

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE DOURADOS

**AÇÃO DA IRRIGAÇÃO E CULTURAS ANTECESSORAS SOBRE  
ATRIBUTOS DE UM LATOSSOLO E NO DESENVOLVIMENTO DA  
SOJA **NO PLANTIO DIRETO****

ANDRÉ VIEIRA AZAMBUJA  
Engenheiro Agrônomo

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL  
2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE DOURADOS

**AÇÃO DA IRRIGAÇÃO E CULTURAS ANTECESSORAS SOBRE  
ATRIBUTOS DE UM LATOSSOLO E NO DESENVOLVIMENTO DA  
SOJA **NO PLANTIO DIRETO****

ANDRÉ VIEIRA AZAMBUJA  
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. EDGARD JARDIM ROSA JUNIOR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL  
2003

**Ação da irrigação e culturas antecessoras sobre atributos de um  
Latossolo e no desenvolvimento da soja **no plantio direto****

André Vieira Azambuja

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como  
parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de  
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 28 de março de 2003.

Prof. Dr. Edgard Jardim Rosa Junior  
UFMS - DCA  
(Orientador)

Prof. Dr. Euclides Fedatto  
UFMS - DCA  
(Co-orientador)

Profa. Dra. Yara Brito C. J. Rosa  
UFMS - DCA  
(Co-orientadora)

Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez  
UNESP - FCA

À minha esposa Ariangela por todo amor e  
companheirismo,

Aos meus pais, Demóstenes e Elza, por todo  
amor, apoio e exemplos que proporcionaram,

Aos meus avós José, Amélia, Alfredo (*in  
memorian*) e Ercília pelo carinho,

Ao Fabio, Agenor e Paulo (*in memorian*),  
irmãos que a vida me proporcionou,

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela presença constante em minha vida,  
À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pela realização do curso,

Aos professores Edgard Jardim Rosa Junior (orientador) e Yara Brito Chaim Jardim Rosa (co-orientadora) pela orientação e, acima de tudo, pela amizade e dedicação demonstrados,

Aos professores Luiz Carlos Ferreira de Souza e Euclides Fedatto pela co-orientação,

Aos amigos Luis Alberto Staut e Augusto Cesar Pereira Goulart pesquisadores da EMBRAPA-CPAO e Antonio Carlos Tadeu Vitorino professor UFMS, pelas colaborações no decorrer do curso,

A todos os professores do curso de Mestrado,

A todos os funcionários do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da UFMS,

Aos meus familiares, amigos e a todos que contribuíram, de alguma forma, para que este trabalho se concretizasse.

## **BIOGRAFIA**

ANDRÉ VIEIRA AZAMBUJA, filho de Demóstenes Alves de Azambuja e Elza Vieira Azambuja, nasceu em 25 de outubro de 1972, em Dourados, Mato Grosso do Sul.

Em março de 1991 iniciou o Curso de Agronomia, na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Dourados, diplomando-se em fevereiro de 1996.

Em Março de 2001, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia (área de concentração em Produção vegetal), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Dourados- MS.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO	14
ABSTRACT	16
1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 A Irrigação e a cultura da soja .....	21
2.2 Irrigação e seu efeito sobre características do solo.....	22
2.3 Efeito do sistema de plantio sobre características do solo.....	23
2.3.1 Efeitos sobre as características físicas do solo.....	26
2.3.2 Efeitos sobre as características químicas.....	
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Localização e características da área utilizada.....	28
3.2 Tratamentos experimentais.....	28
3.3 Características físicas e químicas avaliadas.....	29
3.3.1 Características físicas.....	29
a) Densidades do solo e das partículas.....	30
b) Análise textural.....	30
c) Porosidade total.....	30
d) Argila dispersa em água e grau de floculação.....	30
e) Análise de agregados.....	31
3.4.1 Características químicas.....	31
a) pH do solo.....	31
b) Cátions trocáveis.....	31
c) Fósforo disponível.....	31
d) Capacidade de troca de cátions (T).....	32
e) Acidez trocável ( $H^+ + Al^{3+}$ ).....	32
f) Carbono orgânico e matéria orgânica.....	32

3.5 Coleta e determinação das características vegetais.....	32
3.5.1 Comprimento do sistema radicular.....	32
3.5.2 Crescimento em altura.....	33
3.5.3 Produtividade.....	33
3.5.4 Estande final.....	34
3.5.5 Resíduos orgânicos em cobertura.....	34
3.5.6 Cobertura morta do solo.....	34
3.5.7 Número de sementes por planta.....	34
3.5.8 Peso de 100 sementes.....	35
3.3 Análise estatística.....	35
3.3.1 Análise das variáveis relacionadas com as características físicas do solo.....	35
3.3.2 Análise das variáveis relacionadas com as características químicas do solo.....	35
3.3.3 Análise das variáveis relacionadas com as plantas.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1 Variáveis relacionadas às características físicas do solo.....	37
4.1.1. Densidade do solo, densidade da partícula e porosidade total.....	37
4.1.2 Análise granulométrica, argila dispersa em água e grau de floculação.....	44
4.1.3. Distribuição de agregados do solo.....	47
4.1.4 Estabilidade de agregados.....	52
4.2 Variáveis relacionadas às características químicas do solo.....	59
4.4 Variáveis relacionadas com as plantas.....	70
5. CONCLUSÕES.....	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribuição de raízes (%) em função da profundidade (cm) e da densidade do solo ( $\text{dg.dm}^{-3}$ ).....	42
Figura 2. Porosidade total (%) em função da profundidade do solo (cm) e da presença e ausência de irrigação.....	42
Figura 3. Agregados maiores e menores que 2 mm de diâmetro (%) em função da profundidade do solo (cm) e da presença e ausência da irrigação.....	50
Figura 4. Comprimento de raízes (m) de soja e distribuição de agregados estáveis em água (%) na ausência de irrigação em função da profundidade de amostragem.....	57
Figura 5. Comprimento de raízes (m) de soja e distribuição de agregados estáveis em água (%) na presença de irrigação em função da profundidade de amostragem.....	57
Figura 6. Comprimento de raízes (m) de soja e distribuição de agregados estáveis em água (%) na sucessão aveia/soja em função da profundidade de amostragem.....	58
Figura 7. Comprimento de raízes (m) de soja e distribuição de agregados estáveis em água (%) na sucessão milho/soja em função da profundidade de amostragem.....	58
Figura 8. Concentração de raízes (%) e conteúdo de matéria orgânica do solo ( $\text{mg.dm}^{-3}$ ) em função da profundidade de amostragem e das sucessões de culturas utilizadas.....	67
Figura 9. Conteúdo de fósforo no solo ( $\text{mg.dm}^{-3}$ ) em função da presença e ausência da irrigação e da profundidade de amostragem (cm).....	68
Figura 10. Curva de crescimento de plantas de soja, determinada até o seu florescimento, em função dos sistemas de irrigação e da sucessão de culturas.....	72
Figura 11. Cobertura morta existente na superfície do solo (%) após a semeadura de soja em função da presença e ausência de irrigação e da sucessão de culturas.....	73

## LISTA DE QUADROS

### Página

- Quadro 1. Resumo das análises de variância da densidade do solo (DS), da densidade da partícula (DP) e da porosidade total (PT) observados entre 0 e 16 cm de profundidade..... 38
- Quadro 2. Resumo das análises de variância da densidade do solo (DS), da densidade da partícula (DP) e da porosidade total (PT) observados entre 16 e 32 cm de profundidade..... 39
- Quadro 3. Valores médios da densidade do solo (DS), da densidade da partícula (DP) e da porosidade total (PT) observados entre 0 e 32 cm de profundidade em função da presença e ausência de irrigação..... 40
- Quadro 4. Valores médios da densidade do solo (DS), da densidade da partícula (DP) e da Porosidade total (PT) observados entre 0 e 32 cm de profundidade em função das sucessões de culturas..... 41
- Quadro 5. Valores médios da densidade da partícula (DP) observados entre 20 e 24 cm de profundidade na presença e ausência de irrigação em função das sucessões de culturas..... 43
- Quadro 6. Valores médios da densidade da partícula (DP) observados entre 20 e 24 cm de profundidade nas duas sucessões de culturas em função da presença e ausência de irrigação..... 43
- Quadro 7. Resumo das análises de variância dos teores de argila (Argila), de silte (Silte), de areia grossa ( $ARE_{grossa}$ ), de areia fina ( $ARE_{fina}$ ), de argila dispersa (ADA) e do grau de floculação (G.F.) observados na presença e ausência de irrigação em função das profundidades estudadas..... 45
- Quadro 8. Resumo das análises de variância dos teores de argila (Argila), de silte (Silte), de areia grossa ( $ARE_{grossa}$ ), de areia fina ( $ARE_{fina}$ ), de argila dispersa (ADA) e do grau de floculação (G.F.) observados na presença e ausência de irrigação em função das profundidades estudadas..... 46
- Quadro 9. Resumo das análises de variância dos agregados totais do solo retidos nas peneiras de diâmetros maiores que 9,52 mm; entre 4,76-9,72mm; entre 2,00-4,76 mm; entre 1,00-2,00 mm; entre 0,5,-1,00 mm; entre 0,25-0,50 e menores que 0,255 mm observados na ausência e presença de irrigação e nas duas sucessões de cultura em função das profundidades estudadas..... 48
- Quadro 10. Valores médios dos agregados totais do solo retidos nas peneiras de

	diâmetros maiores que 9,52 mm; entre 4,76-9,72mm; entre 2,00-4,76 mm; entre 1,00-2,00mm; entre 0,5,-1,00mm; entre 0,25-0,50 e menores que 0,25mm observados na presença e ausência de irrigação e nas duas sucessões de cultura em função das profundidades estudadas.....	49
Quadro 11.	Valores médios da distribuição de agregados do solo observados em duas profundidades na presença e ausência de irrigação em função das sucessões de culturas.....	50
Quadro 12.	Valores médios da distribuição de agregados do solo observados em duas profundidades nas duas sucessões de culturas em função da presença e ausência de irrigação.....	51
Quadro 13.	Resumo das análises de variância dos agregados estáveis em água retidos nas peneiras de diâmetros maiores que 2,0 mm; entre 1,0-2,0 mm; entre 0,5-1,0 mm; entre 0,25- 0,5 mm; entre 0,105-0,25 mm e menores que 0,105 mm observados na presença e ausência de irrigação e nas duas sucessões de cultura em função das profundidades estudadas.....	53
Quadro 14.	Valores médios dos agregados estáveis em água retidos nas peneiras de diâmetros maiores 2,0 mm; entre 1,0-2,0 mm; entre 0,5-1,0 mm; entre 0,25- 0,5 mm; entre 0,105-0,25 mm e menores que 0,105 mm observados na presença e ausência de irrigação e nas duas sucessões de cultura em função das profundidades estudadas.....	54
Quadro 15.	Valores médios dos agregados estáveis em água observados em três profundidades e na presença e ausência de irrigação em função das sucessões de culturas estudadas.....	55
Quadro 16.	Valores médios dos agregados estáveis em água observados em três profundidades nas duas sucessões de culturas, em função da presença e ausência de irrigação.....	56
Quadro 17.	Resumo das análises de variância dos valores de matéria orgânica (MO), de pH em $\text{CaCl}_2$ ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ), de pH em água ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) e de fósforo (P) observados nas sete profundidades estudadas.....	61
Quadro 18.	Resumo das análises de variância dos valores de potássio (K), de alumínio (Al), de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) observados nas sete profundidades estudadas.....	62
Quadro 19.	Resumo das análises de variância dos valores de magnésio (Mg), de H+Al (H+Al) e de CTC (T) observados nas sete profundidades estudadas.....	63
Quadro 20.	Resumo das análises de variância dos valores de soma de bases (SB), do índice de saturação de bases (V) e do conteúdo de raízes (Raízes)	

	observados nas sete profundidades estudadas.....	64
Quadro 21.	Valores médios de matéria orgânica (MO), de pH em CaCl <sub>2</sub> (pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub> ), de pH em água (pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub> ), de fósforo (P), de potássio (K <sup>+</sup> ), de alumínio (Al <sup>3+</sup> ), de cálcio (Ca <sup>2+</sup> ), de magnésio (Mg <sup>2+</sup> ), de H+Al (H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ), de CTC (T), da soma de bases (SB), do índice de saturação de bases (V) e do conteúdo de raízes (Raízes) observados na ausência e presença de irrigação em função das profundidades estudadas.....	65
Quadro 22.	Valores médios de matéria orgânica (MO), de pH em CaCl <sub>2</sub> (pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub> ), de pH em água (pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub> ), de fósforo (P), de potássio (K <sup>+</sup> ), de alumínio (Al <sup>3+</sup> ), de cálcio (Ca <sup>2+</sup> ), de magnésio (Mg <sup>2+</sup> ), de H+Al (H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ), de CTC (T), da soma de bases (SB), do índice de saturação de bases (V) e do conteúdo de raízes (Raízes) observados nas duas sucessões de culturas em função das profundidades estudadas.....	66
Quadro 23.	Valores médios de matéria orgânica (MO), de fósforo (P), de magnésio (Mg <sup>2+</sup> ) e do conteúdo de raízes (Raízes) observados em três profundidades, na presença e ausência de irrigação em função das sucessões de culturas.....	68
Quadro 24.	Valores médios de matéria orgânica (MO), de fósforo (P), de magnésio (Mg <sup>2+</sup> ) e do conteúdo de raízes (Raízes) observados em três profundidades, nas duas sucessões de culturas em função da presença e ausência de irrigação.....	69
Quadro 25.	Resumo das análises de variância do estande (Estande), da quantidade de biomassa sobre o solo (BS), do peso da planta adulta (Peso), do número de sementes produzidas por planta (n° <u>sem.</u> ), do peso de 100 sementes (Peso 100), da percentagem de cobertura morta aos 9, 20, 32 e 45 dias após a semeadura (CM), da altura das plantas aos 19, 34, 50, 65 e 81 dias após a semeadura (ALT), da produtividade (PROD) e do comprimento das raízes (CR) observados na presença e ausência de irrigação e nas duas sucessões de cultura utilizadas.....	70
Quadro 26.	Valores médios do estande (Estande), da quantidade de biomassa sobre o solo (BS), do peso da planta adulta (Peso), do número de sementes produzidas por planta (n° <u>sem.</u> ), do peso de 100 sementes (Peso 100), da percentagem de cobertura morta aos 9, 20, 32 e 45 dias após a semeadura (CM), e da altura das plantas aos 19, 34, 50, 65 e 81 (ALT) observados na presença e ausência de irrigação e nas duas sucessões de cultura utilizadas.....	
Quadro 27.	Valores médios da produtividade da cultura da soja (kg.ha <sup>-1</sup> ) e do	

comprimento do seu sistema radicular (cm) observados em função das  
duas sucessões de culturas e da presença e ausência de irrigação..... 74

**AÇÃO DA IRRIGAÇÃO E CULTURAS ANTECESSORAS SOBRE ATRIBUTOS DE UM LATOSSOLO E NO DESENVOLVIMENTO DA SOJA.** Dourados, 2003. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Área de Concentração Produção Vegetal. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul).

Autor: André Vieira Azambuja

Orientador: Edgard Jardim Rosa Junior

## RESUMO

O experimento foi desenvolvido, **no período de** novembro de 2001 e março de 2002, em um Latossolo Vermelho distroférrico, do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), no município de Dourados – MS e teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da cultura da soja e verificar alterações em algumas características do solo na presença e ausência de irrigação, sob duas sucessões de culturas **no sistema** de plantio direto. A pesquisa foi conduzida e analisada como inteiramente casualizada em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas a utilização ou não de irrigação e como subparcelas as sucessão de culturas (milheto/soja e aveia/soja). As características físicas avaliadas foram densidades do solo e das partículas, análise textural, porosidade total, argila dispersa em água, grau de floculação e análise de agregados. Dentre as características químicas do solo, avaliaram-se o pH, matéria orgânica, cátions trocáveis, fósforo disponível, capacidade de troca de cátions, soma de bases, percentagem de saturação de bases e acidez trocável. As características vegetais analisadas na cultura da soja foram o comprimento do sistema radicular, crescimento em altura, produtividade, estande final, resíduos orgânicos em cobertura, cobertura morta sobre o solo, número de sementes e peso de cem sementes. A utilização da irrigação proporcionou maiores valores de densidade do solo, nas profundidades 0-4; 8-12; 12-16; 16-20 e 24-28cm **ocasionando reduções nos** valores de argila **e, conseqüentemente** aumentando os de silte e areia **nessas mesmas profundidades**. Este sistema também proporcionou maior peso da matéria seca da parte aérea de plantas adultas e de sementes, **interferindo** da mesma forma e, favoravelmente, na altura de plantas nas medidas realizadas aos 65 e 81 dias após a emergência resultando, **desse modo**, em maior produtividade e desenvolvimento radicular. Dentre as sucessões de cultura estudadas, o uso do milheto antecedendo a soja

produziu maior quantidade de matéria seca ( $t\cdot ha^{-1}$ ) sobre o solo quando comparado com o uso da aveia.

Palavras-chave: Soja (*Glycine max* L. Merrill), irrigação, características do solo, **plantio direto**.

**THE ACTION OF IRRIGATION AND CROP SUCCESSION ON LATOSSOL ATTRIBUTES AND ON DEVELOPMENT OF SOYBEAN** Dourados, 2003. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Área de Concentração Produção Vegetal. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul).

Autor: André Vieira Azambuja

Orientador: Edgard Jardim Rosa Junior

### **ABSTRACT**

The experiment was carried out from November, 2001, to March, 2002, in a “Latossolo vermelho distroférico” of Agrarian Science Experimental Center of the Federal University of Mato Grosso do Sul, in Dourados – MS and it has as objective to evaluate soybean crop development and to verify alterations in some soil characteristics in presence and absence of irrigation and under two crop succession using no tillage system. This research was carried out and analyzed by complete randomized experimental design in split plots, which were established as plots the use or not of irrigation and as sub-plots, crop succession (millet/soybean and oat/soybean) with six replications. Evaluated physical characteristics were soil bulk and particle densities, texture composition, water dispersed clay contents, flocculation degree and aggregate analysis. Among chemical characteristics of soil, pH, organic matter, cation exchange, available phosphorus, cation exchange capability, bases sum, bases saturation percentage and acid exchange were evaluated. Evaluated vegetable characteristics in soybean crop were root system length, plant height, yield, final stand, organic residue as covering, mulch, number of seeds and weight of 100 seeds. The use of irrigation promoted the highest values of soil bulk at 0-4; 8-12; 12-16; 16-20 and 24-28cm of depths and it reduced clay values, which increases values of silt and sand. That system also caused greater weight of dried matter of aerial part of adult plants and of seeds, and it interfered at the same way and favorable on plant height measured at 65 and 81 days after emergence, which resulted, this way, in higher yield and root system. Among studied crop succession, the use of millet anteceding soybean

produced greater quantity of dried matter ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) on soil when compared with the use of oat.

*Key words:* Soybean (*Glycine max* L. Merrill), irrigation, soil characteristics, no tillage system

## 1. INTRODUÇÃO

Devido a não adequação dos manejos utilizados nos solos explorados intensivamente, particularmente nos Latossolos, é comum a ocorrência de deterioração **das suas** características físicas, químicas e ou biológicas, o que **induz** a busca por melhores sistemas de manejo que permitiriam às plantas, melhores condições ambientais para seu pleno desenvolvimento.

O resultado dessas práticas de manejo inadequadas pode ser potencializado quando se considera solos de regiões tropicais e sub-tropicais, os quais são submetidos normalmente a um regime hídrico com distribuição irregular de chuvas, podendo propiciar, na estação das chuvas, veranicos de até dois meses, agravando os efeitos da compactação sub-superficial normalmente ocorrente nestes solos. Esse dano, a princípio, pode ser reduzido com a utilização da irrigação, pois com maior teor de água no solo as raízes possuem maior capacidade de vencer a barreira física, resultado da elevação de seu adensamento. Apesar desse benefício, o fornecimento de água via irrigação pode proporcionar um número maior de ciclos de **umedecimento** e secagem, fato que poderia incrementar o processo de compactação pela ação da água como “agente lubrificante”, acarretando maior justaposições tipo “face-a-face” entre partículas e/ou agregados do solo (Dias Junior, 2000 e Rosa Junior, 2000). Dias Júnior (2000) ressaltam ainda que a susceptibilidade dos solos à compactação é função, além do teor de água, de fatores como textura, estrutura do solo, densidade inicial e teor de carbono do solo, explicando que para uma determinada condição de textura e teor de carbono orgânico do solo, **é o conteúdo de água que determina a magnitude de sua deformação. (FORTE?? Falar da carga??)**

Pode-se aventar portanto, que a ação da água é fator ativo sobre as alterações que podem ocorrer nos Latossolos, desde que se considere ainda, de acordo com Rosa Junior (1994), outros fatores atuantes, dentre os quais existem até alguns de origem química, como a ação do pH e capacidade de troca de cátions, bem como, de acordo com Rosa Junior (2000) o efeito de culturas antecessoras.

