



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EFEITO DO SISTEMA RADICULAR DA *Brachiaria ruziziensis* NA FORMAÇÃO E
ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE UM NITOSSOLO VERMELHO**

Eliane Duarte Brandão

**AREIA, PB
ABRIL - 2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ELIANE DUARTE BRANDÃO

**EFEITO DO SISTEMA RADICULAR DA *Brachiaria ruziziensis* NA FORMAÇÃO
E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE UM NITOSSOLO VERMELHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Dr. Ivandro de França da Silva

AREIA, PB
ABRIL – 2009

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos
da Biblioteca Setorial de Areia-PB, CCA/UFPB.

- B819e Brandão, Eliane Duarte.
Efeito do sistema radicular da *Brachiaria ruziziensis* na formação e
estabilidade de agregados de um Nitossolo vermelho./ Eliane Duarte Brandão
– Areia- PB: UFPB/CCA, 2009.
51 f.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da
Paraíba-Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2009.

Bibliografia

Orientador: Ivandro de França da Silva.

1. Forragem 2. Forragem – densidade de raízes 3. Forragem – agregação
do solo I. Silva, Ivandro de França da (Orientador) II. Título.

CDU: 636.085

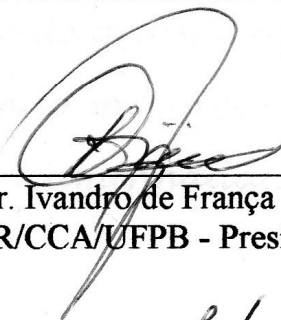
ELIANE DUARTE BRANDÃO

EFEITO DO SISTEMA RADICULAR DA *Brachiaria ruziziensis* NA FORMAÇÃO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE UM NITOSSOLO VERMELHO

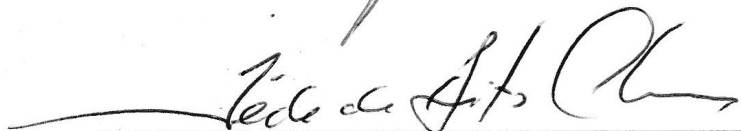
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Aprovada em 24 de abril de 2009

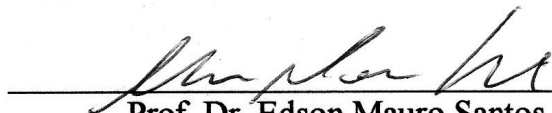
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ivandro de França da Silva
DSER/CCA/UFPB - Presidente



Prof. Dr. Iêde de Brito Chaves
DSER/CCA/UFPB - Examinador



Prof. Dr. Edson Mauro Santos
DZ/CCA/UFPB - Examinador

A minha família,

Aos meus pais, Francisco Duarte Brandão Neto e Maria Alves dos Santos Brandão, pessoas simples, que souberam de forma majestosa educar e lutar pelo sucesso de seus filhos;

Ao meu amado irmão, Danilo Duarte Brandão, por todo apoio e incentivo neste período de grande aprendizagem e conquistas em minha vida, dando-me forças para continuar nesta caminhada...

Dedico

Agradecimentos

A Deus, pela dádiva da vida e pela fé crescente em tornar possível a concretização de mais um sonho,

A minha família, pelo amor dedicado,

A Universidade Federal da Paraíba, em especial, a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela acolhida e realização do curso,

Ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água e, principalmente, aos professores pelos ensinamentos repassados,

Ao meu orientador, Professor Ivandro de França da Silva, exemplo de caráter e a quem admiro como pessoa e profissional, pelo grande incentivador e companheiro de seus alunos,

Ao Departamento de Solos e Engenharia Rural, pelo espaço concedido para realização dos trabalhos, em especial, aos funcionários: Roberval, Sulene, Sr. Pelé, Francisco de Assis, Gilson, Naldo, Sr. Castor e Sr. Juarez pela ajuda valiosa para condução dos trabalhos,

Aos funcionários da Estação Experimental Chã de Jardim, senhores Vava, Fan e Carpina,

Aos velhos amigos: Aldênia, Josefa Cícera, Francisco de Assis, Marcivânia, e aos professores, Edilza Maria Felipe Vásquez e Manuel Navarro Vásquez pelo grande apoio nesta jornada,

As novas amígdas aqui conquistadas: Remí, Rafael, Mayara, Júlio Cesar, Edívânia, Cícero, Leonardo, Dácio, Flávio, Jandira, Miriam, Adriana, Cícilia, Jussara e Lígia,

E aos grandes amigos: Danielle, João Paulo, Aurinês e Ludmilla, pelos bons momentos de companheirismo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
 1 INTRODUÇÃO.....	 1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Estrutura e formação de agregados do solo.....	3
2.2. Estabilidade de agregados.....	6
2.3. Atuação do manejo do solo na agregação.....	8
2.4. Atuação do sistema radicular na formação de agregados.....	10
2.5. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na agregação do solo.....	12
2.6. Caracterização da <i>Brachiaria ruziziensis</i>	13
 3 MATERIAL E MÉTODOS.....	 15
3.1.Primeira Etapa.....	15
3.1.1 Coleta do Solo.....	15
3.1.2 Preparação das amostras.....	15
3.1.3 Delineamento experimental.....	17
3.1.4 Localização do experimento	18
3.1.5 Irrigação.....	18
3.2.Segunda Etapa.....	19
3.2.1Crescimento e desenvolvimento de plantas.....	19
3.2.2 Coleta e preparo das amostras.....	19
3.2.3 Determinações Físicas.....	20
3.2.4 Separação de agregados por via seca.....	20
3.2.5 Separação de agregados por via úmida.....	20
3.2.6 Diâmetro médio ponderado dos agregados (DMPA).....	21
3.2.7 Determinação do comprimento de raiz.....	21
3.2.8 Análises estatísticas.....	22
 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	 23
4.1.Diâmetro médio ponderado de agregados separados por peneiramento via seca	23
4.2.Diâmetro médio ponderado de agregados separados por peneiramento via úmida.....	26
4.3.Relação entre diâmetro médio ponderado de agregados separados por peneiramento via úmida e seca.....	30
4.4.Sistema radicular.....	33
4.5.Produção de matéria seca da parte aérea.....	37
 5 CONCLUSÕES.....	 39
 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 40
 APÊNDICE.....	 47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Caracterização física do Nitossolo Vermelho, amostrado na profundidade de 0-20 cm.....	16
TABELA 2.	Caracterização química do Nitossolo Vermelho, amostrado na profundidade de 0-20 cm.....	16
TABELA 3.	Resultado da análise da água utilizada na irrigação do experimento.....	19
TABELA 4.	Valores de diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiramento via seca (DMPAs), nas três classes de tamanho de agregados estudados, para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas.....	24
TABELA 5.	Valores de diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiramento via úmida (DMPAu), nas três classes de tamanho de agregados estudados, para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas.....	27
TABELA 6.	Valores da relação diâmetro médio ponderado de agregados úmido e seco (DMPAu/DMPAs), nas três classes de tamanho de agregados estudados, para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas.....	31
TABELA 7.	Valores de comprimento de raiz da <i>Brachiaria ruziziensis</i> para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas, na parte superior e inferior do vaso.....	34
TABELA 8.	Produção de matéria seca de raiz da <i>Brachiaria ruziziensis</i> para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas, na parte superior e inferior do vaso.....	36
TABELA 9.	Produção de matéria seca da parte aérea da <i>Brachiaria ruziziensis</i> para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas.....	37
Apêndice		
TABELA 1A.	Resumo da análise de variância para diâmetro médio ponderado de agregado seco (DMPAs), diâmetro médio ponderado de agregado úmido (DMPAu) e a relação (DMPAu/ DMPAs).....	48
TABELA 2A.	Resumo da análise de variância para comprimento e produção de matéria seca de raízes da <i>Brachiaria ruziziensis</i>	50
TABELA 3A.	Resumo da análise de variância para produção de matéria seca da parte aérea da <i>Brachiaria ruziziensis</i>	51

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Diâmetro médio ponderado de agregado seco (DMPAs) do Nitossolo Vermelho para as diferentes classes de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,25 mm de diâmetro), em função das épocas de avaliação para os tratamentos com gramínea 100%AD (a) e 60%AD (b); sem gramínea 100%AD (c); e 60%AD (d)..... 26
- FIGURA 2.** Diâmetro médio ponderado de agregado úmido (DMPAu), do Nitossolo Vermelho para as diferentes classes de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,25 mm de diâmetro), em função das épocas de avaliação para os tratamentos com gramínea 100%AD (a) e 60%AD (b); sem gramínea 100%AD (c); e 60%AD (d)..... 29
- FIGURA 3.** Relação diâmetro médio ponderado de agregado úmido e seco (DMPAu/DMPAs), do Nitossolo Vermelho para as diferentes classes de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,25 mm de diâmetro), em função das épocas de avaliação para os tratamentos com gramínea 100%AD (a) e 60%AD (b); sem gramínea 100%AD (c) e 60%AD (d)..... 33

RESUMO

ELIANE DUARTE BRANDÃO. **Efeito do sistema radicular da *Brachiaria ruziziensis* na formação e estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, abril de 2009. 51f. il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientador: Prof. Dr. Ivandro de França da Silva.

As gramíneas atuam de maneira direta na formação e estabilidade de agregados, devido à maior densidade de raízes e distribuição dos exsudatos no solo. Na pesquisa objetivou-se avaliar os efeitos do sistema radicular da *Brachiaria ruziziensis* na formação e estabilização de agregados de solo. O experimento foi conduzido em abrigo telado, na Estação Experimental Chã de Jardim do Centro de Ciências Agrárias – UFPB, no município de Areia. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (3x2x2x4) correspondente a 3 tamanhos de classes de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro), 2 condições (com e sem gramínea), 2 conteúdos de umidade (100% e 60% de água disponível), com medidas repetidas no tempo (90, 180, 270 e 360 dias), com 4 repetições. As mudas da gramínea foram plantadas em vasos com capacidade para 10 Kg, preenchidos com amostras de solo classificado como Nitossolo Vermelho, coletado na profundidade de 0-20 cm, e irrigadas a cada dois dias. As amostras de solo foram destorroadas manualmente e passadas em peneira de malha de 2,00 mm de diâmetro e, posteriormente separadas por tamanho (2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro) e colocadas para secar a sombra e ao ar por 72 horas. Foram coletadas amostras de solo dos vasos para avaliação da estabilidade dos agregados por via seca (DMPAs) e úmida (DMPAu), como também, foi avaliado comprimento de raízes e, produção de matéria seca de raízes e parte aérea da gramínea. As classes de agregados avaliadas 2,00-1,00, 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro, apresentaram, para o tratamento com gramínea os maiores valores da relação DMPAu/DMPAs indicando, que o sistema radicular das gramíneas favorecem a maior formação e estabilidade de agregados do solo, enquanto que, para o tratamento sem gramínea com 100% e 60% de água disponível, apresentou maior fragmentação dos agregados quando umedecidos conferindo ao tratamento baixo índices de estabilidade das unidades estruturais. Verificou-se, que o comprimento e a produção de matéria seca de raízes, assim como, da parte aérea da gramínea foram maiores para o conteúdo de 100% de água disponível.

Palavras-chave: água disponível, épocas de coleta, agregação do solo, densidade de raízes.

ABSTRACT

ELIANE DUARTE BRANDÃO. ***Brachiaria ruziziensis* root system effect on formation and stability of Typic Argiudol aggregates.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, abril de 2009. 51f. il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientador: Prof. Dr. Ivandro de França da Silva.

Grasses work directly on aggregates formation and stability, due to increase on root density and exudates distribution on soils. The aim of this work was to evaluate the effects of *Brachiaria ruziziensis* root system on stability and formation of soil aggregates. Experiment took place on a green house located at Estação Experimental Chã de Jardim do Centro de Ciências Agrárias – UFPB, on Areia county. The experimental adopted was completely randomized experimental designs distributed in a factorial scheme (3x2x2x4) corresponding three different aggregates sizes (2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm diameter), two conditions (with and without grasses), two moistures levels (100% e 60% water availability) with repeated measures on different periods (90, 180, 270 e 360 days), with four replicates. Grass seedlings were planted on pots with 10 kg capacity loaded with Typic Argiudol soil samples, collected at 0-20 cm depth, and irrigated every two days. Soil samples were manually disaggregated and then sifted on a 2,00 mm mesh and after that separated by size (2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm diameter size) finally there were shade dried for 72 hours. Soil samples were collected from pots for aggregates stability appraisal through dry phase (DMPAs) and wet phase (DMPAu), as well as root size, root dry matter production and grass upper vegetative parts. Aggregates classes evaluated 2,00-1,00, 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm size diameter, presented higher values of DMPAu/DMPAs relation for treatments considering grass use indicating that grass root system facilitate a better soil aggregate stability and formation, meanwhile treatments not considering grasses with 100% and 60% of water content presented more aggregate fragmentation when water was added making the treatment low on structural stability unit index. It was verified that extent and production of root dry matter as well as upper vegetative parts of grasses were higher for 100% content of available water.

Keywords: available water, harvest season, soil aggregates, root density.

1. INTRODUÇÃO

A estrutura do solo é um dos atributos mais importante nos estudos agronômicos, destacando-se através do estado de agregação, uma vez que, está relacionada com a disponibilidade de ar e água às raízes das plantas, suprimento de nutrientes e resistência mecânica do solo à penetração de raízes. A manutenção de um adequado estado de agregação e de sua estabilidade tem reflexo direto na boa estrutura do solo, condição primordial para garantir altas produtividades das culturas nas explorações agrícolas e, indicador de boa qualidade do solo.

A estrutura por ser uma característica instável, pode ser facilmente modificada por operações de manejo do solo, as quais são necessárias ao cultivo. O solo submetido a um manejo inadequado tende a perder a estrutura original e, por sua vez, encontrar uma situação de equilíbrio inadequada ao cultivo, por diversos motivos. Resultados de diversos trabalhos mostram que o cultivo tende a diminuir o espaço poroso do solo. Esta redução é normalmente associada à diminuição no teor de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, diminuição da agregação, processo que resulta na degradação de suas propriedades físicas.

O arranjo das partículas primárias do solo (areia, silte e argila), resulta em agregados de tamanhos e formas variados, constituindo as unidades básicas da estrutura do solo. É importante lembrar, que a estrutura por ser formada de unidades menores (os agregados) depende da forma, tamanho e o grau de estabilidade dessas unidades.

A formação de agregados decorre da ação dos processos físicos, (ciclos de umedecimento e secagem, fragmentação), químicos (floculação e dispersão de minerais, precipitação de óxidos de ferro e alumínio, interação e associação entre partículas minerais e orgânicas) e biológicos (ação de plantas e de microorganismos). Esses processos ocorrem em diferentes etapas ou mecanismos, os quais envolvem diferentes substâncias agregantes apresentando por sua natureza, um grande dinamismo (Silva, 1993).

Pesquisas realizadas por Silva e Mielniczuk (1997a), Santiago (1997), Camargo Filho (1999) e Wohlenberg (2004) demonstraram que as plantas contribuem nos processos de formação e estabilização de agregados do solo. Este fato ocorre devido aos mecanismos de atuação do sistema radicular na agregação, pois as raízes ramificam em todas as direções e removem água do solo, promovendo tensão e pressão, contribuindo para a aproximação das partículas do solo. Assim como, os aportes de carbono orgânico ao solo, através das secreções radiculares, renovação do sistema radicular e da parte aérea ou dos

restos culturais que servem de fonte de energia para a atividade microbiana, atuam como agentes no processo de estabilização dos agregados.

