

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Pós-graduação em Agronomia

MESTRADO

*Cultivo da soja e do feijão de inverno, em
sucessão, em um solo com diferentes
condicionamentos físicos, na região de
cerrado*



1210001515

Elisa Eni Freitag

Ilha Solteira - SP



unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA

CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**CULTIVO DA SOJA E DO FEIJÃO DE INVERNO, EM
SUCESSÃO, EM UM SOLO COM DIFERENTES
CONDICIONAMENTOS FÍSICOS, NA REGIÃO DE
CERRADO**

ELISA ENI FREITAG

Engenheira Agrônoma

Prof. Dr. LUIZ MALCOLM MANO DE MELLO

Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira - Campus de Ilha Solteira - UNESP,
como parte das exigências para a obtenção do título
de Mestre em Agronomia - Área de concentração em
Sistemas de Produção.

Ilha Solteira

São Paulo - Brasil

Junho de 2004



FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação/Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP-Ilha Solteira

Freitag, Elisa Eni

F866c Cultivo da soja e do feijão de inverno, em sucessão, em um solo com diferentes condicionamentos físicos, na região de cerrado / Elisa Eni Freitag. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2004
xv, 105 p. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2004.

Orientador: Luiz Malcolm Mano de Mello

Bibliografia: p. 85-97

1. Soja - Cultivo. 2. Plantio direto. 3. Solos - Manejo.



*Cultivo da soja e do feijão de inverno, em
sucessão, em um solo com diferentes
condicionamentos físicos, na região de
cerrado*

Elisa Eni Freitag

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DO CÂMPUS
DE ILHA SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA

COMISSÃO EXAMINADORA:



1210001515

[Signature]
Prof. Dr. Luiz Malcolm Mano de Mello – (Orientador)

[Signature]
Dr. Rubens Siqueira

[Signature]
Prof. Dr. Edson Lazarini

Proc. 063/04 - NAD 147/04

UNESP "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"	
SERVIÇOTEC. DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO	
DATA DE CHEGADA 14.09.04	DATA DE TOMBO 30.09.04
REGISTRADO POR Aulzer	TOMBO Te. 1515
AQUISIÇÃO Lazarini autor R\$ 10.00	CLASSIFICAÇÃO F 866 C

Ilha Solteira/SP
Junho/2004

Lo *Sys. 226512*
Sys 56 56 f
50 103024

*“Quanto mais alimentos conseguirmos tirar da terra,
menos terra iremos tirar da natureza.”*



AGRADEÇO

A Deus...

*Que me deu garra, saúde e fé para chegar até aqui,
e pela família maravilhosa que tenho.*

DEDICO E OFEREÇO

Aos meus queridos pais,

*Pedro Jorge Freitag e Sueli Freitag, pelo exemplo de vida, amor e
apoio em todas as etapas da minha vida.*

Aos meus irmãos,

Sandra e Adriano, pela força e incentivo.

Aos meus cunhados,

Valdemir e Carla.

E a minha sobrinha,

Letícia Taiana.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Luiz Malcolm Mano de Mello, pela orientação e pela oportunidade concedida, pela amizade, paciência e pelos ensinamentos;

A Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, pela oportunidade da realização do Mestrado;

A FAPESP pela concessão da bolsa, fazendo com que pudesse desenvolver um bom trabalho, sem a qual este não seria possível;

Aos membros da equipe de Mecanização Agrícola, Arnaldo, Gilberto, Karem, Luis Augusto e Ronaldo, pelos trabalhos em equipe, auxílio nas amostragens e condução do experimento e também pela amizade, e ainda ao ex-colega de equipe Elcio Yano pela possibilidade da continuação de seu trabalho;

Ao Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, em especial a atenção dada pelos secretários Angela Marcelino Kato e Domingos Pinto Carneiro;

Aos professores Morel de Passos e Carvalho, João Luis Zocoller, Shizuo Seno, Francisco Maximino Fernandes, Edson Lazarini, Marlene Cristina Alves, Marco Eustáquio de Sá, João Antônio da Costa Andrade e Salatier Buzetti, pela amizade, ensinamentos e atenção, e especialmente ao professor Marcelo Andreotti pela indicação deste mestrado;

Aos professores Mario Luiz Teixeira de Moraes, Walter Veriano Valério Filho, Pedro César dos Santos, pelas orientações referentes à análise estatística;

Aos Técnicos de Laboratório do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, especialmente ao Valdivino dos Santos pelo auxílio na amostragem dos dados;

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP, pela amizade, companheirismo e auxílio necessário para o bom desenvolvimento deste trabalho;

Ao funcionário da biblioteca, João Josué Barbosa, pelo auxílio nas referências bibliográficas;

Aos vigias e zeladoras da agronomia pelo carinho e pelas palavras de incentivo;



A todos os demais professores e funcionários da FEIS/UNESP que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

A minha grande amiga, “irmã” e colega de república Rienni de Paula Queiroz, pela amizade, convívio e atenção em todos os momentos passados juntos, e também ao meu “afilhadinho” Pedro Lucas;

Aos amigos de ex-república Clarice Backes e Robson Missio, pela bela amizade formada;

Aos amigos de Pós-Graduação Rienni, Clarice (Créo), Nara (Oreiúda), Rubia (Rubão), Nádia, Aline, Vivian, Karem (Belíssima), Robson (Gauchinho), Onã, Ricardo (Monge), Fabiano (Bieno), Fernando (Taka), Luis Augusto (Falcon), Marcos Rogério (Marquinho), Germison (Chapadão) e Marcio Lustosa pela grande amizade, auxílio na realização de trabalhos e força nos momentos difíceis, e especialmente ao Onã, Ricardo, Luis Augusto e Marcio, pelo grande auxílio nas amostragens dos dados;

Aos demais colegas de Pós-Graduação pelo convívio e companheirismo;

Aos amigos da graduação do curso de Agronomia da FEIS/UNESP;

Aos amigos de Ilha Solteira Fabio, Michael, Tiago, Rodrigo e Ana Luisa, pela grande amizade e companhia em diversos momentos;

Aos meus pais, que apesar da distância, sempre estiveram por perto, me incentivando e me aconselhando o tempo todo;

Aos meus irmãos e minha sobrinha, pela força e incentivo;

Aos amigos de Graduação da UNIOESTE-PR, pela grande amizade e pelo incentivo;

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, me apoiando e me aconselhando, eu agradeço.



SUMÁRIO

RESUMO	1
SUMMARY	3
1- INTRODUÇÃO	5
2- REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1- Sistemas de manejo do solo	7
2.1.1- Plantio direto	9
2.1.2- Cultivo mínimo	10
2.2- Efeitos dos sistemas de manejo sobre as propriedades físicas do solo e desenvolvimento das plantas	12
2.2.1- Compactação do solo	16
2.2.2- Resistência mecânica do solo à penetração	18
2.3- Rotação de culturas e sucessão de culturas	20
2.4- Cobertura vegetal do solo	21
2.4.1- Cultura da aveia	22
2.5- Cultura da soja	23
2.6- Cultura do feijão	24
3- MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1- Material	25
3.1.1- Localização e caracterização da área experimental	25
3.1.2- Insumos básicos	26
3.1.3- Determinação das propriedades químicas do solo	28
3.1.4- Determinação das propriedades físicas do solo	28
3.1.5- Determinação da resistência mecânica do solo à penetração	28
3.1.6- Determinação da umidade do solo	29
3.1.7- Determinação da massa seca da cultura da aveia	29
3.1.8- Determinação da porcentagem de cobertura vegetal do solo	29
3.1.9- Determinação de características agronômicas das culturas da soja e do feijão	29
3.2- Métodos	29
3.2.1- Seqüência de manejos e a condução da área experimental	29
3.2.3- Descrição dos tratamentos	31
3.2.4- Instalação das culturas: aveia, soja e feijão	32
3.2.5- Determinação das propriedades físicas do solo	32
3.2.6- Determinação da análise química do solo	33
3.2.7- Determinação da resistência mecânica do solo à penetração	34
3.2.8- Determinação da umidade do solo	34
3.2.9- Determinação da massa seca da aveia	34
3.2.10- Determinação da porcentagem de cobertura vegetal do solo	35
3.2.11- Características agronômicas das culturas da soja e do feijão	35
3.2.12- Avaliação de plantas daninhas	36
3.2.13- Análise estatística	37
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1- Propriedades Físicas do Solo	38
4.1.1- Densidade do solo	38
4.1.2- Macroporosidade do solo	43