Esta nova e mais intensa justaposição de partículas e agregados, poderá ser intensificada quando o sistema de manejo empregado for o de plantio direto, pois não haverá o revolvimento temporário promovido pela ação do preparo do solo. Esta suposição foi confirmada por Vieira & Muzilli (1984), que além de observarem diminuição da porosidade total com o uso do plantio direto, constataram aumento da microporosidade, sendo que a primeira e maior consequência desse fato é a relação quantitativa entre o ar e a água do solo, que se torna inadequada para as plantas. (Tese ou confirmará? Fedatto)

Considerando a necessidade de estudar de forma mais detalhada o problema exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação sobre o desenvolvimento da cultura da soja e sobre algumas características de um Latossolo Vermelho distroférico.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

A importância da soja, *Glycine max* (L) Merrill, pode ser dimensionada por sua participação dentre as oleaginosas, pois representa 51% do total dessas plantas cultivadas no mundo, sendo sua produção oriunda principalmente dos Estados Unidos, Brasil e Argentina (Roessing & Guedes, 1993). Esses autores ainda comentam que o seu alto teor de proteínas proporciona múltiplas utilizações, requerendo a formação de um complexo industrial para seu processamento.

A produção de soja no Brasil concentrou-se na região Centro-Sul até o início de 1980. A partir daí, a participação da região Centro-Oeste aumentou significativamente. A expansão da área cultivada de soja no Brasil é resultado tanto da incorporação de novas áreas nas regiões Centro Oeste e Norte, quanto da substituição de outras culturas na região Centro-Sul (EMBRAPA, 2000).

O Brasil ostenta a posição de segundo maior produtor mundial de soja, com 49,65 milhões de toneladas em 17,95 milhões de hectares cultivados, resultando numa produtividade média de 2,765 toneladas.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2003).

No Brasil, os sistemas de cultivo da soja podem ser sintetizados em plantio convencional e plantio direto. O plantio convencional normalmente consiste no revolvimento do solo através de aração seguida por gradagem niveladora ou do uso de grades (intermediárias ou pesadas), seguidas por gradagem niveladora. O plantio direto, realiza o preparo do solo apenas nas linhas de plantio, local onde se executam também as operações de semeadura e fertilização, sobre os resíduos das culturas anteriores e das plantas daninhas anteriormente manejadas, os quais são denominados cobertura morta ou palhada.

## **2.1 A irrigação e a cultura da soja**

Através do uso da irrigação na cultura da soja como pratica de manejo podem-se esperar benefícios como a incorporação de áreas com déficit hídrico ao processo produtivo ou o aumento de produtividade em área agrícolas já estabelecidas pela maior disponibilidade de água. No entanto podem também ocorrer modificações em características físicas e químicas do solo, que no decorrer do tempo poderiam afetar o desempenho produtivo das culturas.

Stegman (1989) citado por Fernandes *et al.* 1996, mostrou que o nível mínimo de água disponível na zona da raiz da soja em relação à produção deveria ser mantido acima de 45% **da capacidade de campo** para atingir a produção máxima. Pandey *et al.* (1984), citado por Fernandes *et al.* (1996), em um experimento com soja submetida a vários regimes de irrigação, verificaram um decréscimo de 52% no número de vagens de soja entre os tratamentos que receberam a menor e a maior quantidade de água. Neste trabalho, o número de vagens aumentou linearmente com a quantidade de água aplicada. Nesta mesma linha de ação, Fernandes *et al.* (1998) comentaram que o teor de água do solo, durante o desenvolvimento de uma cultura, determina as características morfológicas da planta e seu potencial produtivo, ressaltando ainda, para o caso da soja, que a quantidade de água insuficiente no período de enchimento de grãos é freqüentemente a maior barreira para a altas produtividades, sendo que, se existir excesso **de teor de água** no solo durante o início do desenvolvimento vegetativo pode ocorrer acamamento, com efeitos decorrentes.

Stegman (1989), citado por Fernandes & Rodrigues (1997), observou que a cultura da soja é menos sensível ao estresse hídrico antes do florescimento, destacando que a produção de sementes de soja é determinada pelo número total de vagens (estádios R1 a R4), número de sementes por vagem (estádios R4 a R6) e peso de sementes (estádios R5 a R7). Para aquele autor, um déficit hídrico no período entre os estádios R4 e R6 geralmente reduz mais a produção do que um estresse equivalente em qualquer outro período de desenvolvimento por causa do aborto de sementes.

Trabalhando com irrigação em soja, Fernandes *et al.* (1996), observaram que durante o desenvolvimento vegetativo e o florescimento, a cultura da soja consumiu mais água na camada de 0-20 cm de profundidade, mas após o início da formação de vagens, a maior variação do teor de água no solo se deu na camada de 0-40 cm.

Trabalhando no inverno, com soja irrigada, Fernandes & Rodrigues (1997) encontraram uma relação direta entre o desenvolvimento vegetativo da cultura e a freqüência de irrigação. Os autores verificaram que **os tratamentos com maiores freqüências de irrigações** se obtiveram maiores valores médios de matéria seca da folha, da vagem, área foliar e produção de grãos.

Ainda estudando o consumo de água pela soja, Fernandes *et al.* (1998), concluíram que esta cultura apresenta maior produção de grãos em condições de

maior frequência de irrigações do que quantidade de água aplicada, observando ainda que os maiores consumos de água foram encontrados nos tratamentos que tiveram menor intervalo entre as irrigações.

## **2.2 Irrigação e seu efeito sobre características do solo**

Apesar dos benefícios do uso da irrigação, outros efeitos decorrentes da água aplicada sobre características do solo não devem ser desprezados. Esses efeitos sobre as características químicas e físicas do solo sob irrigação foram pouco estudados, sendo escassos os dados disponíveis.

Santos & Ribeiro (2000) observaram que a irrigação e o cultivo promoveram modificações na morfologia dos horizontes superficiais em dois tipos de solos, com o desenvolvimento de um horizonte Ap, de consistência muito dura e transição abrupta, afetando também o horizonte BA nos casos de utilização mais intensiva, com aumento significativo no teor de argila entre os horizontes Ap e BA, proporcionalmente à intensidade de movimentação do solo e do uso da água.

Conforme Danielson (1972), as condições físicas do solo podem influenciar a disponibilidade de nutrientes para as culturas. Entretanto, o dimensionamento desses efeitos e sua influência sobre a dinâmica de nutrientes é pouco estudado, o mesmo ocorrendo sobre o efeito da irrigação em relação às características do solo.

Com o objetivo de acompanhar os efeitos na produtividade do milho e sobre alterações de características físicas do solo, Mantovani (1984) simulou no campo cinco níveis de compactação na ausência e presença de irrigação. O autor observou que os níveis de compactação utilizados não foram suficientes para causar diferenças significativas em relação à produção, porém alteraram significativamente a macro e a microporosidade do solo.

Estudando a compactação de um Latossolo cultivado com soja, sob condições de presença e ausência de irrigação, Pereira (1994) atribuiu à boa distribuição de chuvas durante o ciclo vegetativo da cultura, a ausência de nitidez da participação da irrigação no aumento da densidade aparente do solo e na produção de soja. Dados similares foram obtidos por Alves Sobrinho *et al.* (2000), que trabalhando com sucessão de culturas, nas condições de plantio direto e convencional sob irrigação, após dois anos do experimento, não encontraram diferenças significativas entre as médias de densidade e

porosidade do solo. Por outro lado, Alves Sobrinho *et al.* (2001) avaliaram a densidade do solo sob plantio direto com e sem irrigação e constataram uma tendência de compactação entre as camadas de 10-30 cm nos dois tratamentos.

### **2.3 Efeito do sistema de plantio sobre características do solo**

Inoue *et al.* 2002, comentam que a sustentabilidade do uso agrícola dos Latossolos brasileiros, implica na adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo. O plantio direto vem sendo desenvolvido tornando-se uma das opções por ser uma técnica eficiente no controle das perdas de solo e água. Apesar das vantagens deste sistema de manejo do solo, o aumento de sua compactação superficial devido à ausência de seu revolvimento e pelo tráfego sistemático de máquinas pode motivar reduções na produção das culturas.

Sistemas com características de reduzida movimentação do solo, como o plantio direto, apresentam reduções na produtividade das culturas ao longo dos anos, devido ao aumento da compactação. No plantio direto, esta movimentação é restrita à linha de plantio. Vários trabalhos demonstram que a compactação causa modificações na estrutura do solo, elevando sua densidade e resistência à penetração das raízes ( Lal *et al.* 1989 citado por Inoue *et al.*, 2002 ). Tem-se portanto que o manejo do solo é um dos fatores que influem em suas características físicas e químicas, sendo porém esse efeito variável e dependente do tipo de solo (Rosa Junior, 2000).

#### **2.3.1 Efeitos sobre as características físicas do solo**

Problemas sérios de desagregação têm sido verificados em função da utilização dos vários manejos de solo existentes. Machado (1976) e Douglas & Goss (1982), observaram que o sistema de plantio direto proporcionou maior resistência à desagregação.

Sidiras *et al.* (1982) trabalhando com Latossolo Roxo distrófico, observaram que na camada de 0 a 10 cm de profundidade, após 4 anos de uso, o sistema de

plantio direto proporcionou maior percentual de agregados estáveis que os demais sistemas de preparo utilizados.

Campos *et al.* (1995), citado por Rosa Junior (2000), verificaram que independente das rotações de culturas utilizadas, o plantio direto proporcionou diâmetros médios geométricos dos agregados (DMG) 130,1 % maiores que os obtidos no sistema convencional com a utilização de uma escarificação e duas gradagens. Observaram também uma relação positiva ( $r= 0,72$ ) entre o DMG e o acréscimo nos níveis de carbono orgânico obtidos com o plantio direto.

O sistema de plantio direto pode influir na consistência do solo por permitir maiores valores percentuais de umidade por um tempo também maior. A maior faixa de friabilidade encontrada em relação aos solos sob plantio convencional, proporciona um estabelecimento mais adequado por parte das plantas (Rosa Junior, 1991). Apesar dos benefícios constatados com o uso do plantio direto, deve-se considerar que ele promove aumento no adensamento do solo, com os problemas decorrentes. Esse fato pressupõe que estejam ocorrendo acomodações “face-a-face” entre partículas e/ou agregados do solo, que podem resultar em condições indesejáveis ao desenvolvimento das plantas, notadamente na ausência de boa cobertura morta superficial (Rosa Junior, 2000 [trabalhando em Latossolo Vermelho distroférico](#)).

Segundo Dias Junior (2000), o termo compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado durante a qual existe um aumento de sua densidade em consequência da redução de seu volume, resultante da expulsão de ar dos poros do solo. Quando o fenômeno de redução de volume ocorre com a expulsão de água dos poros do solo, este fenômeno passa a ser chamado de adensamento. Em ambos os casos, esta redução de volume é devida ao manejo inadequado do solo.

Para Bueno & Vilar (1998) a compactação é entendida como ação mecânica por meio da qual se impõe ao solo uma redução de seu índice de vazios, ocorrendo como consequência, um acréscimo da sua resistência ao cisalhamento e uma redução da compressibilidade e da permeabilidade.

Klein & Libardi (2000) determinaram a faixa de umidade do solo menos limitante ao crescimento das plantas, definindo a densidade de  $1,08 \text{ Mg.m}^{-3}$ , para um Latossolo Vermelho, como densidade ótima para o máximo de água disponível com o mínimo de restrições ao desenvolvimento das plantas.

Nos estudos relativos ao plantio direto existe muita divergência entre dados obtidos, especialmente quanto à densidade do solo e seu efeito sobre a compactação.

Benez & Gamero (1981) e Lal *et al.* (1994) encontraram menores valores para densidade do solo no sistema de plantio direto, quando comparado ao convencional. (TIPO DE SOLO??? TEMPO SOB PLANTIO DIRETO???)

Vieira & Muzilli (1984), Oliveira *et al.* (1989) e Centurion & Demattê (1985) encontraram valores maiores para densidade do solo em sistema de plantio direto quando comparado a outros sistemas de manejo.

A diferença no posicionamento entre esses autores pode ser devida a muitos fatores, dentre os quais Rosa Junior (2000) destacou o tipo de solo e o aumento da concentração de raízes, com o tempo de uso, notadamente nas camadas mais superficiais do solo. Segundo o mesmo autor condições climáticas também poderiam estar interferindo no processo.

O problema da compactação em Latossolos é normalmente atribuído à ação de máquinas e implementos de preparo, mas pode ter relação também com a exposição superficial do solo às intempéries e com o efeito da dispersão química das argilas. Por isso seria adequado manter o solo com cobertura superficial a maior parte do tempo (Rosa Junior, 1994).

Conforme Mantovani *et al.* (1984), o teor de umidade tem grande influência no processo de compactação do solo. Trabalhos conduzidos em Latossolo Vermelho Escuro mostraram uma relação entre o teor de umidade e a densidade aparente, mostrando ainda o teor de umidade ótimo que favorece a obtenção do valor máximo de compactação. Este teor situa-se próximo ao da umidade correspondente ao da capacidade de campo, e diminui à medida que aumenta a energia de compactação.

Rosa Junior (1984) verificou que os Latossolos, em condição natural, apresentam um alto volume de macroporos (de 23 a 30 % do volume total) o que lhes oferece uma boa capacidade de drenagem.

Deve-se, no entanto, considerar que do volume total de poros do solo, a macroporosidade é a principal responsável pela drenagem de água e aeração do solo, ao passo que a microporosidade é diretamente responsável pela retenção e disponibilidade de água no solo (Rosa Junior, 2000).

Vieira & Muzilli (1984) verificaram que nos 10 cm superficiais de um Latossolo Vermelho Escuro houve diferenças significativas entre a porosidade total, a macroporosidade e a microporosidade, quando se comparou o sistema de plantio direto com o preparo convencional. O plantio direto, independente das rotações de cultura utilizadas, resultou em uma porosidade total 7,8 % menor, uma macroporosidade 36,6 % menor e uma microporosidade 7,6 % maior. Similarmente, Pierce *et al.* (1992), verificaram que o sistema de plantio direto acarretou a diminuição na porosidade de aeração nos 30 cm superficiais do solo, e demonstraram o efeito benéfico da subsolagem como alternativa para minimizar este problema.

### **2.3.2 Efeitos sobre as características químicas**

É esperado haver elevação mais intensa nos valores de pH nos solos submetidos ao plantio direto, especialmente em suas camadas superficiais, em decorrência da aplicação de calcário superficialmente, sem que ocorra incorporação como nos demais sistemas de manejo onde há preparo do solo (Rosa Junior, 2000). Lal *et al.* (1994) e Santos *et al.* (1995) não observaram essas alterações nos valores de pH na camada de 0 a 20 cm de profundidade em função dos sistemas de manejo de solo utilizados. Talvez se fosse feita uma amostragem em estratos mais delgados de solo se pudesse observar essa característica do sistema de plantio direto.

Trabalhando com a aplicação de calcário em superfície Amaral *et al.* (2001), observaram a movimentação do calcário dolomítico em Cambissolo Húmico aluminoso argiloso. Pelos resultados obtidos observou-se a ação do calcário até 20 cm de profundidade, confirmando a contribuição deste mecanismo para correção da acidez do solo sub-superficial no plantio direto, o que pode ser respaldado por dados de Rosa Junior (1984).

Rosa Junior (2000) comenta que a escolha das plantas no sistema de rotação de culturas poderá proporcionar diferenças no pH, já que para manter seu equilíbrio interno de cargas, determinadas plantas, como as do gênero *Pinus* e *Eucaliptus*, liberam no meio o hidrogênio (efeito acidificante) e outras, como as leguminosas, liberam a hidroxila (ação alcalina). O autor comenta ainda que em função do manejo, tipo de solo e das plantas utilizadas, não se pode definir uma constante quanto à dinâmica dos nutrientes no solo; o que normalmente se observa, é uma tendência de concentração em suas camadas

superficiais, variando de intensidade em função do elemento químico, das fertilizações e correções aplicadas.

De uma forma geral, a concentração de nutrientes nas camadas superficiais (0-10 cm) é comum em solos sob plantio direto, o que não ocorre em solos sob plantio convencional, onde esta se localiza na camada de 0-20 cm (Centurion *et al.*, 1985; Mertem & Mielniczuk, 1991; Rosa Junior *et al.*, 1988b; Muzilli, 1983; Maria & Castro, 1993; Lal *et al.*, 1994 e Santos *et al.*, 1995).

Lal *et al.* (1994), manejando o solo com plantio direto, escarificador e arado de discos em um solo silto-arenoso, após 28 anos de cultivo, verificaram, na camada de 0-15 cm de profundidade, um acúmulo de cálcio e magnésio quando se praticou o plantio direto em relação aos demais. A mesma tendência se evidenciou com relação a capacidade de troca de cátions. Este efeito também foi constatado, na camada de 0-5 cm de profundidade, para o fósforo, Santos *et al.* (1995) trabalhando com plantio direto e convencional (com arado e grade de discos), relataram um significativo aumento nos níveis desse elemento quando foi utilizado o sistema de plantio direto.

Staut *et al.* (2001) verificaram, através do monitoramento da fertilidade do solo em 179 lavouras de soja no sistema plantio direto, que houve um acúmulo de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e matéria orgânica na camada de 0 a 10 cm do solo, sendo o mesmo constatado por Lacerda *et al.* (2001), para o fósforo, nas camadas de 5 a 10 cm de profundidade em relação ao plantio convencional.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização e características da área utilizada

Este trabalho foi conduzido em um Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Dourados-MS, localizado na latitude 22° 10' Sul e longitude 54° 56' Oeste, altitude média de 458 m e topografia plana. O clima, segundo Köppen, é classificado como Cwa, tendo a temperatura mínima do mês mais frio entre -3 e 18°C, a temperatura média anual maior que 18°C e com período seco no inverno.

O trabalho foi desenvolvido na safra agrícola de 2001/02, em área experimental do programa de pesquisa denominado “Avaliação de sistema de rotação e sucessão de culturas na produção de grãos em plantio direto e convencional, irrigado e não irrigado”, iniciado em outubro de 1997, do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias/UFMS – Dourados, MS.

#### 3.2. Tratamentos experimentais

Os tratamentos experimentais compreenderam o cultivo de soja, mediante o uso do sistema de plantio direto, nas condições de presença e ausência de irrigação. A cultura da soja foi conduzida, para cada um desses dois tratamentos, após a exploração prévia de milho e a aveia. O experimento foi conduzido e analisado como inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas a utilização ou não de irrigação e como subparcelas as plantas antecessoras, milho e aveia.

Cada parcela experimental media 18 m de comprimento por 11 m de largura, sobre as quais se cultivou, como culturas antecessoras à soja, o milho e a aveia, cujas palhadas foram manejadas com rolo faca. A cultura de aveia foi manejada na primeira quinzena de agosto de 2001 e a do milho na segunda quinzena de outubro do mesmo ano. A semente de soja utilizada foi da cultivar Monsoy 8001, sendo semeada na primeira quinzena de novembro, tendo recebido como adubação 300 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 02-20-20 na semeadura. O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, constituído de duas linhas principais formadas de dez aspersores sendo que para cada parcela experimental foi provida de quatro aspersores. As principais características técnicas dos aspersores são:

Marca - Agropolo; Modelo - NY 30; Diâmetro do bocal - 5,0 x 4,9 mm; Pressão - 30 mca; Vazão - 2,55 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> e Precipitação - 17,7 mm.h<sup>-1</sup>. O manejo da irrigação foi feito utilizando-se tensiômetros e a curva característica de retenção de água. As irrigações foram efetuadas de acordo com as necessidades hídricas da cultura e foram efetuadas sempre no momento que os tensiômetros, instalados a 15 e 30 cm de profundidade indicassem uma tensão média correspondente a 50 kPA.

Os defensivos agrícolas utilizados para a semeadura e desenvolvimento da cultura foram: Glifosato, aplicou-se 3 L.ha<sup>-1</sup> sobre a cultura antecessora para a formação da biomassa para o plantio direto; Sethoxydin, aplicou-se 1,2 L.ha<sup>-1</sup> para o controle de folhas estreitas; Bentazon+Acifluorfen, aplicou-se 1,3 L.ha<sup>-1</sup> para o controle de plantas invasoras. Para o controle de *Anticarsia gemmatilis* e *Pseudoplusia includens* foi utilizada uma aplicação do inseticida Metamidophos na dose de 0,75 L.ha<sup>-1</sup>, e para o controle de *Nezara viridula* e *Euchistus heros* foi utilizada uma aplicação de Endosulfan na dose de 1,5 L.ha<sup>-1</sup>.

### **3.3 Características físicas e químicas avaliadas**

#### **3.3.1 Características físicas**

Os materiais de solo amostrados para as análises físicas e químicas foram coletados nas entre linhas da cultura da soja, procedendo-se uma amostragem simples por parcela, sempre ao acaso. Para as determinações de densidades do solo e da partícula, porosidade total, análise textural e grau de flocculação, utilizaram-se materiais de solo coletados nas profundidades de 0-4, 4-8, 8-12, 12-16, 16-20, 20-24, 24-28 e 28-32 cm. Para as determinações de agregados (via peneiramento a seco) e estabilidade dos agregados (em água), utilizaram-se materiais de solo coletados nas profundidades de 0-8, 8-16, 16-24 e 24-32 cm. Todas as características químicas foram determinadas mediante a análise de materiais de solo coletados nas profundidades de 0-4, 4-8, 8-12, 12-16, 16-20, 20-24 e 24-28 cm.

##### **a) Densidades do solo e de partículas**

As densidades do solo e de partículas foram determinadas pelos seguintes métodos: 1) Densidade do solo, pelo método do anel ou cilindro volumétrico, de

acordo com Blake (1968) e 2) Densidade de partículas, pelo método do balão volumétrico, de acordo com EMBRAPA (1997).