O tipo de vegetação utilizada na cobertura também tem influência na agregação, neste caso, as gramíneas destacam-se por atuar de maneira direta nos fatores físicos, químicos e biológicos de formação e estabilização de agregados do solo. Esta característica está aliada ao fato dessas espécies serem úteis à conservação do solo, pois sua parte aérea protege a camada superficial da ação desagregadora das chuvas; seu sistema radicular denso promove a união das partículas do solo, apresenta alta capacidade de regeneração e produção de matéria seca e boa qualidade do material orgânico resultante da sua decomposição, fator importante por favorecer a ação dos microorganismos do solo. Sendo assim, as gramíneas pela ação de seu sistema radicular podem ser usadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas, ou para manutenção de boas características do solo, quando bem manejadas.

Com base no exposto objetivou-se avaliar o comportamento do sistema radicular da *Brachiaria ruziziensis*, como também, a ação dos ciclos de umedecimento e secagem, na formação e estabilização de agregados maiores, a partir da junção de unidades menores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Estrutura e formação de agregados do solo

O solo é um sistema complexo e dinâmico, onde fatores de natureza física, mineralógica e química e biológica interagem de forma contínua e simultânea, de tal maneira que, modificações em qualquer um desses fatores provocaram mudanças diversas nos demais fatores, interferindo no crescimento e desenvolvimento das plantas (Silva 1993; Bissonais, 1996). Dentre os fatores de natureza física, destacam-se a estrutura e a textura do solo; dentre os fatores químicos, a composição mineralógica, o pH do solo, o teor de matéria orgânica, a disponibilidade de nutrientes, a presença de elementos potencialmente tóxicos e reações de sorção, precipitação, oxidação e redução. Os efeitos dos fatores de natureza biológica estão intimamente relacionados com a atividade dos microrganismos do solo (Meurer, 2007) e das contribuições proporcionadas pelos vegetais ao meio.

Dos fatores de natureza física, a estrutura e a textura podem influenciar acentuadamente no crescimento das plantas. A estrutura refere-se ao arranjo das partículas primárias do solo em agregados ou unidades estruturais (Silva, 2008). A formação da estrutura ou do arranjo espacial das partículas do solo dá origem aos poros, com importantes conseqüências para o comportamento físico do solo, tais como: a percolação e a difusão de fluidos, a resistência mecânica à ruptura e à penetração de raízes (Viana et al., 2004). Um solo com boa estrutura suporta melhor os efeitos da precipitação e a ação de máquinas e implementos agrícolas, como também permite uma melhor produção das culturas. Enquanto que, a textura do solo, em função dos teores de areia, pode contribuir para instabilidade dos agregados, ocorrendo o inverso quando o aumento ocorre nos teores de argila.

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) é um dos índices que indica a estabilidade da estrutura frente à ação desagregadora da água que, através do impacto das gotas de chuva ou pelo arraste dos agregados ou unidades estruturais do solo nas enxurradas, resulta em susceptibilidade do solo à erosão hídrica, como também, resistência a deformação quando submetido a ação de força compressiva, representado por máquinas e implementos agrícolas. 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 (Bertol et al., 2004).

O arranjo das partículas do solo resulta em agregados de forma e tamanho variáveis, os quais constituem as unidades básicas da estrutura do solo. Conforme Kemper e Chepil (1965) os agregados são um agrupamento de partículas primárias do solo que ocorre naturalmente, e segundo Guerra et al. (2005) comporta-se como uma unidade estrutural. A formação da agregação do solo, não necessariamente implica em estabilidade.

Para Giasson (2006) a agregação do solo é resultante da atração entre as partículas (devido às cargas elétricas de superfície) e da ação de agentes cimentantes ou aglutinadores. A formação dos agregados no solo pode ocorrer, de maneira geral, em duas etapas simultâneas ou não. A primeira ocorre através de uma aproximação das partículas do solo decorrente das variações do conteúdo de água no solo, favorecida pelos ciclos de umedecimento e secagem, por meio da ação das raízes, de hifas de fungos ou pela atração eletrostática das partículas do solo (Bochner et al., 2008). A outra etapa diz respeito à estabilização, ou seja, que um agente cimentante faça parte do processo para consolidar a união dessas partículas, gerando o agregado estável (Kiehl, 1979). A maior ou menor estabilização dos agregados do solo somente pode ser verificada, quando os agregados do solo são submetidos a uma ação deformadora, como pelo impacto das gotas de chuva, transporte por enxurrada ou por ação de máquinas e implementos agrícolas.

Para a formação do agregado, há necessidade que os colóides do solo se encontrem floculados e que todos os componentes do agregado sejam posteriormente estabilizados por algum agente cimentante (Hillel et al., 1980). A matéria orgânica, os minerais de argila e os óxidos de ferro são os agentes que mais contribuem para agregação do solo. A matéria orgânica é mais eficiente na formação de agregados estáveis, e isso se deve à contribuição da atividade microbiana, à fauna terrestre e à vegetação (Kiehl, 1979).

A formação e a estabilização dos agregados do solo ocorrem mediante a atuação de processos físicos, químicos e biológicos. Esses processos atuam por mecanismos próprios, em que são envolvidos por substâncias que agem na agregação e na estabilização. Entre essas, as principais são: argila, sílica coloidal, compostos orgânicos, metais polivalentes, carbonato de cálcio, óxido e hidróxidos de ferro e alumínio (Silva e Mielniczuk, 1997a).

No processo físico, os agregados podem ser formados por ciclos de umedecimento e secagem, que promovem a aproximação e afastamento entre as partículas, ou ainda, pela fragmentação, onde agregados menores são formados a partir de unidades maiores (Silva, 1993). A expansão e a contração que acompanha os ciclos de umedecimento e secagem em solos criam fissuras e pressões que alternadamente, separam grandes massas de solos e comprimem partículas em unidades estruturais definidas. À medida que um solo seca, as partículas de argila se aproximam, fazendo com que a massa de solo se contraia em

volume. Após muitos ciclos, fissuras são abertas e fechadas ao longo dos planos de fraqueza. A rede de fissuras torna-se mais extensa e os agregados entre estas, melhor definidos. As raízes das plantas também possuem influência na secagem do solo através do processo de absorção de água, especialmente por gramíneas as quais, por possuir um sistema radicular denso, permeia de forma mais eficiente o volume de solo explorado, contribuindo para uma melhor secagem. Os efeitos de agregação destes ciclos são mais pronunciados em solos com alto conteúdo de argilas expansivas, especialmente Vertissolos, Molissolos e alguns Alfissolos (Silva, 2008).

No processo químico ocorre inicialmente a floculação de partículas primárias, e posteriormente, a desidratação de óxidos de ferro e alumínio sobre a superfície de minerais de argila. Neste processo a combinação da matéria orgânica com a argila do solo promove diretamente a agregação por forças físico-químicas e, indiretamente por ação de compostos orgânicos (Silva, 1993). A ação da matéria orgânica do solo está relacionada com a diminuição da entrada de água no agregado, reduzindo, assim, sua quebra pela expulsão instantânea do ar (Bayer e Mielniczuk, 1999).

A floculação pode ser explicada pelo fato da maior parte das partículas de argila possuir superfícies carregadas com cargas negativas, as quais, normalmente atraem um grande grupo de cátions da solução do solo (Silva, 2008). A fração argila exerce domínio sobre o comportamento do solo em virtude de sua pequena dimensão, o que aumenta de maneira significativa, sua superfície específica e a presença de cargas negativas permanentes (Dufranc et al., 2004).

A importância da argila e da matéria orgânica na estabilização dos agregados, freqüentemente, sobrepõe-se à dos cátions. As partículas de argila interagindo com os colóides orgânicos (húmus), eletricamente carregados, formam pontes que os unem às partículas de silte (principalmente quartzo), criando o menor grupo na escala hierárquica de agregação do solo. O poder floculante de cátions polivalentes (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+}) e húmus são responsáveis pela estabilidade em longo prazo dos microagregados (Silva, 2008). Pelo modelo proposto por Edwards e Bremner (1967), os cátions polivalentes são cruciais para unir a fração orgânica e os minerais de argila. Sem essa união, as frações argila e orgânica dispersam-se, pois ambas têm cargas negativas permanentes.

A ação cimentante dos componentes inorgânicos, como óxidos de ferro, produz agregados pequenos muito estáveis, em certos solos argilosos (Ultissolos e Oxissolos) de regiões quentes e úmidas. O Fe hidratado, quando presente no solo, tem forte poder de agregá-lo (Dufranc et al., 2004).

Dentre os processos biológicos de agregação, os mais importantes são: atividade de minhocas, arranjo de partículas por redes de raízes e hifas de fungos e produção de gomas orgânicas por microrganismos, especialmente bactérias e fungos. De acordo com Silva e Mielniczuk (1997a), a distribuição das raízes das plantas no solo exerce grande influência na formação e estabilização dos agregados, devido a liberação de exsudatos orgânicos, os quais funcionam como ponto de agregação entre as partículas constituintes do solo. Enquanto que os microrganismos, pela decomposição do material orgânico do solo, têm efeito positivo na união de partículas primárias do solo e dos agregados.

As raízes das plantas (principalmente pêlos radiculares) e hifas de fungos exsudam polissacarídeos semelhantes a açúcares e outros compostos orgânicos, formando redes pegajosas que unem as partículas individuais do solo e os pequenos microagregados em aglomerados maiores denominados macroagregados (Silva, 2008). A ação de forças de compressão exercidas pelas raízes no perfil do solo faz com que as partículas de solo se aproximem estimulando a agregação.

Contudo, percebe-se que a formação dos agregados do solo começa pela união de partículas individuais, as quais, unem-se formando microagregados ($< 0,250$ mm) originados da reação entre moléculas orgânicas, cátions polivalentes (Fe, Al e Ca) e partículas de argila, e assim, até a formação dos macroagregados ($> 0,250$ mm) resultantes da ação aglutinadora de raízes e fungos (Edwards e Bremner, 1967; Tisdall e Oades, 1982). O conceito de hierarquia de agregados implica então que, partindo da aglutinação de partículas primárias do solo (areia, silte e argila) pequenos agregados são formados e estes, por sua vez, formam agregados sucessivamente maiores, constituindo-se cada um destes estágios de agregação (Ferreira et al., 2007).

Na avaliação da agregação do solo, o método de análise dos agregados tem por objetivo determinar a quantidade e a distribuição do tamanho de agregados estáveis em água. Esse método caracteriza-se pela agitação lenta, dentro de água, de uma amostra de solo, por tempo determinado. As frações das amostras que permanecem em uma ou várias classes de tamanho de agregados são usadas para descrever a condição estrutural da amostra inicial do solo (Angers e Mehuis, 1993).

2.2. Estabilidade de agregados

A estabilidade dos agregados do solo pode ser resultado da ação de união mecânica por células e hifas dos organismos, dos efeitos cimentantes dos produtos derivados da

síntese microbiana ou da ação estabilizadora dos produtos de decomposição que agem individualmente ou em combinação (Baver et al., 1973).

A fração argila e a matéria orgânica são os principais agentes de formação e estabilização de agregados. A matéria orgânica é o principal agente responsável pela formação e estabilidade dos agregados, por fornecer substrato energético que torna possível a atividade de fungos, bactérias e animais do solo. Segundo Dufranc et al. (2004), a argila em virtude de sua pequena superfície específica, e da presença de cargas negativas permanentes, torna-se o fator mais importante para a estabilidade de agregados.

Segundo Silva (2008), à medida que os resíduos orgânicos são decompostos, formam-se gel e outros produtos, tais como polímeros complexos, que interagem quimicamente com partículas de argilas silicatadas e óxidos de ferro e alumínio, estimulando a formação de agregados, assim como, bactérias e fungos associados. Os fungos associados a raízes de plantas (denominados micorrizas) são particularmente eficientes em proporcionar estabilidade aos agregados maiores em curto prazo, pois secretam proteínas, que são eficientes como agente cimentante.

As bactérias também produzem polissacarídeos e outras gomas orgânicas à medida que decompõem os resíduos de plantas (Silva, 2008). Os polissacarídeos do solo são mucilagens provenientes do metabolismo microbiano e da decomposição de raízes, resíduos vegetais e animais e da exsudação radicular.

Os exsudados orgânicos das raízes das plantas, também participam da formação dos agregados, estes compostos, orientam as partículas de argila formando pontes entre elas, unindo-as em agregados estáveis em água. Muitas destas raízes e gomas orgânicas produzidas por microrganismos são resistentes à dissolução pela ação da água e não apenas aumentam a formação dos agregados do solo, como também, asseguram sua estabilidade por períodos de meses e até de anos. Estes processos são mais observados nas camadas superficiais dos solos, onde a atividade de raízes, animais, e a acumulação de matéria orgânica são maiores (Silva, 2008).

Em relação à estabilidade dos macroagregados, formados a partir da união de microagregados, os componentes orgânicos mais importantes são os polissacarídeos e as hifas de fungos. Estudos têm demonstrado que os polissacarídeos são facilmente atacados pelos microrganismos. Sua contribuição só será consistente com aplicações ou devoluções periódicas de resíduos ou animais ao solo, a fim de fornecer substrato para a atividade microbiana (Bayer e Mielniczuk, 2008).

Agregados estáveis em água contribuem para manutenção e melhoria da porosidade, e conseqüentemente, maior infiltração de água e resistência à erosão. Assim, a

utilização de sistemas de cultivo que promovam incremento de matéria orgânica ao solo pode contribuir para o aumento da estabilidade de agregados e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade física do solo (Matos et al., 2008).

O uso agrícola das terras altera, normalmente, as propriedades do solo, dependendo das condições edáficas e climáticas. Dessa forma, diferentes sistemas de manejo resultam em mudanças na composição e no arranjo dos constituintes do solo, podendo prejudicar a conservação desse recurso natural e reduzir a produtividade das culturas (Reinert, 1998).

Nesse caso, a melhoria estrutural beneficia as espécies cultivadas pelas modificações na dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta e nos fluxos de gases e água. O equilíbrio entre os fatores relacionados com a agregação do solo, diminuída notadamente com o preparo do solo, ou estimulada pela atuação de processos biológicos, é particularmente importante em solos com baixos teores de matéria orgânica e argila (Silva et al., 2006).

Assim, a estabilidade dos agregados pode ser utilizada como indicadora da degradação ou da recuperação da qualidade do solo. A estabilidade de agregados, caracteriza a resistência que eles oferecem à ruptura causada por agentes externos, ou seja, ação mecânica ou ação hídrica, sendo a agregação do solo de grande importância para produção agrícola, uma vez que está relacionada com a aeração do solo, desenvolvimento radicular, suprimento de nutrientes, resistência mecânica do solo à penetração, retenção e armazenamento de água. Solos com agregados mais estáveis estão menos sujeitos à compactação e à erosão (De Maria et al., 2007).

2.3. Atuação do manejo do solo na agregação

A degradação da estrutura causa ao solo perda das condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e o predispõe ao aumento de erosão hídrica. A rotação de culturas e o manejo do solo amenizam esses problemas e agem com o intuito de restaurar-lhe a estrutura (Lacerda et al., 2005). Algumas práticas de manejo, tais como, utilização de restos de cultura como cobertura morta e sistema de plantio direto, que aumenta o teor de matéria orgânica, podem ter um efeito positivo na qualidade do solo (Peixoto, 2008).