4.1.3- Microporosidade do solo	51
4.1.4- Porosidade total do solo	55
4.1.4- Resistência mecânica do solo à penetração	60
4.2- Cultura da aveia (inverno 2002)	67
4.2.1- Massa seca da aveia	67
4.2.2- Porcentagem de cobertura do solo	67
4.3- Infestação por plantas daninhas	70
4.4- Cultura da soja (verão 2002/2003)	71
4.4.1- População inicial e final	71
4.4.2- Altura de plantas	72
4.4.3- Altura de inserção da primeira vagem	73
4.4.4- Diâmetro do caule	73
4.4.5- Número de vagens por planta e número de grãos por vagem	74
4.4.6- Massa de 100 grãos	75
4.4.7- Massa seca da palha	76
4.4.8- Produtividade de grãos	76
4.5- Cultura do feijão (inverno - 2003)	77
4.5.1- População inicial e final	77
4.5.2- Altura de plantas	78
4.5.3- Diâmetro do caule	79
4.5.4- Número de vagens por planta e número de grãos por vagem	80
4.5.5- Massa de 100 grãos	81
4.5.6- Massa seca da palha	82
4.5.7- Produtividade de grãos	82
5- CONCLUSÕES	84
6- REFERÊNCIAS	85
7- APÊNDICE	98



LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1- Caracterização da composição granulométrica do solo na área experimental, nas profundidades de 0 a 0,10m, 0,10 a 0,20 m e de 0,20 a 0,30 m, obtida antes da instalação do experimento.....	26
Tabela 2- Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,20 m, em amostragens ocorridas antes da semeadura da cultura da soja, após sua colheita e após a colheita da cultura do feijão.....	33
Tabela 3- Valores de F, valores médios de densidade do solo (kg dm^{-3}) e coeficiente de variação, nas profundidades de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, referente a manejos de solo e época de amostragem. Selvíria - MS.....	39
Tabela 4- Densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0 a 0,10 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS..	41
Tabela 5- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.....	41
Tabela 6- Densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0,10 a 0,20 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.....	42
Tabela 7- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para densidade do solo (kg dm^{-3}) na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.....	42
Tabela 8- Densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.....	43
Tabela 9- Densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente ao manejo atual do solo e época de amostragem. Selvíria - MS.....	43
Tabela 10- Valores de F, valores médios de macroporosidade do solo (m m^{-3}) e coeficiente de variação, nas profundidades de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, referente a manejos de solo e época de amostragem. Selvíria - MS.....	45



Tabela 11-	Desdobramento da interação manejo anterior x manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.....	46
Tabela 12-	Desdobramento da interação manejo anterior x manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.....	46
Tabela 13-	Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.....	47
Tabela 14-	Desdobramento da interação manejo anterior x manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.....	48
Tabela 15-	Desdobramento da interação manejo anterior x manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.....	49
Tabela 16-	Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.....	50
Tabela 17-	Macroporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.....	50
Tabela 18-	Macroporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente ao manejo atual do solo e época de amostragem. Selvíria - MS.....	50
Tabela 19-	Valores de F, valores médios de microporosidade do solo (m m^{-3}) e coeficiente de variação, nas profundidades de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, referente a manejos de solo e época de amostragem. Selvíria - MS.....	51
Tabela 20-	Microporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0 a 0,10 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.....	52
Tabela 21-	Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para microporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de	



0 a 0,10 m. Selvíria - MS.....	53
Tabela 22- Microporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0,10 a 0,20 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.....	53
Tabela 23- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para microporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.....	54
Tabela 24- Microporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.....	55
Tabela 25- Microporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente ao manejo atual do solo e época de amostragem. Selvíria - MS.....	55
Tabela 26- Valores de F, valores médios de porosidade total do solo (m m^{-3}) e coeficiente de variação, nas profundidades de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, referente a manejos de solo e época de amostragem. Selvíria - MS.....	56
Tabela 27- Porosidade total do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0 a 0,10 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.....	57
Tabela 28- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para porosidade total do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.....	58
Tabela 29- Porosidade total do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,10 a 0,20 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.....	58
Tabela 30- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para porosidade total do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.....	59
Tabela 31- Porosidade total do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.....	59
Tabela 32- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem,	



	significativa para porosidade total do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,30 m. Selvíria - MS.....	60
Tabela 33-	Desdobramento da interação manejo anterior x época de amostragem, significativa para porosidade total do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,30 m. Selvíria - MS.....	60
Tabela 34-	Massa seca da cultura da aveia (kg ha^{-1}), nas parcelas destinadas a diferentes sistemas de manejo do solo para a implantação da cultura da soja no verão. Selvíria - MS, 2002.....	67
Tabela 35-	Porcentagem de cobertura do solo (%) determinada antes da semeadura da cultura da soja. Selvíria - MS, 25/09/2002.....	68
Tabela 36-	Porcentagem de cobertura do solo (%) determinada após a semeadura da cultura da soja. Selvíria - MS, 15/11/2002.....	69
Tabela 37-	Porcentagem de cobertura do solo (%) determinada na ocasião da colheita da cultura da soja. Selvíria - MS, 28/03/2003.....	69
Tabela 38-	Infestação por plantas daninhas (%) na cultura da soja, observada na época de controle, quando a soja apresentava o terceiro trifólio completamente desenvolvido. Selvíria - MS, 2002.....	70
Tabela 39-	População inicial de plantas da cultura da soja (plantas ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2002.....	71
Tabela 40-	População final de plantas da cultura da soja (plantas ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	72
Tabela 41-	Altura de plantas de soja (cm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	72
Tabela 42-	Altura de inserção da primeira vagem de plantas de soja (cm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	73
Tabela 43-	Diâmetro do caule de plantas de soja (mm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	73
Tabela 44-	Número de vagens por planta de soja, sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	74
Tabela 45-	Número de grãos por vagem da cultura da soja, sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	75
Tabela 46-	Massa de 100 grãos da cultura da soja (g), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	75



