	1,75±0,09 a	2,65±0,06 a	2,7±0,02 a	2,64±0,04 a
DA	1,66±0,23 a	1,69±0,13 a	1,75±0,04 a	2,6±0,05 a	2,63±0,06 a	2,63±0,04 a
PP	1,51±0,16 ab	1,64±0,04 a	1,71±0,06 a	2,61±0,17 a	2,65±0,13 a	2,68±0,07 a
PC	1,75±0,02 a	1,78±0,04 a	1,72±0,06 a	2,65±0,03 a	2,64±0,03 a	2,64±0,02 a
CM	1,54±0,1 a	1,67±0,07 a	1,7±0,07 a	2,65±0,06 a	2,68±0,06 a	2,62±0,03 a
Global	1,54±0,21	1,7±0,09	1,73±0,06	2,64±0,08	2,66±0,07	2,64±0,04
ANOVA						
g.l.	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)
QM <sub>(Efeito)</sub>	0,17	0,02	0,003	0,003	0,004	0,002
QM <sub>(Erro)</sub>	0,02	0,01	0,004	0,01	0,005	0,002
F	8,68	2,41	0,70	0,39	0,85	1,48
	P<0,01	ns	ns	ns	ns	ns

**Sendo:** FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. Valores precedidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente, no nível de 5%

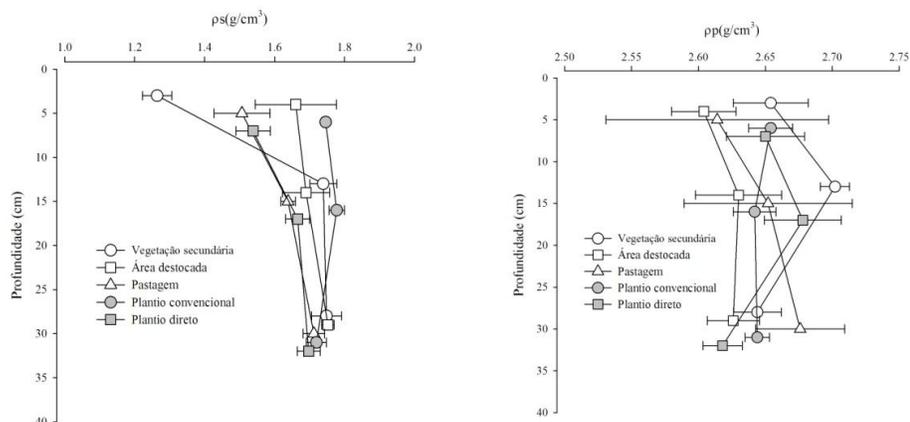


Figura 7 – Densidade em função da camada e agroecossistemas.

Segundo Goedert (1985), os resultados obtidos estão acima dos valores normalmente encontrados no solo, (1,0 a 1,25 g cm<sup>-3</sup> e 1,25 a 1,4 g cm<sup>-3</sup> para solos argilosos e arenosos, respectivamente), porém, segundo Massing et al. (2004), a densidade pode chegar a 1,6 g cm<sup>-3</sup> ou mesmo, até 1,8 g m<sup>3</sup> para solos arenosos. Considerando a textura, esses valores elevados estão concordantes com esses autores, pois os solos estudados apresentaram elevados teores de areia, (acima de 70%). Outros trabalhos também realizados em Roraima mostram mudanças na densidade somente na camada superficial quando o solo é submetido a diferentes usos (BRASIL, 1975; VALE JUNIOR, 2000; MELO 2002; BENEDETTI, 2007).

### 5.6 Porosidade Total (PT)

A porosidade total (PT) apresentou a seguinte ordem decrescente: FN (52,38%) ≥ PP (42,13%) ≥ CM (41,86%) > DA (36,26%) = PC (34,20%), (tabela 10). Estes valores podem indicar presença de compactação do solo nas áreas antropizadas. Observa-se uma relação inversa entre PT e AD, provavelmente em consequência do maior entupimento de poros pelas argilas dispersas em água.

Tabela 10 - Valores médios e desvio padrão de porosidade total (PT) e argila dispersa em água (AD), em função dos agroecossistemas, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

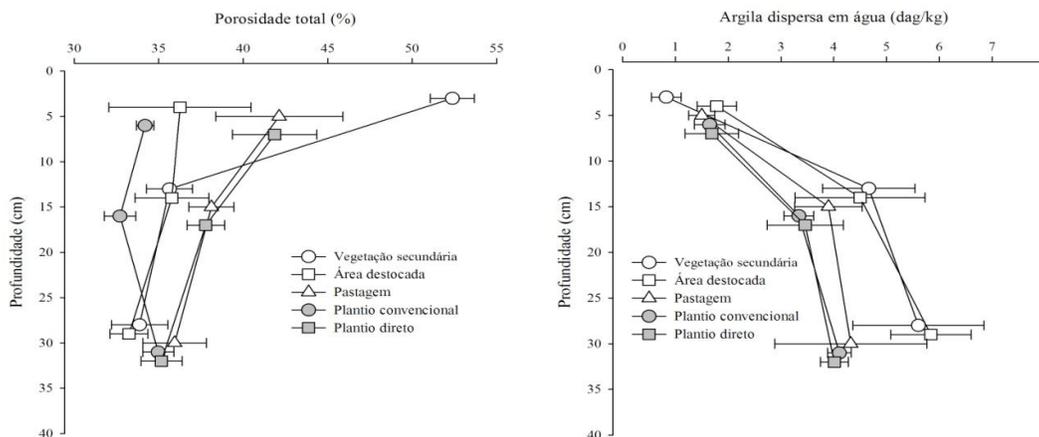
Uso da terra	PT (%)			AD dag kg <sup>-1</sup>		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
FN	52,38±2,6 a	35,64±2,7 a	33,86±3,3 a	0,83±0,56 a	4,66±1,75 a	5,6±2,48 a
DA	36,26±8,4 b	35,78±4,3 a	33,24±2,2 a	1,78±0,75 a	4,5±2,46 a	5,84±1,52 a
PP	42,13±7,5 ab	38,12±2,6 a	35,94±3,7 a	1,5±0,49 a	3,9±1,27 a	4,32±2,88 a
PC	34,2±1,04 b	32,71±1,8 a	34,97±1,8 a	1,65±0,58 a	3,34±0,56 a	4,11±0,45 a
CM	41,86±4,9 ab	37,78±2,2 a	35,16±2,4 a	1,69±1,01 a	3,46±1,45 a	4,01±0,53 a
Global	41,37±8,2	36,01±3,3	34,64±2,7	1,49±0,73	3,97±1,58	4,78±1,87

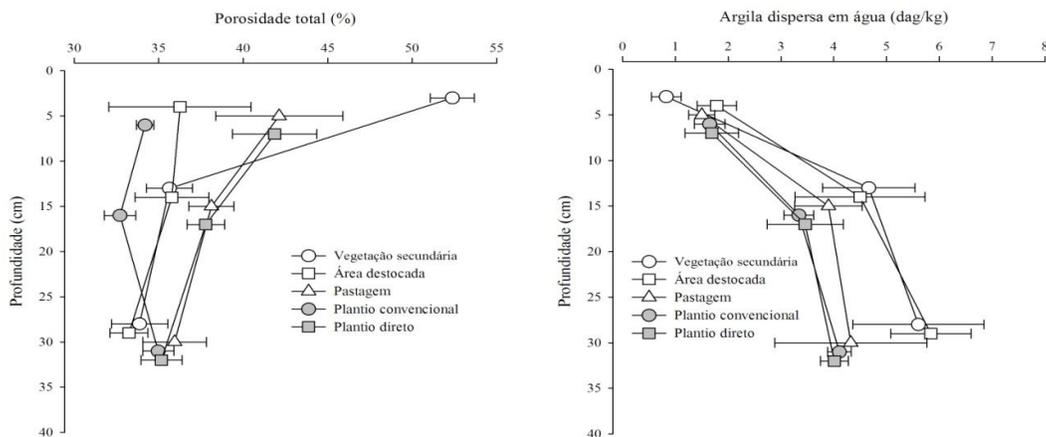
  

ANOVA						
g.l.	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)	(4;20)
QM <sub>(Efeito)</sub>	35,36	51,44	40,96	60,34	101,56	46,94
QM <sub>(Erro)</sub>	30,28	20,76	7,34	9,58	6,00	3,18
F	1,17	2,48	5,58	6,30	16,93	14,76
	P<001	ns	ns	ns	ns	ns

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio ; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. Valores precedidos de mesma letra coluna não diferem significativamente, no nível de 5%

Observa-se redução da PT em camada com menores valores para PC e CM (figura 8), podendo estar associado aos menores teores de MOS e ao processo de podzolização.





**Figura 8** – Distribuição da porosidade e argila dispersa em água em camada em função dos agroecossistemas

### 5.5 Curvas de retenção de umidade

Os resultados revelaram pouca alteração na capacidade de água disponível em superfície, verificando-se tendência de aumento em camada (tabelas 11 e 12).

**Tabela 11** – Valores obtidos da curva de retenção de umidade e água disponível (CAD).

Profundidade (cm)	Tratamentos	Curva de retenção de umidade ( $\text{kg kg}^{-1}$ )				CAD (%)
		10 kPa	30 kPa	100 Kpa	1500 kPa	
0 - 10	FN	0,089	0,065	0,057	0,036	5,30
	DA	0,101	0,079	0,078	0,051	5,00
	PP	0,092	0,078	0,070	0,044	4,80
	CM	0,091	0,075	0,067	0,043	4,78
	PC	0,092	0,076	0,068	0,044	4,84
10 - 20	FN	0,125	0,105	0,097	0,063	6,24
	DA	0,113	0,094	0,086	0,057	5,60
	PP	0,112	0,094	0,086	0,056	5,58
	CM	0,109	0,091	0,083	0,055	5,38
	PC	0,107	0,089	0,081	0,053	5,34
20 - 40	FN	0,135	0,113	0,105	0,073	6,28
	DA	0,121	0,109	0,094	0,062	5,90
	PP	0,127	0,106	0,098	0,065	6,22
	CM	0,113	0,094	0,086	0,057	5,60
	PC	0,112	0,094	0,086	0,057	5,52

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo.

**Tabela 12** - Valores médios e desvio padrão de CAD, em função dos agroecossistemas, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Uso da terra	CAD %					
	0-10cm		10-20cm		20-40cm	
FN	4,16±0,68	a	6,24±0,47	a	6,28±0,42	a
DA	5,00±0,78	a	5,6±0,42	ab	5,90±0,59	ab
PP	4,8±0,52	a	5,58±0,73	ab	6,22±0,19	a
PC	4,84±0,59	a	5,34±0,51	b	5,52±0,49	b
CM	4,78±0,5	a	5,38±0,22	b	5,6±0,46	ab
Global	4,72±0,64	a	5,63±0,56		5,9±0,52	

ANOVA			
g.l.	(4;20)	(4;20)	(4;20)
QM <sub>(Efeito)</sub>	0,52	0,65	0,60
QM <sub>(Erro)</sub>	0,39	0,25	0,20
F	1,34	2,65	2,97
	ns	P<001	P<001

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. Valores precedidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente, no nível de 5%

Nas camadas de 10-20 e 20-40 cm verificou-se que houve diferença significativa entre os sistemas (tabela 12). Essa dinâmica pode estar relacionada com a textura, pois, trata-se de Argissolo Vermelho Amarelo, cujo conceito central é a presença de gradiente textural, com 70 a 81 dag kg<sup>-1</sup> de areia nos primeiros 20 cm de camada, com incremento de argila em subsuperfície. Conforme Amaro Filho et al. (2008), as características de retenção de água no solo são substancialmente afetadas pela distribuição do tamanho de partículas do solo e também por seu arranjo.

Normalmente, solos de textura média apresentam maiores teores de água disponível devido à maior porcentagem de material coloidal, maior espaço poroso e maior superfície de absorção do que solos de textura mais grossa.

Rojas e Van Lin (1999), trabalhando com um Argissolo, observaram resultados semelhantes ao encontrado nesse estudo, onde para a camada de 0 - 20 cm obtiveram uma maior retenção de água, creditada ao maior volume de microporos nessa camada, enquanto Feitosa (2009) associou o maior teor de CAD dos solos a textura mais argilosa e maiores teores de matéria orgânica.

Segundo o modelo Van Genuchten (1980), obteve-se valores para ponto de murcha, bem como a capacidade de campo conforme os sistemas avaliados nas diferentes camadas (tabela 13).