Em solos cultivados, o desenvolvimento e a manutenção da estabilidade estrutural são os principais desafios, pois a agregação tende a diminuir sob longos períodos de cultivo. O manejo adequado relaciona a condição física do solo ao crescimento de plantas, não objetivando apenas a formação e a estabilidade dos agregados, mas também outros

fatores como densidade, teor de água, aeração, taxa de infiltração, drenagem e retenção de água (Silva, 2008).

O tipo de manejo também influencia a formação, estruturação e estabilização dos agregados do solo. O preparo convencional, devido ao revolvimento do solo, degrada suas propriedades físicas, pois rompe seus agregados, compacta-o abaixo da camada preparada e o deixa descoberto. A semeadura direta, em virtude da pequena mobilização do solo, preserva os agregados e a cobertura do solo, porém o deixa mais compactado (Bertol et al., 2004).

Os diferentes tipos de manejo alteram a concentração do carbono orgânico presente no solo e, conseqüentemente, o tamanho, a estabilidade e a resistência dos seus agregados. Isto ocorre porque as moléculas de carbono orgânico atuam nas etapas de formação e estabilização dos agregados, além de servirem de fonte de energia para os microrganismos, que são importantes agentes de agregação (Santos, 2008). Em estudo realizado em Londrina utilizando um Latossolo Roxo Castro Filho et al. (1998), verificaram que o acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo, como conseqüência da adoção do sistema de plantio direto melhorou o estado de agregação devido ao incremento do teor de carbono orgânico ao solo, sobretudo na camada de 0-10 cm, independentemente da sucessão de culturas. Lacerda et al. (2005), trabalhando com diferentes sistemas de manejo em um Nitossolo Vermelho, também verificaram que a substituição do preparo convencional pela semeadura direta favoreceu a estabilidade dos agregados do solo.

Uma alternativa para melhorar a qualidade estrutural do solo refere-se ao uso de rotação de culturas com espécies que tenham sistema radicular vigoroso, com capacidade de crescer em solos com alta resistência à penetração, criando poros por onde as raízes da cultura subsequente possam crescer (Silva e Rosolem, 2001). Estes sistemas de preparo de solo influenciam a estabilidade e o tamanho de agregados, conforme verificado em experimento por Hernani e Guimarães (1999), onde ocorreu um significativo aumento no DMP dos agregados estáveis em água quando o plantio direto foi associado à rotação de culturas. De acordo com Salton et al. (1999), quando uma das culturas do sistema é a pastagem, esses efeitos ocorrem de forma acentuada e relativamente rápida, provavelmente devido ao abundante sistema radicular formado pela pastagem logo após sua implantação. Silva et al. (1998) avaliaram a estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso do Cerrado e observaram maiores valores para o cultivo de milho após *B. ruziziensis* em comparação a milho após outras espécies de adubos verdes, apesar de o solo ser submetido ao preparo convencional.

Contudo, verifica-se que, sistemas de manejo que proporcionem agregados mais resistentes são desejáveis, pois manterão a estrutura do solo sem grandes alterações quando submetidos a forças externas, como pisoteio de animais e operações mecanizadas, além de maior resistência a perdas por erosão (Salton et al., 2008).

2.4. Atuação do sistema radicular na formação de agregados

Em condições naturais, o solo apresenta certo equilíbrio entre suas propriedades físicas, químicas e biológicas, porém o homem tem contribuído para quebrar essa harmonia, com a introdução de sistemas agrícolas em substituição as florestas, proporcionando desequilíbrio no ecossistema. Nesse sentido a utilização de áreas agrícolas com sistemas de manejo do solo envolvendo pastejo animal, também pode acarretar mudanças nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, podendo conseqüentemente, afetar o crescimento e o desenvolvimento radicular das plantas (Taylor e Brar, 1991; Silva et al., 2000).

O homem ao realizar a adaptação das terras para a exploração agrícola, sem considerar os fatores limitantes como, aptidão natural da área para exploração de culturas, utilização de cobertura vegetal e sistemas de preparo do solo adequados, de acordo com Corrêa (1995), modifica as características dos solos, favorecendo a agressão das mais variadas formas. Com relação aos atributos físicos e sua magnitude, segundo Larson et al. (1980) e Smith et al. (1997), está na dependência do manejo aplicado nas áreas sob pastejo, podendo variar com a textura do solo e o teor de matéria orgânica, enquanto que Corrêa e Reichardt (1995) e Salton et al. (2002), acrescentam a espécie de planta, a intensidade e tempo de pastejo e a espécie e categoria animal, como fatores interferentes nesses atributos.

A vegetação é um fator importante na formação de agregados, mediante a ação mecânica das raízes ou pela excreção de substâncias com ação cimentante, e isto, indiretamente, fornece nutrientes à fauna do solo (Kiehl, 1979).

O maior crescimento de raízes no perfil do solo promove o aumento do teor de matéria orgânica, que atuará na formação de agregados estáveis, pois a agregação do solo é condicionada por substâncias que possuem ação cimentante e aglutinadora, como a matéria orgânica e os exsudados orgânicos liberados pelas raízes (Mielniczuk, 1999). Ainda de acordo Zonta et al. (2006), o sistema radicular no perfil do solo, no processo de crescimento, promove a aproximação das partículas, à medida que as raízes exercem

pressão sobre as partículas minerais no seu avanço pelo espaço poroso. A absorção de água pelas raízes, também causa secamento na região adjacente às raízes, promovendo aumento na força de coesão entre as partículas, favorecendo a agregação do solo.

Analisando a dinâmica radicular, por meio de seus processos bioquímicos e físico-químicos em interação com a fase mineral do solo, pode-se admitir que o sistema radicular, é o principal componente formador dos micro e macroagregados do solo (Zonta et al., 2006). Mielniczuck (1999) afirma que o ambiente da rizosfera, estimula a proliferação de microrganismos que liberam substâncias húmicas e polissacarídeos, responsáveis pela estabilidade dos microagregados formados (partículas $< 0,25$ mm) e sua aglutinação em unidades maiores. De acordo com Vezzani (2001), durante o processo de crescimento de raízes e hifas de fungos, juntamente com resíduos de vegetais, de insetos e outros organismos, estimula a formação e estabilização, principalmente dos macroagregados (partículas $> 0,25$ mm).

O tipo de vegetação, também interfere na estruturação dos solos através da ação de suas raízes e parte aérea, podendo recuperar solos degradados, sendo algumas espécies mais eficientes do que outras (Wohlenberg, 2004). As gramíneas são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade dos agregados (Carpenedo e Mielniczuk, 1990 e Mascarenhas, 1997), sendo esses efeitos benéficos atribuídos, principalmente, a alta densidade de raízes, que promove a aproximação de partículas pela constante absorção de água do solo, as periódicas renovações do sistema radicular e a uniforme distribuição dos exsudatos no solo, que estimulam a atividade microbiana, cujos subprodutos atuam na estabilização dos agregados (Silva e Mielniczuk, 1997a; Camargo Filho, 1999).

As gramíneas perenes, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecem as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e entre agregados, contribuindo para formação e estabilidade dos agregados, e podem ser usadas como plantas recuperadoras das unidades estruturais do solo, em áreas degradadas (Silva e Mielniczuk, 1997a), por preservar o solo contra a erosão, aumentar a reserva de matéria orgânica e melhorar suas propriedades físicas (Santiago, 1997).

A habilidade de recuperação das plantas forrageiras é discutida, levando-se em conta as características do ambiente e do manejo empregado, uma vez que as plantas segundo Nascimento Júnior et al. (1994) são submetidas, constantemente, ao estresse da colheita, quer pelo pastejo ou pelo corte. A desfolhação mais intensa das pastagens caracteriza-se por uma maior remoção da parte aérea, obrigando as plantas a utilizarem as

reservas de nutrientes das raízes, paralisando o crescimento do sistema radicular, em favor da recuperação da parte aérea (Taylor, 1981).

2.5. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na agregação do solo

Allison (1968) afirma que os agregados naturais podem ser formados por ciclos de umedecimento e secagem, que promovem a aproximação e afastamento entre as partículas do solo. Durante o processo de umedecimento, ocorre a dispersão do material cimentante e diminuição da coesão entre as partículas, provocado pelo acréscimo de umidade no solo. Com isso, parte do agregado torna-se intumescido e a outra parte pode continuar seca, o que provoca o enfraquecimento das ligações existentes e, conseqüentemente, a fratura do agregado.

A atração entre os agregados durante o processo de secagem pode ser explicada pelo surgimento de forças de atração relacionadas com o filme capilar entre as partículas. No solo saturado, o espaço entre os agregados encontra-se completamente preenchido por água e a força de atração é zero. Com a perda de água, ocorre a formação do menisco com raio negativo, proporcionando o surgimento de uma força capilar de atração. Essa força é máxima, quando o raio do menisco tende a zero. Essa tensão fornece a energia para o deslocamento e a acomodação por deslizamento e translação dos agregados. A tração resultante sobre a massa de agregados provoca então a ruptura e o fendilhamento (Viana et al., 2004).

Com isso, Viana et al. (2004) demonstraram que em Latossolos, durante os ciclos de secagem, ocorreu surgimento de poros e fendas pela retração da massa de agregados, favorecendo o significativo aumento da porosidade. Os dados mostram ainda, que os ciclos de umedecimento permitiram a acomodação das partículas menores e mais irregulares e que a existência de filmes de umidade nos microporos deu origem a tensões interna maiores durante os ciclos de secagem, levando ao fendilhamento da massa.

Os ciclos de umedecimento e secagem em solos com argila de atividade alta, tendem a se expandir quando umedecidos e a contrair-se quando secos, provocando o aparecimento de fendas (Pacheco et al., 2001), ocasionando a reorientação das partículas de argila, justamente as que estavam dispostas aleatoriamente, com o umedecimento e seu rearranjo no processo de secagem (Viana et al., 2004). Esse comportamento dificulta o manejo e pode causar danos ao sistema radicular das plantas.

2.6. Caracterização da *Brachiaria ruziziensis*

O gênero *Brachiaria* apresenta plantas herbáceas, eretas ou prostadas, anuais ou perenes, rizomatosas ou não, comumente emitindo raízes adventícias nos nós em contato com o solo. Segundo Vilela (2007) a *Brachiaria ruziziensis* é uma espécie originária da África Tropical, parte oriental da República do Zaire, em Ruanda e Kenya. Foi Introduzida no Brasil de forma voluntária, sendo amplamente disseminada como forrageira para produção pastoril (Instituto Hórus, 2005).

Potencialmente, pode ser cultivada em pastagens utilizadas de forma contínua, em plantios consorciados com estilosantes. Presta-se muito bem à produção de palhada (após dessecação química), para o sistema de plantio direto e para a cobertura das entre-linhas em pomares. Em Sistemas Plantio Direto (SPD) na região do Cerrado a *brachiaria ruziziensis* é muito utilizada por produzir um bom volume de massa verde e seca (estimada em até 25 t/ha de matéria seca) e como possui boa relação C/N, característica que resulta em baixa exigência de nitrogênio para se decompor (folhas, colmo e raízes), ajuda a manter a cobertura do solo por longo período (Marochi et al., 2005).

Seu ambiente natural são ecossistemas campestre, áreas desmatadas ou úmidas. Adapta-se a ampla faixa climática, principalmente em regiões tropicais de alta pluviosidade (Pupo, 1979). De acordo com Vilela (2007), essa gramínea está adaptada para altitude de até 2.000m acima do nível do mar, com temperatura ótima para o crescimento de 28-33°C. É afetada por temperaturas baixas e não resistentes à geada, com precipitação pluvial requerida de 1.000 mm/ano.

É uma planta de ciclo vegetativo perene, subereta, forma de crescimento entouceirada, denso-pubescente, de 1-1,5m de altura. As folhas são lineares e lanceoladas de coloração geralmente verde-amarelada, são macias, possuindo aspecto aveludado devido a grande quantidade de pêlos nela presentes (Instituto Hórus, 2005), possui rizomas curtos e perfilha intensamente, mas não emite raízes adventícias nos nós inferiores dos colmos (Pupo, 1979). Possui rizomas fortes em forma de tubérculos arredondados, com até 15 mm de diâmetro e raízes fasciculadas (Instituto Hórus, 2005).

A *Brachiaria ruziziensis* é uma planta herbácea da família poaceae, com sua propagação ocorrendo na forma de sementes ou mudas. Apresenta boa habilidade de competir com plantas invasoras, formando uma pastagem densa em solos férteis. É indicada para solos fortemente ondulados e montanhosos; não se desenvolve bem em solos encharcados, pois requer boa drenagem e condições de média fertilidade, possui tolerância

a solos ácidos e alta proteção contra a erosão, segundo Marochi (2006), por apresentarem alta quantidade de raízes que ocupam todo o volume de solo explorado, promovendo assim, a agregação de partículas do solo, e conseqüentemente, melhorando a estrutura física, aeração e retenção de água no solo.

As raízes desta *Brachiaria* são abundantes e finas podendo atingir uma profundidade superior a 1,5 m. São excelentes recicladoras de nutrientes, pois buscam nutrientes por todo o volume do solo por ocasião da absorção e decomposição de suas raízes, favorecendo o desenvolvimento da vida microbiana do solo pelo aumento da matéria orgânica, com isso, melhoram a agregação do solo reduzindo a erosão e a compactação causada pelo impacto da gota de chuva, pelo trânsito de máquinas e de implementos agrícolas (Marochi, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Primeira Etapa:

3.1.1 Coleta do solo

O solo utilizado no experimento foi coletado no município de Alagoinha-PB, na Estação Experimental da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA-PB), à margem esquerda da estrada Alagoa Grande-Alagoinha. A área vem sendo explorada com pastagem, utilizando-se o capim pangola (*Digitaria decumbens* L.) por mais de 20 anos.

O solo local é classificado como Nitossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2006) de textura argilosa. As amostras indeformadas de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, com auxílio de enxadeco e pá. Após a coleta, as amostras num total de 1.500 Kg, foram acondicionadas em sacos de nylon, com capacidade de 50 Kg, para serem transportadas ao Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, para os procedimentos de peneiragem e secagem nos tamanhos de agregados previamente estabelecidos na pesquisa.

3.1.2 Preparação das amostras

Inicialmente, o solo foi destorroado manualmente e passado em peneira de malha de 2,00 mm de diâmetro e, posteriormente, separado por tamanho de classes de agregados com auxílio de outras peneiras com diâmetros de malha: 1,00; 0,50 e 0,25 mm, para separação de agregados de solos, nas classes de tamanho de 2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm.

Os agregados separados por tamanhos de classes de diâmetro, após secagem à sombra e ao ar foram utilizados no preenchimento dos vasos para condução do experimento. As amostras dos agregados de solo foram submetidas às análises física e química, constituindo, na pesquisa, a primeira época de amostragem antes da implantação dos tratamentos: com e sem gramínea e conteúdos de umidade, conforme dados apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Caracterização física do Nitossolo Vermelho, amostrado na profundidade de 0-20 cm

Classes de Agregados	Agregação			Granulometria			Classe Textural
	DMPAs	DMPAu	DMPAu/DMPAs	Areia	Silte	Argila	
----- mm -----				----- g/Kg -----			
2,00-1,00	1,471	0,495	0,336	358	193	449	Argila
1,00-0,50	0,712	0,316	0,444	383	197	420	Argila
0,50-0,25	0,351	0,203	0,578	377	195	428	Argila

DMPAs – diâmetro médio ponderado de agregado seco; DMPAu – diâmetro médio ponderado de agregado úmido; DMPAu/DMPAs – relação diâmetro médio ponderado de agregado úmido e diâmetro médio ponderado de agregado seco.