Tabela 47-	Massa seca da palha da cultura da soja (kg ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	76
Tabela 48-	Produtividade de grãos da cultura da soja (kg ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	77
Tabela 49-	População inicial de plantas da cultura do feijão (plantas ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	78
Tabela 50-	População final de plantas da cultura do feijão (plantas ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	78
Tabela 51-	Altura de plantas de feijão (cm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	79
Tabela 52-	Diâmetro do caule de plantas de feijão (mm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	79
Tabela 53-	Número de vagens por planta de feijão, sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	80
Tabela 54-	Número de grãos por vagem da cultura do feijão, sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	81
Tabela 55-	Massa de 100 grãos da cultura do feijão (g), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	81
Tabela 56-	Massa seca da cultura do feijão (kg ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	82
Tabela 57-	Produtividade de grãos da cultura do feijão (kg ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.....	83
Tabela 58-	Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de plantio direto, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 2000/2001), obtidos antes da semeadura da cultura da soja (safra 2002/2003) (amostragem - 07/11/2002).....	99
Tabela 59-	Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de cultivo mínimo, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 200/2001), obtidos após a escarificação e antes da semeadura da cultura da soja (safra 2002/2003) (amostragem - 07/11/2002).....	99
Tabela 60-	Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de plantio direto, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho	



	safra 200/2001), obtidos após a colheita da cultura da soja (safra 2002/2003) (amostragem - 11/06/2003).....	100
Tabela 61-	Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de cultivo mínimo, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 200/2001), obtidos após a colheita da soja (safra 2002/2003) (amostragem - 11/06/2003).....	100
Tabela 62-	Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de plantio direto, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 200/2001), obtidos após a colheita da cultura do feijão no inverno (safra 2003) (amostragem - 30/11/2003).....	101
Tabela 63-	Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de cultivo mínimo, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 200/2001), obtidos após a colheita do feijão no inverno (safra 2003) (amostragem - 30/11/2003).....	101



LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1- Curvas de resistência mecânica do solo à penetração determinadas nas subparcelas sob sistemas de plantio direto e de cultivo mínimo, manejadas anteriormente por diferentes preparos de solo, obtidas antes da semeadura da cultura da soja. Selvíria - MS, 07/11/2002.....	64
Figura 2- Umidade gravimétrica do solo na área experimental determinada antes da semeadura da soja no verão. Selvíria - MS, 07/11/2002.....	64
Figura 3- Curvas de resistência mecânica do solo à penetração determinadas nas subparcelas sob sistemas de plantio direto e de cultivo mínimo, manejadas anteriormente com diferentes preparos de solo, obtidas após a colheita da cultura da soja. Selvíria - MS, 11/06/2003.....	65
Figura 4- Umidade gravimétrica do solo na área experimental determinada após a colheita da soja. Selvíria - MS, 11/06/2003.....	65
Figura 5- Curvas de resistência mecânica do solo à penetração determinadas nas subparcelas sob sistemas de plantio direto e de cultivo mínimo, manejadas anteriormente com diferentes preparos de solo, obtidas após a colheita da cultura do feijão de inverno. Selvíria - MS, 30/11/2003.....	66
Figura 6- Umidade gravimétrica do solo na área experimental determinada após a colheita do feijão de inverno. Selvíria - MS, 30/11/2003.....	66
Figura 7- Vista parcial da área experimental com a cultura da aveia (inverno 2002).....	102
Figura 8- Vista parcial das subparcelas de plantio direto após a semeadura da cultura da soja (verão 2003).....	102
Figura 9- Vista parcial das subparcelas de plantio direto após a emergência da cultura da soja (verão 2002).....	103
Figura 10- Vista parcial das subparcelas de plantio direto mostrando o desenvolvimento inicial da cultura da soja (verão 2002).....	103
Figura 11- Vista parcial das subparcelas de plantio direto mostrando o desenvolvimento da cultura da soja (verão 2002).....	104
Figura 12- Vista parcial das subparcelas de cultivo mínimo após a emergência da cultura da soja (verão 2002).....	104



Figura 13-	Vista parcial das subparcelas de plantio direto mostrando o desenvolvimento inicial da cultura da soja (verão 2002).....	105
Figura 14-	Vista parcial das subparcelas de cultivo mínimo mostrando o desenvolvimento da cultura da soja (verão 2002).....	105
Figura 15-	Vista parcial da cultura do feijão em pleno desenvolvimento (inverno 2003).....	106
Figura 16-	Vista parcial da cultura do feijão durante o florescimento (inverno 2003).....	106



FREITAG, E. E. **Cultivo da soja e do feijão de inverno, em sucessão, em um solo com diferentes condicionamentos físicos, na região de cerrado.** Ilha Solteira, 2004. 105p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

A escolha correta do sistema de manejo do solo na agricultura é um fator imprescindível para a obtenção de alta produtividade. Técnicas como o plantio direto e o cultivo mínimo, com rotação de culturas, são vistos como uma das maneiras mais eficientes e capazes de reduzir os impactos negativos dos sistemas de produção agropecuários sobre o solo. Os objetivos deste trabalho foram avaliar os sistemas de manejo do solo constituído por plantio direto e cultivo mínimo, num solo anteriormente manejado sob diferentes sistemas, e seus efeitos sobre os atributos físicos do solo, obtidos em diferentes épocas de amostragens, e sobre as características agrônômicas das culturas da soja e do feijão. O trabalho foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS, na latitude 20°22'S e longitude 51°22'W, com altitude média de 345 m, em um Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), típico argiloso, originalmente sob cerrado e irrigado por de pivô central. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e 4 repetições, sendo 4 tratamentos principais, constituídos por diferentes manejos do solo anteriores a implantação da cultura do milho (verão/2000) (plantio direto, grade pesada, escarificação e arado de aiveca,) e 2 tratamentos secundários, formados por plantio direto e cultivo mínimo, por ocasião da instalação da cultura da soja (verão/2002). Estes tratamentos proporcionaram a seguinte sequência de manejo: manejo anterior (milho/verão 2000); cultura da aveia (inverno/2001) em plantio direto; cultura da soja (verão/2001) em plantio direto e cultivo mínimo (experimento perdido); na cultura da aveia (inverno 2002) em plantio direto; cultura da soja (verão/2002)



de densidade, porosidade do solo e resistência mecânica à penetração não mostraram diferenças entre o cultivo mínimo e o plantio direto, evidenciando que as alterações induzidas pela escarificação foram transitórias e que houve a acomodação do solo com o decorrer do tempo. Nas camadas de 0,20 0,30 m, os atributos do solo não foram alterados pelos manejos anteriores nem pelos manejos com plantio direto e cultivo mínimo para a instalação da cultura da soja. A produtividade de massa seca da aveia no inverno antecedendo a cultura da soja não foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo praticados anteriormente. Em todas as épocas avaliadas o plantio direto apresentou valores de cobertura do solo significativamente superiores ao do cultivo mínimo. O plantio direto apresentou população inicial e final de plantas superior ao cultivo mínimo, tanto na cultura da soja como do feijão. A produtividade de grãos das culturas da soja e do feijão não foram influenciadas pelos sistemas de manejo com plantio direto e com cultivo mínimo, nem pelos manejos anteriores do solo.

Palavras-chave: *Glycine max*, *Phaseolus vulgaris*, manejo do solo, plantio direto, cultivo mínimo.



FREITAG, E. E. Soybean and winter bean, succeeded, in a soil with different tillage, on Cerrados' area. Ilha Solteira, 2004. 105p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista.

SUMMARY

Choosing the right soil management system in agriculture is very important to obtain high yields. Techniques as zero tillage and minimum tillage, together with crop rotation, are seen as one of the most efficient practices and capable of reducing negative impacts of systems production in the soil. The purposes of this work were to evaluate soil management systems constituted of zero and minimum tillage, in a soil prior managed by different systems, and their effects of soil physical attributes, done in different sampling periods, and over soybean and bean agronomic characteristics. The experiment was installed on FEIS/UNESP, situated at Selvíria-MS (22°23'S, 51°27'W and 345m average altitude), in a red Latossol, loamy typical dystrophic, originally under cerrado and irrigated by pivot. The experimental delineation was a randomized plot with subdivided plots and 4 replications, being 4 main treatments, constituted by different soil management prior to the corn sowing (summer/2000) (zero tillage, heavy plow, chisel plough and heavy disk harrowing,) and 2 secondary treatments, constituted by zero till and minimum till, when the soybean crop was installed (summer/2002). These treatments proportionate the following management sequence: prior management (corn/summer 2000); oats (winter/2001) and zero tillage; soybean crop (summer/2001) and zero tillage and minimum tillage (lost experiment); on the oat crop (winter/ 2002) in zero tillage; soybean crop (summer/2002) in zero tillage and minimum tillage; bean crop (winte/2003) in zero tillage. The results allowed to conclude that minimum tillage with chisel plowing done prior to soybean sowing, proportionate better soil physical conditions on the depth of 0 to 0,10 and 0,10 to 0,20 m than the zero tillage, although during the time of bean harvest the bulk density values, porosity and mechanical penetration resistance did not had differences between minimum tillage and zero tillage, showing that the changes caused by the use of chisel plough were transitory and that the soil recovered its initial characteristics as the time past. On the 0,20 to 0,30 m layers, the soil attributes were not



changed by the prior till, neither by the zero tillage and minimum tillage for the soybean sowing. The production of oat's dry in the winter prior to the soybean crop was not influenced by the soil management systems done. In every periods evaluated the zero tillage had higher values for soil cover. The zero tillage had higher initial and final plant population than the minimum tillage, for the soybean and the bean. The soybean and bean grain yield were not influenced by the management systems with zero tillage and minimum tillage, neither by the prior management.