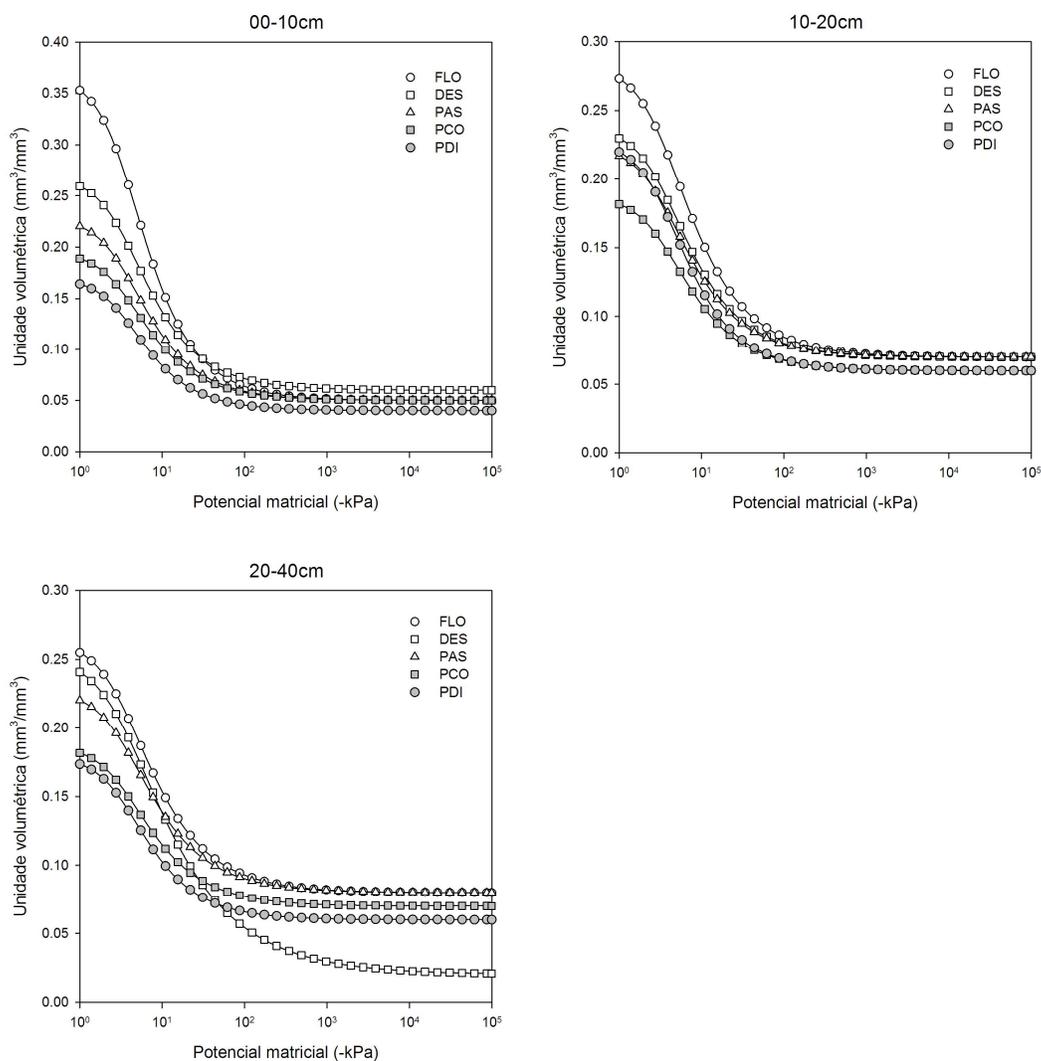
**Tabela 13** - Valores de ponto de murcha, capacidade de campo e atributos do modelo van Genuchten(1980) para as curvas de retenção de água no solo, nas camadas dos agroecossistemas.

Uso da terra	Camadas	WP	FC	$\alpha$	m	n	$\theta_r$	$\theta_s$
FN	[00-10]	0,05	0,06	0,300	0,480	1,920	0,050	0,36696
	[10-20]	0,08	0,10	0,298	0,440	1,780	0,070	0,2832
	[20-40]	0,08	0,11	0,300	0,440	1,770	0,080	0,26376
DA	[00-10]	0,06	0,08	0,300	0,460	1,860	0,060	0,26884
	[10-20]	0,07	0,09	0,300	0,450	1,820	0,070	0,2376
	[20-40]	0,03	0,09	0,300	0,360	1,560	0,020	0,25248
PP	[00-10]	0,06	0,07	0,300	0,470	1,870	0,050	0,22828
	[10-20]	0,07	0,09	0,300	0,450	1,820	0,070	0,22396
	[20-40]	0,08	0,10	0,300	0,440	1,780	0,080	0,22716
PC	[00-10]	0,05	0,07	0,300	0,460	1,870	0,050	0,19536
	[10-20]	0,06	0,08	0,300	0,450	1,830	0,060	0,18736
	[20-40]	0,07	0,09	0,300	0,450	1,820	0,070	0,18704
CM	[00-10]	0,05	0,06	0,300	0,480	1,940	0,040	0,16964
	[10-20]	0,06	0,07	0,300	0,470	1,890	0,060	0,22728
	[20-40]	0,06	0,07	0,300	0,470	1,880	0,060	0,17888

Sendo: WP – ponto de murcha (*witing point*); FC – capacidade de campo (*field capacity*);  $\theta_s$  = conteúdo de água na saturação - umidade volumétrica ( $\text{mm}^{-3} \text{mm}^{-3}$ );  $\theta_r$  = conteúdo de água residual

Verificou-se os maiores valores para o conteúdo de água na saturação da capacidade de campo para o sistema FN, consequentemente os melhores índices para qualidade física do solo.

Os atributos físico-hídricos e a retenção de água nos solos (figura 9) são influenciados pela textura e estrutura dos solos, ou seja, nos horizontes mais arenosos, no intervalo de camada de 0-20 cm, a macroporosidade é elevada e predomina a circulação hídrica vertical, com os agroecossistemas FN, DA e PP em destaque.



Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo.

Figura 9 – Curva de retenção de água no solo, segundo o modelo Van Genuchten (1980), aos sistemas avaliados nas diferentes camadas

Este comportamento é evidenciado pela acentuada inclinação das curvas de retenção em relação ao eixo do potencial matricial que representa uma condição de drenagem excessiva nestas camadas analisadas. Todavia, nas camadas entre 20-40 cm, mais argilosas, dispõe-se de maior retenção hídrica e maior proporção de microporos em relação à macroporos do que em superfície, evidenciadas pelas curvas de retenção menos inclinadas em relação ao eixo do potencial matricial. Isto se deve ao processo de translocação de argila da superfície para

subsuperfície, pois o solo estudado é Argissolo Vermelho-Amarelo, conforme Embrapa (2006), sendo a intensidade de manejo que provoca mudanças na estrutura.

Considerando o conceito de qualidade física do solo enunciado por diversos autores (DORAN et al., 1996; LETEY et al., 2003; NORFLEET et al., 2003), os resultados obtidos revelaram que a qualidade físico-hídrica obedeceu a seguinte sequência, de acordo com o sistema de manejo submetido e intensificação do uso do solos: FN > DA > PP > PC > CM. Esse resultado está de acordo com algumas características verificadas em campo por meio da menor concentração e distribuição das raízes, menor estoque de matéria orgânica, visualizada pela coloração, sinais de perdas de solo por erosão e compactação, podendo concorrer para a degradação física do solo, com conseqüente perda de suas funções.

Dentre os indicadores físicos que têm sido utilizados e recomendados com maior frequência por pesquisadores para avaliar a qualidade físico-hídrica do solo, os resultados que melhor expressaram as alterações em relação a floresta natural (FN) foram a resistência à penetração, porosidade e a capacidade de retenção d'água.

## **5.6 Associação entre as variáveis**

### **Atributos físico-hídricos**

Os atributos definidos como físico-hídricos foram os seguintes: Água Disponível (AD); Capacidade de água Disponível (CAD); Densidade de Partícula ( $\rho_{p = DP}$ ); Densidade do solo ( $\rho_s = DS$ ); Grau de Floculação (GF); Matéria Orgânica do solo (MOS); Porosidade Total (PT); Resistência a Penetração (RP); Umidade Gravimétrica ( $\theta_g = UG$ ) e Umidade volumétrica ( $\theta_v = UV$ ).

Dentre todos os atributos, somente  $\rho_p$  não apresentou correlação significativa, seja de orientação positiva ou negativa, com qualquer outro atributo, sendo definido como uma propriedade independente (tabela 14 e figura 10).

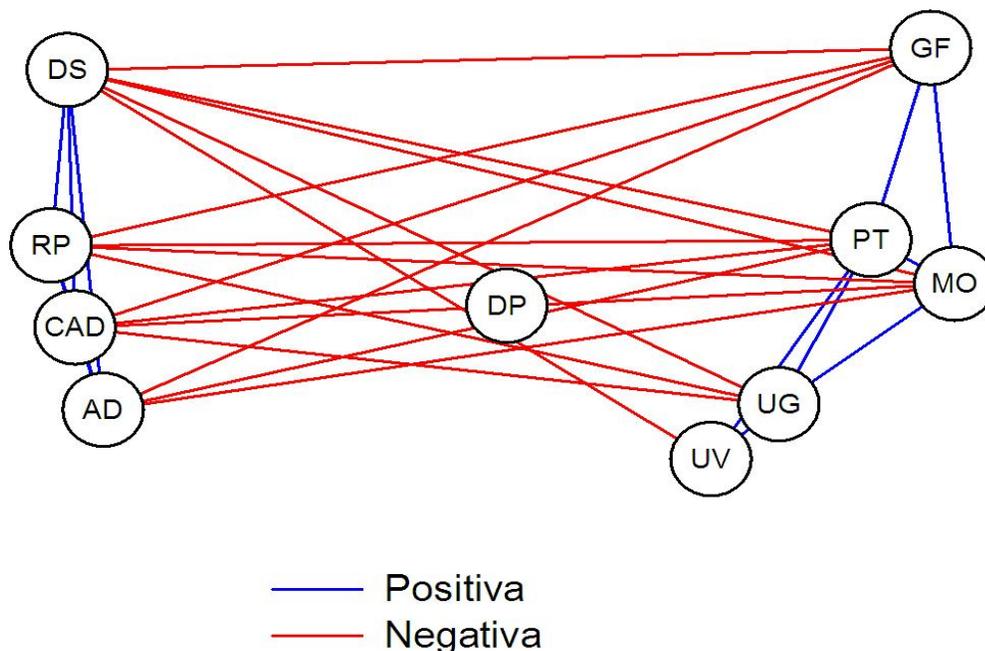


Figura 10 - Afinidade entre os atributos físico-hídricos, assinaladas segundo a significância da correlação de Pearson. DS (densidade do solo), GF (grau de foculação), RP (resistência a penetração), PT (porosidade total), CAD ( água disponível), DP (densidade de partícula), UV (umidade volumétrica), UG (umidade gravimétrica), AD (argila dispersar)

Associações positivas foram assinaladas entre os atributos, sendo que PT foi a que apresentou o maior número de associações positivas, estando associada a GF ( $r=0,43$ ), MOS ( $r=0,50$ ),  $\theta_g$  ( $r=0,57$ ),  $\theta_v$  ( $r=0,32$ ).

Já os atributos AD e CAD apresentaram associação positiva entre si ( $r=0,57$ ) e com os atributos  $\rho_s$  ( $r=0,43$ ;  $0,53$ ) e RP ( $r=0,51$ ;  $0,52$ ). A MOS apresentou associação positiva com GF ( $r=0,35$ ), PT ( $r=0,50$ ) e  $\theta_g$  ( $r=0,32$ ). a estreita associação entre  $\theta_g$  e  $\theta_v$  ( $r=0,95$ ) foi assinalada.

Com relação às associações negativas, uma polarização entre GF, MOS e PT e AD ( $r=-0,51$ ;  $-0,90$ ), CAD ( $r=-0,41$ ;  $-0,46$ ),  $\rho_s$  ( $r=-0,46$ ;  $-0,96$ ) e RP ( $r=-0,39$ ;  $-0,42$ ). Somente  $\rho_s$  apresentou associação negativa com  $\theta_v$  ( $r=-0,28$ ).

Deste modo, tem-se uma polarização entre  $\rho_s$ , RP, CAD e AD com associações positivas entre si e associação negativa com  $\theta_g$ ,  $\theta_v$ , PT, MOS e GF, as quais também apresentam associações parciais entre si.

**Tabela 14** - Matriz de correlação entre as atributos físico-hídricos, granulométricos e de retenção hídrica.

		Físico-hídricas											Granulometria					
		[01]	[02]	[03]	[04]	[05]	[06]	[07]	[08]	[09]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	
Físico-hídricas	MOS	[01]	~	p<0.01	p<0.01	n.s.	p<0.01	n.s.	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	n.s.	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01
	RP	[02]	-0.39	~	p<0.05	n.s.	p<0.01	n.s.	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	n.s.	p<0.01	n.s.	p<0.01	p<0.01
	$\theta_g$	[03]	0.32	-0.28	~	p<0.01	p<0.01	n.s.	p<0.01	n.s.	n.s.	p<0.05	p<0.01	n.s.	n.s.	p<0.05	p<0.05	p<0.01
	$\theta_v$	[04]	0.19	-0.15	0.95	~	p<0.05	n.s.	p<0.01	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	p<0.05	0.16	p<0.05
	$\rho_s$	[05]	-0.54	0.42	-0.55	-0.28	~	n.s.	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	n.s.	n.s.	p<0.01	p<0.01	p<0.05
	$\rho_p$	[06]	-0.08	-0.01	0.12	0.16	0.06	~	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	PT	[07]	0.50	-0.42	0.57	0.32	-0.96	0.20	~	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	n.s.	0.33	p<0.05	p<0.01	p<0.05
	AD	[08]	-0.56	0.52	-0.18	0.00	0.53	0.05	-0.51	~	p<0.01	p<0.01	p<0.01	n.s.	p<0.01	n.s.	p<0.01	p<0.01
	GF	[09]	0.35	-0.41	0.13	-0.03	-0.45	-0.08	0.43	-0.90	~	p<0.01	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	CAD	[10]	-0.46	0.51	-0.28	-0.14	0.43	-0.02	-0.43	0.57	-0.41	~	p<0.01	n.s.	p<0.01	n.s.	p<0.01	p<0.01
Granulometria	Argila	[11]	-0.69	0.47	-0.30	-0.18	0.43	0.08	-0.40	0.53	-0.17	0.61	~	n.s.	p<0.01	n.s.	p<0.01	p<0.01
	Silte	[12]	-0.22	0.00	0.01	-0.03	-0.04	-0.08	0.02	0.04	0.00	0.06	0.09	~	n.s.	p<0.01	p<0.01	p<0.01
	Areia	[13]	0.41	-0.31	0.03	-0.04	-0.11	0.04	0.12	-0.40	0.11	-0.52	-0.76	-0.12	~	p<0.01	p<0.01	p<0.01
	Areia	[14]	0.33	-0.10	0.29	0.27	-0.30	-0.10	0.27	-0.06	0.04	0.01	-0.12	-0.47	-0.46	~	p<0.01	n.s.
	Areia	[15]	0.70	-0.41	0.26	0.17	-0.35	-0.04	0.33	-0.48	0.15	-0.56	-0.91	-0.50	0.71	0.30	~	p<0.01
	Silte: Argila	[16]	0.51	-0.38	0.36	0.28	-0.27	-0.04	0.26	-0.32	0.17	-0.41	-0.56	0.42	0.36	-0.10	0.31	~

Sendo: MOS-materia orgânica do solo; RP- resistência a penetração;  $\theta_g$  –umidade gravimetrica;  $\theta_v$ - umidade volumetrica;  $\rho_s$ - densidade do solo;  $\rho_p$  –densidade de particula PT-porosidade total; AD- argila dispersa em água ; GF- grau de floculação; CAD- capacidade de água disponível; Sendo:|r|= 0,22; p<0.05; |r|= 0,29; p<0.01

## Atributos físico-hídricos e granulométricos

Entre os atributos físico-hídricos e granulométricos, no caso das associações positivas, a areia grossa apresentou correlação somente com MO ( $r=0.41$ ). Enquanto que a areia fina e areia total apresentaram correlação com MO ( $r=0.33$ ;  $0.70$ ), PT ( $r=0.27$ ;  $0.33$ ) e umidade gravimétrica (UG) ( $r=0.26$ ;  $0.29$ ). Uma distinção entre esta foi que além das listadas anteriormente, a areia fina também apresentou correlação com umidade volumétrica ( $\theta_v$ ) ( $r=0.27$ ) (tabela 14 e figura 11).