Tabela 2. Caracterização química do Nitossolo Vermelho, amostrado na profundidade de 0-20 cm

Determinações												
pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	M	M.O
H ₂ O (1:2,5)	--- mg/dm ³ ---					cmol _c /dm ³				----- % -----		g/Kg
6,14	2,01	46,30	0,13	3,63	0,00	5,40	2,80	8,45	12,08	69,95	0,00	17,24

Na condução do experimento, foram utilizados 120 vasos de polietileno preto, com capacidade para 10 Kg dispostos aleatoriamente em bancadas de madeira. Os vasos foram preenchidos com as diferentes classes de tamanhos de agregados (40 vasos para cada classe). Nos vasos, de acordo com os tratamentos, foram plantadas as gramíneas e aplicados os conteúdos de água, calculados para atender os 60% e 100% de água disponível, previamente estabelecido para o ensaio.

A gramínea utilizada no experimento foi a *Brachiaria ruziziensis*, coletada por meio de mudas em área da Estação Experimental da EMEPA-PB, no município de Alagoinha. A gramínea foi plantada nos vasos através de cepas em janeiro de 2008. A escolha dessa gramínea foi realizada face sua utilização em sistema de plantio direto na palha e pela sua disponibilidade na área da Estação Experimental da EMEPA-PB.

A partir da implantação dos tratamentos e condução do experimento, as amostragens foram realizadas a cada 3 meses (90, 180, 270 e 360 dias), totalizando 4 amostragens para verificação dos efeitos da gramínea e dos conteúdos de umidade na

formação e estabilização de agregados de solo, formação de fitomassa da parte aérea e do sistema radicular da gramínea, como também avaliação do comprimento de raízes.

3.1.3 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial ($3 \times 2 \times 2 \times 4$) com 4 repetições, sendo: 3 tamanhos de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro), 2 condições (com e sem gramínea), 2 conteúdos de umidade (100% e 60% de água disponível) e 4 épocas de coletas de amostras (90, 180, 270 e 360 dias).

Para as variáveis, matéria seca e comprimento de raiz e, matéria seca da parte aérea também utilizou-se um DIC, sendo que, para as análises de raiz empregou-se o esquema fatorial ($3 \times 2 \times 2 \times 4$): 3 tamanhos de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro), 2 conteúdos de umidade (100% e 60% de água disponível), 2 profundidades (parte superior inferior do vaso) e 4 épocas de coletas de amostras (90, 180, 270 e 360 dias). E para matéria seca da parte aérea utilizou-se o fatorial ($3 \times 2 \times 4$): 3 tamanhos de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro), 2 conteúdos de umidade (100% e 60% de água disponível) e 4 épocas de coletas de amostras (90, 180, 270 e 360 dias).

Para a condução do experimento, os tratamentos sem gramínea foram representados por uma repetição para cada classe de tamanho de agregados e conteúdo de umidade, totalizando 6 vasos, sendo que, para cada época de coleta estes eram subdivididos em 4 partes iguais, representando as 4 repetições. Com isso, este tratamento consistia em: 3 tamanhos de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro), 2 conteúdos de umidade (100% e 60% de água disponível) e 4 épocas de coletas de amostras.

Já os tratamentos com gramínea consistiam de 96 vasos, representados por: 3 tamanhos de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro), 2 conteúdos de umidade (100% e 60% de água disponível), 4 épocas de coletas de amostras e as 4 repetições. Com isso, utilizou-se 40 vasos para cada classe de tamanho de agregados, totalizando 120 vasos em todo o experimento.

3.1.4 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em abrigo telado no Campo Experimental do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, situado na propriedade Jardim, no município de Areia (latitude 06° 58' S e longitude 35° 42' W), localizado no brejo paraibano.

De acordo com a classificação de Koeppen, a região apresenta clima As', que se caracteriza por ser quente e úmido, com chuvas de outono/inverno e período seco entre setembro e fevereiro. A temperatura média anual varia entre 23 e 24°C, com precipitação pluvial de 1.400 mm (Brasil, 1972; Gondim, 1999).

3.1.5 Irrigação

A quantidade de água disponível para o Nitossolo Vermelho, utilizado no ensaio foi determinada através da subtração entre os conteúdos médios de água no solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente. De acordo com os conteúdos de umidade estabelecidos (100% e 60% de água disponível) a irrigação do experimento procedeu-se a cada dois dias, através das pesagens dos vasos com o auxílio de uma balança Filizola com capacidade de 15 Kg e precisão de 20 gramas.

A quantidade de água a ser aplicada em cada vaso era obtida através da pesagem de doze vasos destes, seis vasos correspondia ao tratamento com gramínea e, os outros seis ao tratamento sem gramínea, para cada conteúdo de água disponível (100% e 60%), onde por meio da diferença entre o peso de calibração estabelecido, e o peso atual dos vasos obtinha-se a quantidade de água a ser aplicada em cada vaso. Conforme cálculos baseados na capacidade de campo do solo utilizado, cada vaso de acordo com o conteúdo de água apresentava o seguinte peso: para os vasos com 100% de água disponível sua massa deveria corresponder a 8,962 Kg, assim como, os vasos com 60% de água disponível deveria apresentar 8,717 Kg.

A água utilizada na irrigação era proveniente de um poço localizado próximo ao experimento, classificada como C₁S₁, isto é, adequada para irrigação, conforme dados apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Resultado da análise da água utilizada na irrigação do experimento

Determinações												
pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	C.E	RAS	PST	Classif
----- mmolc L ⁻¹ -----					mScm ⁻¹ 25°C							
6,50	1,10	0,90	0,20	0,09	0,00	4,00	1,10	0,139	0,320	0,20	***	C ₁ S ₁

3.2. Segunda Etapa

3.2.1 Crescimento e desenvolvimento de plantas

O crescimento e o desenvolvimento das plantas foram avaliados quanto à distribuição de matéria seca. Em cada época de coleta, o material coletado nos tratamentos com planta foi dividido em raízes e folhas para determinação de peso de matéria seca, através de secagem em estufa a 65° C, até peso constante.

Para determinação da matéria seca do sistema radicular foram coletadas amostras de solo + raízes dos tratamentos em estudo. As raízes foram separadas do solo por lavagem, secas em estufa a 65° C até peso constante.

3.2.2 Coleta e preparo das amostras

O experimento foi conduzido no período de janeiro de 2008 a janeiro de 2009, e as amostras foram coletadas aos 90, 180, 270 e 360 dias após a instalação do experimento. Em cada coleta, com um corte vertical, dividiu-se o material do solo em duas partes iguais, onde aleatoriamente, era determinada a parte que seria utilizada para determinação de estabilidade de agregados, bem como para avaliação do sistema radicular.

Posteriormente, o material para determinação de estabilidade de agregados foi identificado, colocado para secar à sombra e ao ar por 72 horas e, levemente destorroadas com as mãos. Em seguida, transportadas para o Laboratório de Física do Solo para posteriores análises.

As amostras para avaliação de raízes foram retiradas com auxílio de placas de pregos medindo 30 cm de comprimento por 20 cm de largura, em que, para remover o solo das placas, utilizou-se jato controlado de água, por intermédio de uma mangueira. Ao final da lavagem, as raízes foram divididas em duas camadas identificadas como superior e

inferior para cada repetição dos tratamentos, no intuito de avaliar o desenvolvimento radicular da gramínea no interior do vaso. Em seguida, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa a 65° C, até peso constante. As determinações de raízes foram feitas para um quadrante do vaso, para em seguida fazer a estimativa para todo o vaso.

3.2.3 Determinações Físicas

a) Granulometria: foi realizada pelo método do hidrômetro utilizando-se como dispersante o NaOH a 1,0N, cujas leituras foram procedidas em provetas de 1000 ml. As determinações de silte e argila foram feitas em função do tempo de sedimentação, conforme procedimentos contidos em EMBRAPA (1997), enquanto que separação da subfração, areia, foi realizada por peneiragem.

b) Argila dispersa em água: foi determinada por densimetria, utilizando-se a metodologia descrita em EMBRAPA (1997), com exceção do uso do dispersante.

3.2.4 Separação de agregados por via seca

A distribuição de tamanho de agregados secos (Diâmetro Médio Ponderado de Agregados Seco - DMPAs) foi realizada para avaliar como estes se encontravam nas diferentes classes antes da determinação úmida, através da pesagem de todo o material e passado em um conjunto de peneiras de 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25 mm de diâmetro, acoplado a um vibrador Podutest, durante um minuto, conforme metodologia contida em Silva e Mielniczuk (1997). Esse procedimento foi realizado para verificação da possível agregação ou desagregação do material testado.

3.2.5 Separação de agregados por via úmida

A distribuição do tamanho e da estabilidade de agregados em água (Diâmetro Médio Ponderado de Agregado Úmido - DMPAu), foi feita através do método descrito por Tisdall et al. (1978), adaptado por Carpenedo e Mielniczuk (1990). Foram pesadas

subamostras de aproximadamente 50 g, sendo transferidas para recipientes plásticos perfurados em sua parte inferior contendo algodão e papel de filtro, colocados no interior de uma bandeja com água, para facilitar o umedecimento dos agregados por capilaridade, durante um período de 24 horas.

Após o umedecimento, as subamostras foram transferidas para tubos plásticos de 21 cm de comprimento e 9,5 cm de diâmetro, contendo 500 ml de água e agitados por 2 minutos a 16 rpm em agitador rotativo. Em seguida, o conteúdo de cada tubo foi colocado em um conjunto de peneiras de 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25 mm de diâmetro de malha, o qual foi agitado em água por 15 minutos em agitador de oscilação vertical, para verificação da distribuição de tamanho de agregados úmidos.

O solo retido em cada peneira foi submetido à secagem por 24 horas em estufa a 105° C. Após secagem, pesado e descontado a umidade gravimétrica, calculou-se a massa e a percentagem de agregados estáveis em cada classe de tamanho de agregado.

3.2.6 Diâmetro médio ponderado dos agregados (DMPA)

O diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água (DMPAu) e obtidos por peneiragem seca (DMPAs), foi calculado através do somatório dos produtos entre o diâmetro médio de cada fração de agregado e a proporção da massa da amostra em cada classe, em relação a massa total da amostra, obtido através da relação da massa de agregados retidos em cada peneira pela massa total da amostra corrigida em termos de umidade. Também foi determinado o índice de estabilidade dos agregados em água, das unidades estruturais do solo, obtido pela relação entre o DMPAu e o DMPAs (DMPAu/DMPAs).

3.2.7 Determinação do comprimento de raiz

Para avaliação de raízes, foram retiradas amostras de solo, utilizando-se placas de pregos medindo 30 cm de comprimento por 20 cm de largura. Para remoção do solo das placas utilizaram-se pequenos jatos de água por intermédio de uma mangueira. Ao final da lavagem, as raízes de cada tratamento foram subdivididas em duas camadas (superior e inferior) e, posteriormente, acondicionadas em sacos de papel e identificadas. As amostras

de raízes de cada camada foram colocadas para secagem em estufa com ventilação de ar a 65° C. Após secagem, foram pesadas para quantificação de raízes secas em ambas as camadas para cada tratamento.

Em seguida determinou-se o comprimento do sistema radicular pelo método de Tennant (1975), que consiste na retirada de uma subamostra da raiz, distribuindo-a uniformemente ao acaso em uma tela branca estendida, umedecida com jatos de água para facilitar a separação das raízes. Abaixo desta tela, colocou-se uma folha de transparência com quadrículas de n cm de lado (neste caso, utilizou-se $n = 1$ cm), depositada em uma placa acrílica branca em um aparato de madeira, contendo em seu interior duas lâmpadas fluorescentes para facilitar a contagem das interseções.

A quantidade de interseções no radicado foi realizada com auxílio de uma lupa e um marcador de contagem, contando-se as interseções nos dois sentidos (vertical e horizontal) de distribuição das raízes com as linhas das quadrículas. O comprimento de raízes foi obtido pela fórmula: $R = 11/14 \times N \times n$, sendo: R – comprimento de raízes (cm); 11/14 – constante de conversão; N – número de interseções contadas; n – tamanho da quadrícula (cm)

3.2.8 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e, as épocas de coleta submetidas à análise de variância de regressão polinomial, adotando-se como critério para a escolha do modelo que melhor explicasse os fenômenos estudados, aqueles de maior grau significativo e r^2 maior ou igual a 50%. Quanto às análises de variância constatou-se haver interação ou interações significativas, neste caso, adotou-se o critério de desdobrar aquela que contemplasse o maior efeito significativo, mesmo que a interação a ser desdobrar não representasse seu valor F significativo. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SISVAR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Diâmetro médio ponderado de agregados separados por peneiramento via seca

Os valores referentes ao diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPAs), para os tratamentos e épocas analisadas, encontram-se na tabela 4. Observa-se que para os valores de DMPAs houve diferença significativa pelo teste de Tukey. A peneiragem via seca é utilizada com a finalidade de se ter uma idéia de como se encontra a agregação do solo antes de ser submetida à peneiragem via úmida (Silva, 1993). Essa metodologia não faz distinção entre agregados recentemente formados daqueles que já sofreram algum tipo de estabilização (Silva e Mielniczuk, 1998).

De um modo geral, houve aumento significativo nos valores de DMPAs para cada classe de agregados, sendo que, para os tratamentos com gramínea, os valores foram maiores quando comparados com os tratamentos sem gramínea. Este fato se deve a ação do sistema radicular da gramínea (*Brachiaria ruziziensis*), envolvendo as partículas do solo. Apesar de representarem apenas uma pequena fração dos constituintes orgânicos do solo, as raízes exercem grande influência no processo de formação e estabilidade de agregados (Silva e Mielniczuk, 1997a), uma vez que, através da ação mecânica das raízes, os agregados e partículas unitárias são empacotadas, favorecendo o surgimento de agregados maiores pela ação do ressecamento (Zonta et al., 2006) e, os exsudatos radiculares, enriquecendo a rizosfera de compostos orgânicos, tem contribuído também para a agregação do solo (Mielniczuk, 1999).

Observando a tabela 4, a classe de agregados entre 0,50-0,25 mm de diâmetro, destaca-se por apresentar maiores resultados, quando comparados com a testemunha (Tabela 1) com 0,351 mm de diâmetro, verificando-se em média um aumento de 286% e de 253% para o tratamento com gramínea com 100% e 60% de água disponível, respectivamente. Silva e Mielniczuk (1997a), analisando a estabilidade de agregados em dois solos, ambos de textura argilosa, utilizando as gramíneas perenes (pangola e setária), verificaram que as raízes das gramíneas foram responsáveis pela união de agregados pequenos na formação de agregados maiores, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, uma vez que a alta densidade de raízes promove aproximação de partículas, pela constante absorção de água do perfil de solo, as periódicas renovações do sistema radicular e a uniforme distribuição de exsudatos no solo, estimulam a atividade microbiana, cujo subproduto atua na formação dos agregados. O

tratamento sem gramínea, para a mesma classe de agregados, apresenta um aumento significativo de 239% e 214% para 100% e 60% de água disponível.