#### **b) Análise textural.**

A análise textural foi determinada pelo método da pipeta, utilizando-se como dispersante o hidróxido de sódio 0,1 N com repouso de 24 horas, adotando-se em seguida, a metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

#### **c) Porosidade total**

A porosidade total foi determinada a partir dos valores de densidade do solo e de partículas, de acordo com a metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

#### **d) Argila dispersa em água e grau de flocação**

O procedimento adotado na determinação de argila dispersa em água foi semelhante ao que foi utilizado para a determinação da análise textural, exceto no que diz respeito à adição do dispersante químico (NaOH), que não participou do processo. A água foi utilizada como dispersante de acordo com EMBRAPA (1997).

O grau de flocação, obtido com a utilização dos valores de argila total e argila dispersa em água, foi obtido pela utilização da equação:

$$GF = \left( \frac{AT - AN}{AT} \right) \cdot 100$$

em que,

GF = grau de flocação, percentagem

AT = argila obtida na análise textural com o uso de dispersante químico, percentagem

AN = “argila natural” ou dispersa em água, percentagem.

#### **e) Análise de agregados**

O peneiramento a seco, que possibilitou determinar a distribuição dos agregados do solo, foi determinado de acordo com o exposto por Grohmann (1960), e possibilitou a separação das seguintes classes de agregados: >9,52 mm; 9,52-4,76 mm; 4,76-2,00 mm; 2,00-1,00 mm; 1,00-0,50 mm; 0,50-0,25 mm e < 0,25 mm. Para este peneiramento foi amostrado material indeformado de solo nas profundidades 0-8, 8-16, 16-24 e 24-32 cm.

A estabilidade dos agregados ou, a distribuição dos agregados determinados via úmida, foi obtida através de peneiragem, segundo a metodologia proposta por Yoder (1936), determinando-se a percentagem de agregados estáveis em água, classificando-os segundo os seguintes diâmetros: > 2,00 mm; 2,00-1,00 mm; 1,00-0,50 mm; 0,50-0,25 mm; 0,25-0,105 e < 0,105 mm. Os processos analíticos adotados são aqueles descritos por Grohmann (1961). Para esta determinação foram utilizados a percentagem total dos agregados com diâmetros entre 4,76-9,52 mm, obtida por ocasião da determinação da distribuição de agregados via seca.

### **3.3.2 Características químicas**

#### **a) pH do solo**

O pH do solo foi determinado em água e em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol.l}^{-1}$  na proporção solo-líquido de 1:2,5, conforme EMBRAPA (1997).

#### **b) Cátions trocáveis**

O alumínio trocável foi obtido segundo a metodologia descrita por Defelipo & Ribeiro (1981).

A extração e determinação de cálcio e magnésio, para todas as amostras, também foi realizada de acordo com a metodologia recomendada pelos mesmos autores. O potássio trocável foi determinado por fotometria de chama.

#### **c) Fósforo disponível**

A extração da forma “disponível” do fósforo foi feita seguindo-se o procedimento descrito por Defelipo & Ribeiro (1981) e para a sua determinação foi utilizado o fotolorímetro, usando-se solução sulfomolibidica.

#### **d) Capacidade de troca de cátions**

A capacidade de troca de cátions foi determinada de acordo com o método descrito por EMBRAPA (1997), através da seguinte expressão:

$$T = S + H$$

em que,

$$T = \text{capacidade de troca de cátions, } \text{mmol } (c).\text{dm}^{-3}$$

$$S = \text{soma dos cátions trocáveis } (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+), \text{mmol } (c).\text{dm}^{-3}$$

H = acidez trocável ( $H^+ + Al^{3+}$ ),  $mmol_{(c)}.dm^{-3}$

#### e) Acidez trocável

A acidez trocável ( $H^+ + Al^{3+}$ ) foi determinada de acordo com o método descrito por EMBRAPA (1997).

#### f) Carbono orgânico e matéria orgânica

O teor de carbono orgânico foi obtido pelo método de Walkley-Black, descrito por Jackson (1958), e a percentagem de matéria orgânica por meio da equação:

$$\% \text{ M.O.} = \% \text{ C} \times 1,724$$

em que,

% M.O. = matéria orgânica em %

% C = carbono orgânico em %

1,724 = fator de conversão

### 3.4 Coleta e determinação das características vegetais

#### 3.4.1 Comprimento do sistema radicular

A amostragem dos sistemas radiculares de plantas de soja foi realizada na época do florescimento, em uma planta por parcela.

A avaliação do comprimento de raízes foi realizada por volume de solo contido nas profundidades de 0-4, 4-8, 8-12, 12-16, 16-20, 20-24, 24-28 e 28-32 cm de profundidade. Os materiais de solo contidos nos volumes amostrados foram submetidos à secagem em estufa, à temperatura de 68 °C por um período de 72 horas, após o qual se aplicou 20 gotas de formol para que não ocorresse decomposição das raízes. Em seguida procedeu-se a separação das raízes nele contidas, as quais foram espalhadas, ao acaso, sobre uma folha de papel plastificada e previamente quadriculada com lado de 3 cm, contando-se o número de intercessões entre as raízes e os lados da quadrícula existente. Com base no número de interseções, o comprimento de raízes (conforme Rosa Junior, 2000) é dado pela expressão:

$$C = N \cdot L \cdot \frac{11}{14}$$

em que,

C = comprimento das raízes em cm

N = número de interseções

L = lado da malha, em cm

Para realização da coleta de solo com o respectivo sistema radicular das plantas, foi utilizado um retângulo de ferro com dimensões de 5 cm de largura x 20 cm de comprimento, com 4 cm de altura, que corresponderia à metade da área ocupada pelas raízes de cada planta. Essa determinação foi efetuada durante o florescimento das plantas de soja. Os sistemas radiculares das plantas foram coletados de acordo com Rosa Junior (2000) e seus comprimentos respectivos, determinados de acordo com Marsh (1971) & Tennant (1975), citados por Rosa Junior (2000).

#### **3.4.2 Crescimento em altura**

O crescimento das plantas de soja foi acompanhado mediante a realização de seis medições na altura de plantas, pela utilização da distância entre a superfície do solo até a inserção do pecíolo da última folha localizada no ápice do caule da planta, até o florescimento das plantas de soja. Foram avaliadas, para a obtenção desse parâmetro, a altura de cinco plantas por parcela, escolhidas ao acaso, medidas aos 19, 34, 50, 65 e 81 dias após a emergência.

#### **3.4.3 Produtividade**

A produtividade, em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , da cultura da soja foi determinada nas duas linhas centrais de cada parcela experimental. A colheita foi realizada manualmente e da mesma forma se procedeu para debulhar os grãos das vagens.

#### **3.4.4 Estande final**

O estande final da cultura de soja, foi determinado no seu florescimento em uma área de  $3 \text{ m}^2$ , no centro de cada parcela experimental.

#### **3.4.5 Biomassa vegetal em cobertura**

A biomassa vegetal em cobertura, advinda em sua maior parte das culturas antecessoras à cultura da soja, expressos em matéria seca ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), foram

determinados a partir de coleta de todo material orgânico existente na superfície do solo em uma área de 1,0 m<sup>2</sup> mediante a utilização de uma armação quadrada de ferro com lado de 1,0 m. Essas medições foram realizadas por ocasião da semeadura da cultura da soja, lançando-se, sempre ao acaso as armações sobre a área central das parcelas experimentais, sendo em seguida os materiais foram encaminhados ao laboratório para a secagem e pesagem.

#### **3.4.6 Cobertura morta do solo METODO DE SHAILA???**

Para a determinação desse parâmetro utilizou-se uma corda de 20 m de comprimento previamente marcada em intervalos de 0,2 m. Avaliou-se sobre esta corda, **disposta na área central de cada parcela experimental, sempre ao acaso**, a coincidência de cada uma de suas 100 marcas com materiais orgânicos que estivessem na superfície do solo. Cada ponto marcado na corda que se sobrepôs a um material orgânico existente sobre o solo, foi considerado como sendo um ponto percentual de cobertura morta do solo.

Para estas determinações foram realizadas cinco repetições em fases distintas do desenvolvimento das plantas de soja, a saber: na semeadura, e aos 9, 20, 32 e 45 dias após a emergência da soja.

#### **3.4.7 Número de sementes por plantas**

Para a determinação deste parâmetro foram feitas coletas de cinco plantas em cada repetição na fase de maturação da soja, após o que foram efetuadas a debulha manual e contagem dos grãos. Para a análise foi usada a média das cinco plantas.

#### **3.4.8 Peso de 100 sementes**

Foram pesadas cem sementes (daquelas coletadas para a determinação anterior) por repetição, e posteriormente pesadas para a obtenção deste parâmetro.

### **3.5. Análise estatística**

Para análise estatística, utilizou-se o aplicativo computacional SAEG (Gomes,1992) e todas as variáveis foram estudadas por meio de análise de variância, sendo posteriormente os fatores qualitativos avaliados por meio do teste de Student 5% para comparação de médias (Gomes, 1981).

### **3.5.1. Análise das variáveis relacionadas com as características físicas do solo**

Para as variáveis densidade do solo, densidade da partícula e porosidade total o experimento foi analisado, para cada uma das oito profundidades, como inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas os dois sistemas de irrigação, como subparcelas as duas sucessões de culturas com quatro amostras.

Para analisar a distribuição dos agregados e a estabilidade de agregados em água o experimento foi analisado, para cada uma das quatro profundidades, como inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas os dois sistemas de irrigação, como subparcelas as duas sucessões de culturas com seis amostras.

Para as variáveis argila, silte, areia grossa, areia fina, argila dispersa e grau de floculação o experimento foi analisado, para cada uma das sete profundidades, como inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro amostras, sendo considerados como tratamentos os dois sistemas de irrigação.

### **3.5.2. Análise das variáveis relacionadas com as características químicas do solo**

Para análise dos valores de matéria orgânica, pH em CaCl<sub>2</sub>, pH em água, fósforo, potássio, alumínio, cálcio, magnésio, H+Al, CTC, soma de bases, índice de saturação de bases e conteúdo de raízes o experimento foi analisado, para cada uma das sete profundidades, como inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas os dois sistemas de irrigação, como subparcelas as duas sucessões de culturas com seis amostras.

### **3.5.3. Análise das variáveis relacionadas com as plantas**

Para análise do estande, da quantidade de biomassa superficial, do peso da parte aérea de plantas adultas, do número de sementes produzidas por planta, do peso de 100 sementes, da porcentagem de cobertura morta na semeadura e aos 9, 20, 32 e 45 dias após a emergência e da altura das plantas aos 19, 34, 50, 65 e 81 dias após a emergência o experimento foi analisado como inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas os dois sistemas de irrigação, como subparcelas as duas sucessões de culturas com seis repetições.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor compreensão dos resultados e discussões decorrentes, as variáveis foram analisadas sob três aspectos:

- 1) Variáveis relacionadas às características físicas do solo,
- 2) Variáveis relacionadas às características químicas do solo e distribuição de raízes,
- 3) Variáveis relacionadas às plantas.

### 4.1. Variáveis relacionadas às características físicas do solo

#### 4.1.1. Densidade do solo, densidade da partícula e porosidade total

Os dados de densidade do solo (DS), densidade da partícula (DP) e da porosidade total (PT) foram analisados para as oito profundidades estudadas e o resumo das análises de variância são apresentados nos Quadros 1 e 2.

Os valores médios dessas variáveis observados em cada uma das profundidades estudadas em função da presença ou ausência da irrigação e das sucessões de cultura analisados, podem ser observados nos Quadros 3 e 4.

Observa-se apenas o efeito da presença ou ausência da irrigação sobre a variável DS nas profundidades 0-4; 8-12; 12-16; 16-20 e 24-28cm e sobre a variável DP nas profundidades 4-8 e 16-20cm. **H2O NA DP???**

A não observância de diferenças significativas **para a variável DS** em função do uso de irrigação na camada de 4-8 cm de profundidade pode estar diretamente relacionada com a maior concentração de raízes nesta camada do solo (Figura 1), em função do acréscimo da densidade do solo a partir da camada de 8-12 cm de profundidade (Quadro 3). Esse efeito da irrigação pode intensificar o processo de adensamento em sistemas de plantio direto já observado por Vieira & Muzilli (1984), Oliveira *et al.* (1989) e Centurion & Demattê (1985).

Quadro 1. Resumo das análises de variância da densidade do solo (DS), da densidade da partícula (DP) e da porosidade total (PT) observados entre 0 e 16 cm de profundidade

Profundidade		Quadrados médios				
(cm)	F.V.	G.L.	DS	DP	PT	
0 – 4	S. irrigação (SI)	1	$1,19.10^{-3}$ **	$6,00.10^{-3}$ ns	$1,75.10^{-2}$ ns	
	Erro a	3	$4,16.10^{-7}$	$3,77.10^{-3}$	0,65	
	S. culturas (SC)	1	$8,09.10^{-5}$ ns	$1,56.10^{-4}$ ns	$0,17$ ns	
	SI x SC	1	$1,00.10^{-6}$ ns	$3,91.10^{-3}$ ns	$0,73$ ns	
	Erro b	9	$1,49.10^{-3}$	$4,15.10^{-3}$	2,79	
	C.V. (%)		3,19	2,24	2,89	
4 – 8	S. irrigação (SI)	1	$3,35.10^{-3}$ ns	$2,10.10^{-2}$ *	$7,02.10^{-2}$ ns	
	Erro a	3	$1,67.10^{-3}$	$1,62.10^{-3}$	2,31	
	S. culturas (SC)	1	$1,89.10^{-4}$ ns	$7,22.10^{-3}$ ns	$0,39$ ns	
	SI x SC	1	$3,31.10^{-5}$ ns	$2,49.10^{-3}$ ns	$0,46$ ns	
	Erro b	9	$1,23.10^{-3}$	$2,81.10^{-5}$	1,14	
	C.V. (%)		2,85	1,83	1,86	
8 – 12	S. irrigação (SI)	1	$1,14.10^{-2}$ **	$7,22.10^{-3}$ ns	$7,95$ ns	
	Erro a	3	$6,62.10^{-5}$	$7,04.10^{-3}$	1,17	
	S. culturas (SC)	1	$4,89.10^{-5}$ ns	$1,13.10^{-13}$ ns	$6,25.10^{-2}$ ns	
	SI x SC	1	$9,00.10^{-6}$ ns	$4,22.10^{-3}$ ns	$1,27$ ns	
	Erro b	9	$1,18.10^{-3}$	$1,59.10^{-3}$	4,08	
	C.V. (%)		3,24	1,37	3,74	
12 – 16	S. irrigação (SI)	1	$1,11.10^{-2}$ *	$3,02.10^{-3}$ ns	$7,46$ ns	
	Erro a	3	$3,88.10^{-4}$	$3,04.10^{-3}$	1,97	
	S. culturas (SC)	1	$3,60.10^{-5}$ ns	$1,00.10^{-2}$ ns	$1,87$ ns	
	SI x SC	1	$4,00.10^{-6}$ ns	$1,00.10^{-2}$ ns	$2,56$ ns	
	Erro b	9	$2,94.10^{-3}$	$3,55.10^{-3}$	3,43	
	C.V. (%)		4,11	2,06	3,40	

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

ns não significativo

Quadro 2. Resumo das análises de variância da densidade do solo (DS), da densidade da partícula (DP) e da porosidade total (PT) observados entre 16 e 32 cm de profundidade

Profundidade (cm)	F.V.	G.L.	Quadrados médios		
			DS	DP	PT
16 – 20	S. irrigação (SI)	1	9,16.10 <sup>-3</sup> **	4,41.10 <sup>-2</sup> *	6,18.10 <sup>-6</sup> ns
	Erro a	3	5,23.10 <sup>-5</sup>	1,91.10 <sup>-3</sup>	0,55
	S. culturas (SC)	1	1,16.10 <sup>-4</sup> ns	2,02.10 <sup>-3</sup> ns	1,09 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	2,26.10 <sup>-5</sup> ns	9,02.10 <sup>-3</sup> ns	1,74 <sup>ns</sup>
	Erro b	9	1,72.10 <sup>-3</sup>	2,14.10 <sup>-3</sup>	3,32
	C.V. (%)		3,19	1,61	3,32
20 – 24	S. irrigação (SI)	1	3,33.10 <sup>-4</sup> ns	1,05.10 <sup>-3</sup> ns	0,49 <sup>ns</sup>
	Erro a	3	2,57.10 <sup>-3</sup>	1,39.10 <sup>-4</sup>	5,07
	S. culturas (SC)	1	3,91.10 <sup>-5</sup> ns	6,00.10 <sup>-3</sup> ns	1,32.10 <sup>-2</sup> ns
	SI x SC	1	5,06.10 <sup>-6</sup> ns	1,16.10 <sup>-2</sup> *	0,51 <sup>ns</sup>
	Erro b	9	2,01.10 <sup>-3</sup>	1,26.10 <sup>-3</sup>	4,19
	C.V. (%)		3,50	1,22	3,66
24 – 28	S. irrigação (SI)	1	8,70.10 <sup>-4</sup> *	1,59.10 <sup>-3</sup> ns	2,68 <sup>ns</sup>
	Erro a	3	8,40.10 <sup>-5</sup>	7,16.10 <sup>-4</sup>	0,36
	S. culturas (SC)	1	8,09.10 <sup>-5</sup> ns	6,24.10 <sup>-4</sup> ns	0,49 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	4,89.10 <sup>-5</sup> ns	6,40.10 <sup>-3</sup> ns	0,96 <sup>ns</sup>
	Erro b	9	1,41.10 <sup>-3</sup>	1,57.10 <sup>-3</sup>	3,18
	C.V. (%)		2,97	1,37	3,16
28 – 32	S. irrigação (SI)	1	9,30.10 <sup>-4</sup> ns	3,90.10 <sup>-3</sup> ns	4,04 <sup>ns</sup>
	Erro a	3	2,40.10 <sup>-4</sup>	1,52.10 <sup>-3</sup>	0,50
	S. culturas (SC)	1	2,02.10 <sup>-5</sup> ns	1,40.10 <sup>-3</sup> ns	0,15 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	7,22.10 <sup>-5</sup> ns	4,55.10 <sup>-3</sup> ns	1,68 <sup>ns</sup>
	Erro b	9	2,02.10 <sup>-3</sup>	4,38.10 <sup>-3</sup>	4,91
	C.V. (%)		3,58	2,28	3,91

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

ns não significativo

No Quadro 3 observa-se maiores valores de DS obtidos para o tratamento irrigado, nas profundidades 0-4; 8-12; 12-16; 16-21 e 24-28cm, indicando que esta água fornecida artificialmente ao solo pode estar causando adensamento devido, possivelmente, ao aumento do número de ciclos de umedecimento e secagem. Estes ciclos podem proporcionar ao solo uma melhor acomodação, via justaposição face-a-face, de suas partículas e/ou agregados. Desta forma a água estaria agindo como um agente lubrificante favorecendo esta acomodação e proporcionando o adensamento nestes tratamentos sob irrigação, quando comparados aos não irrigados.

Quadro 3 Valores médios da densidade do solo (DS), da densidade da partícula (DP) e da porosidade total (PT) observados entre 0 e 32 cm de profundidade em função dos sistemas de irrigação \*

Profundidade (cm)	Sistemas de irrigação	DS (kg.dm <sup>-3</sup> )	DP (kg.dm <sup>-3</sup> )	PT (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )
0 – 4	Presente	1,220 a	2,893 a	57,811 a
	Ausente	1,203 b	2,854 a	57,878 a
4 – 8	Presente	1,246 a	2,929 a	57,456 a
	Ausente	1,217 a	2,856 b	57,324 a
8 – 12	Presente	1,362 a	2,914 a	53,218 a
	Ausente	1,303 b	2,871 a	54,628 a
12 – 16	Presente	1,347 a	2,908 a	53,674 a
	Ausente	1,294 b	2,880 a	55,040 a
16 – 20	Presente	1,329 a	2,938 a	54,761 a
	Ausente	1,281 b	2,833 b	54,763 a
20 – 24	Presente	1,287 a	2,904 a	56,085 a
	Ausente	1,278 a	2,888 a	55,735 a
24 – 28	Presente	1,255 a	2,901 a	56,738 a
	Ausente	1,270 b	2,881 a	55,919 a
28 – 32	Presente	1,247 a	2,913 a	57,173 a
	Ausente	1,262 a	2,881 a	56,164 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ( $t^2 = F$ )

O efeito deste adensamento pode influir sobre o desenvolvimento vegetal, restringindo o crescimento radicular e dificultando a movimentação de nutrientes no solo. Outro fator que pode ter uma relação inversamente proporcional ao adensamento é a infiltração de água. Com a diminuição da infiltração e a ocorrência do escoamento superficial, neste caso o adensamento pode favorecer processos erosivos que contribuem para a degradação do ambiente, via perda de solo e nutrientes (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Apesar de não ter sido encontrada diferença significativa para a porosidade total (Quadro 3), é possível que tenha havido influência sobre a distribuição dos poros. **O adensamento ocorrido nos tratamentos onde houve irrigação afeta a relação entre**

macro e microporos, com conseqüente ação sobre a quantidade de ar e água do solo, podendo causar prejuízo ao desenvolvimento das plantas.