Já a argila apresentou correlação positiva com AD ( $r=0.53$ ), CAD ( $r=0.61$ ), DS ( $r=0.43$ ), RP ( $r=0.47$ ). e relação silte:argila apresentou correlação positiva com MOS ( $r=0.51$ ), PT ( $r=0.26$ ), UG ( $\theta_g$ ) ( $r=0.36$ ), UV ( $\theta_v$ ) ( $r=0.28$ ).

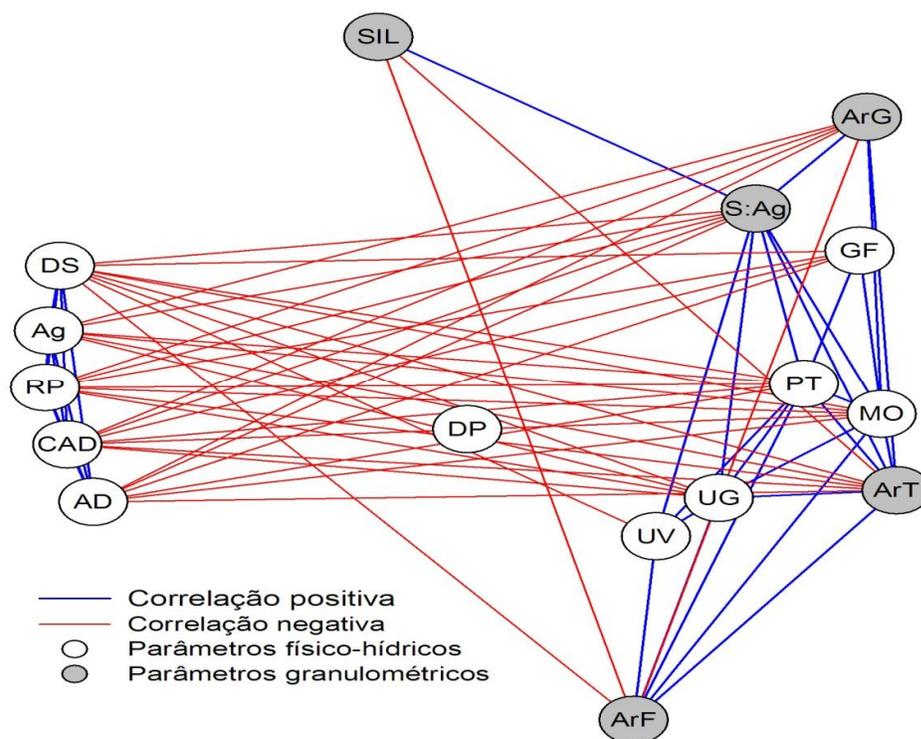


Figura 11 - Afinidade entre os atributos físico-hídricos e granulométricos, assinaladas segundo a significância da correlação de Pearson

Sendo: MO-materia orgânica do solo; RP- resistência a penetração; UG –umidade gravimétrica; UV- umidade volumétrica; DS. densidade do solo; DP –densidade de partícula PT-porosidade total; AD- argila dispersa em água ; GF- grau de floculação; CAD- capacidade de água disponível, Ag- argila, SIL-silte, S:Ag-relação silte e argila, ArT-areia total, ArF-areia fina .

As correlações negativas, no caso de areia fina, foram assinaladas somente com relação a densidade do solo (DS) ( $r=-0.30$ ). Enquanto que entre a areia grossa e areia total foram assinaladas correlações negativas entre AD ( $r=-0.40$ ;  $-0.48$ ), CAD ( $r=-0.52$ ;  $-0.56$ ), RP ( $r=-0.31$ ;  $-0.41$ ). Sendo que no caso de areia total, além das assinaladas anteriormente, também foi assinalada a associação negativa com DS ( $r=-0.35$ ).

Argila apresentou associação negativa com MOS ( $r=-0.69$ ), PT ( $r=-0.40$ ), UG ( $r=-0.30$ ). Enquanto que silte: argila apresentou correlação negativa com AD ( $r=-0.32$ ), CAD ( $r=-0.41$ ), DS ( $r=-0.27$ ), RP ( $r=-0.38$ ).

O pólo UG, UV, PT, MO e GF apresentaram afinidade com as frações arenosas e também com a relação silte:argila. Enquanto que o pólo mais homogêneo AD, CAD, RP, AG, DS apresentaram oposição as frações arenosas. A DP não apresentou polarização, definindo-se como uma propriedade estável.

## 6. CONCLUSÕES

1. A caracterização morfológica dos solos estudados são profundos, de textura arenoso-média, de elevado grau de flocculação da argila e bem drenados.
2. Os melhores indicadores que expressaram alterações em relação à floresta natural são a resistência à penetração, porosidade e capacidade de retenção de água.
3. Dentre os atributos físico-hídricos analisados, somente a densidade de partícula não apresentou correlação significativa, seja positiva ou negativa, com qualquer outra propriedade estudada.
4. A porosidade é a propriedade que maior número de associações positivas apresenta, em especial, com o grau de flocculação, matéria orgânica do solo e umidade do solo.
5. O comportamento físico-hídrico dos solos estudados, considerando as características contrastantes entre superfície e subsuperfície, revelam a necessidade de manejo visando à prevenção dos processos erosivos.

## 7 ARTIGO B - ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB AGROECOSSISTEMAS E FLORESTA NATURAL NO NORTE DA AMAZÔNIA – RORAIMA

### 7.1. RESUMO

O desmatamento na Amazônia para introdução de culturas anuais ou perenes e, principalmente, a formação de pastagens com baixo nível tecnológico e manejo inadequado, conduzem a produtividade decrescente ao longo do tempo, em função de alterações rápidas nas propriedades químicas e físicas. O presente estudo teve como objetivo avaliar a estabilidade de agregados de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob agroecossistemas e Floresta Natural em Roraima. Os agroecossistemas estudados foram: pasto em pousio (PP), cultivo mínimo (CM), área destocada (DA) e plantio convencional (PC) e, como testemunha, a Floresta Natural (FN). Foram coletadas amostras de solos deformadas e indeformadas nas camadas de 0-10 , 10-20 e 20-40 cm em mini-trincheiras, as quais foram utilizadas para realização das seguintes determinações: Granulometria, Matéria Orgânica do Solo, Argila Dispersa em Água, Grau de Floculação, Proporção de Agregados nas classes de Diâmetros 4-2mm, 2-1mm, 1-0,5mm, 0,5-0,25mm e < 0,25mm, bem como Diâmetro Geométrico (DMG), Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e para verificar se os valores de DMP dos tratamentos DA, PP, CM e PC eram diferentes dos observados para FN, foi calculado o índice de Sensibilidade (Is), o qual utiliza o princípio da comparação relativa entre tratamentos. Foi observado maior concentração de agregados na classe de 4 – 2 mm, em todas as camadas, apresentando maiores valores para PP > FN > DA > CM > PC. Quanto aos índices DMG e DMP observou-se maiores valores em superfície, tendendo a decrescer em camadas. Os maiores valores para DMP dos agregados foi observado na camada superficial do solo sob PP (1,93 mm) > DA (1,87 mm) = FN (1,84 mm) > CM (1,64 mm) em comparação ao solo sob PC (1,28 mm). Quanto ao Is, os valores variaram em superfície entre 0,7 (PC) a 1,0 (PP e DA), revelando que no PC houve perda de estabilidade de agregados em relação a FN, e que PP e DA mantém semelhança com a FN. Enquanto na camadas de 10 – 40 cm o sistema PP mostrou o maior aumento de estabilidade de agregados. Os resultados obtidos permitem inferir que o preparo do solo promoveu perdas de estabilidade de agregados em relação à floresta natural. Essas perdas foram observadas na maior concentração de macroagregados em todas as camadas, nos índices DMG, DMP e Is, verificando-se correlação positiva com as classes de agregados, em especial as maiores de 2 mm.

**Palavras-chave:** Antropização, qualidade física, Manejo

## AGGREGATES STABILITY OF A RED-YELLOW ARGISOL UNDER AGROECOSYSTEMS AND UNDER NATURE FOREST IN THE NORTH OF THE AMAZON - RORAIMA

### 7.2 ABSTRACT

Deforestation in the Amazon to the introduction of annual or perennial crops and especially pasture establishment, with a low technological level and inadequate handling, leading to decreasing productivity over time, due to rapid changes in chemical and physical properties. This study aimed to evaluate the aggregate stability of a Red-Yellow in agroecosystems and nature forest in Roraima. Agroecosystems studied were fenced pasture (PP), minimum tillage (MT), stump removal area (DA) and conventional tillage (PC) and witness the natural forest (NF). We collected soil samples and undisturbed, at depths of 0-10 , 10-20 e 20-40 cm and mini-trenches, which were used to perform the following characteristics: particle size, soil organic matter, water dispersible clay, degree of flocculation, proportion of households in each class of diameters 4-2mm, 2-1 mm, 1 to 0,5 mm to 0,25 mm and < 0,25 mm and Geometric Diameter (DMG), Weighted Average diameter (DMP) and to check whether the values of DMP treatments DA, PP, CM and PC were different from those of FN, we calculated the sensitivity index (Is), which uses the principle of relative comparison between treatments. We observed a higher concentration of aggregates in the 4 - 2 mm in all depths, showing higher values for PP> FN> DA> CM> PC. Regarding the indexes and DMG DMP highest values observed at the surface, tending to decrease in depth. The largest values for DMP of aggregates was observed in the topsoil under PP (1.93 mm)> DA (1.87 mm) = FN (1.84 mm)> CM (1.64 mm) compared to soil under CT (1.28 mm). As for Isaiah, the values varied in size, between 0.7 (PC) to 1.0 (PP and DA), revealing that the PC was no loss of aggregate stability in relation to FN, and that PP and DA maintains similarity with the FN. While at a depth of 10 – 40 cm PV system showed the greatest increase in aggregate stability. The results may imply that tillage caused loss of aggregate stability in relation to natural forest. These losses were observed at the highest concentration of macroaggregates at all depths, higher rates DMG DMP and Is, and there was a positive correlation with the classes of households, especially those larger than 2mm.

**Key words:** human disturbance, physical quality, Management

### 7.3 INTRODUÇÃO

Grande parte das áreas desmatadas na Amazônia seguem uma sequência de uso da terra que consiste no desmatamento, remoção de madeiras de interesse econômico, introdução de culturas anuais, perenes e formação de pastagens, sem uso de qualquer tecnologia, o que resulta em produtividade decrescente ao longo do tempo, promovendo um sistema de agricultura itinerante (VALE JÚNIOR, 2000; NEVES JUNIOR, 2005).

Diversos autores estudaram os efeitos do desmatamento e uso do fogo, como prática de limpeza do terreno, visando a implantação de pastagem ou agricultura itinerante, quanto aos atributos químicos e físico dos solos (ZECH et al., 1997; VALE JÚNIOR, 2000; MELO; 2002; BARROS et al., 2009; FEITOSA, 2009).

A intrincada dinâmica da agregação resulta da interação entre fatores ambientais, de manejo do solo, influência da planta e atributos do solo, tais como: composição mineral, textura, carbono orgânico do solo, processos pedogenéticos, atividade microbiana, capacidade de troca catiônica, reserva nutricional e disponibilidade de água, sendo frequentemente expressa em termos de estabilidade de agregados (BRONICK; LAL, 2005).

Diversos trabalhos relacionam os processos de organização e formação de agregados no solo aos domínios de argilas orientadas com matéria orgânica do solo (MOS) e partículas de quartzo, sendo que a proteção da MOS é proporcional à área superficial do domínio (TISDALL; OADES, 1982; SIX et al., 2004). No entanto, o efeito positivo na agregação do solo propiciados por gramíneas, em função da maior incorporação de matéria orgânica ao solo, foram observados também por distintos autores (CAMPOS et al. 1995; SILVA et al. 1998; SILVA ; MIELNICZUK ,1998).