Keyword: *Glycine max*, *Phaseolus vulgaris*, soil management, zero tillage, minimum tillage.



1- INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, tem aumentado o uso de sistemas conservacionistas, com mobilização mínima ou sem qualquer mobilização do solo. Na região do cerrado é crescente a área cultivada sob plantio direto, porém muitas vezes este sistema tem sido implantada sem informações específicas no que diz respeito ao condicionamento físico do solo, rotação de culturas, decomposição da palha. Sabe-se que a escolha correta do sistema de manejo do solo na agricultura é um fator imprescindível para a obtenção de alta produtividade. No entanto, a adoção de técnicas como o plantio direto e o cultivo mínimo com rotação de culturas, são vistas como uma das maneiras mais eficientes e capazes de reduzir tais impactos.

O uso inadequado de equipamentos de preparo do solo, juntamente com práticas agrícolas severas adotadas por agricultores, como o uso excessivo de grade, são os principais fatores da degradação dos solos. Dependendo do grau de alteração das propriedades físicas, elas podem produzir condições limitantes ao desenvolvimento das culturas e, conseqüentemente, afetar a produtividade.

A cultura da soja teve um grande desenvolvimento nas três últimas décadas no Brasil, sendo, atualmente, a principal fonte de divisas de exportação agrícola e responsável pelo superávit na balança comercial no Brasil, onde a pesquisa participou largamente do sucesso dessa cultura, principalmente na região do cerrado brasileiro, pela geração de cultivares e de processos de cultivos adaptados aos solos e clima. Esta cultura tem sua importância por ser a principal fonte de óleo comestível da população brasileira e por ser uma fonte de proteína.

A cultura do feijão tem se constituído numa das principais alternativas para o cultivo de inverno no Brasil, no entanto pode ser cultivada em qualquer época do ano, desde que não existam limitações de temperatura e umidade, além disso é uma importante fonte de proteína, principalmente das camadas sociais de menor poder aquisitivo, onde juntamente com o arroz, milho e a mandioca, faz parte da base da alimentação humana.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do plantio direto e do cultivo mínimo sobre a cultura da soja, e do plantio direto na cultura do feijão, por meio da determinação dos



atributos físicos do solo e das características agronômicas das culturas, num solo sob diferentes condicionamentos físicos, proporcionados por sistemas de preparo ocorridos por ocasião da instalação da cultura do milho antecessor à soja no verão.



2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Sistemas de manejo do solo

O manejo do solo consiste num conjunto de operações realizadas com objetivos de propiciar condições favoráveis à sementeira, ao desenvolvimento e a produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado. Para que tais objetivos sejam atingidos, é imprescindível a adoção de diversas práticas na realização do preparo do solo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA SOJA, 2000, 236p.).

De acordo com Siqueira et al. (1996, p.114-115), o preparo do solo e a implantação das culturas são etapas importantes em qualquer exploração agrícola em razão do elevado custo e também, sendo as etapas iniciais, refletirão no desenvolvimento e na produção das culturas. Entretanto, segundo Derpsch et al. (1991, p.71-89) pouca atenção tem sido dada às conseqüências do preparo de solo nos estabelecimentos agrícolas.

Siqueira (1999, 191p.) citou que a principal exigência para o bom desenvolvimento de uma cultura é um solo com ótimas condições físicas, ou seja, com boa estrutura. Esta condição quando obtida fornece uma distribuição adequada de espaços porosos, otimizando a disponibilidade de água e trocas gasosas, sendo as propriedades hidráulicas do solo funções que caracterizam seus processos de retenção e transmissão de água, elas podem ser utilizadas como parâmetros para a avaliação funcional do efeito das modificações impostas à estrutura do solo.

Stone e Silveira (2001, p.395-401) afirmaram que a degradação da estrutura afeta o desenvolvimento vegetal e predispõe o solo à erosão hídrica acelerada. Estes citando Campos et al. (1995, p.115), relataram que o manejo inadequado de máquinas e equipamentos agrícolas, levando à formação de camada subsuperficial compactada, tem sido apontado como uma das principais causas da degradação da estrutura do solo e do decréscimo da produtividade das culturas. Citando Vieira (1985, p.81), relataram que os efeitos do preparo do solo sobre sua estrutura dependem da intensidade de revolvimento ou trânsito, tipos de



equipamentos utilizados, manejo dos resíduos vegetais e condições do solo no momento do preparo.

Siqueira (1999, 191p.) cita a mecanização agrícola como um importante componente básico na maioria das estratégias de desenvolvimento rural e no aumento da produtividade da mão-de-obra. No entanto, sua introdução maciça sem qualquer adaptação prévia aos diferentes tipos de solo, pode ocasionar rápida e contínua degradação desse recurso natural.

Os equipamentos desenvolvidos para o preparo do solo devem proporcionar condições para o bom desempenho das semeadoras-adubadoras. Para tanto o solo deve estar nivelado e com porosidade que permita sustentar os rodados dos tratores e o bom desempenho dos órgãos mecânicos das semeadoras. Isto, porém, não significa que o solo deva estar totalmente pulverizado e sem a presença de restos vegetais picados. A proposta conservacionista recomenda a presença de uma quantidade razoável de cobertura vegetal e mínima mobilização do solo, mantendo o máximo possível sua estrutura natural (PEIXOTO et al., 1997, p.275).

Conforme Castro Filho (1991, p.85-97) a intensidade de preparo tem importância fundamental no controle da erosão. O aumento das operações de preparo corresponde a um aumento das perdas de água e de solo por erosão, pois a excessiva movimentação do solo acarreta diminuição do tamanho dos agregados e aparecimento de camadas compactadas com menor permeabilidade.

Hakanson (1994, p.201) citado por Furlani (2000, p.8), afirmou que o preparo do solo é um dos componentes mais importantes do custo de produção e influencia a maioria das propriedades físicas e químicas do solo, afetam os processos biológicos e condiciona o estabelecimento e a produção das plantas cultivadas.

De acordo com o grau de mobilização do solo pelos diferentes sistemas de preparo, será a modificação das propriedades físicas do mesmo. Neste sentido, Hakanson et al. (1995, p.130) citados por Grego et al. (2000), verificaram que solos preparados via mobilização apresentam compactação subsuperficial, enquanto que os não preparados mostram compactação mais superficialmente.