Quadro 4 Valores médios da densidade do solo (DS), da densidade da partícula (DP) e da Porosidade total (PT) observados entre 0 e 32 cm de profundidade em função das sucessões de culturas \*

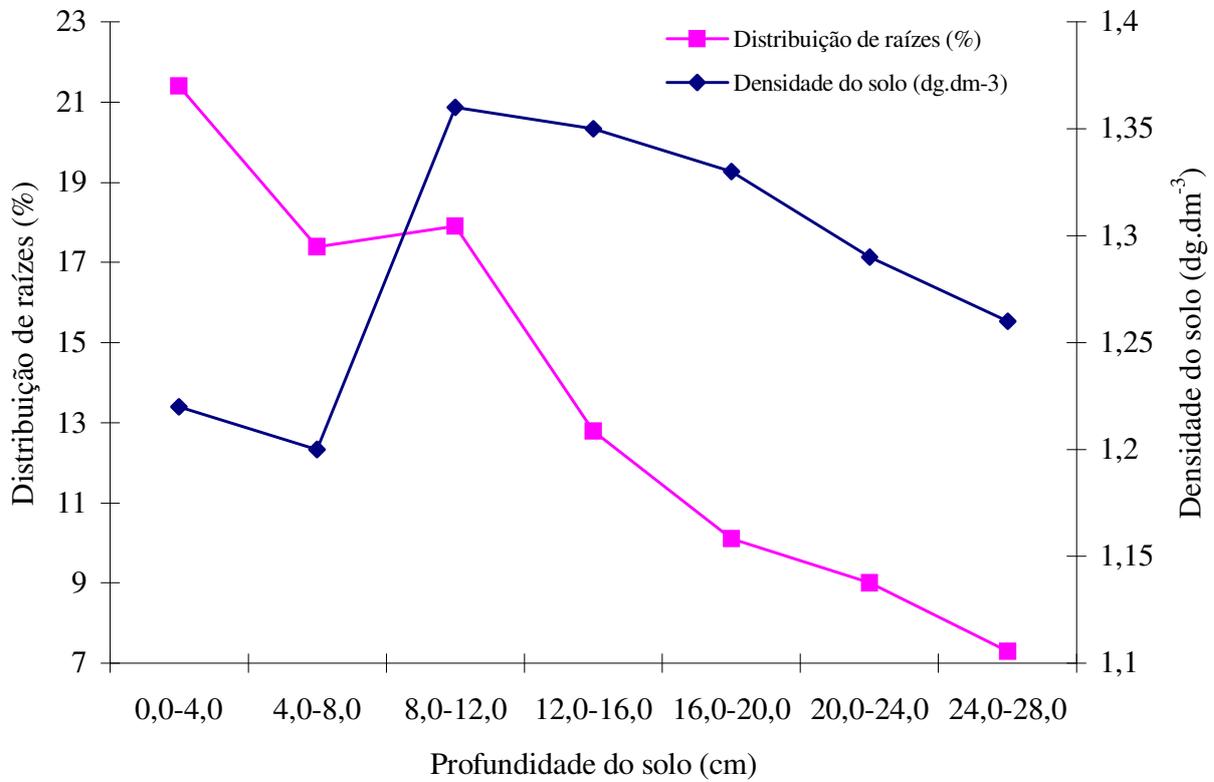
Profundidade (cm)	Sucessões de culturas	DS (kg.dm <sup>-3</sup> )	DP (kg.dm <sup>-3</sup> )	PT (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )
0 – 4	Aveia / soja	1,213 a	2,870 a	57,741 a
	Milheto / soja	1,209 a	2,876 a	57,948 a
4 – 8	Aveia / soja	1,235 a	2,914 a	57,546 a
	Milheto / soja	1,228 a	2,871 a	57,234 a
8 – 12	Aveia / soja	1,334 a	2,893 a	53,860 a
	Milheto / soja	1,331 a	2,893 a	53,985 a
12 – 16	Aveia / soja	1,319 a	2,869 a	54,015 a
	Milheto / soja	1,322 a	2,919 a	54,699 a
16 – 20	Aveia / soja	1,302 a	2,896 a	55,024 a
	Milheto / soja	1,307 a	2,874 a	54,500 a
20 – 24	Aveia / soja	1,284 a	2,915 a	55,939 a
	Milheto / soja	1,281 a	2,876 a	55,881 a
24 – 28	Aveia / soja	1,264 a	2,885 a	56,153 a
	Milheto / soja	1,260 a	2,898 a	56,504 a
28 – 32	Aveia / soja	1,253 a	2,888 a	56,571 a
	Milheto / soja	1,256 a	2,906 a	56,765 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ( $t^2 = F$ )

Em relação ainda à porosidade total, mesmo não sendo observadas diferenças significativas entre os sistemas de irrigação e sucessão de culturas utilizados (Quadros 3 e 4), deve-se considerar que os menores valores são encontrados na faixa de 8-16 cm de profundidade (Figura 2), fato que pode promover a aceleração do processo de adensamento sub-superficial em Latossolos. Esse processo, descrito por Rosa Junior (1994), supunha a água como meio de acomodamento das partículas e agregados especialmente os de menor tamanho.

Ainda pela Figura 2 pode-se observar uma tendência de aumento da porosidade em função do aumento da profundidade quando se utilizou a irrigação em

detrimento do não uso dessa prática. Este fato pode estar associado a uma mais eficiente



penetração radicular.

Figura 1 Distribuição de raízes (%) em função da profundidade (cm) e da densidade do solo (dg.dm<sup>-3</sup>)

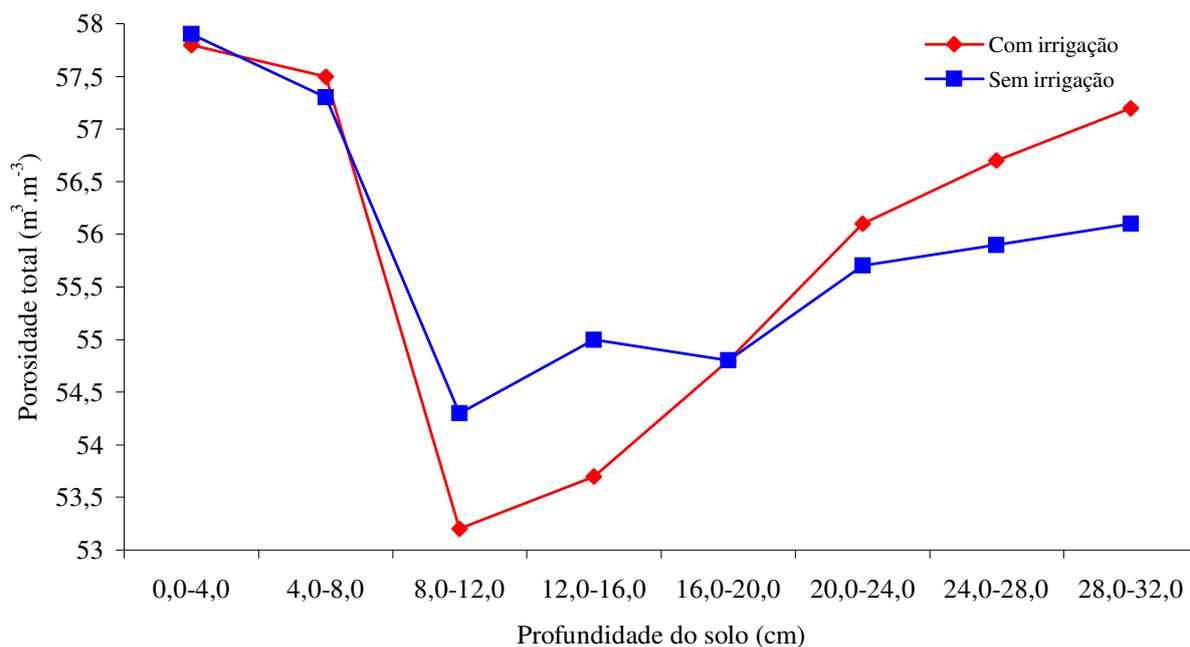


Figura 2 Porosidade total (%) em função da profundidade do solo (cm) e da presença e ausência de irrigação

A ultrapassagem dessas raízes através da camada compactada localizada entre 8-16 cm de profundidade pode resultar em maior volume de espaços abertos no solo, nesta faixa, pelas raízes ao mesmo tempo em que esta maior contribuição de matéria orgânica poderia estar participando, direta ou indiretamente, dos processos de agregação.

Com exceção das profundidades de 4-8 e 16-20 cm de profundidade, não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos estudados sobre os valores de densidade de partícula o que, a princípio, poderia ser facilmente entendido, pois os Latossolos Vermelhos possuem materiais relativamente homogêneos em profundidades estreitas. No entanto houve interação significativa entre os sistemas de irrigação e às sucessões de cultura estudados para a variável DP na profundidade 20-24 cm, a qual foi desdobrada em relação aos sistemas de irrigação e às sucessões de cultura e os valores médios podem ser observados nos Quadros 5 e 6, respectivamente.

Quadro 5 Valores médios da densidade da partícula (DP) observados entre 20 e 24 cm de

profundidade na presença e ausência de irrigação em função das sucessões de culturas

Profundidade (cm)	Sistemas de irrigação	Sucessão de culturas	DP (kg.dm <sup>-3</sup> )
20 – 24	Presença	Aveia / soja	2,95 a
		Milheto / soja	2,85 b
	Ausência	Aveia / soja	2,88 a
		Milheto / soja	2,89 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t (Student) ao nível de 5% de probabilidade

Quadro 6 Valores médios da densidade da partícula (DP) observados entre 20 e 24 cm de profundidade nas duas sucessões de culturas em função da presença e ausência de irrigação

Profundidade	Sucessão de culturas	Sistemas de irrigação	DP (kg.dm <sup>-3</sup> )
20 – 24	Aveia / soja	Irigado	2,95 a
		Sem irrigar	2,88 a
	Milheto / soja	Irigado	2,85 a
		Sem irrigar	2,89 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t (Student) ao nível de 5% de probabilidade

Pelos resultados apresentados nos Quadros 5 e 6 pode-se aventar a possibilidade de, na presença de irrigação, as plantas da sucessão milho/soja serem mais beneficiadas que as de aveia/soja, o que poderia redundar na redução significativa da densidade de partícula, pela maior presença de raízes nesta faixa de solo. O maior crescimento de raízes de soja após milho em relação ao comprimento das raízes de soja após aveia pode ser observado no Quadro 22.

#### 4.1.2 Análise granulométrica, argila dispersa em água e grau de floculação

Os dados de análise granulométrica (argila, silte, areia grossa, areia fina), argila dispersa e o grau de floculação do solo foram analisados para as oito profundidades estudadas e o resumo das análises de variância são apresentados no Quadro 7. Os valores médios dessas variáveis observados em cada uma das profundidades estudadas em função dos sistemas de irrigação podem ser observados no Quadro 8.

Embora ressaltando que a textura é uma característica que não apresenta mudanças significativas, para o mesmo solo, em um espaço de tempo tão breve (5 anos, que é o período de implantação do experimento), as diferenças encontradas entre os teores de argila, normalmente maiores para as condições de ausência de irrigação, podem ter ocorrido em decorrência da formação de microagregados com tamanho de partículas de silte e areia (especialmente aquelas de maior diâmetro), pois os valores de argila, menores com a utilização de irrigação, implicam em maiores valores de silte e de areia. Os mecanismos de agregação, via contato mais efetivo entre partículas, devem estar promovendo uma resistência tal que os procedimentos utilizados, **em laboratório**, para individualização das partículas, não teriam sido suficientes para a dispersão física e química constante e necessária nos métodos utilizados. Essa não dispersão estaria acarretando teores subestimados da fração argila do solo, com a formação dos consequentes microagregados. Efeito similar de formação de microagregados do tamanho de partículas de silte e argila, decorrentes não da irrigação, mas da ação de calcário, foi determinado por Rosa Junior (1984).

Da mesma forma Donagemma (2000) comentou que a dispersão adequada da amostra de solo tem sido um fator limitante na obtenção das frações texturais de alguns Latossolos com altos teores de óxidos de ferro e alumínio.

Quadro 7 Resumo das análises de variância dos teores de argila (Argila), de silte (Silte), de areia grossa (ARE<sub>grossa</sub>), de areia fina (ARE<sub>fina</sub>), de argila dispersa (ADA) e do grau de floculação (G.F.) observados na presença e ausência de irrigação em função das profundidades estudadas

F.V.	G.L.	Quadrados médios					
		Argila	Silte	ARE <sub>grossa</sub>	ARE <sub>fina</sub>	ADA	G.F.
Profundidade 0 – 4 cm							
S.I	1	626,93**	471,09**	9,81**	0,40 <sup>ns</sup>	10,35 <sup>ns</sup>	815,87 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	34,64	4,62	0,22	23,06	61,71	175,77
CV (%)		8,65	13,28	14,41	38,27	18,68	36,21
Profundidade 4 – 8 cm							
S.I	1	497,07**	484,07**	10,90**	9,70 <sup>ns</sup>	56,81 <sup>ns</sup>	120,28 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	24,17	30,28	0,13	9,71	409,78	682,95
CV (%)		7,35	31,18	11,65	25,26	50,93	65,09
Profundidade 8 – 12 cm							
S.I	1	272,37**	33,62 <sup>ns</sup>	2,31 <sup>ns</sup>	84,63 <sup>ns</sup>	41,13 <sup>ns</sup>	18,66 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	35,77	9,91	4,24	37,77	110,11	304,44
CV (%)		9,09	17,48	52,32	50,01	29,08	38,94
Profundidade 12 – 16 cm							
S.I	1	326,65**	49,60 <sup>ns</sup>	8,96**	64,58 <sup>ns</sup>	32,12 <sup>ns</sup>	621,28*
Resíduo	6	11,78	22,18	0,27	41,81	31,34	98,29
CV (%)		5,16	25,09	17,41	55,17	14,65	23,87
Profundidade 16 – 20 cm							
S.I	1	332,04 <sup>ns</sup>	75,27**	7,72**	45,88 <sup>ns</sup>	185,28 <sup>ns</sup>	1359,55 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	54,50	42,69	0,19	12,31	258,20	703,87
CV (%)		10,86	40,33	13,92	27,60	53,94	50,01
Profundidade 20 – 24 cm							
S.I	1	501,81**	110,40 <sup>ns</sup>	2,12**	178,22**	247,30 <sup>ns</sup>	52,83 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	8,20	23,16	12,94	3,75	290,70	607,17
CV (%)		4,18	31,93	85,85	15,86	56,38	44,10
Profundidade 24 – 28 cm							
S.I	1	314,50**	4,62 <sup>ns</sup>	2,69 <sup>ns</sup>	194,43**	9,20 <sup>ns</sup>	92,82 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	10,38	17,94	1,15	9,80	116,81	262,10
CV (%)		4,58	24,85	34,41	32,75	64,37	21,39
Profundidade 28 – 32 cm							
S.I	1	556,27**	34,86 <sup>ns</sup>	3,85*	274,08**	29,52 <sup>ns</sup>	154,52 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	13,09	21,41	0,32	4,07	55,74	143,36
CV (%)		5,11	29,11	19,32	19,45	79,75	13,92

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

No presente trabalho, a presença da irrigação pode estar potencializando esta resistência à dispersão. Esta resistência que alguns solos podem apresentar à dispersão física e/ou química foi observada por Vitorino *et al.* (2002), que relacionou uma relação direta entre a resistência de agregados na fração silte com a presença de elevados teores de gibbsita e que também observou o efeito da presença de alumínio associado à maior dificuldade de dispersão da fração argila do solo.

Quadro 8 Valores médios dos teores de argila (Argila), de silte (Silte), de areia grossa (ARE<sub>grossa</sub>), de areia fina (ARE<sub>fina</sub>), de argila dispersa (ADA) e do grau de floculação (G.F.) observados na presença e ausência de irrigação em função das profundidades estudadas \*

Prof. (cm)	Sistemas de Irrigação	Argila (g.kg <sup>-1</sup> )	Silte (g.kg <sup>-1</sup> )	ARE <sub>grossa</sub> (g.kg <sup>-1</sup> )	ARE <sub>fina</sub> (g.kg <sup>-1</sup> )	ADA (g.kg <sup>-1</sup> )	G.F. (%)
0 - 4	Irrigado	5,916 b	2,387 a	0,435 a	1,262 a	4,319 a	2,651 a
	Sem irrigar	7,687 a	0,852 b	0,213 b	1,248 a	4,092 a	4,671 a
4 - 8	Irrigado	5,899 b	2,543 a	0,433 a	1,124 a	3,708 a	3,656 a
	Sem irrigar	7,476 a	9,87 b	0,200 b	1,344 a	4,241 a	4,432 a
8 - 12	Irrigado	5,991 b	2,007 a	0,448 a	1,554 a	3,382 a	4,328 a
	Sem irrigar	7,158 a	1,597 a	0,340 a	0,904 a	3,835 a	4,633 a
12 - 16	Irrigado	6,008 b	2,126 a	0,410 a	1,456 a	4,021 a	3,271 b
	Sem irrigar	7,286 a	1,628 a	1,98 b	0,888 a	3,620 a	5,033 a
16 - 20	Irrigado	6,151 a	1,927 a	0,411 a	1,511 a	3,460 a	4,001 a
	Sem irrigar	7,439 a	1,314 b	0,215 b	1,032 b	2,498 a	6,608 a
20 - 24	Irrigado	6,060 b	1,879 a	0,368 b	1,693 a	2,468 a	5,844 a
	Sem irrigar	7,644 a	1,136 b	0,471 a	0,749 b	3,580 a	5,330 a
24 - 28	Irrigado	6,400 b	1,780 a	0,370 a	1,449 a	1,786 a	7,226 a
	Sem irrigar	76,54 a	1,628 a	0,254 a	0,463 b	1,572 a	7,907 a
28 - 32	Irrigado	6,245 b	1,798 a	0,362 a	1,594 a	1,128 a	8,162 a
	Sem irrigar	7,913 a	1,381 a	0,224 b	0,482 b	0,744 a	9,041 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ( $t^2 = F$ )

Outra possível ação que houve em função do uso da irrigação é que em sua decorrência aconteceram mais numerosos ciclos de umedecimento e secagem no solo, os quais podem ter atuado potencializando a resistência à dispersão já existente nestes, pois o efeito dessa resistência foi inferior nos tratamentos sem irrigação (Quadros 7 e 8).

### 4.1.3. Distribuição de agregados do solo

Os valores da distribuição de agregados do solo retidos nas peneiras com diâmetro maior que 9,52 mm e entre 4,76-9,72 mm; 2,00-4,76 mm; 1,00-2,00 mm; 0,50-1,00 mm; 0,35-0,50 mm e menores que 0,25 mm foram analisados para as quatro profundidades estudadas e os resumos das análises de variância são apresentados no Quadro 9.

Os valores médios da distribuição de agregados em cada profundidade estudada em função dos sistemas de irrigação e das sucessões de culturas podem ser observados no Quadro 10.

A presença e ausência de irrigação atuaram significativamente na distribuição de agregados entre 9,52 e 1,00 mm, para profundidade entre 16-24 cm e em agregados menores que 0,25 mm, na profundidade entre 24-32 cm, o mesmo ocorrendo com a interação entre esse efeito e a sucessão de culturas. TRANSPORTE????

O efeito significativo causado pela presença ou ausência da irrigação sobre os valores da distribuição de agregados na profundidade de 16-24 cm pode ter ocorrido em função do maior contato físico entre partículas ou agregados quando se usou a irrigação, o que teria sido motivado pela ação lubrificante da água ou pela maior formação de microagregados, tidos no processo de determinação da textura do solo como aumento das quantidades de silte, areia grossa e areia fina, em detrimento dos teores de argila, o que foi evidenciado no Quadro 8.

O efeito da presença e ausência da irrigação sobre a distribuição de agregados pode ser melhor visualizada na Figura 3, que apresenta uma distribuição resumida do mesmos dividindo-os em agregados maiores ou menores que 2 mm de diâmetro. Pode-se observar que com o uso da irrigação apesar de se ter obtido maiores valores de macroagregados (agregados maiores que 2 mm de diâmetro) na camada superficial do solo, o que mais chama a atenção é a diferença mais abrupta na redução dos macroagregados, até 24 cm de profundidade, quando estes são comparados com aqueles obtidos nas parcelas onde não se utilizou a irrigação (Figura 3).

## Quadro 9

## Quadro 10

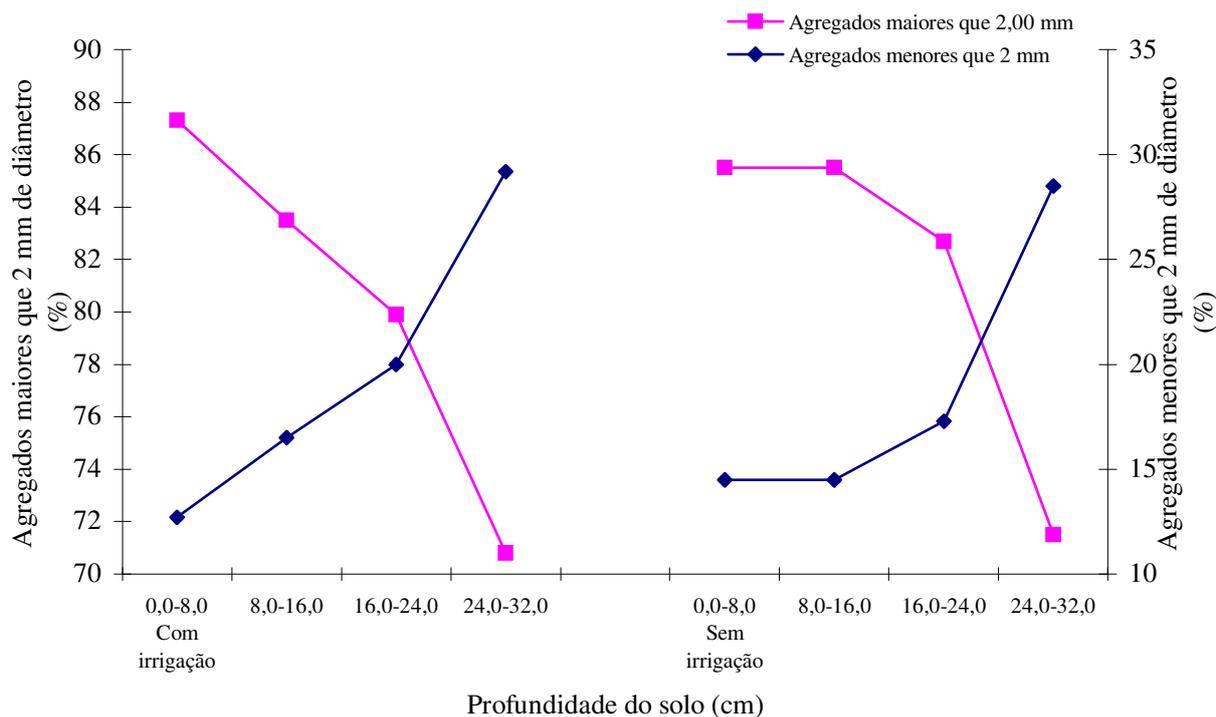


Figura 3 Agregados maiores e menores que 2 mm de diâmetro (%) em função da profundidade do solo (cm) e da presença e ausência da irrigação LEGENDA???