Tabela 4. Valores de diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiramento via seca (DMPAs), nas três classes de tamanho de agregados estudados, para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas

Época dias	Classe de agregados	Diâmetro médio ponderado de agregado seco			
		Com gramínea		Sem gramínea	
		100% AD	60% AD	100% AD	60% AD*
		----- mm -----			
90	2,00-1,00	2,312 aA α	1,681 aB α	1,854 aA β	1,569 aA α
	1,00-0,50	1,239 bA α	1,342 aA α	1,226 bA α	1,280 aA α
	0,50-0,25	0,930 bA α	0,810 bA α	0,805 bA α	0,813 bA α
180	2,00-1,00	2,339 aA α	1,925 aA α	1,922 aA α	1,393 aB β
	1,00-0,50	1,190 bA α	1,422 bA α	1,281 bA α	1,378 aA α
	0,50-0,25	0,986 bA α	0,902 cA α	0,792 bA α	0,716 bA α
270	2,00-1,00	2,254 aA α	1,721 aB α	2,235 aA α	1,506 aB α
	1,00-0,50	1,417 bA α	1,390 aA α	1,256 abA α	1,363 aA α
	0,50-0,25	0,993 bA α	0,965 bA α	0,900 bA α	0,757 bA α
360	2,00-1,00	1,926 aA α	1,800 aA α	1,914 aA α	1,970 aA α
	1,00-0,50	1,369 bA α	1,308 bA α	1,335 bcA α	1,319 bA α
	0,50-0,25	1,110 bA α	0,880 bA α	0,861 bA α	0,728 cA α
Média	2,00-1,00	2,207	1,782	1,981	1,609
	1,00-0,50	1,304	1,365	1,274	1,335
	0,50-0,25	1,005	0,889	0,839	0,753

*AD – água disponível

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula (umidade dentro de tamanho e gramínea) e grega (gramínea dentro de tamanho e umidade) na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a classe de agregados entre 1,00-0,50 mm de diâmetro houve aumento de 183% e 191% para o tratamento com gramínea, e de 178% e 187% para o tratamento sem gramínea, com 100% e 60% de água disponível, respectivamente, quando comparados com a testemunha (Tabela 1), com 0,712 mm de diâmetro. Os resultados para 60% de água disponível, em ambos os casos, apresenta-se melhor em relação aos de 100% de água disponível, principalmente para as épocas de avaliação aos 90 e 180 dias.

Já, para os agregados entre 2,00-1,00 mm de diâmetro, observam-se os menores percentuais 150% e 121% para o tratamento com gramínea e, 134% e 109% para o tratamento sem gramínea, quando relacionados à testemunha (Tabela 1), cujo valor é de 1,471 mm de diâmetro. Portanto, as variações na percentagem de agregados por classe de

tamanho e no diâmetro médio dos agregados são dinâmicas, resultantes da interação contínua e simultânea de fatores físicos, químicos e biológicos, e dependentes do tipo de sucessão de culturas. A matéria orgânica e o desenvolvimento de raízes são os principais agentes responsáveis pela formação de agregados maiores (Wohlenberg et al., 2004).

Como observado inicialmente, a melhoria na agregação do solo, está refletida na elevação dos percentuais de agregados formados, com maior ênfase nos agregados menores (classe de diâmetro entre 0,50-0,25 mm) e com diminuição progressiva nos percentuais, à medida que aumenta a classe de agregados analisados. Os teores de umidades também exercem influência na formação de agregados, uma vez que, os maiores percentuais de aumento na agregação estão associados ao maior teor de água disponível, aplicado a cada tratamento, com e sem gramínea (Tabela 4).

Na figura 1, é demonstrada a tendência de comportamento das classes de agregados avaliadas para cada época de amostragem, em termos de diâmetro médio ponderado de agregado seco (DMPAs), onde se notam os efeitos acima mencionados. Percebe-se, para os tratamentos com e sem gramínea (a) e (c), que a classe de agregados entre 2,00-1,00 mm de diâmetro apresenta uma resposta ao modelo quadrático polinomial, com redução progressiva em seus valores durante os 360 dias de avaliação. Enquanto que, as classes de agregados menores (1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro), apresentam comportamento constante durante todo o período de avaliação. Na realidade essa constância no comportamento durante todos os períodos avaliados, inicia-se aos 90 dias, tempo suficiente para que o efeito de umedecimento e secagem na formação de agregados já tenha sido concluído, uma vez que, através dos turnos de rega, no mínimo os vasos foram umedecidos 45 vezes.

Quanto ao nível de 60% de água disponível (b) e (d), as classes de agregados mantiveram uma média constante nas quatro épocas de avaliação, isto é, não demonstrando alteração de seus valores em todo período avaliado, conforme explicação no parágrafo anterior, exceto os agregados entre 2,00-1,00 mm, que apresentaram para o tratamento sem gramínea, uma pequena elevação nos seus valores a partir dos 270 dias após a instalação do experimento. Os solos com agregados estáveis de maior tamanho são considerados solos estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo, pois a agregação facilita a aeração do solo, as trocas gasosas e a infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade entre os agregados, além de garantirem a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados (Dexter, 1988).

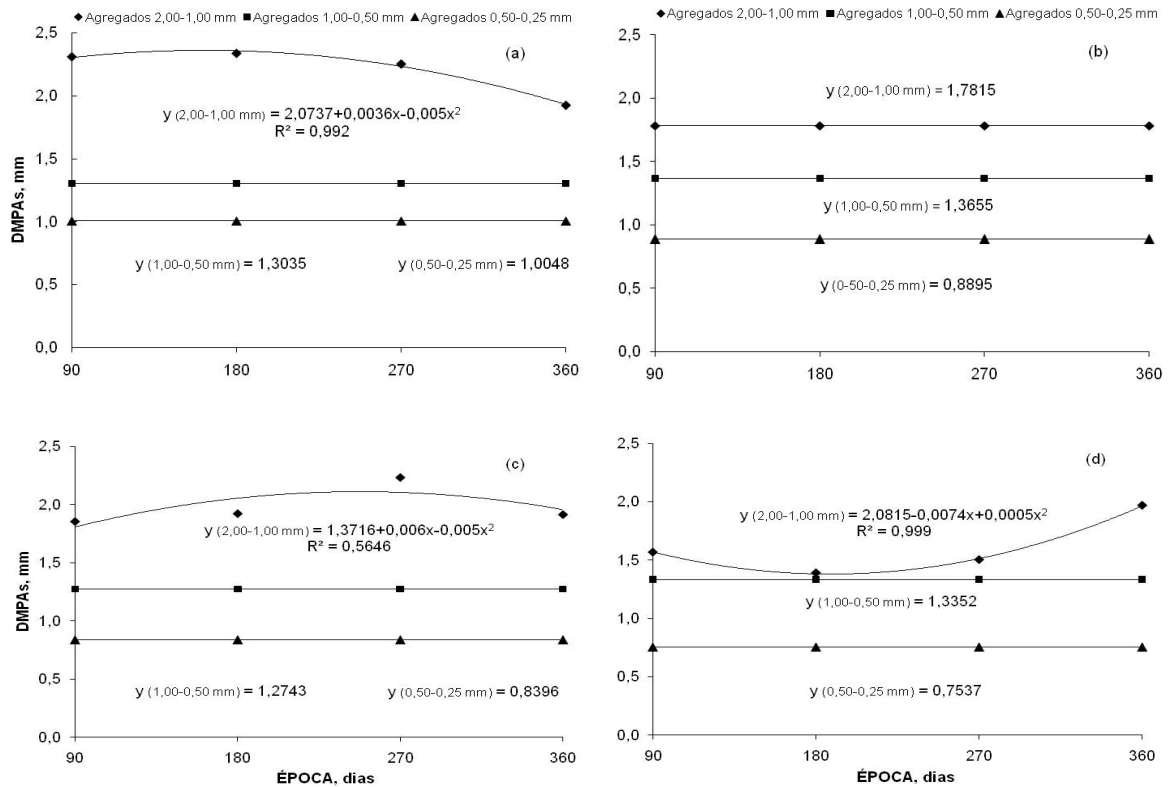


Figura 1 – Diâmetro médio ponderado de agregado seco (DMPAs) do Nitossolo Vermelho para as diferentes classes de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,25 mm de diâmetro), em função das épocas de avaliação para os tratamentos com gramínea 100%AD (a) e 60%AD (b); sem gramínea 100%AD (c); e 60%AD (d).

4.2. Diâmetro médio ponderado de agregados separados por peneiramento via úmida

Na tabela 5, são apresentados os valores referentes ao diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via úmida (DMPAu), para os tratamentos e épocas analisadas. Observa-se que para os valores de DMPAu houve diferença significativa pelo teste de Tukey. Assim, como visto para DMPAs, os valores de DMPAu apresentaram-se maiores para os tratamentos com gramínea, evidenciando o efeito do sistema radicular da gramínea na formação e na estabilidade de agregados formados.

Tabela 5. Valores de diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiramento via úmida (DMPAu), nas três classes de tamanho de agregados estudados, para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas

Época dias	Classe de agregados	Diâmetro médio ponderado de agregado úmido			
		Com gramínea		Sem gramínea	
		100% AD	60% AD	100% AD	60% AD*
		----- mm -----			
90	2,00-1,00	0,570 aAα	0,587 aAα	0,499 aAα	0,518 aAα
	1,00-0,50	0,483 aAα	0,515 aAα	0,370 bAβ	0,505 aBα
	0,50-0,25	0,320 bAα	0,345 bAα	0,316 bAα	0,289 bAα
180	2,00-1,00	0,579 aAα	0,529 aAα	0,417 aAβ	0,466 aAα
	1,00-0,50	0,391 bAα	0,454 aAα	0,309 bAα	0,415 aBα
	0,50-0,25	0,240 cAα	0,282 bAα	0,277 bAα	0,243 bAα
270	2,00-1,00	0,627 aAα	0,598 aAα	0,446 aAβ	0,410 aAβ
	1,00-0,50	0,518 bAα	0,457 bAα	0,298 bAβ	0,415 aBα
	0,50-0,25	0,309 cAα	0,303 cAα	0,280 bAα	0,234 bAα
360	2,00-1,00	0,567 aAα	0,560 aAα	0,437 aAβ	0,407 aAβ
	1,00-0,50	0,453 bAα	0,414 bcAα	0,315 bAβ	0,349 aAα
	0,50-0,25	0,293 cAα	0,347 cAα	0,247 bAα	0,219 bAβ
Média	2,00-1,00	0,586	0,568	0,449	0,450
	1,00-0,50	0,461	0,460	0,323	0,421
	0,50-0,25	0,290	0,319	0,280	0,246

*AD – água disponível

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula (umidade dentro de tamanho e gramínea) e grega (gramínea dentro de tamanho e umidade) na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Comparando os dados de DMPAu, com os de DMPAs (Tabela 4), estes apresentam resultados inferiores, isto porque, os agregados secos quando submetidos ao umedecimento e a ação do peneiramento, sofrem alterações, ou seja, são destruídos (Santiago, 1997), voltando à condição inicial ou até mesmo inferior. Neste caso, os agregados de 2,00-1,00 mm de diâmetro, são mais afetados, apresentando grande redução em seus valores, quando comparado com a testemunha (Tabela 1) de 0,495 mm, e a média de seus tratamentos com gramínea 0,586 e 0,568 mm de diâmetro, e principalmente, com os tratamentos sem gramínea 0,449 e 0,450 mm de diâmetro, demonstrando que suas unidades estruturais apresentaram alta vulnerabilidade à ação desagregadora da água, quando submetidos à separação por via úmida. A agregação do solo e sua estabilidade são muito importantes para a manutenção da capacidade produtiva do solo, sendo a água o fator que mais contribui para a destruição dos agregados, fragmentando-os por perda de coesão, e

rompendo-os progressivamente em unidade de menores tamanhos (Lima, 2007), facilitando o transporte pelas enxurradas.

A consistência do solo representa a manifestação de suas forças de coesão e aderência, as quais são dependentes do conteúdo de umidade. Considerando esse aspecto, os agregados secos são submetidos a uma peneiragem via úmida, para verificação da perda de coesão entre as partículas do solo, uma vez que a ação de umedecimento, associada à ação mecânica de agitação e do peneiramento podem ser capazes de destruí-las (Silva, 1993). Quanto mais argiloso um solo, maior a expressão das forças de coesão e adesão, principalmente, aquele rico em argilas mais ativas, assim como, os solos com altos teores de silte e de areia muito fina, que se comportam de forma diferente, apresentando alta vulnerabilidade (Resende et al., 1999).

Com isso, percebe-se que, apesar de naturalmente a agregação ser diferente entre as amostras, os agregados do solo representados por diferentes classes de tamanho de diâmetro, apresentaram comportamentos bastante diferentes, quando submetidos ao umedecimento e, posteriormente a peneiragem via úmida. Os valores obtidos para peneiragem via seca (Tabela 4) são elevados, em relação aos resultados obtidos por peneiragem via úmida (Tabela 5), demonstrando que os tratamentos, em função dos conteúdos de água disponível (100% e 60%) e da presença ou ausência da gramínea, conferiram aos agregados do solo, estabilidade diferenciada.

Na avaliação por classe de tamanho de agregados, observa-se que para a classe de 0,50-0,25 mm de diâmetro houve redução nos seus valores de DMPAu, a qual demonstrava uma boa agregação, conforme visto nos resultados de DMPAs. Comparando seus valores com a média da testemunha (Tabela 1) de 0,203 mm de diâmetro, observa-se, principalmente, no tratamento sem gramínea, nas quatro épocas de avaliação, valores muito baixos, com média 0,246 mm. Bastos et al. (2005), verificaram que os ciclos de umedecimento e secagem reduziram os efeitos dos compostos orgânicos sobre a agregação no solo.

A classe de agregados entre 1,00-0,50 mm de diâmetro, para o tratamento com gramínea apresentaram melhores resultados em comparação com a testemunha (Tabela 1), cujo valor foi de 0,316 mm diâmetro, um aumento de 145%. Segundo Baver et al. (1972), as gramíneas são geralmente mais eficientes na estruturação do solo, do que outras espécies, sendo que, a *brachiaria* supera todas as outras, pelo seu sistema radicular ser de crescimento mais profuso e de qualidade mais recalcitrante no solo. Ainda, segundo os autores, tal fato está relacionado com sua maior capacidade de regeneração, produção de

matéria seca, comprimento e densidade do sistema radicular, bem como, os compostos orgânicos resultantes de sua decomposição que revelam efeito mais duradouro.

As gramíneas, devido à relação C/N mais alta, têm sido indicadas como mais eficazes na formação de agregados, pela ação direta das raízes. A superfície total de contato é relativamente grande, provocando mudanças constantes na rizosfera. Segundo Wholenberg et al. (2004), culturas como as gramíneas, com sistema radicular agressivo podem amenizar os efeitos negativos da degradação dos solos, agregando partículas e promovendo melhorias na sua estrutura. Mascarenhas (1997) acrescenta que a ação do sistema radicular das gramíneas proporciona condições satisfatórias para a manutenção ou até mesmo para a melhoria do estado de agregação do solo, uma vez que estas têm condições de melhorarem o teor de matéria orgânica, favorecendo grandes aportes de carbono orgânico ao solo pela ação dos seus colóides que contribuem para a agregação das partículas.