A estabilidade de agregados é um indicador dos processos envolvidos na degradação do solo (TIPPKOTTER, 1994), pois influencia na infiltração, retenção de água, aeração, resistência à penetração de raízes (SANTOS, 1993; SILVA, 1994), selamento, encrostamento superficial (DERPSCH et al., 1991), erosão hídrica e eólica (REICHERT et al., 1993) . É também a propriedade que melhor se correlaciona com a erodibilidade do solo (SÁ et al., 2000; BARROS et al., 2009 ). Com o cultivo há redução nos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, na estabilidade de agregados, resultando em aumento da proporção relativa de microagregados no solo, cuja estabilidade não é influenciada pelo manejo (ALVARENGA et al., 1986; TISDALL; OADES, 1982; BARROS et al., 2009).

A estabilidade da estrutura varia com as características intrínsecas do solo e com os sistemas de manejo e cultivo. O diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) são índices que indicam a estabilidade da estrutura frente à ação de desagregação da água, podendo indicar o grau de suscetibilidade do solo à erosão hídrica. Nesse sentido, quanto maior for o agregado maiores serão o diâmetro médio geométrico e os espaços porosos entre eles, o que aumenta a infiltração e diminui a erosão (ANGULO et al., 1984; ALVARENGA et al., 1986).

No entanto, um agregado de elevado DMP nem sempre apresenta adequada distribuição de tamanho de poros no seu interior, o que implica na qualidade estrutural. O índice de sensibilidade ( $I_s$ ), para o diâmetro médio ponderado de agregados pode demonstrar que um determinado sistema de manejo implica em maior degradação em relação ao sistema natural (ARAÚJO, 2008).

Segundo Bolinder et al. (1999), o índice de sensibilidade é bom para se fazer comparação entre sistemas de manejo diferentes e a relação ao sistema de referência, ou seja, quanto mais distante do valor 1, maior será a estabilidade de agregado em relação a testemunha. Assim, o tipo de solo, o clima e as culturas envolvidas nos diferentes sistemas de manejo podem promover a degradação de qualidade física do solo, com reflexo ambientais e na produtividade das culturas (TOMENA et al., 2004) .

Em vista da carência de estudos dos efeitos da cobertura vegetal na estabilidade de agregados em solos do estado de Roraima, e pela importância do processo de deflorestamento atual com objetivo agropecuário, sem qualquer planejamento sustentável, este estudo teve como objetivo avaliar a estabilidade de agregados em Argissolo Vermelho Amarelo quando convertido de floresta natural para diferentes agroecossistemas.

## **7.4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **7.4.1 Localização das Áreas de Estudo**

O estudo foi realizado em cinco áreas localizadas na Fazenda Umirizal com 5.340 ha situada na região Serra da Lua, município de Bonfim, cerca de 45 km da capital Boa Vista – RR, cujas coordenadas geográficas de referência: latitude 2° 33' 36'' e 2° 43' 12'' N; longitude 60° 19' 12'' e 60° 24' 00'' W (figura 1).

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Aw, ou seja, tropical chuvoso com período seco definido. A precipitação média anual é de 1.600 mm, sendo os meses de abril a julho os mais chuvosos, e a temperatura média é de 25° C (BARBOSA, 1997).

### **7.4.2 Caracterização geológica, geomorfológica e pedológica da Região da Serra da Lua**

A Região da Serra da Lua está inserida no domínio de transição Savana/Floresta, cuja geologia caracteriza-se por um maciço de rochas do Complexo Guianense, representadas pelos gnaisses ortoderivados, em sua maioria fácies granulitos/anfibolitos altos, migmatitos, granitos, dioritos, gabros e ultramáfitos (BRASIL, 1975).

Nesta região foram mapeadas áreas com declividades entre 8 a 13%, com relevo regional suave ondulado a ondulado, cujas terras apresentam de pouca a moderada suscetibilidade à erosão quando utilizadas com lavouras por um período de 10 a 20 anos, conforme classificação de Ramalho Filho; Beek (1995).

Em geral, os solos da região são formados a partir de produtos da decomposição de granitos e guinases, tendo como principais classes de solo: LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos (LVd), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distróficos plúntico (LVAd); ARGISSOLO VERMELHO – AMARELO Distróficos plintico (PAVd); PLINTOSSOLOS PÉTRICO CONCRECIONÁRIO Distróficos (FFcd), posicionados nos topos mais aplainados e encostas da paisagem, enquanto nas áreas abaciadas e ao longo de igarapés foram mapeadas as manchas de GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (GXb) e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico (RQg) (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR, 2005; BARROS et al. , 2007).

### 7.4.3 Caracterização Pedológica da Área de estudo

A área de estudo apresenta o predomínio de ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, conforme SiBCS (EMBRAPA, 2006). Esses solos são caracterizados como profundos, bem drenados, cujo horizonte diagnóstico é o B textural, não hidromórfico, com ausência de cerosidade.

São posicionados em relevos suavemente ondulados, com declividade média variando de 8 a 13%. Apresentam sequência de horizontes A e Bt, com acentuada diferenciação textural entre os horizontes A e Bt, com teor médio de argila no horizonte A de 13,1% e no horizonte Bt de 25,3%, caracterizando mudança abrupta. São baixos os valores da relação silte/argila, o que indica um elevado grau de intemperização destes solos. A transição entre os horizontes é abrupta e plana (BRASIL, 1975; BARROS et al., 200) (Foto em anexo).

A coloração para o horizonte A varia de brunada a bruno amarelada com matiz 10YR, 7.5YR e para o horizonte Bt é amarelo avermelhada, com matizes de 7.5YR (MUNSELL, 2000).

Quimicamente corresponde a solos de baixa fertilidade natural, fortemente ácido segundo a classificação da EMBRAPA (2006), eles apresentam baixos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ , baixos teores de soma de bases e CTC, e elevada saturação por alumínio (BRASIL, 1975; EMBRAPA, 1983; BARROS et al., 2009).

### 7.4.4 Descrição dos sistemas estudados

Para a realização do estudo foram selecionadas quatro áreas com diferentes sistemas e uma área com a cobertura natural preservada como testemunha, sendo a seguir descritas:

**a) Floresta Natural (FN)** – compreende uma cobertura de transição da região de floresta e savana em Roraima, cuja tipologia é Floresta estacional semidecidual, assentada sobre Argissolo Vermelho Amarelo, mantida em condições sem antropização até o dia 10/12/2009 (fotos em anexo).

**b) Sistema de pastagem em pousio (PP)** – Pastagem em pousio sobre Argissolo Vermelho Amarelo, com a seguinte seqüência de manejo: *Brachiaria decumbens*/*Brachiaria brizantha*/ pastagem em pousio.

A área foi aberta em 1980, com 28 anos de antropização, tendo o uso do fogo como forma de manejo para renovação do pasto de *Brachiaria decumbens*, e o uso de máquina para destoca após 16 anos da sua abertura. Em 2007, foi feito gradagem, adubação com N-P-K e semeio com *Brachiaria brizantha*, permanecendo em pousio até o dia 10/12/2009 (fotos em anexo).

**c) Área desmatada e abandonada (DA):** A área foi aberta em 1998, com 10 anos de antropização. Em 2004, foi realizada uma roçada manual permanecendo em pousio até 2008, quando foi realizada a destoca com uso do trator de esteiras para amontoamento das madeiras e retirada de troncos remanescentes (fotos em anexo).

**d) Sistema de cultivo mínimo (CM)** – A área aberta em 1980 apresenta 28 anos de antropização, sendo utilizado periodicamente o fogo para renovação do pasto de *Brachiária decumbens*, no intervalo de uso efetuou-se a limpeza dos tocos remanescentes com trator de esteira. Em 2003 houve a limpeza da área com roçadeira mecânica e trator com lâminas. Já em 2004, foi realizado o preparo do solo com grade aradora e niveladora para o semeio de arroz, com o uso de formulação N-P-K. Na adubação de cobertura do arroz com uréia foi semeada a *Brachiaria brizantha* para renovação da pastagem. Em 2008, a área foi cultivada com milho em cultivo mínimo, sendo empregado N-P-K para adubação da área (fotos em anexo).

**e) Sistema de plantio convencional (PC)** – A área foi aberta em 1980, sendo a 28 anos antropizada e com o uso do fogo periodicamente para renovação do pasto de *Brachiária decumbens*. No intervalo de uso efetuou-se a limpeza dos tocos remanescentes com trator de esteira.

Em 2007, foi realizado o preparo do solo com grade aradora, sendo esta operação repetida em 2008. Neste mesmo ano, o milho foi semeado em plantio convencional, sendo empregado N-P-K para adubação da área (figura 39 e 40).

Os agroecossistemas foram explorados com a pecuária em todo período, com exceção do período em que estavam sendo exploradas com agricultura ou em processo de renovação

de pasto. E, a partir de 1990, não foi mais empregada o uso do fogo, exceto a área DA.

## **7.5 TRABALHOS DE CAMPO**

### **7.5.1 Coleta e Descrição dos Solos**

As amostras para análises dos atributos físico-hídricos foram obtidas em uma área de 1 ha (100 m x 100 m). Em cada área foi marcado um transecto de 100 m, onde foram abertas cinco mini-trincheiras com camadas de 40 cm, e distribuídos a cada 20 m, totalizando-se cinco pontos de amostragem (repetições), por sistema de manejo (foto em anexo).

Em cada mini-trincheira foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, nas camadas de 0 – 10; 10 – 20; 20 – 40 cm: (5 áreas x 3 camadas x 5 repetições), perfazendo um total de 75 unidades experimentais.

As descrições morfológicas, tais como camada, espessura dos horizontes, pedregosidade e rochosidade, raízes e atividades da fauna foram realizadas segundo o manual de descrição e coleta de solos no campo (SANTOS et al., 2005). A cor do solo foi determinada em amostras de solo seco e úmido em campo, no momento da coleta, utilizando-se a caderneta de Munsell (2000), e a classificação foi conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

## **7.6 TRABALHOS DE LABORATÓRIO**

### **Análise Química**

O carbono orgânico total foi determinado pelo método de extração de Walkley-Black descrito por Allison (1965), com aumento de 25 % da concentração de dicromato (para maior abrangência de amostras com diferentes teores de carbono), este foi extraído com dicromato de potássio, e quantificado por titulação com  $\text{FeSO}_4$  0,25 mol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>. Mutiplicou-se pelo fator 1, 724 para obter a matéria orgânica do solo (MOS).

## Composição Granulométrica

As amostras dos solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malha de 2 mm, obtendo-se a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Em seguida submetidas à análise granulométrica. Estas amostras foram submetidas à dispersão de 10 g em 50 ml de NaOH 0,1 mol l<sup>-1</sup>, por 12 horas, e agitação em alta rotação, por 15 minutos. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamisação em peneiras com malhas de 0,2 mm e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A composição granulométrica foi determinada após dispersão da TFSA com NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> e agitação; a fração areia foi obtida por peneiramento úmido, a argila pelo método de Bouyoucus e o silte por diferença (EMBRAPA, 1997).

## Argila Dispersa em água (AD) e Grau de Floculação (GF)

Da TESA foram pesada 20 g de solo e transferido para copo plástico de 250 ml, adicionando-se 110 ml de água, agitando com bastão de vidro e deixado em repouso durante uma noite, transferindo o conteúdo para copo metálico do agitador elétrico, com o auxílio de um jato de água, deixando o volume em torno de 300 ml, colocando o copo no agitador e procedendo á agitação durante 15 minutos. Passando o conteúdo em peneiras com malhas de 0,053 mm de abertura, colocada sobre um funil, e logo abaixo uma proveta de 1000 ml lavando o material retido na peneira de modo que fique apenas as areias. O volume á completar até aferimento, em seguida, agitando a suspensão por 20 segundo com bastão tendo na sua extremidade uma tampa de borracha, contendo vários furos. O tempo de sedimentação da fração argila é verificado, introduzindo a pipeta de 50 ml até a camada de 5 cm, trasferirido para um bécker de 30 ml, numerado e de peso conhecido, pesado com aproximação de 0,001 g, colocando bécker na estufa e deixando durante uma noite até evaporar completamente a suspensão com a porção proveniente da pipeta. Por diferença obtendo a massa da argila dispersar em água(fotos em anexo).

Para a determinação do grau de floculação, onde tem como princípio a relação entre a argila natural dispersa em água e argila total, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$GF = 100 (a-b)/a, \text{ onde : } a=\text{argila total e } b=\text{ argila dispersa em água, } \quad (9)$$

### 7.6.1 Estabilidade de Agregados

Para a realização das análises de estabilidade de agregados foram coletadas amostras representativas do solo nas condições de campo. No laboratório, foram colocadas para secar ao ar. Após a secagem, as amostras foram destorroadas manualmente quebrando-se os agregados maiores em tamanhos menores. Em seguida, todo o material foi passado em duas peneiras, uma de malha de 4,0 mm e a outra de 2,0 mm, obtendo-se agregados de solo com classe de diâmetro (fotos em anexo).

Terminado o processo de peneiramento, logo em seguida foi pesado 50 g de solo em triplicata para a realização do teste de estabilidade de agregados. A amostra retirada para determinação da umidade foi colocada em lata de alumínio de peso conhecido, sendo em seguida levado à estufa a 105° C por 24 horas, esfriando em um dessecador e pesada. O peso dessa amostra seca a 105° C foi utilizado para o cálculo do teor de agregados. As amostras retiradas para o teste foram colocadas em conjunto de peneiras empilhadas e colocadas dentro do aparelho de oscilação vertical (Modelo MA148), na seguinte ordem: 2,0 mm (parte superior) 1,0 mm 0,5 mm e 0,25 mm (parte inferior), (fotos em anexo) .