As interações significativas (SI x SC) observadas nas profundidades 16-24cm e 24-32cm foram desdobradas em relação aos sistemas de irrigação e às sucessões de culturas e os resultados são apresentados nos Quadros 11 e 12.

Quadro 11 Valores médios da distribuição de agregados do solo (%) observados em duas profundidades na presença e ausência de irrigação em função das sucessões de culturas

Prof. (cm)	Sistemas de irrigação	Sucessão de culturas	Agregados (> 9,52, 4,76-9,72, 1,0-2,0, 0,5-1,0, 0,25-0,5)				
			> 9,52	4,76-9,72	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5
16-24	Presença	Aveia/soja	51,16 b	14,06 a	6,73 a	6,11 a	4,58 a
		Milheto/soja	65,53 a	9,21 b	4,83 b	3,96 b	3,05 b
	Ausência	Aveia/soja	70,58 a	8,01 a	3,65 a	3,25 a	2,95 a
		Milheto/soja	63,81 a	9,35 a	4,70 a	4,30 a	3,66 a
24-32	Presença	Aveia/soja	-	-	-	8,06 a	6,55 a
		Milheto/soja	-	-	-	6,00 a	5,21 a
	Ausência	Aveia/soja	-	-	-	5,03 b	4,66 b
		Milheto/soja	-	-	-	6,53 a	6,31 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t (Student) ao nível de 5% de probabilidade

Quadro 12 Valores médios da distribuição de agregados do solo (%) observados em duas profundidades nas duas sucessões de culturas em função dos sistemas de irrigação utilizados

Prof. (cm)	Sucessão de culturas	Sistemas de irrigação	> 9,52	4,76-9,72	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5
16-24	Aveia/soja	Presença	51,16 b	14,06 a	6,73 a	6,11 a	4,58 a
		Ausência	70,58 a	8,01 b	3,65 b	3,25 b	2,95 b
	Milheto/soja	Presença	65,53 a	9,21 a	4,83 a	3,96 a	3,05 a
		Ausência	63,81 a	9,35 a	4,70 a	4,30 a	3,66 a
24-32	Aveia/soja	Presença	-	-	-	8,06 a	6,55 a
		Ausência	-	-	-	5,03 b	4,66 b
	Milheto/soja	Presença	-	-	-	6,00 a	5,21 a
		Ausência	-	-	-	6,53 a	6,31 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t (Student) ao nível de 5% de probabilidade

Especialmente na profundidade de 16-24 cm, observa-se o efeito da irrigação sobre a interação nos valores da distribuição de agregados. Considerando-se que na verdade a denominação de agregados maiores que 9,52 mm de diâmetro deve ser entendida como pequenos torrões de solo, e portanto não desejáveis, pode-se considerar portanto, que se for realizada a prática de irrigação, dever-se-ia indicar como planta antecessora à cultura da soja a aveia e, da mesma forma, se não for realizada a irrigação deve-se indicar o milheto a ser cultivado anteriormente ao cultivo da soja. Essas colocações podem ser melhor visualizadas através do Quadro 12, que evidencia os possíveis benefícios das culturas a serem cultivadas anteriormente à cultura da soja.

De outra forma, por meio dos Quadros 11 e 12, pode-se observar para os agregados menores que 9,52 mm e para as duas profundidades consideradas, por razões inversas ao exposto anteriormente, deve-se indicar como culturas antecessoras à exploração da soja, a cultura da aveia para áreas irrigadas e a cultura do milheto para aquelas onde a irrigação não é realizada. EXPLICAR MELHOR???

#### **4.1.4 Estabilidade de agregados**

Os valores dos agregados estáveis em água (AEA) retidos na peneira de diâmetro maior que 2,0 mm e entre 1,0-2,0 mm; 0,5-1,0 mm; 0,25-0,5 mm; 0,105-0,25 mm e menores que 0,105 mm observados nos dois sistemas de irrigação e nas duas sucessões de culturas foram analisados para cada uma das quatro profundidades estudadas e os resumos das análises de variância encontram-se no Quadro 13.

Houve efeito significativo dos sistemas de irrigação nos agregados menores que 0,105 mm observados entre 16 e 24 cm. As sucessões de culturas atuaram significativamente sobre os agregados estudados entre 24 e 32 cm.

Os valores médios dos agregados estáveis em água, retidos em cada uma das peneiras, em função dos sistemas de irrigação, das sucessões de cultura e das profundidades estudadas são apresentados no Quadro 14.

As interações significativas (SI x SC) observadas em cada profundidade foram desdobradas em relação aos sistemas de irrigação e às sucessões de cultura e os valores médios dos agregados retidos nas diferentes peneiras encontram-se nos Quadros 15 e 16, respectivamente.

Para a profundidade 16-24 cm, a utilização da irrigação proporcionou, para os agregados menores que 0,105 mm de diâmetro, um menor percentual dos mesmos, quando comparado à ausência de irrigação (Quadro 14). Possivelmente a ação da água como agente lubrificante, como já foi comentado anteriormente, tenha proporcionado a formação de agregados de maior diâmetro nesta profundidade com o uso da irrigação.

Quando se analisa o efeito das sucessões de culturas utilizadas (Quadro 14), observa-se que na camada de 24-32 cm a sucessão aveia/soja proporcionou maior número de AEA entre 0,25-0,5 mm e 0,105-0,5 mm, resultando em menor número de AEA com diâmetro acima de 2,0 mm quando comparados com a sucessão milho/soja. Possivelmente esta diferença esteja relacionada ao sistema radicular do milho (mais profundo que o da aveia) que, via fornecimento de matéria orgânica na camada de 24-32 cm, pode ter atuado incrementando a agregação e proporcionando a formação de AEA com

maiores diâmetros na sucessão milho/soja. Efeito similar foi observado por Rosa Junior (2000).

Quadro 13 Resumo das análises de variância dos agregados estáveis em água retidos na peneiras de diâmetros maiores que 2,0 mm; entre 1,0-2,0 mm; entre 0,5-1,0 mm; entre 0,25- 0,5 mm; entre 0,105-0,25 mm e menores que 0,105 mm observados na presença e ausência de irrigação e nas duas sucessões de cultura em função das profundidades estudadas

F.V.	G.L.	Quadrados médios					
		> 2,0	1,0 - 2,0	0,5 - 1,0	0,25 - 0,5	0,105-0,5	< 0,105
..... Profundidade 0 - 8 cm .....							
SI	1	172,27 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	19,98 <sup>ns</sup>	24,40 <sup>ns</sup>	7,59 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
Erro a	5	564,31	42,57	55,66	39,25	14,62	0,76
SC	1	49,59 <sup>ns</sup>	26,45 <sup>ns</sup>	10,53 <sup>ns</sup>	16,66 <sup>ns</sup>	13,05 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>
SI x SC	1	242,57 <sup>ns</sup>	34,56 <sup>ns</sup>	5,13 <sup>ns</sup>	10,14 <sup>ns</sup>	8,52 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>
Erro b	15	541,08	75,49	44,31	34,19	14,88	0,60
CV (%)		35,39	88,86	66,26	74,72	72,49	58,52
..... Profundidade 8 - 16 cm .....							
SI	1	10,27 <sup>ns</sup>	18,02 <sup>ns</sup>	19,26 <sup>ns</sup>	5,32 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Erro a	5	251,09	68,04	15,87	6,64	4,09	0,31
SC	1	65,67 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	4,42 <sup>ns</sup>	8,05 <sup>ns</sup>	4,33 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>
SI x SC	1	2040,57**	292,60*	144,55*	91,65*	31,28*	0,73 <sup>ns</sup>
Erro b	15	190,30	40,04	21,02	14,82	4,57	0,39
CV (%)		36,88	28,42	24,61	30,62	28,43	39,11
..... Profundidade 16 - 24 cm .....							
SI	1	36,01 <sup>ns</sup>	18,02 <sup>ns</sup>	43,20 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	3,68 <sup>ns</sup>	2,87*
Erro a	5	156,785	41,38	26,79	25,21	4,56	0,43
SC	1	117,92 <sup>ns</sup>	72,10 <sup>ns</sup>	116,15 <sup>ns</sup>	19,80 <sup>ns</sup>	21,66 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
SI x SC	1	551,04 <sup>ns</sup>	4,68 <sup>ns</sup>	17,00 <sup>ns</sup>	222,04**	21,66 <sup>ns</sup>	3,76
Erro b	15	178,40	56,18	31,42	17,25	14,04	1,87
CV (%)		66,12	30,48	22,88	23,02	35,84	62,05
..... Profundidade 24 - 32 cm .....							
SI	1	31,73 <sup>ns</sup>	73,15 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	6,0.10 <sup>-2</sup> <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	8,40 <sup>ns</sup>
Erro a	5	196,12	43,65	21,13	35,25	18,23	2,57
SC	1	995,88*	7,15 <sup>ns</sup>	73,85 <sup>ns</sup>	272,02**	168,01*	18,37 <sup>ns</sup>
SI x SC	1	642,73 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	44,01 <sup>ns</sup>	67,33*	51,33 <sup>ns</sup>	18,72 <sup>ns</sup>
Erro b	15	168,51	43,82	17,08	14,83	14,34	4,81
CV (%)		84,93	29,94	15,74	18,67	28,02	70,01

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

Quadro 14 Valores médios dos agregados estáveis em água (%) retidos na peneiras de diâmetros maiores que 2,0 mm; entre 1,0-2,0mm; entre 0,5-1,0 mm; entre 0,25- 0,5 mm; entre 0,105-0,25 mm e menores que 0,105 mm observados na presença e ausência de irrigação e nas duas sucessões de cultura em função as profundidades estudadas\*

Prof. (cm)		Sistemas de irrigação.....					
		> 2,0	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,105-0,5	< 0,105
0 - 8	Presença	63,05 a	9,85 a	10,96 a	8,83 a	5,88 a	1,43 a
	Ausência	68,41 a	9,67 a	9,13 a	6,82 a	4,76 a	1,23 a
8-16	Presença	38,06 a	23,13 a	17,73 a	12,10 a	7,37 a	1,60 a
	Ausência	36,75 a	21,40 a	19,53 a	13,04 a	7,68 a	1,60 a
16-24	Presença	18,98 a	25,46 a	25,84 a	17,80 a	10,07 a	1,86 b
	Ausência	21,43 a	23,73 a	23,16 a	18,28 a	10,85 a	2,55 a
24-32	Presença	16,43 a	21,11 a	26,03 a	20,68 a	13,69 a	3,73 a
	Ausência	14,13 a	24,60 a	26,47 a	20,58 a	13,33 a	2,54 a
		Sucessão de culturas.....					
		> 2,0	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,105-0,5	< 0,105
0 - 8	Aveia/soja	64,29 a	8,71 a	10,71 a	8,66 a	6,06 a	1,58 a
	Milheto/soja	67,17 a	10,81 a	9,38 a	6,99 a	4,58 a	1,08 a
8-16	Aveia/soja	35,75 a	22,26 a	19,06 a	13,15 a	7,95 a	1,83 a
	Milheto/soja	39,06 a	22,28 a	18,20 a	11,99 a	7,10 a	1,38 a
16-24	Aveia/soja	17,98 a	22,86 a	26,70 a	18,95 a	11,41 a	2,10 a
	Milheto/soja	22,42 a	26,33 a	22,30 a	17,13 a	9,51 a	2,31 a
24-32	Aveia/soja	8,84 b	22,31 a	28,00 a	23,99 a	16,16 a	4,01 a
	Milheto/soja	21,73 a	23,40 a	24,49 a	17,26 b	10,87 b	2,26 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ( $t^2 = F$ )

Ao se estudarem as interações significativas entre a utilização ou não da irrigação e as sucessões de culturas (Quadro 15), pôde-se verificar que, na presença de irrigação a sucessão milho/soja proporcionou, na camada de solo de 8-16 cm de profundidade, significativamente mais agregados estáveis em água maiores que 2 mm de diâmetro que quando se utilizou a sucessão aveia/soja, promovendo uma redução na quantidade de agregados estáveis em água menores que 0,5 mm de diâmetro.

Para esta mesma profundidade, o uso da sucessão aveia/soja, quando não se utilizou a irrigação, proporcionou maiores quantidades de agregados estáveis em água com diâmetro entre 1,0-2,0 mm.

Quadro 15 Valores médios dos agregados estáveis em água (%) observados em três profundidades na presença e ausência de irrigação em função das sucessões de culturas estudadas

Prof. (cm)	Sistemas de irrigação	Sucessão de culturas	Diâmetro (mm)				
			> 2,0	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,105-0,5
8-16	Presença	Aveia/soja	27,18 b	26,61 a	20,61 a	14,63 a	8,93 b
		Milheto/soja	48,93 a	19,65 a	14,85 b	9,53 b	5,80 a
	Ausência	Aveia/soja	44,31 a	177,90 a	17,50 a	11,66 a	6,96 a
		Milheto/soja	29,18 a	24,90 b	211,55 a	14,41 a	8,40 a
16-24	Presença	Aveia/soja	-	-	-	21,75 a	-
		Milheto/soja	-	-	-	13,85 b	-
	Ausência	Aveia/soja	-	-	-	16,15 b	-
		Milheto/soja	-	-	-	20,41 a	-
24-32	Presença	Aveia/soja	-	-	-	25,71 a	-
		Milheto/soja	-	-	-	15,63 b	-
	Ausência	Aveia/soja	-	-	-	22,26 a	-
		Milheto/soja	-	-	-	18,88 a	-

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t (Student) ao nível de 5% de probabilidade

Para as camadas de 16-24 e 24-32 cm de profundidade, para os agregados estáveis em água de diâmetro entre 0,25 e 0,5 mm, a utilização da aveia na sucessão de culturas, em condições de fornecimento de água por irrigação, proporcionou aumentos em seus valores, fato que deve ter ocorrido em função da maior quantidade de raízes dessas plantas.

Pelas interações existentes entre a presença/ausência de irrigação com as sucessões de culturas empregadas, observa-se que quando se fixou a sucessão aveia/soja na condição de ausência de irrigação (Quadro 16), foram obtidos maiores valores de agregados estáveis em água maiores que 2 mm de diâmetro que quando se utilizou a sucessão milho/soja e conseqüentemente, menores valores para os agregados menores que 1,0 mm de diâmetro. Este fato é desejável uma vez que pode proporcionar

melhor ambiente às plantas, e pode estar ocorrendo, possivelmente, em função de uma melhor capacidade de desenvolvimento das raízes dessas plantas nas condições anteriormente citadas.

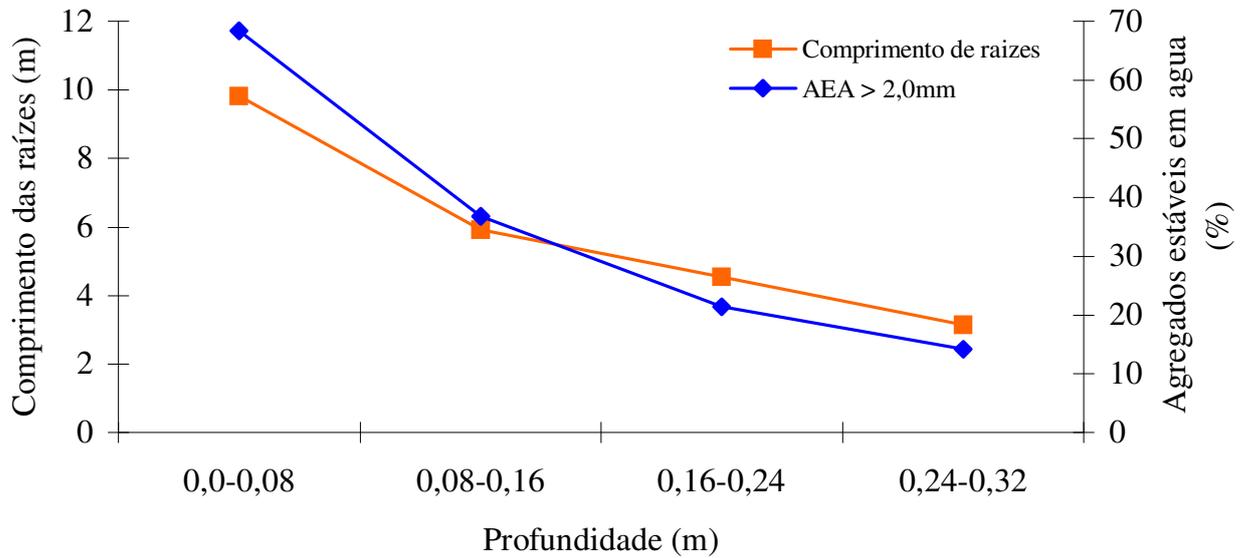
Quadro 16 Valores médios dos agregados estáveis em água (%) observados em três profundidades nas duas sucessões de culturas, em função da presença e ausência de irrigação

Prof. (cm)	Sucessão de culturas	Sistemas de irrigação	Sistemas de irrigação				
			> 2,0	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,105-0,5
8-16	Aveia/soja	Presença	27,18 b	26,61 b	20,61 a	14,63 a	8,93 a
		Ausência	44,31 a	17,90 a	17,50 b	11,66 b	6,96 b
	Milheto/soja	Presença	48,93 a	19,65 a	14,85 b	9,56 b	5,80 b
		Ausência	29,18 b	24,90 a	21,55 a	14,41 a	8,40 a
16-24	Aveia/soja	Presença	-	-	-	21,75 a	-
		Ausência	-	-	-	16,15 b	-
	Milho/soja	Presença	-	-	-	13,85 b	-
		Ausência	-	-	-	20,41 a	-
24-32	Aveia/soja	Presença	-	-	-	25,71 a	-
		Ausência	-	-	-	22,26 a	-
	Milho/soja	Presença	-	-	-	15,63 a	-
		Ausência	-	-	-	18,88 a	-

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t (Student) ao nível de 5% de probabilidade

Analisando-se a fração de agregados estáveis em água maiores que 2 mm de diâmetro, que são os desejáveis nas condições de solos agrícolas, em função de uma menor estratificação do solo (camadas de 0-8, 8-16, 16-24 e 24-32 cm de profundidade), pode-se observar que para as duas condições de irrigação (Figura 4 e 5) há um decréscimo semelhante entre seus valores em função do aumento da profundidade. Sabendo-se da importância da matéria orgânica do solo, e de sua dependência dos valores de biomassa oriunda do sistema radicular, chama no entanto a atenção o fato de mesmo observando-se maiores valores de comprimento de raízes, especialmente na camada de 8-16 cm de profundidade (Figura 5), não se ter encontrado incrementos nos montantes de agregados

estáveis em água maiores que 2 mm de diâmetro. Esse fato pode estar relacionado com a formação prévia de microagregados, a partir de partículas de argila, o que se denomina-se de pseudo-silte ou pseudo-areia, o que já atestou-se na análise textural do solo (Quadro 8).  
 Figura 4 Comprimento de raízes (m) de soja e distribuição de agregados estáveis em



água (%) na ausência de irrigação em função da profundidade de amostragem (m)

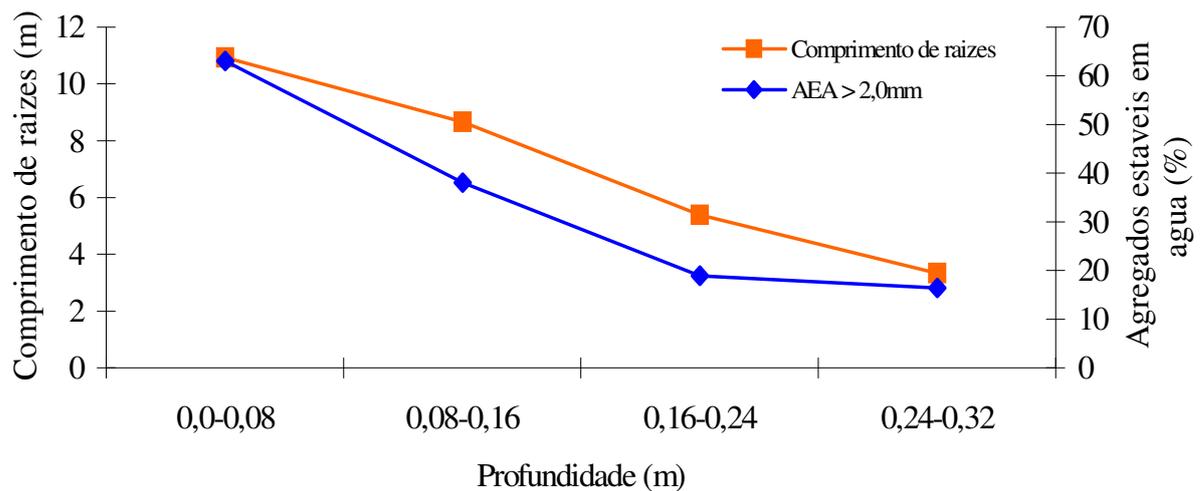


Figura 5 Comprimento de raízes (m) de soja e distribuição de agregados estáveis em água (%) na presença de irrigação em função da profundidade de amostragem (m)