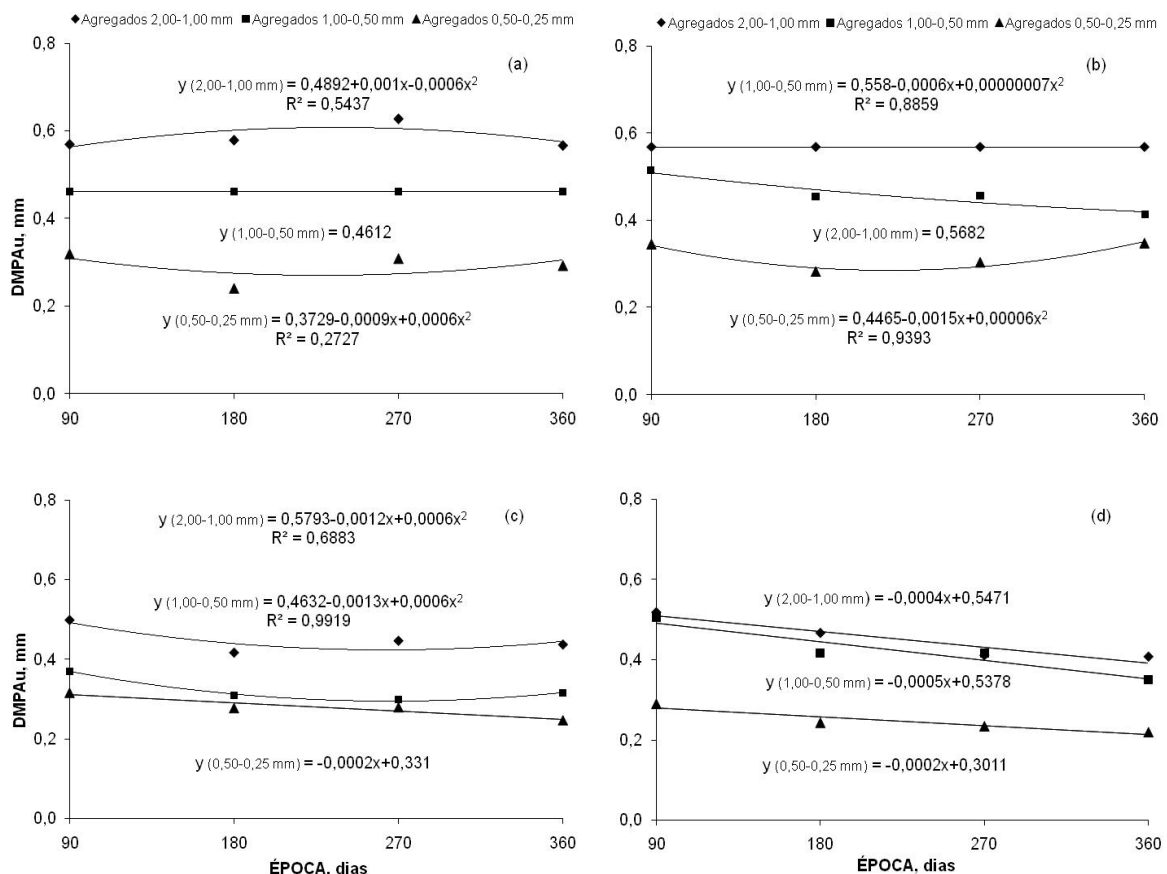


Figura 2 – Diâmetro médio ponderado de agregado úmido (DMPAu), do Nitossolo Vermelho para as diferentes classes de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,25 mm de diâmetro), em função das épocas de avaliação para os tratamentos com gramínea 100%AD (a) e 60%AD (b); sem gramínea 100%AD (c); e 60%AD (d).

Observando a figura 2, a classe de agregados entre 2,00-1,00 mm de diâmetro, para os tratamentos com 100% de água disponível (a) e (c), apresenta uma relação quadrática ($p \leq 0,05$), com decréscimo para os tratamentos com gramínea, ao contrário do que ocorre com os resultados para o tratamento sem gramínea, ao longo das épocas de avaliação. Já para o conteúdo de 60% de água disponível (b) e (d), os resultados corresponderam linearmente, com grande redução para o tratamento sem gramínea. A classe de agregados de 0,50-0,25 mm de diâmetro, também apresentou uma relação quadrática para o tratamento com gramínea, observando-se um aumento em seus valores, principalmente na última época de amostragem para 60% de água disponível. A classe de agregados de 1,00-0,50 mm de diâmetro para os tratamentos com e sem gramínea correspondeu linearmente aos resultados com redução para o conteúdo de 60% de água disponível.

De maneira geral, os tratamentos sem gramínea (c) e (d) para todas as classes de agregados avaliadas apresentaram decréscimos em seus valores, principalmente aos 60% de água disponível, com menores resultados na última época de coleta (360 dias), demonstrando alta instabilidade dos agregados frente a este tratamento, assim como foi observado por Chaney e Swift (1986) em que os ciclos de umedecimento e secagem não conferiram estabilidade aos agregados analisados por peneiramento via úmida.

4.3. Relação entre diâmetro médio ponderado de agregados separados por peneiramento via úmida e seca

Os valores referentes à relação diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via úmida e seca (DMPAu/DMPAs), para os tratamentos e épocas analisadas, encontram-se na tabela 6. Observa-se que para os valores da relação DMPAu/DMPAs não houve diferença significativa pelo teste de Tukey.

Conforme Silva (1993), o índice DMPAu/DMPAs reflete o grau de estabilidade das unidades estruturais de cada tratamento, por reunir todas as variáveis que tem influência na formação e estabilização dos agregados do solo, frente aquilo que está sendo testado, uma vez que, a estabilidade dos agregados e das unidades estruturais poderia ser avaliada através da ação do impacto das gotas de chuva na sua desagregação, ou como esses se comportariam quando submetidos a ação do arraste pelas enxurradas, ou ainda, como os agregados e as unidades estruturais resistiriam a pressão de deformação de máquinas e

implementos agrícolas exercidas na superfície do solo, por ocasião das atividades mecânicas no preparo do solo.

Com relação ao comportamento das classes de agregados avaliadas, verifica-se maior redução na relação DMPAs/DMPAu para a classe de agregados 0,50-0,25 mm de diâmetro com média de 0,341 e 0,329 para 100% e 60% de água disponível, respectivamente, quando comparado com o valor da testemunha de 0,578. Para o tratamento com gramínea na mesma classe de agregados os valores foram de 0,299 e 0,373. Avaliando os agregados entre 2,00-1,00 e 1,00-0,50 mm de diâmetro, percebe-se também, uma redução no tratamento sem gramínea, nos conteúdos de umidade de 100% e 60% nas quatro épocas de avaliação, comparando-os com a média de suas respectivas testemunhas (Tabela 1), com valores de DMPAs/DMPAu de 0,336 e 0,444.

Tabela 6. Valores da relação diâmetro médio ponderado de agregado úmido e seco (DMPAu/DMPAs), nas três classes de tamanho de agregados estudados, para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas

Época	Classe de agregados	DMPAu/DMPAs			
		Com gramínea		Sem gramínea	
		100% AD	60% AD	100% AD	60% AD*
dias	mm				
90	2,00-1,00	0,249 aAα	0,355 aAα	0,281 aAα	0,337 aAα
	1,00-0,50	0,394 bAα	0,391 aAα	0,303 aAα	0,395 aAα
	0,50-0,25	0,348 bAα	0,436 aAα	0,397 bAα	0,360 aAα
180	2,00-1,00	0,251 aAα	0,282 aAα	0,223 aAα	0,340 aBα
	1,00-0,50	0,333 aAα	0,330 aAα	0,243 aAα	0,302 aAα
	0,50-0,25	0,252 aAα	0,329 aAα	0,354 bAα	0,341 aAα
270	2,00-1,00	0,279 aAα	0,348 aAα	0,201 aAα	0,274 aAα
	1,00-0,50	0,364 aAα	0,331 aAα	0,238 aAβ	0,305 aAα
	0,50-0,25	0,312 aAα	0,327 aAα	0,322 bAα	0,311 aAα
360	2,00-1,00	0,319 aAα	0,316 aAα	0,245 aAα	0,224 aAα
	1,00-0,50	0,332 aAα	0,318 aAα	0,238 aAα	0,265 aAα
	0,50-0,25	0,285 aAα	0,401 aBα	0,292 aAα	0,304 aAα
Média	2,00-1,00	0,274	0,325	0,237	0,294
	1,00-0,50	0,356	0,342	0,255	0,317
	0,50-0,25	0,299	0,373	0,341	0,329

*AD – água disponível

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula (umidade dentro de tamanho e gramínea) e grega (gramínea dentro de tamanho e umidade) na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pelo exposto, os valores para relação DMPAu/DMPAs apresentam-se muito baixos, principalmente, para o tratamento sem gramínea. Em ambos os tratamentos, ocorre uma redução contínua nos valores, desde a primeira época (90 dias) até 360 dias indicando baixa estabilidade dos agregados. Silva e Mielniczuk (1997b) afirmam que, quanto maior a relação DMPAu/DMPAs (próximo a 1) maior é a estabilidade dos agregados do solo em água e, aqueles com valores mais próximo a zero, representam agregados altamente susceptíveis a destruição em presença de água. A estabilidade de agregados depende das condições e tipo de material orgânico utilizado, atividade microbiana, processo de umedecimento e secagem do solo, tipo de cultivo, pH do solo e temperatura entre outros. A formação de agregados melhora a estrutura do solo, reduz a densidade e, como consequência, promove o aumento da porosidade, da aeração e dos teores de água do solo.

Na figura 3, é apresentado o índice de estabilidade dos agregados para todos os tratamentos em todo período de avaliação. Para os tratamentos com gramínea (a) e (b), os agregados de 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro permanecem constantes até os 360 dias de avaliação, não apresentando efeito significativo, enquanto que, os agregados 2,00-1,00 mm apresentam acréscimos em seus valores a cada época de coleta. Já, para 60% de água disponível, a mesma classe de agregado apresenta um decréscimo dos 90 até 180 dias, ocorrendo um aumento a partir dos 270 dias.

Em relação aos tratamentos sem gramínea, verificam-se redução na estabilidade dos agregados de ambas as classes (2,00-1,00, 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro). No tratamento sem gramínea, os agregados foram formados pelo processo físico através dos ciclos de umedecimento e secagem, sem que ocorresse a ação biológica das raízes da gramínea, favorecendo assim, para os agregados apresentarem-se altamente instáveis a ação da água, como pode ser observado pelo grande fracionamento dos agregados maiores, o que contribui para a diminuição acentuada do DMPAu (Tabela 5) e baixo índice de estabilidade como pode ser observado na figura 3 (c) e (d).

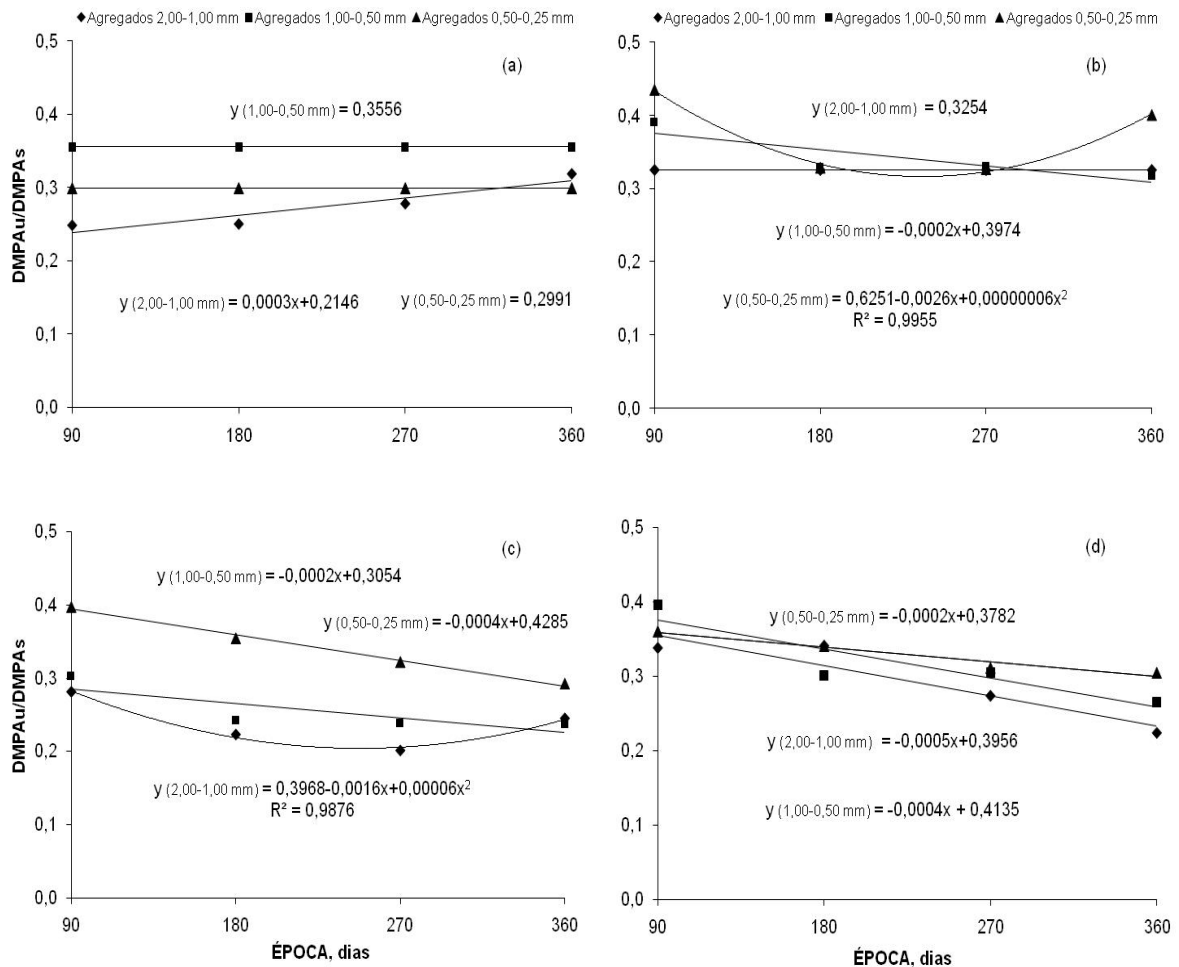


Figura 3 – Relação diâmetro médio ponderado de agregado úmido e seco (DMPAu/DMPAs), do Nitossolo Vermelho para as diferentes classes de agregados (2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,25 mm de diâmetro), em função das épocas de avaliação para os tratamentos com graminha 100%AD (a) e 60%AD (b); sem graminha 100%AD (c) e 60%AD (d).

4.4. Sistema radicular

O sistema radicular das gramíneas tem uma participação efetiva no processo de formação e estabilização dos agregados do solo, em função da sua grande densidade de raízes e do maior número de pontos de exsudações, o que determina uma melhor distribuição destes compostos no solo. Na tabela 7, encontram-se os valores obtidos do comprimento de raiz da graminha *Brachiaria ruziziensis* para os tratamentos e épocas analisadas. Verifica-se que, apenas na quarta época de avaliação (360 dias) houve diferença entre os tratamentos, para 100% de água disponível, em ambas as partes (superior e inferior do vaso), sendo que, o maior comprimento de raízes foi em relação aos tratamentos com 60% de água disponível.