Dentro do aparelho as amostras foram agitadas durante 4 minutos, com amplitude de 4.0 cm de altura e 32 oscilações por minuto, durante 4 minutos. Ao término do processo de agitação, o conteúdo de cada peneira foi transferido para latas de alumínio numeradas e de peso conhecido e, em seguida, levado para a estufa para secagem (24 horas, 105°C). O princípio do método baseia-se em medir a quantidade e distribuição do tamanho dos agregados que são estáveis em água, relacionando-os com os que não desintegram pela tamisação. O procedimento adotado está de acordo com a metodologia proposta por Kemper e Chepil (1965), com modificações de acordo com Embrapa (1997).

A estabilidade de agregados foi expressa pelo Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e o índice de Sensibilidade (Is), obtidos pelas seguintes equações:

$$\text{Sendo: } \quad \text{DMG} = \exp \left( \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot \log x_i)}{\text{peso da amostra}} \right) \quad (10)$$

$w_i$  = peso dos agregados retidos em cada uma das peneiras (g) é multiplicado pelo logaritmo  $x_i$  = diâmetro das classes de peneira utilizada (mm). A soma desses produtos para todos os tamanhos de frações é dividida pelo peso total da amostra.

$$\text{Sendo: } \mathbf{DMP} = \sum_{i=1}^N (x_i \cdot w_i) / \text{peso da amostra} \quad (11)$$

$w_i$  = peso dos agregados retidos em cada uma das peneiras (g) e multiplicado  
 $x_i$  = diâmetro das classes de peneira utilizada (mm).

Para verificar se os valores de DMP dos tratamentos com cultivo do solo (DA, PP, CM e PC) foram diferentes daqueles da FN, foi calculado o “índice de sensibilidade” sugerido por Bolinder et al. (1999) Este índice utiliza o princípio da comparação relativa entre tratamentos e é calculado pela seguinte expressão:

$$\text{Sendo: } \mathbf{Is} = a_s / a_c \quad (12)$$

Is índice de sensibilidade;  $a_s$  é o valor do DMP do solo considerado em cada sistema de manejo testado (DA PP, CM e PC), e  $a_c$  é o valor do DMP do solo na FN. O valor do referido índice maior do que a unidade (um) significa que a estabilidade dos agregados aumentou e, quando menor, diminuiu.

## 7.7 Análises dos Dados

A influência da forma de uso da terra sobre a agregação dos solos nas diferentes camadas foi testada por meio do teste F. Dada a significância do efeito dos tratamentos, os valores médios foram comparados pelo teste de Tukey. Tanto no caso do teste F quanto no teste de comparação entre médias o nível de significância adotado foi o de 5%.

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.1 Propriedades Morfológicas

As observações realizadas em campo classificam o solo estudado em Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico em todos os agroecossistemas, conforme SiBCS (tabela 15) (EMBRAPA, 2006), formados a partir de produtos do intemperismo de rochas graníticas, relacionadas ao Complexo Guianense (BRASIL, 1975).

Os Argissolos Vermelho Amarelos apresentam sequência de horizontes dos tipos A e Bt, cuja coloração seca em superfície variou de bruno acinzentado a cinzento em todos os tratamentos e quando úmido variou de bruno a bruno acinzentado escuro, com matizes variando de 10YR a 7.5YR. Enquanto, nas camadas entre 10 e 40 cm, as cores foram predominantemente brunadas, na matiz 7.5YR. A predominância de cores brunadas mostra que a matéria orgânica concentra-se nos primeiros centímetros do solo, em especial, até 20 cm da superfície, coincidindo com o horizonte A (MUNSELL, 2000).

Diversos estudos realizados em Argissolos Vermelho Amarelos sob floresta no estado de Roraima (BRASIL, 1975; SCHAEFER, 1994; 1997; VALE JÚNIOR, 2000; MELO, 2002; BARROS et al., 2009; FEITOSA, 2009), revelaram pouca expressão da matéria orgânica nos primeiros centímetros do horizonte superficial, sendo marcante em ecossistemas amazônicos (CERRI, 1991; TOGNON et al., 1998; ARAÚJO et al., 2004) a elevada taxa de mineralização da matéria orgânica na superfície nesses ambientes (KOUTIKA et al., 1997 ; VALE JÚNIOR, 2000 ; SOUSA, 2004 ; NICODEM, 2008 ).

Os solos representativos da área do estudo constituem-se das classes texturais areia franca a franco arenosa em superfície, estando de acordo com o triângulo americano modificado (SANTOS et al., 2002), mas com teor de argila crescente ao longo do perfil, chegando a classe franco-argilo-arenosa, resultados também descritos por vários autores (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR, 2000; BARROS et al., 2009; FEITOSA, 2009).

**Tabela 15** – Principais propriedades morfológicas do Argissolo Vermelho Amarelo sob os agroecossistemas estudados, conforme SiBCS (EMBRAPA, 2006).

Camadas	Cor		Classe textural	Estrutura
	Seca	úmida		
<b>FN</b>				
00 – 10 cm	10YR 5/2	10YR 4/2	Areia franca a Franco arenosa	Moderada pequena e média granular e grãos simples
10 – 20 cm	10YR 6/3	10YR 4/3	Franco- argilo-arenosa	Fraca pequena e média blocos subangulares
20 – 40 cm	10YR 6/4	7.5YR 5/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca a moderada pequena e média blocos subangulares
<b>DA</b>				
00 – 10 cm	7.5YR 5/1	7.5YR 4/1	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular
10 – 20 cm	7.5YR 6/2	7.5YR 5/4	Franco-argilo-arenosa	fraca a moderada pequena granular e blocos subangulares
20 – 40 cm	7.5YR 6/3	7.5YR 5/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca a moderada muito pequena e pequena blocos subangulares
<b>CM</b>				
00 – 10 cm	10YR 5/2	7.5YR 4/2	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular
10 – 20 cm	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Franco-argilo-arenosa	fraca pequena granular e blocos subangulares
20 – 40 cm	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca a moderada muito pequena e pequena blocos subangulares
<b>PP</b>				
00 – 10 cm	7.5YR 5/1	7.5YR 3/2	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular
10 – 20 cm	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Areia franca a Franco arenoso	fraca a moderada pequena granular e blocos subangulares
20 – 40 cm	7.5YR 6/4	7.5YR 4/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca a moderada muito pequena e pequena blocos subangulares
<b>PC</b>				
00 – 10 cm	10YR 5/1	7.5YR 3/2	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular
10 – 20 cm	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Areia franca a Franco arenosa	fraca pequena granular e blocos subangulares
20 – 40 cm	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	Franco- argilo-arenosa	Fraca muito pequena e pequena blocos subangulares

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo.

Em todos os sistemas estudados a estrutura mantém-se granular na camada de 0–10 cm, mesmo com grau fraco e textura arenosa, influenciada pelos maiores valores de matéria orgânica e abundantes raízes finas e médias. Enquanto de 20–40 cm, torna-se fraca a moderada, muito pequena a pequena em blocos subangulares.

## 8.2 Granulometria do solo e Matéria Orgânica

Conforme os resultados da análise granulométrica, tabela 16 verificou-se o aumento de argila em camada, independente do tratamento. Em superfície, foram registrados valores entre 13,8 e 16,0% para FN e PP, respectivamente. Em camada, os teores de argila atingiram até 25,2% na FN, portanto, segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2006), trata-se de solos de textura média. Esses valores indicam um processo de podzolização, responsável pela gênese do horizonte Bt que é diagnóstico da classe dos Argissolos.

**Tabela 16** – Valores médios da matéria orgânica do solo (MOS) e da granulometria.

Profundidades (cm)	Sistemas de uso	MOS (dag Kg <sup>-1</sup> )	Argila	Silte	g kg <sup>-1</sup>			Silte/Argila	AD (%)	GF (%)
					Areia G.	Areia F.	Areia T			
00 - 10	FN	<b>1,85</b>	138	82	468	312	780	0,60	0,8	93,4
	DA	<b>2,74</b>	152	38	472	338	810	0,48	1,8	88,3
	PP	<b>2,13</b>	160	66	476	298	774	0,42	1,5	90,0
	CM	<b>1,48</b>	162	60	468	310	778	0,42	1,7	89,0
	PC	<b>1,49</b>	150	76	530	244	774	0,52	1,7	89,0
010 - 20	FN	<b>0,99</b>	210	66	424	300	724	0,34	4,7	77,2
	DA	<b>1,20</b>	206	50	406	338	744	0,26	4,5	79,0
	PP	<b>1,02</b>	174	58	440	328	768	0,23	3,9	75,6
	CM	<b>0,73</b>	216	60	440	284	724	0,23	3,5	83,8
	PC	<b>0,81</b>	192	92	492	224	716	0,49	3,3	82,6
20 - 40	FN	<b>0,57</b>	252	94	382	272	654	0,38	5,6	77,4
	DA	<b>0,60</b>	250	50	378	322	700	0,29	5,8	76,4
	PP	<b>0,78</b>	218	62	428	292	720	0,25	4,3	79,4
	CM	<b>0,55</b>	236	64	434	266	700	0,25	4,0	82,9
	PC	<b>0,57</b>	240	86	434	240	674	0,36	4,1	82,9

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo.

Observou-se, ainda, maior incremento de argila em camada em todos os tratamentos (tabela 16), ou seja, maior gradiente textural, verificando-se uma tendência de solos com maiores teores de areia em superfície em todos os sistemas estudados, contrariando valores obtidos por Martins et al. (2006), que estudaram solos sob mata e campo nativo na região de Humaitá (AM).

De modo geral, todos os sistemas estudados apresentaram elevado grau de floculação, principalmente em superfície, evidenciando, em especial, o efeito dos maiores teores de matéria orgânica do solo (MOS), como principal agente floculante (AMARO FILHO et al., 2008), somado com o efeito da mineralogia de argila (argila 1:1) (BRASIL, 1975;

EMBRAPA, 1983; VALE JÚNIOR, 2000; ; MELO, 2002; BENEDETTI, 2007) e ausência do efeito dispersivo de sódio e magnésio, conforme descrito por Corrêa et al. (1995).

### 8.3 Estabilidade de agregados (EA)

Todas as classes de agregados apresentaram diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) com relação ao agroecossistemas, enquanto que, com relação às camadas, foram assinaladas diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) somente nas classes de agregados 1,0-2,0 mm e 2,0-4,0 mm. Já a interação entre os fatores, houve diferenças significativas somente na classe de agregados  $< 0,25$  mm (tabela 17).

**Tabela 17** - Valores de quadrados médios e significância do teste F, para as porcentagens de agregados, em função do modelo analítico adotado.

Classes	<0,25 mm		0,25-0,50 mm		0,50-1,0 mm		1,0-2,0 mm		2,0-4,0 mm	
Uso	4	17.96 *	53.49 *		124.76 *		140.49 *		1224.82 **	
Camada	2	1.19 n.s.	20.83 n.s.		59.60 n.s.		137.64 *		1849.24 **	
Uso*Camada	8	13.81 *	17.41 n.s.		35.70 n.s.		38.09 n.s.		324.97 n.s.	
Erro	30	5.46	13.03		37.94		30.99		187.60	
Total	45									

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo. n.s. – não significativo ( $p > 0.05$ ); \* - significativo ( $p < 0.05$ ); \*\* - altamente significativo ( $p < 0.01$ )

Na classe  $< 0,25$  mm, os percentuais entre as camadas foram equivalentes, oscilando entre 2,49 e 3,02 %. Entretanto, entre os agroecossistemas, PC (4,93 %) apresentou o maior valor percentual, já o PP (1,13 %) apresentou o menor valor percentual, os outros sistemas apresentaram valores intermediários (2,16-3,24 %) (tabela 18 e figura 12).

Desdobrando-se os efeitos, tem-se distinção entre os agroecossistemas somente na camada de 0-10 cm, onde PC (9,09 %) apresentou valores superiores, enquanto que os outros sistemas apresentaram valores inferiores e equivalentes (0,45-2,50 %). Já o desdobramento das camadas nos sistemas assinala, distinção somente em PC, onde a camada 0-10 cm apresentou valores superiores (9,09 %) em relação às outras camadas (2,60-3,10 %).