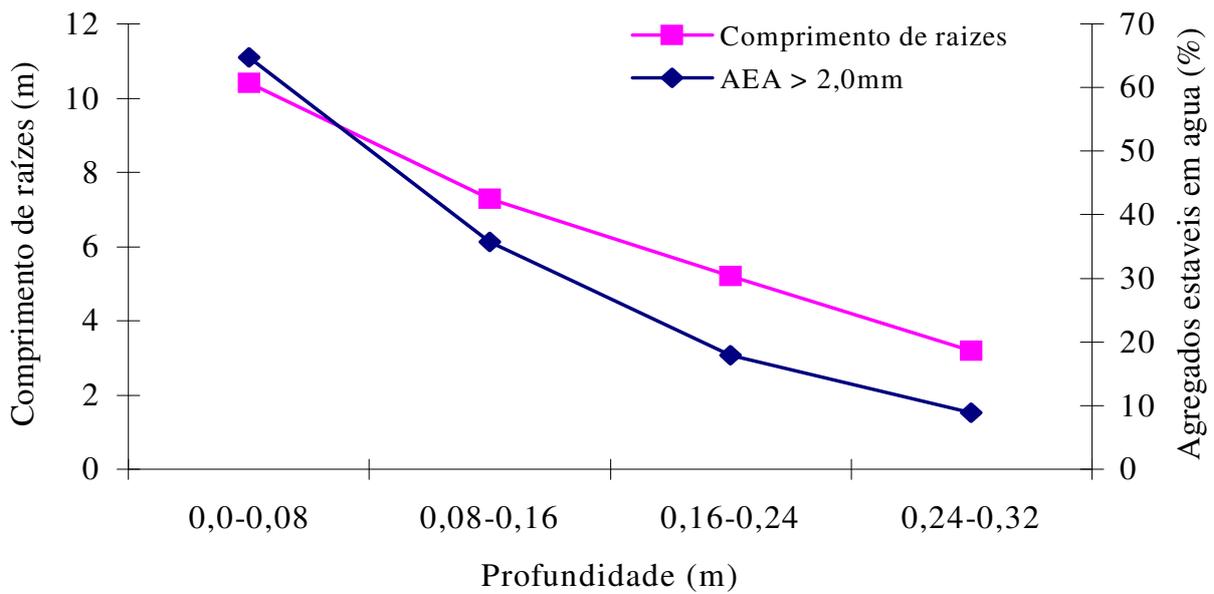


Figura 6 Comprimento de raízes (m) de soja e distribuição de agregados estáveis em água (%) na sucessão aveia/soja em função da profundidade de amostragem (m)

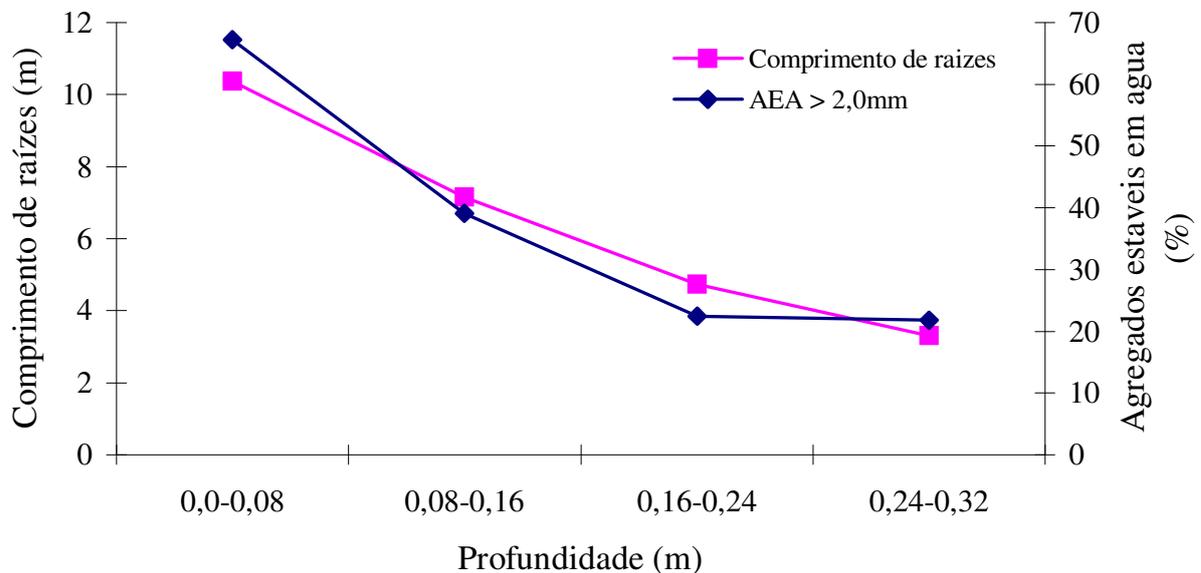


Figura 7 Comprimento de raízes (m) de soja e distribuição de agregados estáveis em água (%) na sucessão milheto/soja em função da profundidade de amostragem (m)

Ainda considerando-se o efeito da matéria orgânica no processo de formação de agregados estáveis em água (Rosa Junior, 1991), e o fato do milho proporcionar, para as condições do presente experimento maiores valores de biomassa sobre o solo (Quadro 26), mantendo dessa forma os seus teores de água em maiores patamares (Rosa Junior, 2000), pode-se observar, quando se analisa de forma comparativa as Figura 6 e 7, que houve, especificamente para as profundidades de 16 – 24 e de 24-32 cm, maiores valores de agregados estáveis em água com o uso prévio dessa planta em sistema de sucessão de culturas.

#### **4.2 Variáveis relacionadas às características químicas do solo e distribuição de raízes no perfil**

Os valores de matéria orgânica, pH (em água e em CaCl<sub>2</sub>), fósforo, potássio, alumínio, cálcio, magnésio, H +Al, capacidade de troca catiônica, soma de bases, do índice de saturação de bases e o conteúdo de raízes observados foram analisados para as sete profundidades estudadas e o resumo das análises de variância assim como os efeitos significativos dos sistemas de irrigação e das sucessões de culturas estão apresentados nos Quadros 17,18,19 e 20.

Não houve diferenças significativas para os valores de matéria orgânica em função da presença ou ausência da irrigação para as profundidades consideradas (Quadro 17), no entanto pode-se observar diferenças significativas para esta característica em função das sucessões de culturas utilizadas para algumas profundidades, o que pode ter ocorrido em função da variação do crescimento radicular das plantas adotadas, diferenças essas que podem ser observadas por meio do Quadro 21 e por meio da Figura 8. Os desdobramentos das interações significativas entre a utilização ou não da irrigação e a sucessão de culturas (SI x SC) são apresentados nos Quadros 23 e 24.

Pela Figura 8 pode-se observar que independentemente das plantas utilizadas como cultura antecessora da soja, houve uma relação aparente e direta entre a concentração de raízes e a quantidade de matéria orgânica do solo. Por outro lado a cultura do milho apresentou maior tendência de concentrar raízes até 12 e abaixo de 20 cm de profundidade, sendo que a aveia proporcionou maiores valores logo após a camada compactada (entre 12-20 cm).

Quando se observa os valores da maior concentração percentual de raízes com a utilização e ausência da irrigação o que fica evidente é a maior concentração das mesmas, respectivamente, nas camadas de 0-4 e 4-8 cm de profundidade.

Houve efeito significativo sobre a variável fósforo na profundidade de 4-8 cm em função da presença de irrigação (Quadros 17 e 21) e na profundidade de 12-16 cm em função da interação da irrigação com as culturas utilizadas em sucessão (Quadros 17, 21 e 23). Pode-se observar pelo Quadro 22 que não houve efeito das plantas utilizadas sobre os valores desse elemento.

Embora o efeito da presença da irrigação nos teores de fósforo tenha ocorrido de forma significativa apenas para a profundidade de 4-8 cm (Quadro 17) pode-se observar pela Figura 9 efeitos semelhantes para as profundidades 0-4 e 8-12 cm. Esse efeito da irrigação sobre o elemento fósforo deve-se provavelmente ao fato das plantas cultivadas não terem sido estimuladas a penetrar seu sistema radicular em maiores profundidades uma vez que além do fornecimento suplementar de água por irrigação, o sistema de cultivo empregado nesta área, nos últimos cinco anos agrícolas, foi o plantio direto.

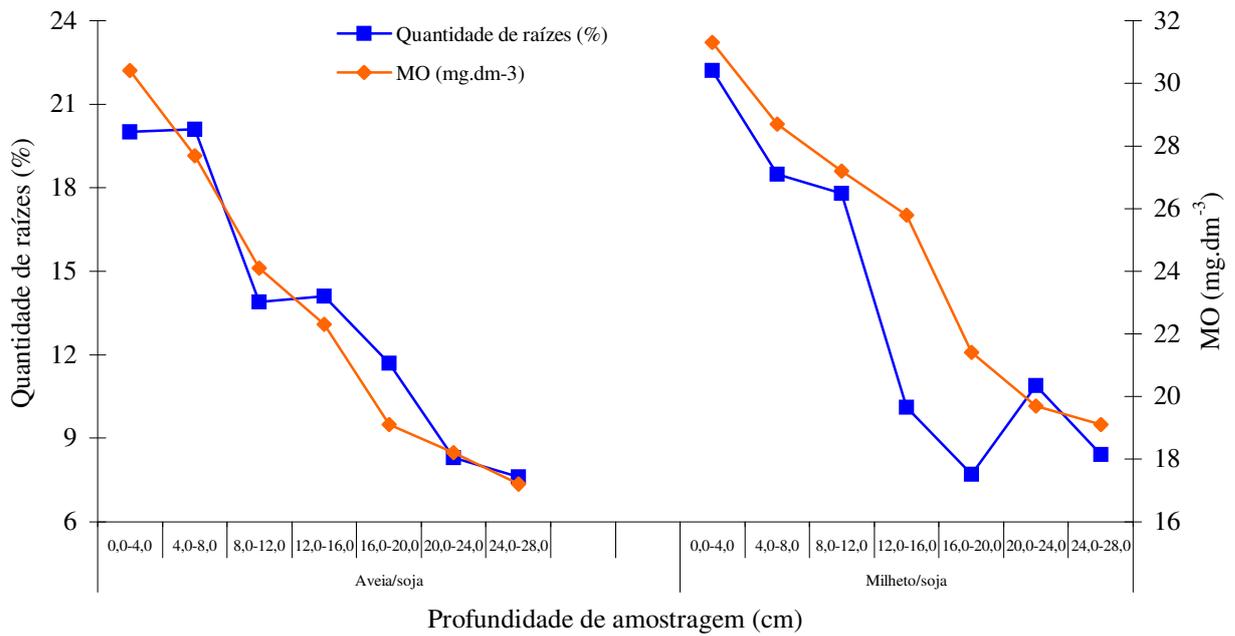


Figura 8 Concentração de raízes (%) e conteúdo de matéria orgânica do solo ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) em função da profundidade de amostragem e das sucessões de culturas utilizadas

Observa-se o efeito significativo da irrigação sobre a variável potássio na profundidade de 0-4 cm (Quadros 18, 21 e 22). Tal efeito pode ter ocorrido em função da irrigação ter proporcionado uma elevação na taxa de decomposição da matéria orgânica existente na superfície do solo, o que estaria de acordo com Rosa Junior (1991).

Fato similar foi observado, na mesma profundidade, para o magnésio, e pode ter ocorrido em função de uma relação inversa com a quantidade percentual das raízes nessa camada (Quadros 19, 21 e 22).

Quadro 23 Valores médios de matéria orgânica (MO), de fósforo (P), de magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e do conteúdo de raízes (Raízes) observados em três profundidades, na presença e ausência de irrigação em função das sucessões de culturas

Prof. (cm)	Sistemas de irrigação	Sucessão de culturas	MO ( $mg.dm^{-3}$ )	P ( $mg.dm^{-3}$ )	$Mg^{2+}$ ( $mmolc.dm^{-3}$ )	Raízes (%)
0 - 4	Presença	Aveia/soja	31,50 a	-	19,63 a	21,75 a
		Milheto/soja	28,43 b	-	14,10 b	21,11 a
	Ausência	Aveia/soja	29,31 b	-	17,86 b	18,28 b
		Milheto/soja	34,21 a	-	28,41 a	23,36 a
12-16	Presença	Aveia/soja	-	7,16 a	-	12,71 a
		Milheto/soja	-	5,00 a	-	12,98 a
	Ausência	Aveia/soja	-	3,17 b	-	15,57 a
		Milheto/soja	-	8,83 a	-	7,30 b
24-28	Presença	Aveia/soja	17,70 a	-	-	6,16 b
		Milheto/soja	18,01 a	-	-	8,44 a
	Ausência	Aveia/soja	16,65 b	-	-	8,97 a
		Milheto/soja	20,13 a	-	-	8,39 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t (Student) ao nível de 5% de probabilidade

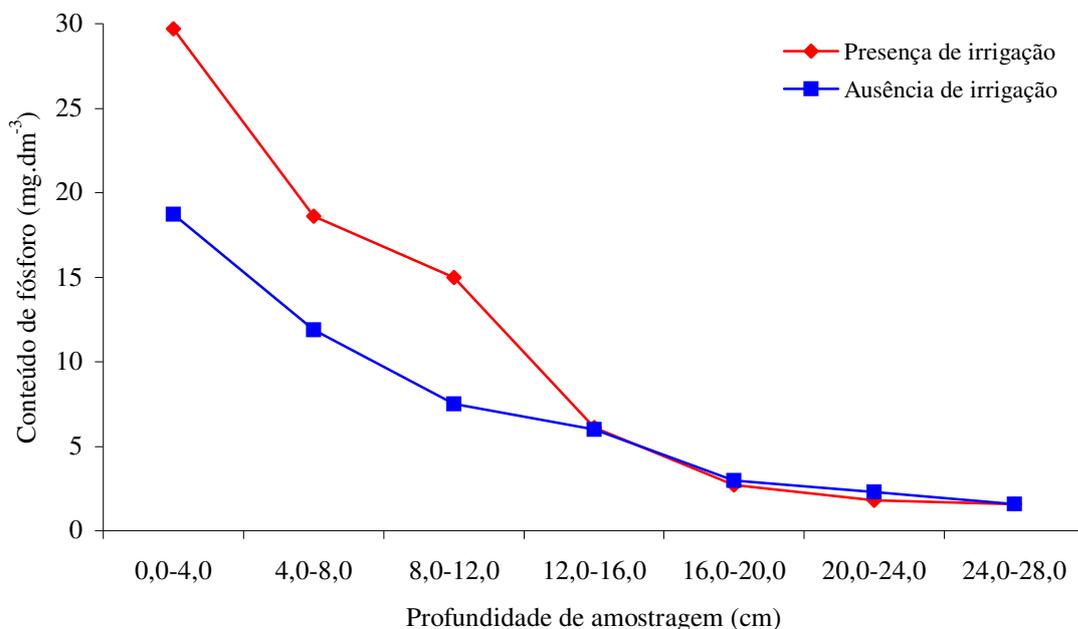


Figura 9 Conteúdo de fósforo no solo ( $mg.dm^{-3}$ ) em função da presença e ausência da irrigação e da profundidade de amostragem (cm)

Quadro 24 Valores médios de matéria orgânica (MO), de fósforo (P), de magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e do conteúdo de raízes (Raízes) observados em três profundidades, nas duas sucessões de culturas em função da presença e ausência de irrigação

Prof. (cm)	Sucessão de culturas	Irrigação	MO ( $mg.dm^{-3}$ )	P ( $mg.dm^{-3}$ )	$Mg^{2+}$ ( $m\ mol_c.dm^{-3}$ )	Raízes (%)
0 - 4	Aveia/soja	Presença	31,50 a	-	19,63 a	21,75 a
		Ausência	29,31 b	-	177,86 a	18,28 b
	Milheto/soja	Presença	28,43 b	-	14,10 b	23,11 a
		Ausência	34,21 a	-	28,41 a	23,36 a
12-16	Aveia/soja	Presença	-	7,16 a	-	12,71 b
		Ausência	-	3,16 b	-	15,57 a
	Milheto/soja	Presença	-	5,00 a	-	12,98 a
		Ausência	-	8,83 a	-	7,30 b
24-28	Aveia/soja	Presença	17,70 a	-	-	6,16 b
		Ausência	16,65 b	-	-	8,97 a
	Milheto/soja	Presença	18,01 a	-	-	8,44 a
		Ausência	20,13 a	-	-	8,39 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t (Student) ao nível de 5% de probabilidade

Não foram observadas diferenças significativas, em função da presença/ausência de irrigação ou das sucessões de culturas consideradas, para os valores de capacidade de troca de cátions (T) e acidez trocável (H + Al), o que pode ser observado nos Quadros 19, 21 e 22, o mesmo se aplicando para os valores de Soma (SB) e Saturação de Bases (V).

#### 4.4 Variáveis relacionadas com as plantas

Os valores relativos ao estande, quantidade de cobertura morta, peso de massa seca da parte aérea, número de sementes produzidas por planta, peso de 100 sementes, percentagem de cobertura morta aos 9, 20, 32 e 45 dias após a emergência da soja e altura das plantas aos 19, 34, 50, 65 e 81 dias após a emergência da soja foram analisados estatisticamente e o resumo das análises de variância, assim como os efeitos significativos dos sistemas de irrigação e das sucessões de culturas são apresentados no Quadro 25.

Quadro 25 Resumo das análises de variância do estande (Estande), da quantidade de

biomassa sobre o solo (BS), do peso da planta adulta (Peso), do número de sementes produzidas por planta (n° sem.), do peso de 100 sementes (Peso 100), da percentagem de cobertura morta aos 9, 20, 32 e 45 dias após a emergência (CM), da altura das plantas aos 19, 34, 50, 65 e 81 dias após a emergência (ALT), produtividade (PROD.) e comprimento de raízes (CR) observados na presença e ausência de irrigação e nas duas sucessões de cultura utilizadas

F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		Estande	BS	Peso	n°sem.
Irrigação (SI)	1	20,16 <sup>ns</sup>	18,88 <sup>ns</sup>	5190,86*	3266,67 <sup>ns</sup>
Erro a	5	10,16	6,31	358,52	1823,47
S. culturas (SC)	1	4,16 <sup>ns</sup>	29,45**	220,58 <sup>ns</sup>	486,00 <sup>ns</sup>
IR x SC	1	4,16 <sup>ns</sup>	7,37.10 <sup>-2</sup> <sup>ns</sup>	117,66 <sup>ns</sup>	2646,00 <sup>ns</sup>
Erro b	15	12,30	2,91	1002,64	1791,42
C.V. (%)		20,73	20,22	213,50	29,98
		Peso 100	CM sem.	CM 9d	CM 20d
Irrigação (SI)	1	16,18**	253,50**	24,00 <sup>ns</sup>	18,37 <sup>ns</sup>
Erro a	5	0,47	8,80	21,80	10,67 <sup>ns</sup>
S. culturas (SC)	1	0,94 <sup>ns</sup>	140,16 <sup>ns</sup>	266,66*	40,04
IR x SC	1	7,70.10 <sup>-3</sup> <sup>ns</sup>	66,66 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	3,75.10 <sup>-1</sup> <sup>ns</sup>
Erro b	15	2,48	51,80	50,20	47,98
C.V. (%)		15,59	10,38	11,13	11,78
		CM 32d	CM 45d	ALT 19d	ALT 34d
Irrigação (SI)	1	24,00 <sup>ns</sup>	45,37 <sup>ns</sup>	6,51 <sup>ns</sup>	34,80 <sup>ns</sup>
Erro a	5	12,50	11,57	4,09	17,23
S. culturas (SC)	1	13,50 <sup>ns</sup>	126,04 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
IR x SC	1	1,50 <sup>ns</sup>	5,04 <sup>ns</sup>	1,87 <sup>ns</sup>	9,75 <sup>ns</sup>
Erro b	15	38,25	29,28	2,11	8,65
C.V. (%)		11,53	10,91	9,53	9,03
		ALT 50d	ALT 65d	ALT 81d	PROD.
Irrigação (SI)	1	87,00 <sup>ns</sup>	441,09*	990,73**	742927,7**
Erro a	5	41,23	63,86	20,03	28128,3
S. culturas (SC)	1	3,01 <sup>ns</sup>	1,98 <sup>ns</sup>	39,01 <sup>ns</sup>	159428,5 <sup>ns</sup>
IR x SC	1	29,70 <sup>ns</sup>	84,71 <sup>ns</sup>	55,81 <sup>ns</sup>	15648,4 <sup>ns</sup>
Erro b	15	19,86	40,45	44,23	100835,4
C.V. (%)		8,64	6,36	5,49	12,65
		CR			
Irrigação (SI)	1	1,38**			
Erro a	5	2,62.10 <sup>-2</sup>			
S. culturas (SC)	1	1,60.10 <sup>-2ns</sup>			
IR x SC	1	2,81.10 <sup>-3ns</sup>			
Erro b	15	8,47.10 <sup>-3</sup>			
C.V. (%)		3,56			

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

Os valores médios dessas variáveis calculados em relação aos sistemas de irrigação e às sucessões de culturas encontram-se no Quadro 26.