Segundo Gamero et al. (1997, p.14-21) alguns itens devem ser levados em consideração para a escolha de um ou outro método de preparo do solo: o tipo de solo, a sua declividade e susceptibilidade à erosão, o regime de chuvas, as culturas a serem empregadas nos sistemas de cultivo e o tempo disponível para a realização das diversas operações agrícolas na propriedade no ano. Assim, a forma mais correta de preparo do solo deve ser decisiva para a escolha dos equipamentos a serem empregados, e não o contrário. Citam ainda que atualmente existem várias alternativas de métodos de preparo, desde os que revolvem totalmente o solo



até os que mobilizam o mínimo necessário. Como exemplo citam o preparo convencional (caracterizado normalmente por uma aração e duas gradagens leves), preparo reduzido (utilização de subsoladores e escarificadores) e, o plantio direto no qual o preparo se restringe às linhas de semeadura e adubação.

Severo (1998, p.32-34) citou que o não emprego de sistemas conservacionistas, como o plantio direto em larga escala em todo país, é atribuído a alguns fatores: falta de estudos mais detalhados do uso em algumas regiões e sua aplicabilidade em algumas culturas; o desconhecimento que alguns produtores têm da tecnologia; carência de recursos por parte dos agricultores para implantação da técnica e, a resistência às mudanças de tecnologia que ocorrem no meio rural.

Segundo Bertol (1994, p.267-271) o preparo do solo e o tipo de cobertura são os principais modificadores da sustentabilidade à erosão hídrica.

Furlani (2000, 218p.) observou maiores quantidades de coberturas de solo no sistema plantio direto em relação ao sistema de preparo reduzido e embora proporcione menor cobertura de solo, o preparo com escarificador também pode ser considerado sistema conservacionista, pois a cobertura do solo após o preparo foi de 52 %, suficiente para a proteção do solo.

Boller e Caldato (2000) verificaram que a escarificação do solo com coberturas de centeio, nabo forrageiro e centeio + nabo forrageiro e o plantio direto em qualquer condição de cobertura do solo, mantiveram mais de 30 % de cobertura após a semeadura do feijoeiro, podendo ser caracterizados como sistemas conservacionistas.

A menor agressão física ao solo devido ao menor trânsito de máquinas e revolvimento do solo promove uma melhor estrutura, melhorando ainda a relação macro e microporosidade, aeração, infiltração e armazenamento de água, possibilitando estabelecer a rotação de culturas e diferentes culturas vegetais. Como está melhor a estrutura, o solo poderá receber e processar com maior facilidade e proveito os fertilizantes químicos incorporados na semeadura. Já nos sistemas convencionais estas questões não são observadas, ocorrendo até mesmo à erosão do solo (SANTOS,2002).

2.1.1- Plantio direto

Derpsch (1984, p.58) definiu plantio direto como um sistema de semeadura no qual a semente é colocada diretamente no solo não revolvido, usando-se máquinas especiais onde



somente é aberto um pequeno sulco (ou cova) de profundidade e largura suficiente para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo.

Trabalhando com diferentes sistemas de manejo do solo, em Selvíria - MS, Mello (1988, 132p.) alertou que nesta região há necessidade de se praticar agricultura sob sistemas conservacionistas do solo, principalmente plantio direto, com rotação de culturas e com palhada na superfície.

O sistema de semeadura direta esta cada vez mais presente na agricultura brasileira. É um método que visa maior conservação do solo e diminuição do tráfego de máquinas tendo como princípio, a semeadura diretamente em solo não revolvido (FURLANI, 2000, 218p.).

Segundo Silva (2000, 95p.) o plantio direto surge com uma tecnologia avançada de uso do solo proporcionando benefícios comprovados na conservação do solo e na economicidade quando se compara com sistemas convencionais de cultivo. Entretanto, requer maior nível de conhecimentos técnicos sobre o planejamento de uso da terra, controle de plantas daninhas e, prévio condicionamento físico e químico do solo.

Para Ferreira (2003, p.33-36) a menor perturbação da superfície do solo e a palha ou restos culturais constituem-se como elementos chave para o plantio direto. Para ele, além da quantidade, a qualidade da palha, representada pela sua capacidade de proteger o solo após a implantação da cultura subsequente, também deve ser observada para a implantação do sistema plantio direto.

Além da cobertura morta sobre o solo, presente em maior quantidade no plantio direto, outro fator responsável pela redução das perdas por erosão em relação ao sistema convencional, é a quase ou total eliminação das operações de preparo e cultivo, ocorrendo menos quebra da dinâmica dos agregados (ALBUQUERQUE et al., 1995, p.115-119).

Conforme Marques (1999, 98p.) o plantio direto pode se intensificar e aumentar a capacidade de uso do solo em um curto tempo.

No entanto, a implantação do sistema plantio direto requer cuidados e, depois de estabelecido, seus benefícios estendem-se não apenas ao solo, mas, à produtividade das culturas e à competitividade dos sistemas agropecuários (CRUZ et al., 2001, p.13-24).

2.1.2- Cultivo mínimo

O cultivo mínimo consiste no revolvimento mínimo do solo e na manutenção dos resíduos vegetais em maior quantidade possível na superfície do solo. Implica na redução das



operações de manejo do solo. Esse sistema já está bastante difundido no país, sendo realizado através do uso de escarificadores, normalmente equipados com discos de corte na frente de cada haste, para trabalhos em solos com palha na superfície. Também acompanha o equipamento, um rolo destorroador, que tem por função diminuir o tamanho dos torrões e nivelar o solo para a semeadura, tornando-se um equipamento conjugado, realizando mais de uma operação em cada passagem (FURLANI, 2000, 218p.).

O escarificador é um equipamento composto por uma barra porta ferramentas e hastes de formato variável, que rompem o solo, desagregando sua camada superficial em menor intensidade que os arados, ocasionando menor revolvimento do solo e, portanto menor incorporação de resíduos, onde além de promover boas condições de mobilização, facilita a infiltração de água e protege a superfície do solo tanto pela rugosidade superficial como pelo aumento da cobertura morta, diminuindo os problemas de erosão (SIQUEIRA, 1999, 191p.).

O uso do escarificador deixa a superfície do solo coberta com restos de cultura suficientes para um controle adequado da erosão, mas os restos vegetais exigem que a semeadora a ser usada posteriormente possua discos que evitem seu arraste (DERPSCH et al., 1991, 272p.).

Segundo Coan (1995, 21p.) a escarificação constitui-se numa alternativa viável como operação de preparo do solo, principalmente onde os implementos tradicionais não apresentam bom desempenho em romper as camadas compactadas resultantes do uso intensivo do solo e do tráfego de máquinas e implementos.

Embora sejam muitas as vantagens do escarificador em relação à conservação do solo, visto que os restos vegetais permanecem na superfície diminuindo o arraste superficial de água e terra, Camargo e Alleoni (1997, 121p.) atribuem seu uso ainda restrito ao pouco conhecimento de suas qualidades por parte dos agricultores, ao menor controle de plantas daninhas em relação aos arados e grades (pois não ocorre a inversão nem o enterrio da camada superficial do solo) e à sua menor capacidade operacional (em média 10 % menor que o das grades). Segundo este, o princípio do cultivo mínimo, que significa não cultivar mais que o estritamente necessário é básico para diminuir o tráfego e evitar maiores movimentos com o solo.



2.2- Efeitos dos sistemas de manejo sobre as propriedades físicas do solo e desenvolvimento das plantas

Os efeitos das condições físicas do solo sobre o crescimento das plantas ocorrem por meio da atuação de vários atributos físicos do solo, bem como de suas interações. A própria sazonalidade climática contribui para a complexidade do sistema, por exemplo: modificações na umidade do solo promovem modificações na aeração, na condutividade hidráulica, no potencial de água e na resistência do solo à penetração (SILVA et al., 2001, p.51-57).