**Tabela 18** - Valores médios de porcentagem de agregados em função dos agroecossistemas, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Classes de agregados	Tratamentos	Profundidade (cm)						Média	
		0-10		10-20		20-40			
<0,25 mm	CM	2,50	B a	3,37	A a	1,85	A a	2,57	AB
	DA	1,08	B a	1,5	A a	3,86	A a	2,16	AB
	FN	1,47	B a	3,95	A a	4,31	A a	3,24	AB
	PC	9,09	A a	2,60	A b	3,10	A b	4,93	A
	PP	0,45	B a	0,96	A a	1,96	A a	1,13	B
	Média		2,92	a	2,49	a	3,02	a	2,81
0,25-0,50 mm	CM	6,01	AB a	7,19	A a	6,55	A a	6,58	AB
	DA	1,52	B a	2,55	A a	7,33	A a	3,80	AB
	FN	2,05	B a	8,24	A a	6,66	A a	5,65	AB
	PC	11,17	A a	6,46	A a	8,00	A a	8,54	A
	PP	0,53	B a	1,76	A a	4,47	A a	2,25	B
	Média		4,26	a	5,24	a	6,60	a	5,37
0,50- 1 mm	CM	7,30	AB a	9,69	A a	9,47	A a	8,82	AB
	DA	3,66	AB a	9,12	A a	15,31	A a	9,36	AB
	FN	1,58	B a	8,51	A a	7,20	A a	5,76	AB
	PC	17,50	A a	11,37	A a	12,78	A a	13,89	A
	PP	1,00	B a	6,04	A a	5,68	A a	4,24	B
	Média		6,21	a	8,95	a	10,09	a	8,41
1-2 mm	CM	7,14	AB a	10,64	AB a	10,92	AB a	9,57	AB
	DA	3,70	B b	4,05	B b	16,54	A a	8,10	AB
	FN	2,04	B b	9,93	AB a	11,94	AB a	7,97	AB
	PC	13,64	A a	18,24	A a	13,28	AB a	15,05	A
	PP	2,00	B a	4,64	B a	5,78	B a	4,14	B
	Média		5,71	b	9,50	ab	11,69	a	8,97
2- 4 mm	CM	75,78	AB a	69,84	A a	59,56	AB b	68,39	B
	DA	90,34	A a	82,01	A a	46,44	B b	72,93	AB
	FN	90,39	A a	65,36	A ab	55,10	AB b	70,28	AB
	PC	50,95	B a	65,04	A a	52,51	AB a	56,17	B
	PP	95,38	A a	89,40	A a	81,36	A a	88,71	A
	Média		80,57	a	74,33	a	58,99	b	71,30

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo Médias seguidas de mesmas letras, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

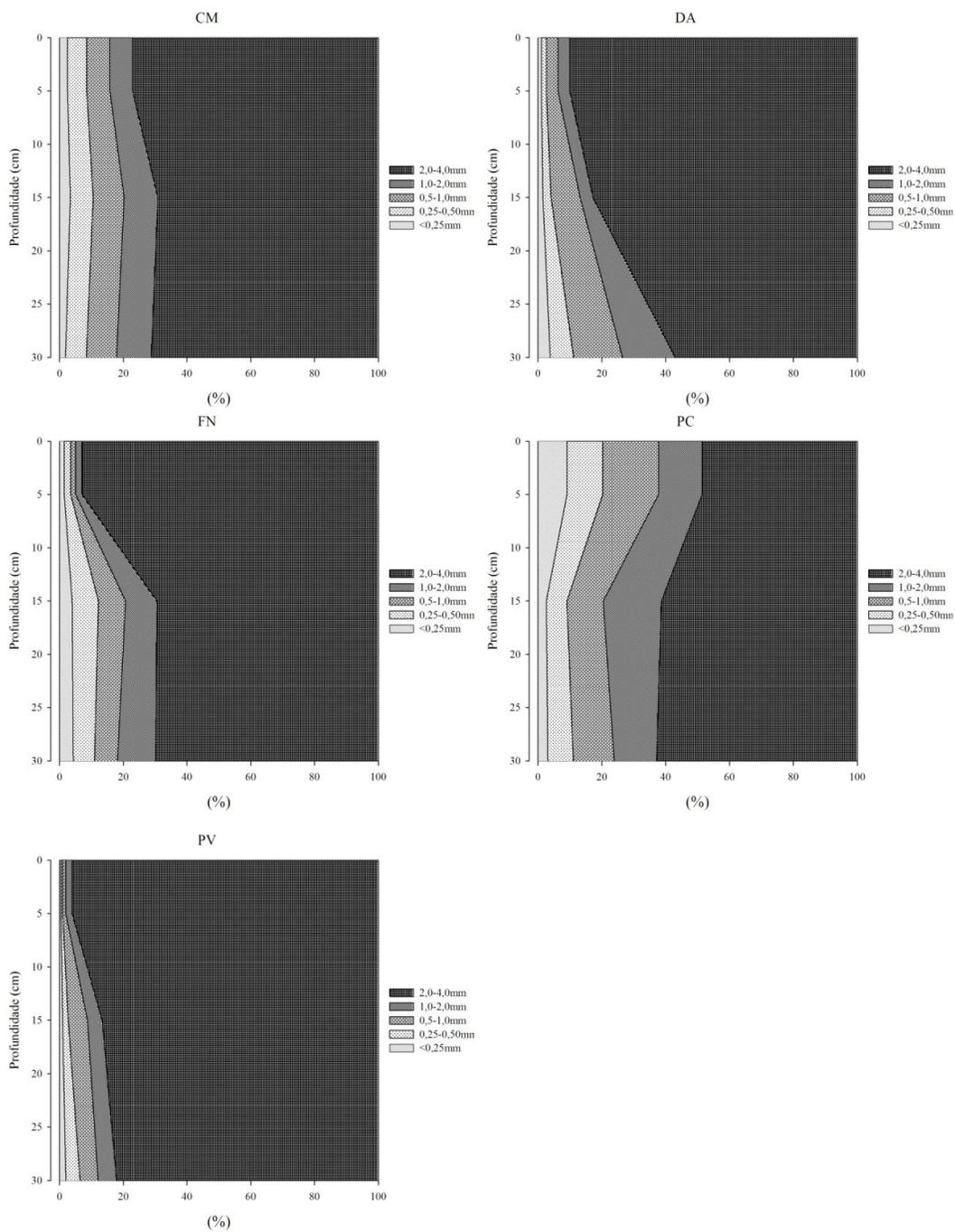


Figura 12 - Valores médios do percentual das classes de agregados, em função das camadas nos diferentes agroecossistemas

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destacada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo

Na classe de agregados 0,25-0,50 mm, as camadas não apresentaram diferenças entre si. Mas os sistemas apresentaram distinção, tendo os maiores valores percentuais em PC (8,54%) e os menores valores percentuais em PP (2,25%), o restante dos agroecossistemas da terra apresentaram valores intermediários (3,80-6,58%). Desdobrando-se os efeitos, tem-se que entre os sistemas, em função das camadas uma diferença somente na camada de 0-10 cm, onde o PC apresentou os maiores valores percentual (11,17%) e CM (6,01%), os valores intermediários dos agroecossistemas apresentaram valores inferiores (0,53-2,05%). Com relação aos desdobramentos das camadas em função das agroecossistemas não foi assinalada diferença entre camadas em nenhuma das agroecossistemas.

Na classe de agregados 0,50 - 1 mm, as camadas não apresentaram diferenças entre si. Entretanto as agroecossistemas apresentaram diferenças, tendo os maiores valores percentuais em PC (13,89%) e os menores valores percentuais em PP (4,24%), o restante das agroecossistemas apresentaram valores intermediários (5,76-9,36%).

Desdobrando-se os efeitos, tem-se que entre as agroecossistemas, em função das camadas, apresentaram diferença somente na camada de 0-10 cm, onde PC apresentou o maior valor percentual (17,50%), enquanto que PP (1,0%) e FN (1,58%) apresentaram os menores valores percentuais, as outras formas de uso apresentaram valores intermediários (3,66-7,30%). Já os desdobramentos das camadas em função das formas de manejo não foram assinaladas diferenças entre camadas em nenhuma das agroecossistemas.

Na classe de agregados de 1- 2 mm, as camadas apresentaram diferenças entre si, sendo que a camada de 20 - 40 cm apresentou os maiores valores percentuais (11,69%), seguida de 10-20 cm com valor intermediário (9,50%) e 0 - 10 cm com os menores valores (5,71%). As agroecossistemas também apresentaram distinção, tendo os maiores valores percentuais em PC (15,05%) e os menores valores percentuais em PP (4,14%), o restante das agroecossistemas apresentaram valores intermediários (7,97- 9,57%).

Desdobrando-se os efeitos, entre as agroecossistemas, em função das camadas, tem-se diferenças em todas as camadas, sendo que na camada 0-10 cm apresentou os maiores valores em PC (13,64%), os intermediários em CM (7,14%), as outras agroecossistemas apresentaram valores inferiores (2,04-3,7%); no caso da camada 10-20 cm um padrão semelhante foi assinalado, em que os maiores valores percentuais foram assinalados em PC (18,24%), os valores intermediários em CM (10,64%) e FN (9,93%), e os valores inferiores em PP (4,64%) e DA (4,05%).

Já com relação aos desdobramentos das camadas em função das agroecossistemas, foram assinaladas diferenças entre camadas na forma de uso DA, onde a camada 20-40 cm apresentou os maiores valores (16,54%) e as outras camadas os menores valores (3,70-4,05%). Na forma de uso FN a camada de 0-10 cm apresentou o menor percentual, enquanto que as outras foram superiores e equivalentes entre si (9,93-11,94%) (tabela 18).

**Tabela 19** - Valores de quadrados médios e significância do teste F, para as porcentagens de agregados, em função do modelo analítico adotado.

Fatores		DMG		DMP		IS	
Uso	4	0.477	**	1.052	**	0.013	n.s.
Camada	2	0.038	n.s.	0.415	**	0.015	n.s.
Uso*Camada	8	0.015	n.s.	0.068	n.s.	0.003	n.s.
Erro	30	0.028		0.053		0.008	
Total	45						

sendo:n.s. – não significativo ( $p>0.05$ ); \* - significativo ( $p<0.05$ ); \*\* - altamente significativo ( $p<0.01$ )

Na classe de agregados de 2,0 - 4,0 mm, as camadas apresentaram diferenças entre si, sendo que a camada 20-40 cm apresentou os menores valores percentuais (59,56%) e as outras camadas apresentaram valores equivalentes e superiores (74,33-80,57%). As agroecossistemas também apresentaram distinção, tendo os maiores valores percentuais em PP (88,71%) e os menores valores percentuais em CM (68,39%) e PC (56,17%), o restante das formas de uso apresentaram valores intermediários (70,28-72,93%).

Desdobrando-se os efeitos entre as agroecossistemas em função das camadas, tem-se diferenças na camada 0-10 cm, em que os menores valores foram assinalados foram em PC (50,95%), os intermediários em CM (75,78%), as outras formas apresentaram valores superiores (90,34-95,38%). No caso da camada de 10-20 cm não foi assinalada diferença entre as agroecossistemas, já no caso da camada 20-40 cm os maiores valores foram assinalados em PP (81,36%), os menores valores em DA (46,44%) e o restante apresentaram valores intermediários (52,51-59,56%).

Com relação aos desdobramentos das camadas em função das agroecossistemas, foi assinalada a diferença entre camadas na forma de uso CM, onde a camada de 20-40 cm apresentou os menores valores (59,56%) e as demais camadas os maiores valores (69,84-75,78%). A forma de uso DA, onde a camada de 20-40 cm apresentou os menores valores (46,44%) e as outras camadas os maiores valores (82,01-90,34%) e na forma de uso FN, onde

a camada 0-10 cm apresentou o maior valor percentual (90,39%), 10-20 cm valores intermediários (65,04%) e 20-40 cm os menores valores percentuais (55,10%).

Verifica-se maior concentração de agregados na classe de 4 – 2 mm, em todas as camadas, apresentando maiores valores para PP, seguido da FN, DA, CM e PC. Os menores valores para o sistema de PC revelam o efeito negativo das práticas utilizadas no manejo desse solo, onde o uso intensivo com máquinas promoveu destruição e pulverização da estrutura, reduzindo os agregados a classes menores, comprometendo a porosidade total e outras propriedades relacionadas com aeração e dinâmica da água.

De um modo geral, o percentual de agregados na classe 2- 4 mm foi o mais elevado (71,30%), seguido das classes 1-2 mm (8,97%) e 0,5-1 mm (8,41%). Os menores valores percentuais de agregados foram assinalados em 0,25-0,5mm (5,37%) e <0,25mm (2,81%).

Verifica-se, também, que os agregados maiores concentram-se em superfície, sendo em ordem decrescente de concentração os seguintes: PP (95,38%), FN (90,39%), DA (90,34%), CM (75,78%) e PC (50,95%). Se pode observar que estes valores para os macroagregados estão associados aos maiores valores da MOS (tabela 16), esta relação positiva comprova a importância do carbono orgânico nos processos de formação e estabilização de macroagregados no solo, por ser um eficiente agente cimentante (EMERSON, 1959; EDWARDS; BREMNER, 1967; CAMPOS et al., 1995; TISDALL; OADES, 1982; BEUTLER et al. 2002; OLIVEIRA et al., 2004; SIX et al., 2004), destacando-se os efeitos positivos na agregação do solo propiciado pelas gramíneas em função da maior incorporação de matéria orgânica ao solo (CAMPOS et al., 1995; SILVA et al., 1998; SILVA ; MIELNICZUK, 1998).

Tomando-se a Floresta natural (FN) como condição original de agregação do solo, o sistema de plantio convencional foi o que apresentou maiores efeitos dos sistemas de cultivo, observado intensamente sobre todas as classes de agregados. As modificações da classe de agregados de maior diâmetro contribuíram para o surgimento de maiores percentuais nas classes de menor diâmetro, mas na classe intermediária, conforme constataram Carpenedo e Mielniczuk (1990) e Silva e Mielniczuk (1998).

Na camada superficial (0 a 10 cm) do solo sob condições de Floresta natural, 90,0% dos agregados são de diâmetro maior que 2 mm, enquanto no sistema de vedação do pasto (PP) esses agregados chegam 95,0%. O fracionamento dos agregados do solo (redução da porcentagem de agregados maior de 2 mm) ocorreu com o início das práticas de limpeza da área por meio da destoca, enleiramento e preparo do solo com grade aradoura e grade niveladora para o primeiro cultivo.

Quanto aos índices que são utilizados para expressar a estabilidade de agregados, observa-se na tabela 19 que não houve interação entre os sistemas estudados. Para os efeitos isolados, verificou-se que DMP foi afetado pelos sistemas e camadas.

Para os índices DMG e DMP, verificou-se que independentemente das camadas, o sistema PV apresentou os maiores valores médios em relação aos demais sistemas. Não houve diferença significativa entre os sistemas FN, CM, DA e PP (tabela 20).