Observa-se, que o tratamento a 100% de água disponível apresentou em média 14,79 e 22,26 m planta⁻¹ para comprimento de raiz, na parte superior e inferior, respectivamente, em comparação com ao tratamento com 60% de água disponível, com valores de 15,76 e 14,12 m planta⁻¹ de raiz para ambas as profundidades, apresentando um valor mais elevado na profundidade de 0-10 cm (parte inferior do vaso). No entanto, o tratamento com 100% de água disponível apresentou um total de 37,05 m planta⁻¹ e, o de 60% de água disponível 29,88 m planta⁻¹ respectivamente, demonstrando à medida que se reduz a umidade do solo, maior a dificuldade de penetração das raízes no solo.

Tabela 7. Valores de comprimento de raiz da *Brachiaria ruziziensis* para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas, na parte superior e inferior do vaso

Época	Água disponível	Comprimento de raiz		Total
		Superior	Inferior	
dias	%	m planta ⁻¹		
90	100	13,65 aB	22,28 aA	35,93
	60	16,22 aA	16,79 aA	33,01
180	100	18,11aB	34,23 aA	52,34
	60	21,08 aA	16,26 bA	37,34
270	100	9,63 aA	9,75 aA	19,38
	60	15,40 aA	11,49 aA	26,90
360	100	17,77 aA	22,77 aA	40,53
	60	10,34 bA	11,92 bA	22,26
Média	100	14,79	22,26	37,05
	60	15,76	14,12	29,88

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Verifica-se ainda, na parte inferior, maiores valores para comprimento de raiz em ambos os tratamentos, evidenciando uma maior concentração de raízes na parte inferior dos vasos, ocorrendo uma diferenciação apenas, aos 180 e 270 dias de avaliação para o conteúdo de 60% de água disponível.

De forma geral, observa-se na tabela 7, que o maior comprimento de raízes para o tratamento em que se aplicou 100% da água disponível, ficou para a parte inferior do vaso, profundidade correspondente de 10-20 cm, em todas as épocas analisadas. Isso se deve as melhores condições proporcionadas pelo nível ótimo de umidade do tratamento. Com relação ao tratamento em que, se aplicou 60% da quantidade de água disponível, observa-

se que o maior crescimento das raízes ocorreu na camada superior do vaso de 0-10 cm e, isso ocorreu face a aplicação da água, através dos turnos de rega acontecer na parte superior dos vasos e, menores quantidades de água desceria por percolação para a parte inferior do vaso, desfavorecendo dessa forma um maior crescimento de raízes.

Na comparação dos resultados, o tratamento sem gramínea é aquele com os menores valores do DMPAu e baixos índices de estabilização das unidades estruturais (Tabela 5 e Figura 2). Observando os valores de DMPAu e da relação DMPAu/DMPAs (Tabelas 5 e 6), os tratamentos com gramínea apresentaram melhores resultados em relação ao tratamento sem gramínea, isto porque, o sistema radicular da gramínea, no caso, da *B. ruzizensis* é formado por raízes finas, favorecendo um maior raio de contato entre as partículas do solo conforme verificou Santiago (1997), trabalhando com a *B. humidicula*, que essas raízes são mais fáceis de serem decompostas pelos microrganismos e, dessa forma contribuem na produção de compostos orgânicos essenciais, necessários para a estabilização dos agregados. Os exsudatos orgânicos liberados pelas raízes possuem função cimentante nas partículas do solo, tendo efeito direto na agregação do solo, servindo de fonte de energia para a atividade microbiana, que libera moléculas orgânicas como subprodutos do metabolismo (ácidos húmicos e polissacarídeos), que também irão atuar como agentes aglutinadores dos grânulos minerais (Mielniczuk, 1999).

Salton et al. (2008) analisando a estabilidade de agregados do solo em Mato Grosso do Sul, com diferentes sistemas de manejo do solo, incluindo lavouras (soja) em plantio direto, lavouras em rotação com pastagens em plantio direto e pastagens permanentes (*Brachiaria* sp.), constataram que o aporte de C ao solo, via raízes especialmente, é fundamental para existência de macroagregados, o que é evidenciado pelos sistemas com pastagens permanentes, que apresentaram diâmetro médio ponderado de agregados, significativamente maior que os sistemas com pastagens em rotação com soja, e estes, maior em relação ao sistema apenas com lavouras.

Já na tabela 8, são apresentados os valores obtidos para produção de matéria seca de raiz da gramínea *B. ruzizensis* para os tratamentos e épocas analisadas, observa-se que houve diferença significativa pelo teste de Tukey. Os resultados aos 180 e 360 dias para o tratamento com 100% de água disponível, em ambas profundidades (superior e inferior) superou os valores do tratamento com 60% de água disponível, devido à maior quantidade de raízes, como mostrado na tabela 7, assim como, aos 90 e 270 dias, observam-se os menores valores para produção de massa seca e comprimento de raiz.

Tabela 8. Produção de matéria seca de raiz da *Brachiaria ruziziensis* para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas, na parte superior e inferior do vaso

Época dias	Água disponível %	Massa seca de raiz		Total
		Superior	Inferior	
		----- g planta ⁻¹ -----		
90	100	6,13 aA	6,96 aA	13,09
	60	6,35 aA	5,19 aA	11,54
180	100	8,51 aB	13,96 aA	22,47
	60	8,35 aA	7,01 bA	15,36
270	100	5,09 aA	3,94 aA	9,03
	60	7,03 aA	4,82 aA	11,85
360	100	11,17 aA	12,99 aA	24,16
	60	6,96 bA	6,18 bA	13,14
Média	100	7,72	9,46	17,18
	60	7,17	5,80	12,97

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De um modo geral, observa-se que os maiores valores de matéria seca de raiz foram para 100% de água disponível na profundidade de 10-20 cm (parte inferior do vaso), apresentando uma média de 9,46 g planta⁻¹ em comparação, ao tratamento com 60% de água disponível com média de 5,80 g planta⁻¹. Neste caso, percebe-se que a 100% AD, as raízes da gramínea permearam mais o volume do vaso, evidenciando que este tratamento favoreceu a agregação do solo, apresentando melhores resultados quanto à estabilidade dos agregados como visto na figura 3. Segundo Igue (1984), as gramíneas possuem maior volume de raiz, melhorando a porosidade e a agregação do solo.

Considerando os envoltimentos múltiplos das raízes nos processos químicos, físicos e biológicos do solo, e ainda a variedade de manejos a que podem ser submetidas, a determinação apenas da massa seca de raízes ao longo do perfil, é insuficiente para avaliar o efeito do sistema radicular na qualidade do solo (Libardi e Jong Van Lier, 1999), devendo ser complementada pela determinação do comprimento total das raízes, seu diâmetro, como também a área radicular (Rossiello et al., 1995).

4.5. Produção de matéria seca da parte aérea

A produção de matéria seca da parte aérea da *B. ruziziensis* é apresentada na tabela 9. Verifica-se que houve diferenças entre os resultados, principalmente em relação aos conteúdos de água disponível, destacando-se os valores de 100% AD, indicando que, quanto maior a oferta de água maior será a produção de matéria seca da parte aérea da gramínea, já que esta é uma planta exigente em água, requerendo em condições normais de campo uma precipitação média de 1.000 mm/ano, com boa distribuição durante todo o ano para proporcionar uma produção satisfatória. Com isso, as médias de produção de matéria seca da parte aérea com 100% de água disponível para as classes de agregados entre 2,00-1,00, 1,00-0,50 e 0,50-0,25 mm de diâmetro foram de 3,90, 4,21 e 3,60 g planta⁻¹, respectivamente, superando os valores de 60% de água disponível que, apresentaram 3,66, 2,23 e 1,63 g planta⁻¹ de matéria seca, respectivamente.

Tabela 9. Produção de matéria seca da parte aérea da *Brachiaria ruziziensis* para os tratamentos e diferentes épocas avaliadas

Época dias	Classes de agregados mm	Matéria seca da parte aérea		Total
		100% AD	60% AD	
		----- g planta ⁻¹ -----		
90	2,00-1,00	3,71 aA	2,89 aA	6,60
	1,00-0,50	4,31 aA	2,76 aB	7,07
	0,50-0,25	3,80 aA	1,81 aB	5,61
180	2,00-1,00	4,51 aB	6,37 aA	10,88
	1,00-0,50	4,74 aA	2,37 bB	7,11
	0,50-0,25	3,14 aA	1,90 bA	5,04
270	2,00-1,00	3,51 aA	2,69 aA	6,20
	1,00-0,50	4,11 aA	2,56 aB	6,67
	0,50-0,25	3,60 aA	1,61 aB	5,21
360	2,00-1,00	3,86 aA	2,70 aA	6,56
	1,00-0,50	3,68 aA	1,23 aB	4,91
	0,50-0,25	3,84 aA	1,22 aB	5,06
Média	2,00-1,00	3,90	3,66	7,56
	1,00-0,50	4,21	2,23	6,44
	0,50-0,25	3,60	1,63	5,23

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Verifica-se ainda, que há um crescimento aos 90 e 180 dias para os dois conteúdos de água disponível, ocorrendo declínio a partir dos 270 dias, principalmente para 60% AD, essa redução está aliada ao fato de ocorrer em pleno período de verão, onde a necessidade de água pela planta é maior, uma vez que a umidade relativa do ar é baixa e a temperatura do ar elevada, aumentando o processo de transpiração da planta e, como pode ser observado na tabela 7, para o mesmo período, os valores de comprimento de raiz foram baixos em relação aos demais, o que provavelmente contribuiu para diminuir a área de absorção de água pela gramínea, prejudicando o seu desenvolvimento.

É interessante ressaltar, que as gramíneas perenes apresentam produção de pastagens em quantidades variáveis, até porque, no período chuvoso ocorre abundância de forragem de boa qualidade, possibilitando maior produção animal, enquanto que, no período seco, caracterizado pela falta de chuva, há um menor fornecimento de pastagem. Segundo Botrel et al.(1999), as *Brachiaria*, em geral, têm-se mostrado como plantas de elevado potencial de produção de matéria seca. Este capim adapta-se às mais variadas condições de solo e clima, com vantagens sobre outras espécies, proporcionando produções satisfatórias de forragens em solos com baixa e média fertilidade (Peixoto et al., 1994), e produzindo matéria seca em abundância durante todo o ano, se as condições de temperatura e de umidade do solo forem favoráveis (Kluthcouski et al., 2003).

5. CONCLUSÕES

1. Os maiores valores de DMPAu e da relação DMPAu/DMPAs para o tratamento com gramínea indicam, que o sistema radicular das gramíneas favorecem a maior formação e estabilidade dos agregados do solo;
2. O tratamento sem gramínea com 100% e 60% de água disponível proporcionou alta instabilidade aos agregados formados com baixos valores de DMPAu/DMPAs;
3. O conteúdo com 100% de água disponível apresentou maiores resultados para comprimento e produção de biomassa da *Brachiaria ruziziensis*, por permitir um melhor desenvolvimento do sistema radicular da gramínea.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, F. E. Soil aggregation-some facts and fallacies as seen by a microbiologist. *Soil Science*, Baltimore, v.106, p.136-143. 1968.

ANGERS, D. A.; MEHUIS, G. R. Aggregate stability to water. In: CARTER, M.R., ed. *Soil sampling and methods of analysis*. Boca Raton, Lewis Publishers for the Canadian Society of Soil Science, 1993. p.651-657.

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

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. [et al.] ... (ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2ª ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. 654p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A e CAMARGO, F. A. O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 1ª ed. Porto Alegre: Genesis, 1999. 508p.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. Soil structure: classification and genesis. In: BAYER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R., ed. *Soil physics*. New York, John Wiley, 1973. p.130-177.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. *Soil physics*, 4ª ed. New York: John Wiley, 1972. 498p.

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

BISSONNAIS, Y. L. Soil characteristics and aggregate stability. In: *Soil erosion, conservation, and rehabilitation*. New York: Marcel Dekker, 1996.

BOCHNER, J. K.; FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. de C.; SANTANA, I. K. da S. Matéria orgânica e agregação de um planossolos sob diferentes coberturas florestais. *Cerne*, v.14, p.46-53, 2008.

BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Avaliação de gramíneas forrageiras na região sul de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.4, p.62, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: MA/SUDENE, 1972, 683p.

CAMARGO FILHO, S. T. Recuperação de áreas degradadas no município de Paty do Alferes pela introdução de gramíneas forrageiras e leguminosas arbóreas. Seropédica: UFRRJ, 1999, 105f. (Dissertação de Mestrado).

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

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 do Solo, Viçosa, v.22, p.527-538, 1998.

CHANEY, K.; SWIFT, R.S. Studies on aggregate stability. II. The effect of humic substances on the stability of re-formed soil aggregates. J. Soil Sci., v.37, p.329-335, 1986.

CORRÊA, A. A. M. Produção de alimentos para sobrevivência de brasileiros. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 1995. Petrolina. Anais...Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/SBCS, 1995. p.272-273.

CORRÊA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.30, p.107-144, 1995.

DE MARIA, I. C.; KOCSSI, M. A.; DECHEN, S. C. F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. Bragantia, v.66, p.291-298, 2007.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. Soil Till. Res.,11, p.199-238, 1988.

DUFRANC, G.; DECHEN, S. C. F.; FREITAS S. S.; CAMARGO O. A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no estado de São Paulo. Revista Brasileira Ciência Solo, v.28, p.505-517, 2004.

EDWARDS, A. P.; BREMNER, J. M. Microaggregates in soil. Journal. Soil Science, v.18, p. 64-73, 1967.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006, 306p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa – CNPS, Documentos, 1).

FERREIRA, F. P.; AZEVEDO, A. C. de.; DALMOLIN, R. S. D.; GIRELLI, D.. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul – Brasil. *Ciência Rural*, v.37, p.381-388, 2007.

GUERRA, J. K.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340p.

GIASSON, E. Introdução ao estudo dos solos. In: MEURER, E. J. Fundamentos de química do solo. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p.11-29.

GONDIM, A. W. de A. Geoeconomia e agricultura do brejo paraibano: análise e avaliação. João Pessoa, Editora Universitária – UFPB, 1999, 206p.

HERNANI, L. C.; GUIMARÃES, J. B. R. Efeitos de sistemas de preparo do solo e rotação de culturas em atributos físicos de um Latossolo Roxo. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., Temuco, 1999. Resúmenes. Temuco, Un. de La Frontera, 1999. CD-ROM.

HILLEL, D. Fundamentals of soil physics. New York, Academic Press. 1980. 413p.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: Fundação Cargill. Adubação verde no Brasil. Campinas, p.232-267. 1984.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. *Brachiaria ruziziensis*. 2005. Disponível em: <<http://www.institutohorus.org.br>>. Acesso em: 10 ago 2007.

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

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: Relações solo-planta. São Paulo. Agronômica Ceres, 1979. 263p.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, F.L.; AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. EMBRAPA: arroz e feijão, Santo Antonio de Goiás, GO, 2003. 570p.

LACERDA, N. B.; ZERO, V. M.; BARILLI, J.; MORAES, M. H.; BICUDO, S. J. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. *Engenharia. Agrícola*. v.25, p.686-695, 2005.

LARSON, W. E.; GUATA, S. C.; USECHE, R. A. Compression in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Science Journal Australian*, v.44, p.450-457, 1980.

LIMA, L. P. de. Avaliação física de um latossolo vermelho textura média, influenciada pela aplicação de dejetos de suínos e cama aviária. Uberlândia: UFU, 2007. 184f. (Dissertação de mestrado).