Segundo estes, os atributos físicos do solo relacionados com a produtividade das culturas podem ser divididos em duas categorias: aqueles diretamente relacionados com o desenvolvimento das plantas, isto é, água, oxigênio, resistência do solo à penetração das raízes e temperatura, os quais afetam diferentes processos fisiológicos como a fotossíntese e o crescimento radicular e foliar; já os indiretamente relacionados, tais como textura, agregação, porosidade e densidade do solo, afetam a produtividade das culturas devido à sua influência sobre a retenção de água, aeração, temperatura e a resistência do solo à penetração das raízes.

Em trabalho desenvolvido por Derpsch et al. (1991, 272p.), objetivando a comparação entre diferentes métodos de preparo de solo, num Latossolo Roxo e numa Terra Roxa Estruturada, ambos no estado do Paraná, conduziram o experimento com o preparo convencional do solo com o arado de discos, o cultivo mínimo com escarificador e o plantio direto com enxadas rotativas. Onde constataram que no plantio direto ocorreu um aumento na densidade aparente com a diminuição simultânea de macroporos nas camadas superiores do solo (0 a 0,20 m), já no preparo convencional e em menor proporção na escarificação, houve compactação na camada de 0,20 a 0,30 m. Por causa do aumento em poros médios após plantio direto observaram maiores quantidades de água disponível para as plantas, em conjugação com menores perdas por evaporação. Observou também maiores níveis de cobertura do solo e estabilidade mais alta dos agregados após plantio direto acarretando maior infiltração da água das chuvas, além de reduzir as oscilações de temperatura do solo.

Gomes et al. (1997, p.137-141) estudando a influência de diferentes sistemas de cultivos (convencional, cultivo mínimo e plantio direto), sobre alguns atributos físicos (macroporosidade, microporosidade, densidade e porosidade total), de um solo de várzea no Rio Grande do Sul, verificaram que as práticas tradicionais de cultivo proporcionam um condicionamento físico inicial do solo mais favorável em relação aos sistemas conservacionistas (plantio direto e cultivo mínimo), tais benefícios, entretanto, não prevalecem por períodos muito longos, podendo contribuir após uma safra agrícola, para



afetar negativamente o estado físico do solo. Esta diferença de comportamento se torna mais evidente quando se analisam os resultados relacionados à infiltração acumulada.

Siqueira et al. (1996, p.114-115) estudaram os efeitos dos sistemas de manejo: plantio direto, arado de aiveca, arado de disco, grade pesada e arado de aiveca, grade pesada e arado de disco e grade pesada sobre algumas características físicas do solo durante o período de um ano. Consideraram que o sistema de preparo convencional com o arado de disco foi o que apresentou os menores valores de densidade do solo, e os maiores de porosidade total e, o plantio direto, promoveu a menor degradação do solo. Entretanto, nenhum sistema de preparo de solo sobressaiu-se, quer seja na manutenção das propriedades físicas, quer seja em sua deterioração.

Carvalho et al. (1999, p.257-265) avaliaram o comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo (arado de aiveca, arado de disco, grade pesada, plantio direto e testemunha, ambos em área de pousio), e concluíram que o uso de grade pesada reduz os teores de matéria orgânica na profundidade de 0 a 0,15 m, acarretando compactação da camada superficial e do revolvimento constante do solo ocasionaram maior macroporosidade, enquanto que o sistema de plantio direto proporcionou menos desagregação do solo e maior retenção de água.

Mello et al. (1998) comparando o efeito do sistema de plantio direto e cultivo mínimo (escarificação), na região de cerrado, verificaram que o cultivo mínimo induziu aumento de densidade e redução de porosidade do solo na profundidade de 0 a 0,10 m, e redução de densidade e aumento da porosidade na profundidade de 0,20 a 0,30 m, enquanto que na semeadura direta não ocorreu alteração nas características físicas do solo. Porém, a produção de grãos de milho apresentou-se superior quando preparadas com cultivo mínimo em relação à semeadura direta, além da melhor relação benefício/custo e menor custo/saca.

Segundo Fernandes et al. (1998, p.247-254) o preparo de solo com uso contínuo de grade aradora proporcionou a pulverização excessiva da camada superior do solo e conseqüentemente o surgimento da camada compactada em subsuperfície e redução da taxa de infiltração da água no solo, que ocasionou aumento da erosão e queda da produtividade da maioria das culturas.

Gabriel Filho (1998, 134p.), verificou que os sistemas de preparo (arado mais grade, arado de aiveca, grade aradora e plantio direto), em Latossolo Vermelho Escuro influenciam a densidade do solo, com redução na camada superficial, através do uso de grade aradora, e em camadas profundas com arado de aiveca, contrário com o que aconteceu com o plantio direto.



Stone e Silveira (2001, p.395-401) estudaram um Latossolo Vermelho perférico, sob pivô central por seis anos consecutivos, durante os quais efetuaram 12 cultivos, os efeitos de quatro sistemas de preparo do solo (arado mais grade, arado, grade e plantio direto) e seis rotações de culturas (arroz/feijão, milho/feijão, soja/trigo, soja/trigo/soja/feijão/arroz/feijão, arroz consorciado com calopogônio/feijão e milho/feijão/milho/feijão/arroz/feijão). Verificaram que o plantio direto ocasionou maior valor de densidade do solo e menores de porosidade total e macroporosidade na camada superficial, enquanto que o preparo do solo com grade aradora proporcionou o menor valor de densidade e maior de porosidade total. Nas camadas mais profundas o preparo de solo com arado de aiveca proporcionou os menores valores de densidade do solo e maiores de porosidade total e macroporosidade. Na camada superficial do solo, os sistemas de rotação que incluíram soja e trigo levaram a maiores valores de densidade do solo e microporosidade e menores de macroporosidade, enquanto o sistema arroz consorciado com calopogônio/feijão propiciou maior valor de macroporosidade e menor de microporosidade.

Segundo aqueles autores, a redução da porosidade total e da macroporosidade e o aumento da microporosidade no solo sob plantio direto podem não afetar o desenvolvimento e a distribuição do sistema radicular. Neste sentido Henklain et al. (1996, p.103-105), que verificaram que estes fatores foram melhores sob plantio direto em comparação aos do preparo convencional do solo, graças à qualidade dos poros que, embora menores, apresentavam-se contínuos ao longo do perfil, aos canais e galerias formados pela atividade biológica e decomposição das raízes das culturas anteriores e às fendas provocadas pelos gradientes de umidade.

Uma série de trabalhos tem registrado, em plantio direto, valores superiores de densidade do solo e resistência à penetração na camada superficial, quando comparados aos de sistema convencional (VIEIRA e MUZILLI, 1984, p.873-882; CENTURION e DEMATTÊ, 1985, p.263-266; ZIMBACK et al., 1996, SILVEIRA et al., 1997). Assim, Henklain (1996, p.103-105) avaliando a influência do tempo de manejo do plantio direto na densidade e porosidade do solo, comprovou no quarto ano um incremento nos valores de densidade do solo, tendo como consequência menor porosidade total e macroporosidade em plantio direto, quando comparado ao manejo convencional.

Trabalhando com diferentes preparos de solo, Corsini e Ferraudo (1999, p.289-298) observaram que as operações envolvendo subsolagem, aração e gradagens, em menos de um ano, aumentaram a macroporosidade da camada superficial do solo, enquanto a adoção



continua do sistema de plantio direto diminuiu a porosidade de aeração do solo e o potencial de desenvolvimento radicular do milho.

Segundo Torres et al. (2001, p.263), dentre os diferentes sistemas de manejo do solo, o plantio direto com o passar dos anos proporcionou incremento na produção de soja e disponibilidade de nutrientes, e a rotação de culturas em plantio direto reduziu a densidade e aumentou a macroporosidade do solo.