**Tabela 20** - Valores médios de porcentagem de agregados em função dos agroecossistemas e camada, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Tratamentos		0-10cm	10-20cm	20-40cm	Média				
DMG(mm)	CM	1,20	A a	1,17	A a	1,10	AB a	1,16	A
	DA	1,29	A a	1,22	A a	1,10	AB a	1,20	A
	FN	1,31	A a	1,18	A a	1,10	AB a	1,20	A
	PC	0,60	B a	0,75	B a	0,72	B a	0,69	B
	PP	1,31	A a	1,22	A a	1,20	A a	1,24	A
	Média	1,14	a	1,11	a	1,04	a	1,10	
DMP(mm)	CM	1,57	A a	1,61	A a	1,28	AB a	1,49	A
	DA	1,87	A a	1,73	A ab	1,32	AB b	1,64	A
	FN	1,87	A a	1,61	A ab	1,28	AB b	1,59	A
	PC	0,77	B a	1,02	B a	0,87	B a	0,89	B
	PP	1,86	A a	1,75	A a	1,67	A a	1,76	A
	Média	1,59	a	1,55	a	1,28	b	1,47	
Is(mm)	CM	0,96	A a	1,02	A a	1,02	A a	1,00	A
	DA	1,00	A a	1,06	A a	0,98	A a	1,01	A
	FN	1,00	A a	1,00	A a	1,00	A a	1,00	A
	PC	0,90	A a	1,02	A a	1,00	A a	0,97	A
	PP	1,02	A a	1,09	A a	1,12	A a	1,07	A
	Média	0,98	a	1,04	a	1,02	a	1,01	

Sendo: FN – Floresta natural; DA – área destocada; PP – pastagem em pousio; PC – plantio convencional; CM – cultivo mínimo Médias seguidas de mesmas letras, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Para os índices DMG e DMP observou-se maiores valores na camada 0-10 cm, tendendo a decrescer em camada (figura 13), onde os maiores valores para DMP dos agregados foram observados nas camadas superficiais dos solos sob DA (1,87 mm) = FN (1,87 mm) = PP (1,86 mm), seguido de CM (1,57 mm) em comparação ao solo sob PC (0,77 mm), indicando um efeito positivo do revolvimento do solo e acúmulo de resíduos vegetais na superfície sobre a estabilidade de agregados (VEZZANI ; MIELNICZUK, 2009).

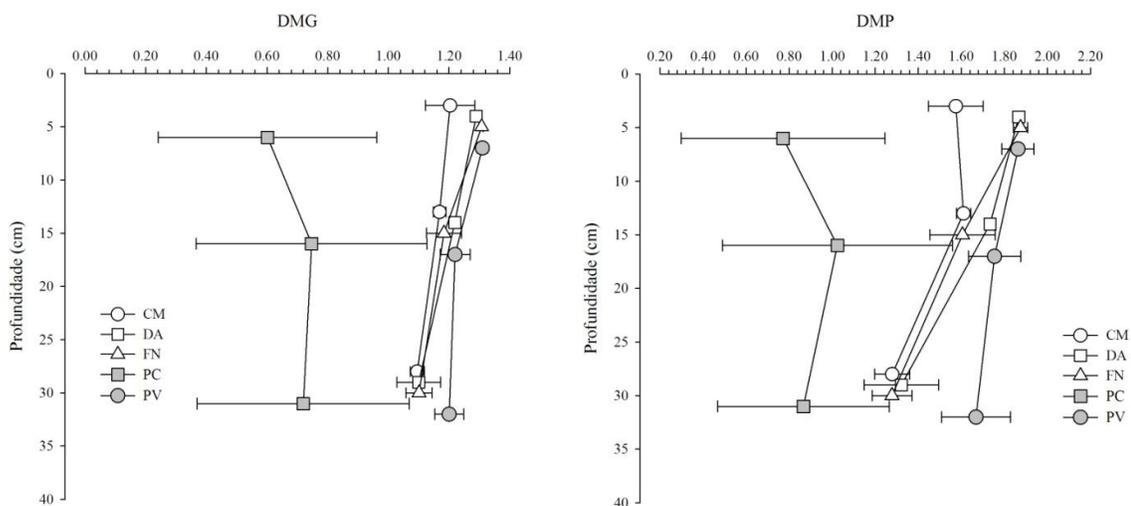


Figura 13– DMG e DMP em função das camadas e dos agroecossistemas

O DMP dos agregados foi decrescente em camada, com os menores valores apresentados em PC. Efeitos semelhantes do PP, no aumento da estabilidade de agregados têm sido verificado em Argissolos (ALBUQUERQUE et al., 1994) e Latossolos (CAMPOS et al., 1995) do Sul do Brasil.

Segundo Silva e Mielniczuk (1998), a magnitude das alterações é dependente da textura e mineralogia do solo. Altos teores de argila e predominância de minerais de carga variável caracterizam, geralmente, solos com maior resistência às alterações físicas resultantes do manejo, em relação, principalmente, a solos arenosos. Nesse estudo não foi verificada relação da textura com as alterações da agregação, pois, o solo estudado apresentou pouca variação da argila, predominando minerais 1:1 (caulinita).

Analisando os valores obtidos para os índices que são utilizados para expressar a estabilidade de agregados (DMG, DMP e Is), verifica-se que se correlacionam positivamente com as classes de agregados, em especial as maiores de 2 mm, portanto, pode-se considerar como bons índices de avaliação das modificações da estabilidade da estrutura na conversão da FN em diferentes sistemas, onde, o PC apresentou a maior perda, consequência do rompimento dos agregados na camada preparada e aceleração da decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados do solo (CARPENEDO ; MIELNICZUK, 1990). Considerando que propriedade quantidade e qualidade de argila e seu grau de dispersão e floculação afetam a agregação do solo, conforme Silva e Mielniczuk (1998) verificaram a relação positiva dos índices de estabilidade de agregados com o grau de

floculação da argila, cujos valores foram maiores em superfície, onde o PC tendeu a apresentar argila com menor grau de floculação, embora os teores de MOS expliquem melhor as variações no DMG e DMP.

## **9 CONCLUSÕES**

1. A conversão da floresta natural em diferentes agroecossistemas modifica negativamente a estabilidade dos agregados do solo.
2. O sistema de plantio convencional é o que mais promove perdas de estabilidade de agregados, seguido do sistema de cultivo mínimo, quando comparado com a floresta natural, revelando o efeito negativo do preparo do solo convencional nos atributos físicos.
3. O plantio convencional promove a pulverização dos agregados, observado nos menores valores obtidos para a classe de agregados, sendo estes acima de 2,0 mm.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J. ; FIORIN, J.E. Variação temporal da estabilidade estrutural em Podzólico Vermelho-Amarelo. **Ciência Rural**, 24:275-280, 1994.

ALLISON, L.E. Organic carbon. In: BLACK, C.A. (Ed.) Methods of soil analysis. Madison: **American Society of Agronomy**, Pt.2; Chemical and Microbiological Properties, p.1367-1378 . 1965.

ALVARENGA, R.C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A.; RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 10: 273-277, 1986.

ALVARENGA, M.I.N.; SOUZA, J.A. **Propriedade do solo e impacto ambiental**. 2 ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997, 2005 p.

AMARO FILHO, J; ASSIS JÚNIOR, R N.; MOTA, J. C.A; Estrutura do solo In: **Física do solo- conceitos e aplicações**. 1º ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, Cap. 5, 2008. 289p.

AMARAL, E. F. ; BROW, I. F.; MELO, A. W. F. de. **Efeito de diferentes uso da terra nas características do solo no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001, 20 p.

ANGULO, J.R. Relações entre a erodibilidade e algumas atributos de solos brasileiros. Curitiba : UFRPR, 1983. 154p. Dissertação de Mestrado.

ANGULO, R.J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M.L.P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 8:7-12, 1984.

ARSHAD, M.A.;LOWERY,B.;GROSSMAN,B.Physical tests monitoring soil quality. In: DORAN, J.; W.;JONES, A.J.(Eds).Methods for assessing soil quality. Madison: **Soil Science Society of America**, 1996.Cap.7, p.123-141.

ARSHAD, M.A.;MARTINS, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 88, n.2.p.153-160,2002.

ARAÚJO, E. A., Qualidade do solo em ecossistemas de mata natural e pastagens na região leste do Acre, Amazônia Ocidental. Universidade Federal de Viçosa. 2008.233p. (Tese de Doutorado).

ARAÚJO, E. A. LANI, J.L; AMARAL ,E.F; GUERRA.A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 28:7-12, 2004.

ARAÚJO, M.A.; TORMENA, C.A. ; SILVA, A.P. Atributos físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata natural. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 28:

337-345, 2004.

BARBOSA, R. I. **Distribuição das chuvas em Roraima**. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E. G. (orgs.). **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997.

BARROS. L.S. Erosão do solo em plantios de *Acacia Mangium willd* e savana, Roraima, Norte da Amazônia-Roraima. Universidade Federal de Roraima- 2007.65p. (Dissertação de Mestrado).

BARROS. L. S.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. R. ; MOURÃO M.; Perdas de solos e Água em Plantio de *Acacia mangium Wild* e Savana em Roraima, Norte da Amazônia., **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 33: 235-475,2009.

BENEDETTI. U.G Estudo detalhado dos solos do campus do cauamé da UFRR, Boa Vista, Roraima. Universidade Federal de Roraima, 2007.91p. (Dissertação de Mestrado).

BERTOL, I; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Atributos físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 28:112-117, 2004.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Atributos físicas de um Cambissolo Húmico afetados pelo tipo de manejo do solo. . **Ciência Agrícola**. 58: 91-95, 2000.

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 Solo**, 26:829-834, 2002.

BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL. Folha NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, NA. 20 Roraima e NA. 21**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1975, v.8.

BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A.; GREGORICH, E.G. & CARTER, M.R. The response of soil quality indicators to conservation management. *Can. J. Soil Sci.*, 79:37-45, 1999.

BRAUNACK, M.V.; DEXTER, A.R. Soil aggregation in the seedbed: a review. I - Properties of aggregates and beds of aggregates. **Soil Tillage Res.**, 14:259-279, 1989.

BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma** v.124, n.1, p.3-22, 2005.

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

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. ; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de

sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 22:527-538, 1998.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 14:99-105, 1990.

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

CERRI, C.C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais atributos de um Latossolo Vermelho- Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. Cahiers Orstom, **Série Pédologie**, Bondy, v.26, p.37-50, 1991.

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

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo, **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 32: 933-942 2008.

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.203-209, 2002.

COOTE, D.R.; RAMSEY, J.F. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. *Can. J. Soil Sci*, 63: 1-14, 1983.

CORSINI, P. C. e FERRAUD , A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p. 289-298 1999.

CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Propriedade física e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 27, 2003.

DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FIORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 21: 241-247, 1997.

DERPSCH, R.; ROTH, C.; SIDIRAS, N. ; KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn : Gesellschaft für Technische **Zusammenarbeit/IAPAR**, 1991. 260p.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society American, 1994, p.3-21 (Special).

DORAN, J.W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M.; Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**. v.56, 1996.

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, 1996. p.25-37. (Special Publication, 49).

EDWARDS, A.P.; BREMNER, J.M. microagregates in soils. **Journal of soil science**, London v.18, p. 64-73, 1967.

EMERSON, W.W. The structure of soil crumbs. **J. Soil Sci.**, 10:23-24, 1959.

EGASHIRA, K.; KAETSU, Y.; TAKUMA, K. Aggregate stability as an index of erodibility of Andosols. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.29, n.4, p.473-481, 1983.

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

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do Polo Roraima. **Boletim de pesquisa** n.18. Rio de Janeiro: Comitê de Publicações do SNLCS, 1983.

FELLER, C.; BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, v.79, n.1, p.69-116, 1997.

FEITOSA, K. K. A. Indicador físico da qualidade de um Argissolo Amarelo sob Savana e plantio direto com soja no município de Boa Vista – Roraima, Universidade Federal de Roraima, 2007. 37p. (Monografia de Especialização)

FEITOSA, K. K. A. caracterização e classificação de solos em “ilhas florestais” e savanas associadas no nordeste de Roraima, Universidade Federal de Roraima, 2009. 67p. (Dissertação de Mestrado)

FEIGL, B.J. Dinâmica da Matéria Orgânica do solo na sucessão floresta/pastagem na Amazônia (Rondonia). Universidade de São Paulo, 1994. Piracicaba: CENA/USP, 1994. 68p. (Tese Doutorado)

GOEDERT, W. J.; **Solos dos cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985.

GAVANDE, S. A. **Física de suelos: principios y aplicaciones**. 4 ed. México. 1982. 351p.

HAJABBASI, M.A.; JALALIAN, A.; KARIMZADEH, H.R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lorestan, Iran. **Plant Soil**, 190:301-308, 1997.

HARRIS, R.F.; KARLEN, D.L.; MULLA, D.J. A conceptual framework for assessment and management of soil quality and health. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison : Soil Science Society of America, 1996. p.61-82. (SSSA Special Publication, 49).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS –INPE- **projeto de estimativa do desflorestamento bruto da Amazônia :desflorestamento nos municípios da Amazônia Legal**. Relatório, 1998-2006, disponível em: <[http://www.inpe.br/prpdesdigital/prodes\\_municipios](http://www.inpe.br/prpdesdigital/prodes_municipios)>. Acesso em 4 Julho de 2010.

KAY, B.D.; ANGERS, D.A. Soil structure. In: SUMNER, M.E. (Ed). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, p. 229-276. 1999.