Quadro 26 Valores médios do estande (Estande), da quantidade de biomassa sobre o solo (BS), do peso da planta adulta (Peso), do número de sementes produzidas por planta (n° sem.), do peso de 100 sementes (Peso 100), da porcentagem de cobertura morta aos 9, 20, 32 e 45 dias após a emergência (CM), e da altura das plantas aos 19, 34, 50, 65 e 81 (ALT) observados na presença e ausência de irrigação e nas duas sucessões de cultura utilizadas\*

Sistemas de irrigação					
	Estande (pl.m <sup>-2</sup> )	BS (t.ha <sup>-1</sup> )	Peso (g.pl <sup>-1</sup> )	N°sem. (sem.pl <sup>-1</sup> )	Peso 100 (g.100sem <sup>-1</sup> )
Presença	17,8 a	7,4 a	149,4 a	152,8 a	10,9 a
Ausência	16,0 a	5,6 a	120,0 b	129,5 a	9,3 b
	CM sem. (%)	CM 9d (%)	CM 20d (%)	CM 32d (%)	CM 45d (%)
Presença	72,6 a	64,7 a	59,7 a	54,7 a	51,0 a
Ausência	66,1 b	62,7 a	57,9 a	52,7 a	48,3 a
	ALT 19d (cm)	ALT 34d (cm)	ALT 50d (cm)	ALT 65d (cm)	ALT 81d (cm)
Presença	15,8 a	33,8 a	53,4 a	104,2 a	127,4 a
Ausência	14,7 a	31,4 a	49,7 a	95,7 b	114,6 b
Sucessões de culturas					
	Estande (pl.m <sup>-2</sup> )	BS (t.ha <sup>-1</sup> )	Peso (g.pl <sup>-1</sup> )	N°sem. (sem.pl <sup>-1</sup> )	Peso 100 (g.100sem <sup>-1</sup> )
Aveia/soja	16,5 a	5,4 b	137,8 a	145,7 a	9,9 a
Milheto/soja	17,3 a	7,6 a	131,7 a	136,7 a	10,3 a
	CM sem. (%)	CM 9d (%)	CM 20d (%)	CM 32d (%)	CM 45d (%)
Aveia/soja	66,9 a	60,3 b	57,5 a	54,4 a	51,9 a
Milheto/soja	71,8 a	67,0 a	60,1 a	52,9 a	47,3 a
	ALT 19d (cm)	ALT 34d (cm)	ALT 50d (cm)	ALT 65d (cm)	ALT 81d (cm)
Aveia/soja	15,1 a	32,5 a	51,2 a	100,2 a	122,3 a
Milheto/soja	15,5 a	32,7 a	51,9 a	99,6 a	119,7 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ( $t^2 = F$ )

Como se pode observar por meio do Quadro 26, houve diferenças significativas entre a presença e ausência de irrigação para o peso da matéria seca da parte aérea de planta adulta e peso de 100 sementes. Esses resultados podem ter ocorrido em função do fornecimento de água via irrigação ter permitido uma melhor taxa

de absorção de água e nutrientes, promovendo maior desenvolvimento da parte aérea das plantas e conseqüentemente maior peso de matéria seca. Este resultado está de acordo com o obtido por Fernandes & Rodrigues (1997), que encontraram relação direta entre a freqüência de irrigação e desenvolvimento vegetativo da cultura da soja. O maior peso de 100 sementes nos tratamentos sob irrigação confirma os resultados obtidos por Fernandes *et al.* (1998) que comentam que a falta de água no período de enchimento de grãos é freqüentemente a maior barreira para a alta produção de grãos de soja. Resultados obtidos por Stegman (1989), citado por Fernandes & Rodrigues (1997), demonstram que um déficit hídrico no período entre os estádios R4 e R6 (respectivamente de definição do número de sementes por vagem e peso de sementes) geralmente reduz mais a produção do que um estresse equivalente em qualquer outro período de desenvolvimento da cultura.

A ausência da irrigação (Quadros 25 e 26), influenciou negativamente no crescimento da soja apenas nas mensurações efetuadas aos 65 e 81 dias após a semeadura, possivelmente até esta fase do desenvolvimento da cultura, a necessidade de água por parte das plantas tenha sido adequadamente suprida via precipitações pluviométricas, e após o segundo mês do desenvolvimento da cultura com o aumento da necessidade de água, a presença da irrigação possibilitou um maior desenvolvimento da soja (Figura 10).

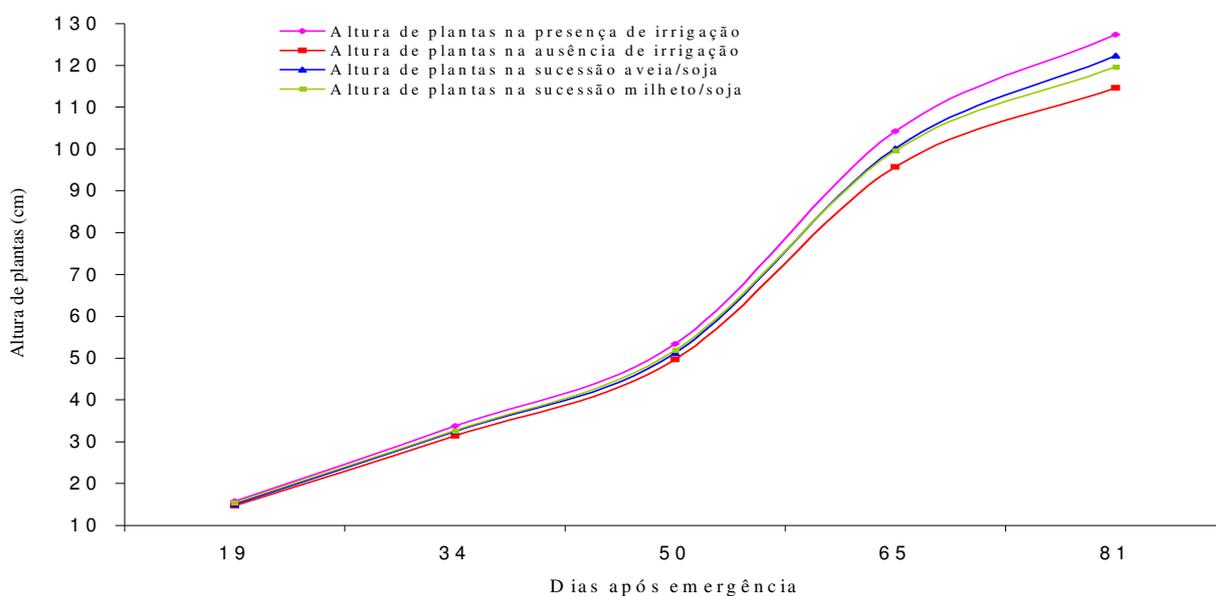


Figura 10. Curva de crescimento de plantas de soja, determinada até o seu florescimento, em função dos sistemas de irrigação e das sucessões de culturas

Sobre o crescimento de plantas de soja não se observou no entanto efeito das sucessões de cultura, mesmo sabendo-se que quando se cultivou previamente o milho se obteve maiores quantidades de biomassa superficial, o que poderia afetar o conteúdo de água do solo ou sua perda por evaporação (Figura 10).

Houve efeito da irrigação sobre valores da cobertura morta do solo apenas para a mensuração realizada imediatamente após a semeadura (Quadros 25 e 26), o que pode ter acontecido em função da maior incidência de plantas daninhas nas condições de fornecimento de irrigação, pois esta fonte de biomassa sempre contribui para o aumento na cobertura morta do solo. Também a cultura antecessora proporcionou resultados significativos sobre a cobertura morta do solo na mensuração efetuada aos 9 dias após a semeadura o que pode indicar que a biomassa, sobre o solo, proveniente do milho como mais resistente à decomposição do que a proporcionada pela aveia no período inicial do desenvolvimento da cultura (Figura 11).

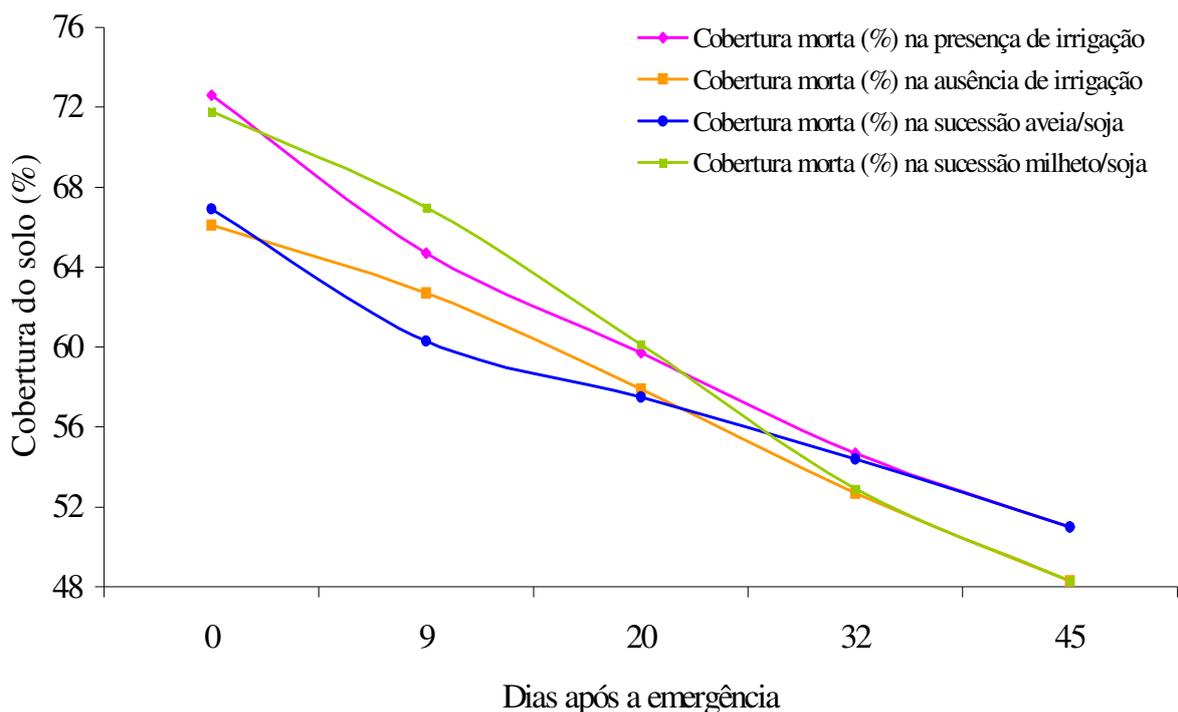


Figura 11. Cobertura morta existente na superfície do solo (%) após a semeadura de soja em função da presença e ausência de irrigação e da sucessão de culturas

A biomassa da cultura antecessora apresentou resultados significativos, com o milho produzindo maior quantidade de matéria seca ( $t \cdot ha^{-1}$ ) sobre o solo (Quadros 25 e 26). Isto está de acordo com Rosa Junior (2000), que observou maior produção de matéria seca do milho em relação à aveia como produtores de biomassa para

plantio direto. Deve ser em função desse fato que houve, especialmente no cultivo do milho maiores coberturas percentuais de solo, em especial no início do ciclo da cultura da soja.

Os dados de produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), e comprimento de raízes de plantas de soja (cm) observados foram analisados estatisticamente e o resumo das análises de variância assim como os efeitos significativos da presença e ausência de irrigação e das sucessões de cultura foram apresentados no Quadro 25.

Os valores médios dessas variáveis calculados em relação à presença e ausência de irrigação e às sucessões de culturas encontram-se no Quadro 27. Por este Quadro pode-se observar que a presença da irrigação influenciou significativamente a produtividade da soja, com efeito positivo da ordem de 15,1 % (13,10%F).

O crescimento das raízes (Quadro 27) obedeceu aos mesmos efeitos observados sobre a produtividade, ou seja, efeito significativo da irrigação sobre o crescimento das raízes, proporcionando acréscimo de 21 % (17,1% F) sobre este parâmetro vegetal, de onde se pode a princípio, associar a este aumento do comprimento do sistema radicular no aumento do volume de solo explorado pelas mesmas, acarretando para as plantas os benefícios decorrentes.

Quadro 27 Valores médios da produtividade da cultura da soja ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e do comprimento do seu sistema radicular (cm) observados em função das duas sucessões de culturas e da presença e ausência de irrigação

Sucessões de culturas	Irrigação	Produtividade $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	Comprimento de raízes (cm)
Aveia/soja	-	2427,68 a	261,4 a
Milho/soja	-	2590,69 a	255,2 a
-	Presença	2685,12 a	282,1a
-	Ausência	2333,24 b	233,9 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t (Student) ao nível de 5% de probabilidade

#### 4. CONCLUSÕES

Para as condições em que foi conduzido o experimento, os resultados obtidos permitiram concluir que:

- a) A utilização da irrigação resulta em maiores valores de densidade do solo, nas profundidades 0-4; 8-12; 12-16; 16-24 e 24-28 cm.
- b) A utilização da irrigação proporciona redução nos valores obtidos da fração argila.
- c) A utilização da irrigação resulta em maior peso da matéria seca da parte aérea de planta adulta e em maior peso de 100 sementes.
- d) O milho produziu maior quantidade de matéria seca ( $t.ha^{-1}$ ) sobre o solo em relação à aveia.
- e) A utilização da irrigação resultou em maior produtividade de grãos de soja.
- f) A irrigação influencia favoravelmente o desenvolvimento radicular.

**TRANSPORTE???**

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES SOBRINHO, T.; PEIXOTO, P. P. P.; SOUZA, L. C. F.; FEDATTO, E.; MATOS, F. A. Monitoramento do perfil de densidade e da porosidade total do solo em sistema de plantio direto irrigado e não irrigado. *XXX CONBEA*; Foz do Iguaçu-PR, julho/agosto de 2001. 3p. (Publicação eletrônica).

ALVES SOBRINHO, T.; PEIXOTO, P. P. P.; SOUZA, L. C. F.; FEDATTO, E.; MAPELI, N. C. Avaliação de alguns atributos do sistema solo-água-plantas em plantio direto e convencional: Parte I. In: *XXIX CONBEA*; Fortaleza, CE, julho/2000. 3p. (Publicação eletrônica).

AMARAL, A. S. do; ANGHINONI, I., HINRICHES, R. & TOMASI, C. A. Movimentação vertical do calcário da superfície do solo no sistema plantio direto. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 28, Londrina, 2001. Anais do Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Londrina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p. 114.

BENEZ, S.H., GAMERO, C.A. Estudo da densidade aparente na semeadura direta na cultura do milho. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 11, 1981, Brasília. *Anais...* Brasília: Editerra, 1983. p.1457-67.

BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. Editora Icone, São Paulo, 1990, 355p.

BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C. A. *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1968. p.344-90 (Agronomy series nº 9).

BUENO, B. S.; VILAR, O. M. *Mecânica dos solos*. v. 1. São Carlos: EESC-USP, 1998, 131p.

CONAB, 2003 *Arquivos da Companhia Nacional de Abastecimento*, on-line. Disponível: <http://www.conab.gov.br> consultado em 20 de março de 2003.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.9, p.263-66, 1985.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.9, p.267-70, 1985.

DANIELSON, R. E. Nutrient supply and uptake in relation to soil physical conditions. In: HILLEL, D., *Optimizing the soil physical environment toward greater crop yields*. New York: Academic Press, 1972. p.193-217.

DEFELIPO, B. V., RIBEIRO, A. C. *Análise química do solo*. Viçosa, Imprensa Universitária, UFV, 1981. 17p. (Boletim de extensão nº 29)

DIAS JUNIOR, M. de S. Compactação do solo. In: *Tópicos em ciência do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. v.1, 2000, p55-94. Viçosa-MG.

DONAGEMMA, G.K. Pré-tratamento na análise textural visando a minimização do pseudo-silte em Latossolos de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 2000. 89p.(Dissertação – Mestrado Solos e Nutrição de Plantas).

DOUGLAS, J. T., GOSS, M. J. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. *Soil & Tillage Res.*, v.2, n.2, p.155-75, 1982.

EMBRAPA. *Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil*. Embrapa Soja, Londrina-PR: Embrapa Soja/Fundação-MT, 2000, 245p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise do solo*. 2. Ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FERNANDES, E. J.; PAVANI, L.C.; RODRIGUES, T. de J. D. Potencial de água no solo e produtividade da cultura da soja submetida a três regimes de irrigação. *Eng. Agric.*, Jaboticabal, v.16, n.1, p.66-75, 1996.

FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. de J. D. Desenvolvimento da cultura da soja submetida a três regimes de irrigação. *Eng. Agric.*, Jaboticabal - SP, v17, n.1, p.53-61, 1997.

FERNANDES, E. J.; TURCO, J. E. P.; RODRIGUES, T. de J. D. Consumo de água pela cultura da soja irrigada. *Eng. Agric.*, Jaboticabal-SP, v17, n.4, p.44-56, 1998.

GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. São Paulo: Nobel, 1981. 430p.

GOMES, Y. M. *Sistemas para análises estatísticas e genéticas: SAEG*. Viçosa: UFV, 1992. 100p

GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. *Bragantia*, v.19, n.13, p.201-13, 1960.

INOUE, T. T. ; ARAUJO, M. A. ; TORMENA, C. A. ; ESTEVES, N. ; MIGNOSO, V. ; LEITE, J. C. Influência da escarificação em propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distroférico após 13 anos de plantio direto. Anais: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E AGUA, 14 CD-ROM, Cuiabá 2002.

JACKSON, M. L. *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall, 1958. 498 p.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. A faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e a sua relação com a densidade do solo ao longo de um perfil de um Latossolo roxo. *Ciência Rural*. v.30, n.6. 2000. p.959-964.

LACERDA, Z. C. de; CHAVES, R. Q.; LANA, R. Q.; WALDO, A. R. L. Alterações nos atributos químicos de solo argiloso *versus* arenoso cultivado em sistema plantio direto. Anais: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28. Londrina, 2001. Anais do Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Londrina, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2001. p. 211.

LAL, R., MAHBOUBI, A. A., FAUSEY, N. R. Long-term and rotation effects on properties of a Central Ohio Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.58, p.517-22, 1994.

MACHADO, J. A. *Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo*. Santa Maria, 1976. 129p. Tese Livre-Docência) - Universidade Federal de Santa Maria.

MANTOVANI, E. C. *A soil surface traffic – corn yield model for a soil under cerrado vegetation in Brazil with less than 10 years of cultivation*, West Lafayette: Purdue University, 1984. 148 p. (Tese Ph.D).

MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.17, p.471-7, 1993.

MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo de solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.15, p.369-74, 1991.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.7, p.95-102, 1983.

OLIVEIRA, E. F.; BAIRRÃO, J. F. M.; CARRARO, L. M.; OLIVEIRA, H.; BALBINO, L. C. Efeito dos sistemas de preparo do solo sobre algumas características físicas e rendimentos de grãos de soja e milho. In: *Resultados de Pesquisas de Verão 87/88*. Cascavel: 1989. p.233-37.

PEREIRA, A. R. *Efeitos da irrigação e mecanização sobre a compactação de um Latossolo cultivado com soja*. Tese Mestrado - ESAL. LAVRAS-MG, 1994.

PIERCE, F. J., FORTIN, M. C., STATON, M. J. Immediate and residual effects of zone-tillage in rotation no-tillage on soil physical properties and corn performance. *Soil & Tillage Rev.*, v.24, p.149-65, 1992.

ROESSING, A. C.; GUEDES, L. C. A. Aspectos Econômicos do Complexo Soja: Sua Participação na Economia Brasileira e Evolução na Região do Brasil Central. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I. de M. *Cultura da Soja nos Cerrados*. Piracicaba, SP: POTAFÓS, p.399-416, 1993.

ROSA JUNIOR, E.J. *Efeito de sistemas de manejo e tempo de uso sobre características físicas e químicas de dois solos no Município de Ponta Porã – MS*. Viçosa, 1984. 89p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa.

ROSA JUNIOR, E. J. *Relação solo-organismos-plantas: parte I*. Campo Grande, Imprensa Universitária - UFMS, 1991. 202p.

ROSA JUNIOR, E. J. Compactação em Latossolo I: Sua gênese. *Rev. Cient.*, UFMS, Campo Grande, v.1, p.51-4, 1994.

ROSA JUNIOR, E. J. *Efeitos de sistemas de manejo na cultura do milho em um Latossolo Roxo na região de Dourados-MS*. Tese Doutorado-UNESP. Botucatu-SP,2000.

ROSA JUNIOR, E. J., COSTA, L. M. da, SILVA, T. C. A. da Efeito de sistemas e tempo de manejo sobre características químicas de um Latossolo Roxo Distrófico no município de Ponta Porã - MS. *Rev. Cient.*, UFMS, Campo Grande, v. especial, p.42-5, 1988b.