Martins Filho et al. (2001, p.23-31) avaliando o efeito da densidade do solo na erosão de um Latossolo Vermelho pelo tráfego de máquinas, constataram que após o preparo houve aumento da densidade e redução da porosidade total do solo na camada arável, redução da infiltração aumento da enxurrada e perdas do solo por erosão.

Bicudo e Santos (1999) ao realizarem um experimento com diferentes arranjos de preparo de solo reforçaram a idéia de que no plantio direto há uma tendência de adensamento na parte superior do perfil, quando comparado a sistemas de preparo com mobilização do solo. Observaram que após as operações com grade niveladora, a cobertura vegetal foi reduzida de maneira significativa sobre a superfície do solo, porém os tratamentos onde se utilizou um escarificador, mantiveram porcentagens mais elevadas desta.

Siqueira (1999, 191p.) citando vários autores, relatou que o rearranjo das partículas primárias e dos agregados devido à ação dos equipamentos, processa-se em duas fases distintas: no preparo e no tráfego posterior sobre o solo preparado. Cita ainda que o preparo do solo implica em efeitos antagônicos: a ruptura e redistribuição dos agregados pelos equipamentos e a compactação pelo tráfego. Desta forma o controle de tráfego mostra-se eficiente em amenizar a formação de camadas compactadas, e que, a compactação provoca um aumento na densidade do solo e uma redução da porosidade total, com aumento na proporção de poros menores em detrimento dos maiores, onde a massa dos tratores e equipamentos tem fundamental importância.

Conforme Silveira et al. (1997) o sistema plantio direto torna a camada superior do perfil do solo mais compacta, com maior densidade e com maior resistência à penetração que os preparos realizados com arados de disco, de aiveca e escarificador, ocorrendo o inverso com as camadas inferiores. No entanto, este aumento de densidade não é considerado limitante para o desenvolvimento radicular das culturas.

Trabalhando em um Latossolo Roxo distrófico, Sidiras et al. (1983, p.103-106) constataram que o teor de água no solo na camada de 0-20 cm de profundidade foi superior no sistema de plantio direto, em relação à aração com arado de disco. O preparo de solo com escarificador apresentou comportamento intermediário sobre o teor de água no solo. Relatam



também, que a ação do escarificador comparada à aração com arado de disco é benéfica por permitir melhor movimento de água.

Mello (1988, p.32), estudando o efeito do preparo sobre a cultura da soja, num Latossolo Vermelho Escuro na região de cerrado, encontrou maiores valores de infiltração de água no solo em tratamento com semeadura direta que nos tratamentos onde houve mobilização convencional do solo. Porém não detectou diferenças significativas nos valores de densidade global do solo entre os tratamentos estudados.

Hernani et al. (1997, p.667-676) avaliaram as perdas de solo e de água por erosão em um Latossolo Roxo, constataram que o plantio direto foi o sistema mais eficiente, tanto no controle de perdas de solo e de água como em rendimento de grãos de soja e trigo, quando comparado ao preparo com gradagem pesada mais gradagem niveladora.

2.2.1- Compactação do solo

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 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 se chamar adensamento. Segundo Dias Junior (2000, p.55-94) em ambos casos esta redução de volume é devida ao manejo inadequado do solo.

Conforme o mesmo autor, um aumento da densidade do solo em consequência de uma redução de seu volume pode ou não causar compactação adicional. Neste sentido, pesquisadores têm encontrado efeitos benéficos ou adversos da compactação do solo. Os benéficos têm sido atribuídos à melhoria do contato solo-semente e aumento da disponibilidade de água em anos secos. Já a compactação excessiva pode limitar a adsorção e, ou, absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular, resultando em decréscimo da produção, aumento da erosão e da energia necessária para o preparo do solo. As modificações de importância agrônômica que ocorrem em solos compactados dizem respeito aos seguintes fatores: aumento da resistência mecânica à penetração radicular, redução da aeração, alteração do fluxo de água e calor e da disponibilidade de água e nutrientes. Conforme Camargo e Alleoni (1997, 121p.), num determinado tempo e local, um desses fatores pode tornar restrito o



desenvolvimento das plantas, dependendo do tipo de solo, da condição climática, da espécie e do estágio de desenvolvimento da planta.

Conforme Pedroti e Dias Junior (1996, p.50-52), os sintomas de compactação podem ser observados tanto no solo como nas plantas. Os observados nos solos compactados podem ser observados pela presença de crostas, aparecimento de trincas nos sulcos de rodagem do trator, zonas endurecidas, empoçamento de água, erosão hídrica excessiva, presença de resíduos vegetais parcialmente decompostos muitos meses após a incorporação, necessidade de maior potência das máquinas de cultivo, entre outros. Já nos vegetais pode-se observar a baixa emergência das plântulas, folhas amareladas, sistema radicular raso e horizontal, raízes mal formadas e tortas, entre outros.

Segundo Oliveira et al. (2000, 100p.) dentre os vários aspectos que contribuem para a formação de camadas compactadas estão o manejo e a conservação do solo, com movimento de máquinas e implementos no solo com teor de água impróprio para a mobilização, ou seja, quando este está muito seco ou muito molhado, e uso excessivo do solo sem rotação de culturas.

A suscetibilidade do solo à compactação torna-se crítica toda vez que lhe são aplicadas pressões que venham exceder sua capacidade de suporte de carga. Uma vez que tal capacidade é função do teor de água no solo, pode-se concluir que ele é o fator que governa a quantidade de deformação que poderá ocorrer, refletindo sua condição de densidade inicial e o estado de compactação (DIAS JUNIOR, 2000, p.55-94). Assim, quando o solo está mais seco, sua capacidade de suporte de carga poderá ser suficiente para absorver pressões aplicadas, a ponto de sua compactação não ser significativa (TORMENTA e ROLOFF, 1996, p.333-339; BEUTLER et al., 2001, p.167-177; TAVARES FILHO et al., 2001, p.725-730). A compactação excessiva pode limitar a adsorção, absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e o desenvolvimento radicular (GHOHMANN e QUEIROZ NETO, 1996, p.419-431), resultando num decréscimo de produção, aumento da erosão e da energia necessária para o preparo do solo (SOANE e OUWERKERK, 1994, 660p.).

A compactação subsuperficial do solo é uma forma de degradação das suas características físicas, que leva a uma redução proporcional de volume do solo explorável pelas raízes das plantas, dificulta a movimentação de água no perfil, reduz a atividade biológica e expõe o solo ao processo de erosão; portanto é um importante fator de redução de fertilidade (RALISCH et al., 2002, p.74-87).



O principal problema em relação à compactação do solo é saber quando o solo está com teor de água adequado para se executar as operações mecanizadas, bem como estimar a deformação que ocorrerá, quando as pressões aplicadas excederem sua capacidade de suporte de carga. Assim, o adequado teor de água do solo indicará a máxima pressão que ele poderá suportar, na ausência de compactação. Neste sentido, autores como Imhoff et al. (2001, p.11-18), Silva et al. (2002 a) e Silva et al. (2002 b, p.1-18). definiram o intervalo hídrico ótimo (IHO) como um atributo da qualidade estrutural do solo, pois integra num só índice os fatores físicos que estão diretamente relacionados com o desenvolvimento das plantas. Sendo: teor de água no qual a porosidade de aeração é superior a $0,10 \text{ kg kg}^{-1}$; teor de água nas tenções entre a capacidade de campo ($-0,01 \text{ MPa}$) e o ponto de murcha permanente ($-1,05 \text{ MPa}$); e o teor de água no qual a resistência à penetração é inferior a $2,0 \text{ MPa}$. Tal índice integra três fatores diretamente relacionados com o crescimento das plantas (aeração, umidade e resistência mecânica à penetração), que são influenciados diretamente pela estrutura do solo

Segundo Meroto Junior e Mundstock (1999, p.197-202) a compactação do solo pode alterar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, ou seja, quanto maior a resistência à penetração das raízes, menor número de perfilhos e de espigas de trigo serão formadas, podendo desta maneira influenciar a produtividade de grãos.