KARLEN,D.L.;MAUSBACH,M.J.;DORAN,J.W.;CLINE,R.G.;HARRIS,.F.;SCHUMAN, G.E.**Soil Science Society America journal**, v.61,n 1,p.4-10,1997.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C.A., eds. Methods of soil analysis. Madison, **American Society of Agronomy**, 1965. p.499-510. (Agronomy, 9)

KOUTIKA, L.S., BARTOLI, F., ANDREUX, F., CERRI, C.C., BURTIN, G., CHONÉ, Th. CHONÉ , PHILIPPY, R. Organic matter dynamics and aggregation in soils under rain forest and pastures of increasing age in the eastern Amazon Basin **Geoderma**, v.76, p.87-112,1997.

LAPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G. ; CURNOE, W.E. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, Eastern Ontario, Canada. **Soil Till . Res.**, 78:151-170, 2004.

LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S. ; EUCLIDES, V.P.B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 28:415-423, 2004.

LETEY, J.; SOJKA, R. E.; UPCHURCH, D. R.; CASSEL, D. K.; OLSON, K. R.; PAYNE,W.A.; PETRIE, S. E.; PRINCE G. H.; REGINATO, R. J.; SCOTT, H. D.; SMETHURST, P. J.; TRIPLETT, G. B. Deficiencies in the soil quality concept and its application. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.58, n.4,p.180-187,2003

LIRA, E.M.; WADT, P.G.S.; GALVÃO, A.S .; RODRIGUES , S .G. Avaliação da capacidade de uso da terra e dos impactos ambientais em área de assentamento na Amazônia Ocidental. **Revista de Biologia e Ciências da terra**, 6:316-326,2006

LOGSDON, S.D.; ALLMARAS, R.R.; NELSON, W.W. ; WOORHEES, W.B. Persistence of subsoil compaction from heavy axle loads. **Soil Till. Res.**, 23:95-100, 1992.

LOWERY,B.; HICKEY, W.,ARSHAD,M.A.;LAL,R. Soil water parameters and soil quality In: DORAN,j.W.;JONES,A.J.(Ends.) .Methods for assessing soil quality.Madison: **Soil Society of America**, Cap.8, p.143-155,1996.

MARTINS, G. C.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; VITORINO, A. C. T.; SILVA, M. L. N. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): propriedade diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.2, p.221-227, mar./abr. 2006.

MASSING, J. P.; KLEIN, V. A.; CÂMARA, R. K.; BIASUZ JUNIOR, I. J.; SIMON, M. A. Densidade máxima e relativa de solos sob plantio direto. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**: Manejo integrado a ciência do solo na produção de alimentos. 15: 2004 Santa Maria – RS.

MELO, V. F. Solos e indicadores de uso agrícola em Roraima: Áreas indígena Maloca do Flechal e de colonização do Apiaú. – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 145p. (Tese Doutorado)

MEROTTO JR., A. ; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 23:197-202, 1999.

MULLINS, C.E .Hardsetting. In: LAL,R.; BLUM, W.R.; VALENTINE, C.; STEWAET,B.A., Eds. Methods for assessment of soil degradation. **Advances in science. New York, CRC Press**, p.109-128. , 1997

MUNSELL. Soil Color Charts. Baltimore, Munsell. **Color Company**, 2000.

NEVES J. A. F. Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia. Piracicaba- Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, 2005 65p. (Dissertação Mestrado).

NEVES J. A. F. Qualidade física de solos com horizontes antrópico (terra preta de índio) na Amazônia central. Piracicaba - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, 2008 .93p. (Tese Doutorado).

NICODEM, E. Caracterização da matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais, no Parque Nacional do Viruá em Roraima, norte da Amazônia. Boa Vista, Universidade Federal de Roraima. 2009. 75.p. (Dissertação Mestrado).

NORFLEET, M.L.;DITZLER, C.A.;PUCKET,W.E.;GROSSMAN,R.B.;SHAW, J.N.Soil quality and its relationship to pedology. **Soil Science**, v.168, n.3,p.149-155,2003.

OADES, J.M.Soil organic matter and structural stability:mechanisms and implications for management.**Plant and Soil**,v .76, n.1-3,p.319-337,1984.

OLIVEIRA, G.C. DIAS JUNIOR, M.S. RESCK, D.V.S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 28: 327-336,2004.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 1995.

REICHARDT, K.A **água em sistemas Agrícolas**. São Paulo: Manoele, 1990.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M. da; CABEDA, M.S.V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e atributos de solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 17: 283, 1993.

REINERT, D.J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L.E.; GRIFFIT, J.J. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998. p.163-176.

ROSOLEM, C.A.; FERNANDEZ, E.M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C.A.C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34:821-828, 1999.

ROJAS, C.A.L.; VAN LIER, Q. J. Alterações físicas e hídricas de um podzólico em função de sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, V.5:105-115, 1999

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. D. dos; KER, J. C; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo - Embrapa, 2005. 92p.

SANTOS, D. Perdas de solo e produtividade de pastagens naturais melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (Epiálico) dos campos da Mantiqueira, MG. Lavras : ESAL, 1993. 99p. Dissertação de Mestrado.

SA, M.A.C.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N.; DIAS JUNIOR, M.S. comparison of methods for aggregate stability studies in solils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.9, 2000.

SEYBOLD, C.A.; HERRICK, J.E. BREJDA, J.J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science**, v.164, n 4, p.224-234, 1999.

SECCO, D.; ROS, C. O. da.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Propriedade físicas e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 29: 407-414. 2005.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ROS, C. O. da. Produtividade de soja e atributos físicos de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. Viçosa, v. 28, n. 5, 2004.

SCHAEFER, C. E. R. Landscape Ecology and Land Use Patterns in Northeast Roraima, Brazil. **Royal Holloway**, London, v.11, p. 1-24, 1994.

SCHAEFER, C. E. R. Ecogeography and human scenario in Northeast Roraima, Brazil. **Ciência e Cultura**, **Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**. v. 49, n.4. p. 241-252, 1997.

SILVA, R.G.; RIBEIRO, C.G. Análise da degradação ambiental na Amazônia ocidental: um estudo de caso dos municípios do Acre. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 42:91-110, 2004.

SILVA, M. A .S. da; MAFRA,A.L.;ALBUQUERQUE,J.A.;BAYER,C.; MIELNICZUK, J.Propriedade 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.; KAY, B.D. ; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58:1775-1781, 1994.

SILVA, M.L.N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J.M.; MARQUES, J.J.G.S.M. ; CARVALHO, A.M. Estabilidade e resistência de agregados de Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 33:97-103, 1998.

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.;CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas atributos físicas de dois latossolos. . **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 91-95,1986.

SILVA, R. R. da.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Propriedade físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande – MG. **Revista Ciência Agrotecnica, Lavras**, v. 29, n.4. p.719-730. jul./ago., 2005.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 22: 311-317, 1998.

SILVA, M.L.N. **Erodibilidade e impacto direto de gotas de chuva simulada sobre a superfície de latossolos sob cerrado**. Lavras : ESAL, 1994, 109 p.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S. ; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) agregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Till. Res.*,79:7-31, 2004.

SINGER, M.J. ; EWING, S.S.Soil quality. In: SUMMER, M. E. (Ed.).**Handbook of soil science**. Georgia, USA: University of Georgia, 1999.

SMITH, C.W.; JOHNSTON, M.A ; LORENTZ, S. The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical resistance of South African forestry soils. **Geoderma**, 78: 93-111,1997.

SOJKA, R.E.; UPCHURCH, D.R. Reservations regarding the soil quality concept; discussion.**Soil Science Society of America Journal**, v.63, n.5, p.1039-1054, 1999.

SOUSA, L.M.I.;Alterações das características físicas, químicas e água no solo na converção de savana para plantio de *Acácia Mangium* em Roraima, Universidade Federal de Roraima,2004.60p(Monografia de especialização).

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M. ; PARKER Jr., J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarsetextured soil materials. **Soil Sci.**, 102:18-22, 1966.

TAYLOR, H.M. ; RATLIFF, L.F. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. **Soil Sci.**, 100:113-119, 1969.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and waterstable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.33, n.1, p.141-163, Mar. 1982.

TIPPKÖTTER, R. The effect of ultrasound on the stability of mesoaggregates (60-200  $\mu\text{m}$ ). *Zeitschrift fuer Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Weinheim, v.157, n.2, p.99-104, Apr. 1994

TOGNON, A. A., DEMATTE, J. L. I. .; DEMATTE, J. A. M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil central. *Sci. agric.*, v. 55, n. 3, p. 343-354, 1998.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo Roxo sob plantio direto. . *Revista Brasileira de Ciência Solo* 22: 573-581, 2004

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo de solo. *Revista Brasileira de Ciência Solo*. 59:795-801; 2002

TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J. ; COSTA, J.M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência Solo*. 31:211-219, 2007.

VALE JÚNIOR, J. F. Pedogênese e Alterações dos Solos sob Manejo Itinerante, em áreas de Rochas Vulcânicas Ácidas e Básicas, no Nordeste de Roraima. Viçosa, – Universidade Federal de Viçosa. 2000. 185p. (Tese Doutorado).

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUSA, M. I. L. Caracterização e distribuição dos solos das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; COSTA E SOUZA, J. M. *Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris*. Boa Vista: FEMACT, 2005.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:892-898, 1980.

VIEHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, A.H. Soil moisture conditions in relation to plant growth. *Plant physiology*, Rockville, v. 2. p.71-78, 1927.

VIEIRA, I.C.G.; SILVA, J.M.C.; TOLEDO, P.M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. *Estudos Avançados*, 19:153-164,2005

VEPRASKAS, M.J. Cone index of loamy sands as influenced by pore size distribution and effective stress. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 1220-1225 ,1984.

VEZZANI. M.F.; MIELNICZUK J.; Uma visão sobre qualidade do solo *Revista Brasileira de Ciência Solo* 33:7453-755, 2009.

ZECH, W., SENESI, N., GUGGENBERGER,G.,KAISER,K.,LEHMANN,J.,MIANO T.M.,MILTNER A., SCHROTH G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma*, v.79, p.117-161, 1997

ZOU, C.; SANDS, R., BUCHAN, G.; HUDSON, I. Limiting water range: a potential indicator of physical quality of Forest soils. Aust. j. **Soil Res.**, 38:947-958, 2000.

## ANEXOS – CARACTERIZAÇÃO FOTOGRÁFICA DO ESTUDO



Foto 1 – Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo da fazenda Umirizal



Fotos 2, 3 e 4 – Detalhes da área sob Floresta Natural e o perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo



Fotos 5 e 6 – Paisagem das áreas com sistema de pastagem em pousio e o perfil de Argissolo Vermelho Amarelo.



Fotos 7 e 8 – Detalhes da área destocada sob perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo, em destaque restos de tocos enleirados.



Fotos 9 e 10 – Sistema de cultivo mínimo, com Brachiaria Decumbens, Arroz e Milho, sobre Argissolo Vermelho-Amarelo



Fotos 11 e 12 – Sistema de milho em plantio convencional sob Argissolo Vermelho Amarelo

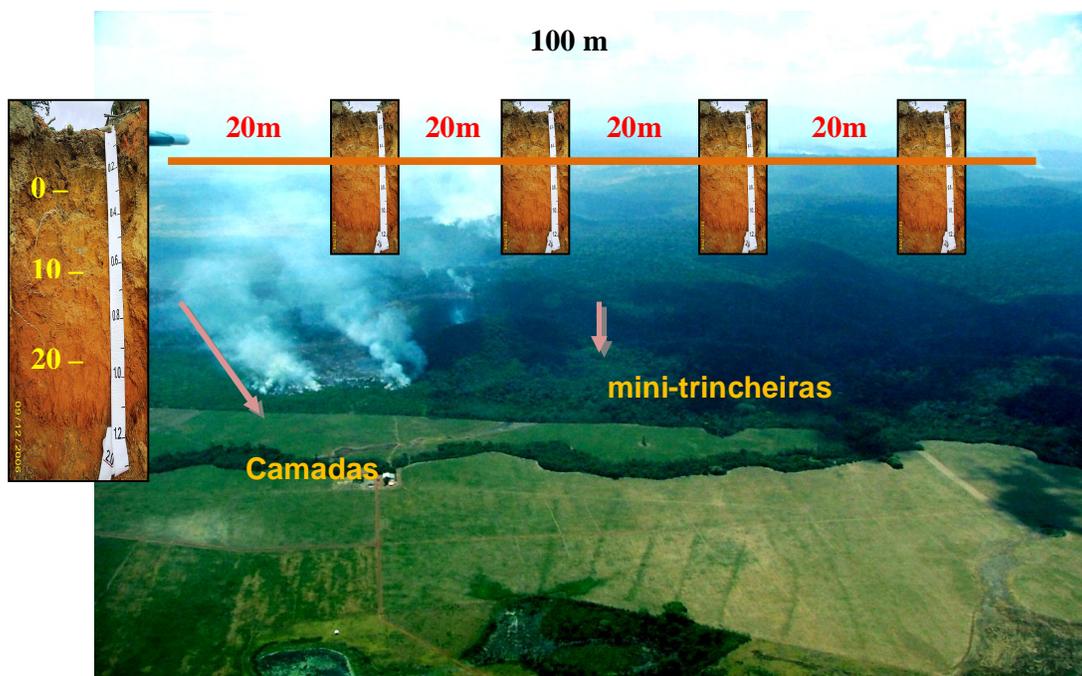


Foto 13 – Distribuição dos pontos de coletas (mini-trincheiras) ao longo de um transecto de 100 m em uma área de 1 ha (100 m x 100 m) no Município de Bonfim-RR, 2008



Fotos 14, 15 e 16 – Detalhes dos trabalhos de laboratório, mostrando a determinação da Argila Dispersa em Água (AD).



Fotos 17 e 18 – Detalhes das classes de agregados, após sua separação e secagem.



Fotos 19 e 20 – Detalhes do equipamento utilizados na determinação das classes de agregados via úmida.