LIBARDI, P. L.; JONG van LIER. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. Workshop sobre sistema radicular: metodologia e estudos de casos, 1999, Aracajú, SE. Anais... Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999, p.47-56.

MAROCHI, A. I. Opções de coberturas em sistema de plantio direto para região de clima tropical. 2006. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=23296>>. Acesso em: 04 Mai 2009.

MAROCHI, A. I.; BORGES, J. H.; SCALEA, M. *Brachiaria ruziziensis* é alternativa de cobertura de solo para o sistema de Plantio Direto no Cerrado. *Agricultura e Meio Ambiente*. 3^a ed, ano I, 2005. Disponível em: <http://www.monsanto.com.br/monsanto/brasil/newsletter/agricultores/03_2005maio/edi01_noticia_brachiaria.asp>. Acesso em: 04 Mai 2009.

MASCARENHAS, P. S. M. Formação e estabilização de agregados: efeito do sistema radicular de gramínea e leguminosa. Areia: CCA/UFPB, 1997. 64f. (Dissertação de Mestrado).

MATOS, E. da S.; MENDONÇA, E. de Sá.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, J. C. C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolo sob adubação orgânica e mineral. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1221-1230, 2008.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. [et al.] ... (ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. II. p. 65-90.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais*. 1^a ed. Porto Alegre, Genesis, 1999. 508p.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (eds). *Simpósio sobre manejo de pastagem*, Piracicaba: FEALQ, 1994. 325p.

PACHECO, E. P.; ARAUJO, E. A. de.; AMARAL, E. F. do.; SILVA, C. L.; NETTO, A. P. Aptidão natural para mecanização agrícola dos solos do estado do Acre. Acre: EMBRAPA, 2001. 6p. (Comunicado Técnico, 129).

PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V.P. Manejo de pastagem. Anais do 11º Simpósio sobre manejo de pastagem. Piracicaba: FEALQ. 1994, p 103.

PEIXOTO, M. de. F. da. S. P. Atributos físicos, químicos e biológicos como indicadores da qualidade do solo (Apostila). Bahia, 2008. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.

PUPO, N. I. H. Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V., eds. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.163-176.

RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S. B., CORRÊA, G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 3. ed. Viçosa: NEPUT, 1999. 338p.

ROSSIELO, R. O. P.; ARAÚJO. A. P.; MANZATTO, C. V.; FERNANDES, M. S. Comparação dos métodos fotoelétricos e da interseção na determinação de área, comprimento e raio médio radicular. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.30, p.633-638, 1995.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Ciência do solo, v.32, p.11-21, 2008.

SALTON, J. C.; FABRICIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. Revista Plantio Direto, v.69, p.32-34, 2002.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FABRÍCIO, A. C. & BROCH, D. L. Avaliação de atributos físicos e químicos do solo e rendimento de grãos na rotação lavoura-pastagem no sistema plantio direto. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., Temuco, 1999. Suelo – Ambiente – Vida: resúmenes. Temuco, Universidad de La Frontera, 1999. CD ROM.

SANTIAGO, R. D. Agregação do solo: efeito de diferentes gramíneas na formação e estabilização. Areia: CCA/UFPB, 1997. 64f. (Dissertação de Mestrado).

SANTOS, R. dos. Propriedades de retenção e condução de água em solos, sob condições de campo e em forma de agregados, submetidos aos plantios convencional e direto. Ponta Grossa: UEPG, 2008. 102f. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, A. P. da. Física do solo (Apostila). Piracicaba, 2008. Material extraído do livro “The Nature and Properties of Soils” – Nyle C. Brady, Ray R. Weil. – 13ª ed. Editora Prentice Hall.

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

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.113-117, 1997a.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.313-319, 1997b.

SILVA, I. de F. da. Formação, estabilidade e qualidade de agregados do solo afetados pelo uso agrícola. Porto Alegre: UFRGS, 1993. 126f. (Tese de Doutorado).

SILVA, M. A. S. da.; MAFRA, Á. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um argissolo vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.329-337, 2006.

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 um Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, p.97-103, 1998.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.253-260, 2001.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular de milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.191-199, 2000.

SMITH, C. W.; JOHNSTON, M. A.; LORENTZ, S. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. II Soil properties affecting compactibility and compressibility. *Soil Till. Res.*, v.43, p.335-354, 1997.

TAYLOR, H. M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. *Soil Tillage Res.*, v.19, p.111-119, 1991.

TAYLOR, H. M. Managing root systems to reduce plant water deficits. In: MEHTA, Y. R. The soil-root systems in relation to Brazilian agriculture, Londrina: IAPAR, 1981. p.45-60

TENNANT, D. A test of modified line intersect method of estimating root length. *Journal Ecology*, v.63, p.995-1001, 1975.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. *Journal of Soil Science*, v.33, p.141-163, 1982.

TISDALL, J. M.; COCKOFT, B.; UREN, N. C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials microbial activity and physical disruption. *Australian Journal of Soil Research*, v.16, p.9-17, 1978.

VEZZANI, F. M. Qualidade do sistema solo na produção agrícola. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 184f. (Tese de Doutorado).

VIANA, J. H. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na reorganização da estrutura microgranular de latossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.11-19, 2004.

VILELA, H. Séries gramíneas tropicais – Gênero *Brachiaria* (*Brachiaria ruziziensis* – Capim). *Agronomia: O portal da ciência e tecnologia*. Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_brachiar_ia_ruziziensis.htm>. Acesso em: 17 ago de 2007.

ZONTA, E.; BRASIL, F.; GOI, S. R.; ROSA, M. M. T. O sistema radicular suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S., (ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

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

APÊNDICE

Tabela 1A. Resumo da análise de variância para diâmetro médio ponderado de agregado seco (DMPAs), diâmetro médio ponderado de agregado úmido (DMPAu) e a relação (DMPAu/ DMPAs)

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		DMPAs	DMPAu	DMPAu/DMPAs
Classe de agregados (C)	2	33,675406**	1,699050**	0,092848**
Umidade (U)	1	2,050426**	0,015040**	0,126480**
Gramínea (G)	1	1,535584**	0,706838**	0,103009**
Época (E)	3	0,098693 ^{NS}	0,075447**	0,075306**
C x U	2	1,747293**	0,031186**	0,007694 ^{NS}
C x G	2	0,243412**	0,058529**	0,030625**
C x E	6	0,003018 ^{NS}	0,003876 ^{NS}	0,004900 ^{NS}
U x G	1	0,018142 ^{NS}	0,008089*	0,000106 ^{NS}
U x E	3	0,082968 ^{NS}	0,011758**	0,004692 ^{NS}
G x E	3	0,114953 ^{NS}	0,029043**	0,025490**
C x U x G	2	0,006136 ^{NS}	0,052672**	0,052461**
C x U x E	6	0,259289**	0,004563*	0,009128**
C x G x E	6	0,190953**	0,004502*	0,006462 ^{NS}
U x G x E	3	0,077654 ^{NS}	0,002984 ^{NS}	0,004893 ^{NS}
C x U x G x E	6	0,050924 ^{NS}	0,005352*	0,003557 ^{NS}
E / C1 U1 G1				
Linear	1	0,616020**	0,000632 ^{NS}	0,022889**
Quadrática	1	0,252707 *	0,009657*	0,003056 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,006960 ^{NS}	0,008633*	0,000066 ^{NS}
E / C1 U1 G2				
Linear	1	0,097156 ^{NS}	0,009660*	0,006752 ^{NS}
Quadrática	1	0,303323**	0,010542*	0,020655**
Falta de ajuste	1	0,308802**	0,009142*	0,000343 ^{NS}
E / C1 U2 G1				
Linear	1	0,009414 ^{NS}	0,000058 ^{NS}	0,001003 ^{NS}
Quadrática	1	0,054607 ^{NS}	0,000796 ^{NS}	0,003440 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,214410*	0,021790**	0,022805**
E / C1 U2 G2				
Linear	1	0,690073 **	0,060070**	0,066284**
Quadrática	1	0,820128 **	0,004637 ^{NS}	0,005476 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,001494 ^{NS}	0,001297 ^{NS}	0,003026 ^{NS}
E / C2 U1 G1				
Linear	1	0,152578 ^{NS}	0,000496 ^{NS}	0,009457 ^{NS}
Quadrática	1	0,000001 ^{NS}	0,001470 ^{NS}	0,001558 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,120874 ^{NS}	0,067902**	0,009777 ^{NS}
E / C2 U1 G2				
Linear	1	0,036439 ^{NS}	0,012331**	0,016024*
Quadrática	1	0,001121 ^{NS}	0,011920*	0,006980 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,013601 ^{NS}	0,000196 ^{NS}	0,001078 ^{NS}
E / C2 U2 G1				
Linear	1	0,007061 ^{NS}	0,036512**	0,019382*
Quadrática	1	0,052383 ^{NS}	0,000655 ^{NS}	0,004807 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,001688 ^{NS}	0,004785 ^{NS}	0,002333 ^{NS}

Tabela 1A. Continuação

Fonte de Variação*	GL	Quadrados Médios		
		DMPAs	DMPAu	DMPAu/DMPAs
E / C2 U2 G2				
Linear	1	0,004068 ^{NS}	0,087380**	0,059776**
Quadrática	1	0,039946 ^{NS}	0,001214 ^{NS}	0,005794 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,002972 ^{NS}	0,009745*	0,007998 ^{NS}
E / C3 U1 G1				
Linear	1	0,119012 ^{NS}	0,000060 ^{NS}	0,006687 ^{NS}
Quadrática	1	0,007360 ^{NS}	0,008112*	0,009262 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,010238 ^{NS}	0,021793**	0,023834**
E / C3 U1 G2				
Linear	1	0,030575 ^{NS}	0,016704**	0,048550**
Quadrática	1	0,001477 ^{NS}	0,000059 ^{NS}	0,000353 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,028740 ^{NS}	0,002270 ^{NS}	0,000022 ^{NS}
E / C3 U2 G1				
Linear	1	0,029436 ^{NS}	0,000325 ^{NS}	0,004407 ^{NS}
Quadrática	1	0,062871 ^{NS}	0,023064**	0,065043**
Falta de ajuste	1	0,005755 ^{NS}	0,001509 ^{NS}	0,000313 ^{NS}
E / C3 U2 G2				
Linear	1	0,018256 ^{NS}	0,019226**	0,015435*
Quadrática	1	0,009102 ^{NS}	0,002037 ^{NS}	0,000335 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,017258 ^{NS}	0,000767 ^{NS}	0,000421 ^{NS}
Resíduo	336	0,047028	0,001981	0,003179
CV (%)		15,92	11,00	18,07

NS, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

*C1 - classe de agregados (2,00-1,00 mm de diâmetro)

C2 - classe de agregados (1,00-0,50 mm de diâmetro)

C3 - classe de agregados (0,50-0,25 mm de diâmetro)

U1 - 100% de água disponível

U2 - 60% de água disponível

G1 - com gramínea

G2- sem gramínea

Tabela 2A. Resumo da análise de variância para comprimento e produção de matéria seca de raízes da *Brachiaria ruziziensis*

Fonte de Variação*	GL	Quadrados Médios	
		Comprimento de Raízes	Matéria Seca de Raízes
Classe de agregados (C)	2	76617188,750 ^{NS}	39,065758 ^{NS}
Umidade (U)	1	616661506,423*	212,689200**
Época (E)	3	965246731,443**	226,447806**
C x U	2	103405955,389 ^{NS}	39,933525 ^{NS}
C x E	6	243419291,497 ^{NS}	31,057531 ^{NS}
U x E	3	418244615,001*	111,589594**
C x U x E	6	205417979,502 ^{NS}	21,109369 ^{NS}
Erro 1	72	113727606,727	26,786608
Profundidade (P)	1	406466341,053*	1,555200 ^{NS}
C x P	2	107030383,288 ^{NS}	14,213200 ^{NS}
U x P	1	996027892,703**	116,314133**
E x P	3	134449861,706 ^{NS}	28,844017 ^{NS}
C x U x P	2	3947917,115 ^{NS}	3,279508 ^{NS}
C x E x P	6	47940393,205 ^{NS}	5,703133 ^{NS}
U x E x P	3	199099287,332*	19,312172 ^{NS}
C x U x E x P	6	33252243,154 ^{NS}	2,153081 ^{NS}
Erro 2	72	76900301,218	11,219742
E / U1 P1			
Linear	1	8973996,562 ^{NS}	82,391602*
Quadrática	1	40499936,858 ^{NS}	41,181075 ^{NS}
Falta de ajuste	1	523864520,284*	140,362215**
E / U1 P2			
Linear	1	317905621,604 ^{NS}	39,188002 ^{NS}
Quadrática	1	3446255,002 ^{NS}	12,710208 ^{NS}
Falta de ajuste	1	3278195695,822**	782,142615**
E / U2 P1			
Linear	1	325877611,395 ^{NS}	0,147016 ^{NS}
Quadrática	1	295689351,996 ^{NS}	12,834008 ^{NS}
Falta de ajuste	1	74708397,015 ^{NS}	12,503535 ^{NS}
E / U2 P2			
Linear	1	225891315,138 ^{NS}	0,366602 ^{NS}
Quadrática	1	2728076,521 ^{NS}	0,658008 ^{NS}
Falta de ajuste	1	53340708,250 ^{NS}	34,095882 ^{NS}
Erro combinado		95313953,972900	1,027709
CV (%)		63,74	68,62
CV (%)		52,41	44,41

NS, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

*U1 - 100% de água disponível

U2 - 60% de água disponível

P1 - parte superior do vaso (profundidade 0-10 cm)

P2 - parte inferior do vaso (profundidade 10-20 cm)

Tabela 3A. Resumo da análise de variância para produção de matéria seca da parte aérea da *Brachiaria ruziziensis*

Fonte de variação	GL	Quadrados médios
		Matéria Seca da Parte Aérea
Classe de agregado (C)	2	10,828429**
Umidade (U)	1	46,662759**
Época (E)	3	5,104684**
C x U	2	8,057113**
C x E	6	3,521771**
U x E	3	2,260282 ^{NS}
C x U x E	6	1,414476 ^{NS}
E / C1 U1		
Linear	1	0,058320 ^{NS}
Quadrática	1	0,198025 ^{NS}
Falta de ajuste	1	1,978205 ^{NS}
E / C1 U2		
Linear	1	3,625261 ^{NS}
Quadrática	1	12,058256**
Falta de ajuste	1	23,533651**
E / C2 U1		
Linear	1	1,282711 ^{NS}
Quadrática	1	0,743906 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,311251 ^{NS}
E / C2 U2		
Linear	1	3,845645 ^{NS}
Quadrática	1	0,874225 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,877805 ^{NS}
E / C3 U1		
Linear	1	0,066701 ^{NS}
Quadrática	1	0,814506 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,368561 ^{NS}
E / C3 U2		
Linear	1	0,832320 ^{NS}
Quadrática	1	0,225625 ^{NS}
Falta de ajuste	1	0,017405 ^{NS}
Erro	72	1,027709
CV (%)		31,65

NS e ** = Não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

*C1 - classe de agregados (2,00-1,00 mm de diâmetro)

C2 - classe de agregados (1,00-0,50 mm de diâmetro)

C3 - classe de agregados (0,50-0,25 mm de diâmetro)

U1 - 100% de água disponível

U2 - 60% de água disponível

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)