SANTOS, E. E.; RIBEIRO, M. R. Influência da irrigação e do cultivo nas propriedades de um Latossolo e de um Argissolo da região do submédio São Francisco: Atributos morfológicos e físicos. *R. Bras. Ci. Solo*, v.24, p.875-84, 2000.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; LHAMBRY, J. C. B. Plantio direto versus convencional: Efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.19, p.449-54, 1995.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J. C.; DERPSCH, R. Comparação de três métodos de preparo de solo em relação a algumas propriedades físicas, perdas de solo e água e produtividade de soja e trigo em Latossolo Roxo Distrófico. *J. Agron. Crop Sci.*, v.151, p.137-48, 1982.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. & SILVA, W. M. Fertilidade do solo e estado nutricional da soja cultivada no sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Anais: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO*, 28., Londrina, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2001. p. 171.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.19, nº 7, p.873-82, 1984.

VITORINO, A. C. T. ; FERREIRA, M. M. ; CURI, N. ; LIMA, J. M. ; NAVES, M. L. ; MOTTA, P. E. F. da. Estabilidade de agregados do tamanho de silte de alguns solos brasileiros. Anais: *REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E AGUA*, 14 CD-ROM, Cuiabá 2002.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soil, and a study of the physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agron.*, v.28, p.351-77, 1936.

Quadro 17 Resumo das análises de variância dos valores de matéria orgânica (MO), de pH em CaCl<sub>2</sub> (pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub>), de pH em água (pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>) e de fósforo (P) observados nas 7 profundidades estudadas

Variável	F.V.	G.L.	Quadrados médios.....						
			Profundidades						
			0– 4cm	4– 8cm	8–12cm	12–16cm	16–20cm	20–24cm	24–28cm
MO	SI	1	19,43 <sup>ns</sup>	11,34 <sup>ns</sup>	2,16 <sup>ns</sup>	6,00.10 <sup>-2ns</sup>	4,00 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	3,29	4,62	6,72	17,74	14,96	6,93	5,93
	SC	1	5,04 <sup>ns</sup>	5,51 <sup>ns</sup>	55,81*	72,10 <sup>ns</sup>	31,74 <sup>ns</sup>	14,10*	21,66*
	SI x SC	1	95,20**	5,51 <sup>ns</sup>	7,93 <sup>ns</sup>	30,82 <sup>ns</sup>	13,20 <sup>ns</sup>	5,60 <sup>ns</sup>	15,04*
	Erro b	15	8,84	6,23	8,88	12,39	6,64	2,79	2,91
	CV(%)			9,63	8,85	11,62	14,63	12,76	8,82
pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub>	SI	1	4,16.10 <sup>-2ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	0,53	0,32	0,26	0,23	0,35	0,76	0,61
	SC	1	0,60 <sup>ns</sup>	1,04.10 <sup>-2ns</sup>	4,16.10 <sup>-3ns</sup>	4,16.10 <sup>-4ns</sup>	3,03.10 <sup>-13ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	4,16.10 <sup>-2ns</sup>
	SI x SC	1	0,53 <sup>ns</sup>	1,04.10 <sup>-2ns</sup>	3,37.10 <sup>-2ns</sup>	9,37.10 <sup>-2ns</sup>	4,16.10 <sup>-2ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>
	Erro b	15	0,39	0,44	0,43	0,43	4,16	1,51	0,39
	CV(%)			12,29	13,53	13,13	13,03	12,77	25,10
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	SI	1	0,20 <sup>ns</sup>	5,04.10 <sup>-2ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	0,56	0,42	0,27	0,28	0,57	0,76	0,78
	SC	1	0,80 <sup>ns</sup>	4,16.10 <sup>-4ns</sup>	5,04.10 <sup>-2ns</sup>	5,04.10 <sup>-2ns</sup>	3,37.10 <sup>-2ns</sup>	2,66.10 <sup>-2ns</sup>	7,04.10 <sup>-2ns</sup>
	SI x SC	1	0,48 <sup>ns</sup>	1,04.10 <sup>-2ns</sup>	1,04.10 <sup>-2ns</sup>	1,04.10 <sup>-2ns</sup>	3,75.10 <sup>-3ns</sup>	2,42.10 <sup>-12ns</sup>	2,04.10 <sup>-2ns</sup>
	Erro b	15	0,43	0,44	0,48	0,52	0,46	0,46	0,37
	CV(%)			11,31	11,58	12,15	12,60	11,91	12,14
P	SI	1	726,00 <sup>ns</sup>	266,66*	337,50 <sup>ns</sup>	4,16.10 <sup>-2ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	424,60	31,06	57,40	13,34	4,86	3,04	1,60
	SC	1	1,50 <sup>ns</sup>	54,00 <sup>ns</sup>	13,50 <sup>ns</sup>	18,37 <sup>ns</sup>	4,16 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	181,50 <sup>ns</sup>	104,16 <sup>ns</sup>	88,16 <sup>ns</sup>	92,04**	13,50 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>
	Erro b	15	314,88	57,22	64,68	7,58	5,91	2,84	1,17
	CV(%)			73,42	49,60	71,49	45,58	85,81	82,56

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; \* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo

Quadro 18 Resumo das análises de variância dos valores de potássio (K), de alumínio (Al), de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) observados nas 7 profundidades estudadas

Variável	F.V.	G.L.	Quadrados médios.....						
			Profundidades						
			0– 4cm	4– 8cm	8–12cm	12–16cm	16–20cm	20–24cm	24–28cm
K	SI	1	21,85**	10,93*	0,45 <sup>ns</sup>	3,75.10 <sup>-3ns</sup>	1,15.10 <sup>-2ns</sup>	6,00.10 <sup>-2ns</sup>	8,16.10 <sup>-2ns</sup>
	Erro a	5	0,97	0,83	0,67	0,30	0,26	0,22	0,14
	SC	1	6,10*	2,28 <sup>ns</sup>	3,75.10 <sup>-3ns</sup>	3,75.10 <sup>-3ns</sup>	2,66.10 <sup>-2ns</sup>	8,16.10 <sup>-2ns</sup>	2,66.10 <sup>-2ns</sup>
	SI x SC	1	20,72 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	9,37.10 <sup>-2ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	4,16.10 <sup>-2ns</sup>	1,50.10 <sup>-2ns</sup>	4,73.10 <sup>-14ns</sup>
	Erro b	15	3,81	2,63	1,08	0,61	0,33	0,22	0,17
	CV(%)			54,79	72,35	79,43	79,11	8096	84,53
Al	SI	1	9,60.10 <sup>-3ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,80*	0,56 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	3,56.10 <sup>-2ns</sup>	1,04.10 <sup>-3ns</sup>
	Erro a	5	0,42	8,86.10 <sup>-2</sup>	0,11	0,14	0,10	0,14	0,20
	SC	1	0,12 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	7,45.10 <sup>-2ns</sup>	6,93.10 <sup>-3ns</sup>	7,69.10 <sup>-3ns</sup>
	SI x SC	1	0,57 <sup>ns</sup>	9,95.10 <sup>-3ns</sup>	3,88.10 <sup>-2ns</sup>	5,58.10 <sup>-2ns</sup>	1,04.10 <sup>-2ns</sup>	3,40.10 <sup>-2ns</sup>	3,83.10 <sup>-4ns</sup>
	Erro b	15	0,19	0,56	0,74	0,87	0,77	0,54	0,44
	CV(%)			31,12	46,18	53,19	57,84	55,20	45,02
Ca	SI	1	79,57 <sup>ns</sup>	454,13 <sup>ns</sup>	995,88 <sup>ns</sup>	652,08 <sup>ns</sup>	336,75 <sup>ns</sup>	104,16 <sup>ns</sup>	46,48 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	302,32	199,42	186,42	153,74	123,09	109,62	135,09
	SC	1	434,35 <sup>ns</sup>	81,40 <sup>ns</sup>	269,34 <sup>ns</sup>	139,68 <sup>ns</sup>	60,40 <sup>ns</sup>	196,08 <sup>ns</sup>	505,33 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	129,27 <sup>ns</sup>	7,93 <sup>ns</sup>	7,70 <sup>ns</sup>	46,20 <sup>ns</sup>	156,57 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
	Erro b	15	246,63	245,51	191,26	191,35	91,67	64,09	61,79
	CV(%)			28,66	31,44	29,33	31,17	26,21	25,66

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

Quadro 19 Resumo das análises de variância dos valores de magnésio (Mg), de H+Al (H+Al) e de CTC (T) observados nas 7 profundidades estudadas

Variável	F.V.	G.L.	Quadrados médios.....						
			Profundidades						
			0– 4cm	4– 8cm	8–12cm	12–16cm	16–20cm	20–24cm	24–28cm
Mg	SI	1	236,25*	12,90 <sup>ns</sup>	5,32 <sup>ns</sup>	3,30 <sup>ns</sup>	13,35 <sup>ns</sup>	4,33 <sup>ns</sup>	6,82 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	21,81	7,08	16,53	9,80	15,14	16,16	18,10
	SC	1	37,75 <sup>ns</sup>	40,14 <sup>ns</sup>	3,01	6,51 <sup>ns</sup>	18,90 <sup>ns</sup>	6,66.10 <sup>-3ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	388,01*	24,80 <sup>ns</sup>	49,59 <sup>ns</sup>	27,09 <sup>ns</sup>	42,40 <sup>ns</sup>	6,00 <sup>ns</sup>	1,50
	Erro b	15	47,41	20,08	25,68 <sup>ns</sup>	23,68	16,13	9,16	8,85
	CV(%)			34,42	27,35	33,55	34,81	32,21	29,65
H+Al	SI	1	260,04 <sup>ns</sup>	121,50 <sup>ns</sup>	294,00 <sup>ns</sup>	240,66 <sup>ns</sup>	160,16 <sup>ns</sup>	70,04 <sup>ns</sup>	12,04 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	543,44	156,10	123,50	282,56	248,46	228,74	218,34
	SC	1	273,34 <sup>ns</sup>	104,16 <sup>ns</sup>	337,50 <sup>ns</sup>	294,00 <sup>ns</sup>	181,50 <sup>ns</sup>	117,04 <sup>ns</sup>	63,37 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	975,37 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	54,00 <sup>ns</sup>	66,66 <sup>ns</sup>	80,66 <sup>ns</sup>	12,04 <sup>ns</sup>	155,04 <sup>ns</sup>
	Erro b	15	458,39	765,14	719,65	706,87	480,57	370,25	266,05
	CV(%)			35,56	41,91	43,91	44,93	42,43	38,58
T	SI	1	205,92 <sup>ns</sup>	100,04 <sup>ns</sup>	302,45 <sup>ns</sup>	141,62 <sup>ns</sup>	85,12 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	111,53	107,68	232,54	389,74	305,57	222,10	182,95
	SC	1	63,70 <sup>ns</sup>	211,22 <sup>ns</sup>	1088,10*	700,92 <sup>ns</sup>	284,28 <sup>ns</sup>	611,05 <sup>ns</sup>	433,50 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	19,26 <sup>ns</sup>	51,62 <sup>ns</sup>	284,28 <sup>ns</sup>	392,84 <sup>ns</sup>	772,93 <sup>ns</sup>	46,76 <sup>ns</sup>	172,80 <sup>ns</sup>
	Erro b	15	75,84	148,39	210,00	227,86	222,31	191,12	131,76
	CV(%)			6,28	9,05	11,62	12,73	14,70	15,04

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo



Quadro 20 Resumo das análises de variância dos valores de soma de bases (SB), do índice de saturação de bases (V) e do conteúdo de raízes (Raízes) observados nas 7 profundidades estudadas

			.....Quadrados médios.....						
			Profundidades						
Variável	F.V.	G.L.	0– 4cm	4– 8cm	8–12cm	12–16cm	16–20cm	20–24cm	24–28cm
SB	SI	1	3,15 <sup>ns</sup>	442,04 <sup>ns</sup>	1192,85 <sup>ns</sup>	751,52 <sup>ns</sup>	478,82 <sup>ns</sup>	63,70 <sup>ns</sup>	15,35 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	416,56	214,24 <sup>n</sup>	206,85	134,57	95,21	115,52	160,75
	SC	1	601,00 <sup>ns</sup>	18,72 <sup>ns</sup>	213,60 <sup>ns</sup>	87,02 <sup>ns</sup>	11,48 <sup>ns</sup>	193,23 <sup>ns</sup>	165,37 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	1268,76 <sup>ns</sup>	77,76 <sup>ns</sup>	90,48 <sup>ns</sup>	135,85 <sup>ns</sup>	354,20 <sup>ns</sup>	11,34 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
	Erro b	15	333,55	306,74	289,73	297,53	146,15	88,90	70,13
	CV(%)		23,30	25,58	26,78	29,06	24,31	22,45	22,32
V	SI	1	37,50 <sup>ns</sup>	155,04 <sup>ns</sup>	433,50 <sup>ns</sup>	368,16 <sup>ns</sup>	352,66 <sup>ns</sup>	84,35 <sup>ns</sup>	20,16 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	234,90	102,34	80,70	87,76	116,16	189,57	236,06
	SC	1	216,00 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	4,16 <sup>ns</sup>	18,37 <sup>ns</sup>	28,16 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	522,66 <sup>ns</sup>	12,04 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	28,16 <sup>ns</sup>	4,16 <sup>ns</sup>	28,16 <sup>ns</sup>
	Erro b	15	185,32	269,74	261,70	283,56	212,73	193,35	160,60
	CV(%)		24,20	32,07	31,66	33,45	29,56	30,20	29,07
Raízes	SI	1	2,23 <sup>ns</sup>	87,13**	93,37**	11,92**	3,79 <sup>ns</sup>	8,49 <sup>ns</sup>	11,42 <sup>ns</sup>
	Erro a	5	5,31	5,36	4,19	0,47	2,04	2,95	4,62
	SC	1	29,57*	14,61 <sup>ns</sup>	91,49**	95,99**	95,76**	41,18**	4,33 <sup>ns</sup>
	SI x SC	1	49,07**	1,45.10 <sup>-2 ns</sup>	2,57 <sup>ns</sup>	109,39**	11,67 <sup>ns</sup>	7,39 <sup>ns</sup>	12,26**
	Erro b	15	3,76	3,59	5,68	5,12	2,87	3,01	1,16
	CV(%)		9,18	9,83	15,09	18,64	17,56	18,12	13,53

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

Quadro 21 Valores médios de matéria orgânica (MO), de pH em CaCl<sub>2</sub> (pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub>), de pH em água (pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>), de fósforo (P), de potássio (K), de alumínio (Al), de cálcio (Ca), de magnésio (Mg), de H+Al (H+Al), de CTC (T), da soma de bases (SB), do índice de saturação de bases (V) e do conteúdo de raízes (Raízes) observados nos dois sistemas de irrigação em função das profundidades estudadas \*

Profund. (cm)	Sist. De irrigação	MO (mg.dm <sup>-3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg.dm <sup>-3</sup> )	K .....	Al	Ca	Mg mmol.dm <sup>-3</sup> .....	H+Al	T	SM	V (%)	Raízes (%no perfil)
0 - 4	Irigado	30,0 a	5,1 a	5,8 a	29,7 a	4,5 a	1,3 a	56,6 a	16,9 b	63,5 a	141,5 a	78,0 a	55,0 a	21,4 a
	S/ irrigar	31,8 a	5,2 a	5,9 a	18,7 a	2,6 b	1,2 a	53,0 a	23,1 a	56,9 a	135,6 a	78,7 a	57,5 a	20,8 a
4 - 8	Irigado	27,5 a	5,1 a	5,8 a	18,6 a	2,9 a	1,4 a	54,2 a	15,7 a	63,8 a	136,5 a	72,8 a	53,8 a	17,4 b
	S/ irrigar	28,9 a	4,8 a	5,7 a	11,9 b	1,6 b	2,8 a	45,5 a	17,1 a	68,3 a	132,4 a	64,2 a	48,7 a	21,2 a
8 - 12	Irigado	25,3 a	5,2 a	5,9 a	15,0 a	1,5 a	1,5 b	53,6 a	15,6 a	57,6 a	128,2 a	70,6 a	55,3 a	17,9 a
	S/ irrigar	25,9 a	4,8 a	5,5 a	7,5 a	1,2 a	2,8 a	40,7 a	14,6 a	64,6 a	121,1 a	56,5 a	46,8 a	13,9 b
12 - 16	Irigado	24,1 a	5,2 a	6,0 a	6,1 a	1,0 a	1,7 a	49,6 a	14,4 a	56,0 a	120,9 a	64,9 a	54,3 a	12,8 a
	S/ irrigar	24,0 a	4,8 a	5,5 a	6,0 a	1,0 a	2,7 a	39,2 a	13,6 a	62,3 a	116,1 a	53,8 a	46,4 a	11,4 b
16 - 20	Irigado	19,8 a	5,3 a	5,9 a	2,7 a	0,7 a	1,6 a	40,3 a	13,2 a	49,1 a	103,3 a	54,2 a	53,2 a	10,1 a
	S/ irrigar	20,6 a	4,9 a	5,5 a	3,0 a	0,7 a	2,5 a	32,8 a	11,7 a	54,3 a	99,5 a	45,3 a	45,5 a	9,3 a
20 - 24	Irigado	18,8 a	5,2 a	5,7 a	1,8 a	0,5 a	1,9 a	33,3 a	9,8 a	48,2 a	91,8 a	43,6 a	47,9 a	9,0 a
	S/ irrigar	19,1 a	4,6 a	5,5 a	2,3 a	0,6 a	2,2 a	29,1 a	10,6 a	51,6 a	91,9 a	40,4 a	44,2 a	10,2 a
24 - 28	Irigado	17,9 a	5,1 a	5,7 a	1,6 a	0,5 a	2,2 a	29,2 a	8,6 a	48,3 a	86,6 a	38,3 a	44,5 a	7,3 a
	S/ irrigar	18,4 a	5,0 a	5,5 a	1,6 a	0,6 a	2,2 a	26,5 a	9,7 a	49,7 a	86,4 a	36,7 a	42,7 a	8,7 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ( $t^2 = F$ )

Quadro 22 Valores médios de matéria orgânica (MO), de pH em CaCl<sub>2</sub> (pH<sub>CaCl2</sub>), de pH em água (pH<sub>H2O</sub>), de fósforo (P), de potássio (K), de alumínio (Al), de cálcio (Ca), de magnésio (Mg), de H+Al (H+Al), de CTC (T), da soma de bases (SB), do índice de saturação de bases (V) e do conteúdo de raízes (Raízes) observados nas duas sucessões de culturas em função das profundidades estudadas\*

Profund (cm)	Sucessão de culturas	MO (mg.dm <sup>-3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg.dm <sup>-3</sup> )	K	Al	Ca	Mg	H+Al	T	SM	V (%)	Raízes (%no perfil)
0 - 4	Aveia/ soja	30,4 a	5,0 a	5,7 a	24,4 a	4,1 a	1,5 a	50,5 a	18,8 a	63,6 a	136,9 a	73,4 a	53,3 a	20,0 b
	Milheto/soja	31,3 a	5,3 a	6,0 a	23,9 a	3,1 b	1,0 a	59,1 a	21,3 a	56,8 a	140,2 a	83,4 a	59,3 a	22,2 a
4 - 8	Aveia/ soja	27,7 a	4,9 a	5,7 a	16,8 a	2,6 a	1,7 a	48,0 a	17,0 a	63,9 a	131,5 a	67,6 a	51,4 a	20,1 a
	Milheto/soja	28,7 a	5,0 a	5,7 a	13,8 a	1,9 a	2,5 a	51,7 a	15,7 a	68,1 a	137,4 a	69,3 a	51,0 a	18,5 a
8 - 12	Aveia/ soja	24,1 b	5,0 a	5,7 a	10,5 a	1,3 a	1,8 a	43,8 a	15,5 a	57,3 a	117,9 b	60,6 a	50,8 a	13,9 b
	Milheto/soja	27,2 a	5,0 a	5,8 a	12,0 a	1,3 a	2,5 a	50,5 a	14,8 a	64,8 a	131,4 a	66,5 a	51,4 a	17,8 a
12 - 16	Aveia/ soja	22,3 a	5,0 a	5,7 a	5,2 a	1,0 a	1,8 a	42,0 a	14,5 a	55,7 a	113,1 a	57,4 a	50,3 a	14,1 a
	Milheto/soja	25,8 a	5,0 a	5,8 a	6,9 a	1,0 a	2,7 a	46,8 a	13,5 a	62,7 a	123,9 a	61,3 a	50,4 a	10,1 b
16 - 20	Aveia/ soja	19,1 a	5,1 a	5,7 a	2,4 a	0,8 a	1,8 a	34,9 a	13,4 a	48,9 a	97,9 a	49,0 a	49,8 a	11,7 a
	Milheto/soja	21,4 a	5,1 a	5,8 a	3,3 a	0,7 a	2,4 a	38,1 a	11,6 a	54,4 a	104,8 a	50,4 a	48,9 a	7,7 b
20 - 24	Aveia/ soja	18,2 b	5,1 a	5,6 a	1,8 a	0,6 a	2,0 a	28,3 a	10,2 a	47,7 a	86,8 a	39,2 a	45,2 a	8,3 b
	Milheto/soja	19,7 a	4,8 a	5,7 a	2,3 a	0,5 a	2,2 a	34,1 a	10,2 a	52,1 a	96,9 a	44,8 a	46,9 a	10,9 a
24 - 28	Aveia/ soja	17,2 b	5,0 a	5,5 a	1,3 a	0,5 a	2,3 a	24,9 a	9,4 a	47,3 a	82,2 a	34,9 a	42,5 a	7,6 a
	Milheto/soja	19,1 a	5,1 a	5,6 a	1,8 a	0,5 a	2,2 a	30,8 a	8,9 a	50,6 a	90,7 a	40,1 a	44,7 a	8,4 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ( $t^2 = F$ )