2.2.2- Resistência mecânica do solo à penetração

A resistência mecânica do solo à penetração é uma propriedade física relativamente fácil de ser obtida e, de certa forma, de ser correlacionada com a densidade e com a macroporosidade. Para um mesmo solo, quanto maior for a densidade do solo, maior será a resistência à penetração e menor será a macroporosidade, que é o principal espaço para o crescimento das raízes. Deve ser levado em conta, no entanto, que a resistência do solo é mais afetada pela variação nos conteúdos de umidade do solo (MERCANTE et al., 2003, p.1149-1159). Os autores citam que é fundamental fazer o monitoramento dos dados de densidade e umidade, na realização de pesquisas de resistência mecânica do solo à penetração, uma vez que esses fatores influenciam os valores de resistência.

De acordo com Gerard et al. (1972, p.121) citados por Martins (2002, p.6), a resistência mecânica do solo à penetração possui boa correlação com o crescimento radicular, uma vez que a elongação das raízes é inversamente proporcional à sua grandeza. As limitações que o crescimento radicular apresentam variam com o tipo de penetrômetro utilizado, tipo de solo e



também com a espécie da planta. Outro fator importante é que, com relação ao teor de água elevado no solo, ocorre um aumento da resistência à penetração, decorrente da maior coesão entre as partículas.

Para Torres e Saraiva (1999, 58p.) valores em torno de 2,5 MPa são considerados baixos, ao passo que valores entre 3,5 a 6,5 MPa, aparentemente, são considerados como valores capazes de causar problemas de impedimento mecânico para o desenvolvimento radicular das plantas. Segundo eles, deve-se considerar as resistências em torno de 3,5 MPa, como indicativo de baixa compactação, e de 6,5 MPa, como de alta compactação.

Pauleto et al. (1989, p.150-160) constataram que somente seriam consideradas camadas compactadas aquelas cujos valores de resistência mecânica à penetração fossem superior a 1,72 MPa, alertando também para o fato de que o limite superior de 2,32 MPa impediria o desenvolvimento do sistema radicular do milho.

Tavares Filho et al. (2001, p.725-730) estudaram a resistência mecânica à penetração de um Latossolo Roxo, e o desenvolvimento do sistema radicular do milho sob diferentes sistemas de manejo, e observaram que os valores de resistência mecânica à penetração, avaliados de 0 a 0,60m, variaram entre 1,3 e 3,9 MPa no plantio direto, e entre 2,2 e 4,2 MPa no plantio convencional. Assim, concluíram que os valores citados na literatura, de 1,0 e 3,5 MPa, não restringiram o desenvolvimento do sistema radicular do milho nos dois sistemas de manejo do solo. Lucarelli et al. (1997) trabalhando com este mesmo tipo de solo sob diferentes sistemas de preparo, observaram que todos os sistemas de preparo utilizados proporcionaram aumento da resistência mecânica do solo à penetração, onde citam que acima de 2,0 MPa começa a ocorrer influência negativa no desenvolvimento radicular da maioria das culturas.

Ehlers et al. (1983, p.261-275), Nesmith (1987, p.183-186), Merotto Jr. e Mundstock (1999, p.135-143) e Canarache (1990, p.51-70) indicaram valores de 1, 2, 3,5 e 5 MPa, respectivamente, como sendo o limite crítico de resistência à penetração das raízes. Muitos pesquisadores, contudo, utilizam o valor de 2 MPa como limite crítico, conforme Taylor et al. (1996, p.18-22). Com base nisso, Tavares Filho et al. (2001, p.725-730) relataram que tal restrição poderá também ser afetada pela estrutura do solo, cujo estudo pode ser feito pela metodologia do perfil cultural, que, além de propiciar um estudo mais detalhado da evolução estrutural e avaliar os atributos físicos do solo, permite a inspeção e a mensuração do número de raízes presentes.

A resistência mecânica do solo à penetração aumenta com a sua compactação, sendo restritiva ao crescimento radicular acima de certos valores que variam de 1,3 a 3,0 MPa



(GRANT e LANFOND, 1993, p.223-232), sendo admitidos valores superiores em plantio direto, da ordem de 5,0 MPa (EHLERS et al., 1983, p.261-275), estando relacionados com a permanência da continuidade dos poros, resultantes da decomposição das raízes, liberação de exudatos radiculares, atividade biológica do solo mais efetiva, propiciando maior estabilidade dos agregados

Procurando determinar a relação entre atributos físicos do solo (densidade e resistência) e a cultura da soja, em um Latossolo Roxo muito argiloso, De Maria et al. (1999, p.703-709) combinaram os sistemas de preparo de verão e de inverno com grade pesada, arado, escarificador e semeadura direta. Concluíram os autores que os valores de densidade e resistência do solo e densidade das raízes indicaram que os tratamentos de manejo do solo alteraram suas condições físicas, além de afetar o sistema radicular. Nos sistemas de preparo do solo com grade pesada e semeadura direta, verificaram que houve compactação do solo (resistência) entre 0,10 e 0,30 m e 0,10 e 0,20 m, respectivamente. Constataram ainda, que os maiores valores de resistência e densidade não determinaram necessariamente redução na densidade de raízes.

De Maria et al. (1999, p.703-709) também citaram vários autores que estudaram os valores de densidade e resistência do solo que restringem o crescimento radicular. Onde Cintra e Mielniczuk (1983, p.60) trabalhando com a soja em Latossolo Argiloso, encontraram restrições às raízes com valores de densidade de $1,3 \text{ mg m}^{-3}$ e de resistência de 1,08 MPa, já Rosolem et al. (1994, p.13) trabalhando em Latossolo Arenoso, encontraram restrições a partir de valores de densidade e de resistência (com penetrômetro de bolso) de $1,25 \text{ mg m}^{-3}$ e 0,75 MPa, respectivamente, e total impedimento com valores de $1,72 \text{ mg m}^{-3}$ e 2,0 MPa.

2.3- Rotação de culturas e sucessão de culturas

A rotação de culturas é a alternância de espécies vegetais na mesma estação em determinada área, observando-se um período mínimo sem o cultivo da mesma espécie na mesma área (CALEGARI, 2000, p.68), e a sucessão de culturas é a sequência repetitiva de culturas cultivadas na mesma área e em estação diferente de um mesmo ano agrícola, ou seja, nem toda sucessão é uma rotação de culturas, mas a rotação é sempre uma disposição de culturas em sucessão (CALEGARI et al., 1998, p.61-62, In: SALTON et al., 1998, 248p.), consistem num processo de cultivo de preservação ambiental à disposição dos agricultores para modernizar e aumentar o rendimento da atividade agropecuária (EMBRAPA, 1999, p.45).



As vantagens da adoção da rotação de culturas são inúmeras, constituindo em um processo de cultivo capaz de proporcionar a produção de quantidades elevadas de alimentos e outros produtos agrícolas, com mínima alteração ambiental. Sua adoção, se conduzida de modo adequado e por um período longo, preserva ou melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo (EMBRAPA, 1999, p.45).

A alternância de culturas de espécies diferentes é um dos princípios básicos para garantir a produtividade das lavouras (GASSEN e GASSEN, 1996, p.156-161). Por sua vez, a diversificação de plantas com diferentes sistemas radiculares capazes de explorar diferentes profundidades do solo, com avidez diferenciada quanto aos nutrientes e com potencial de reciclagem diferenciado, proporcionam melhor equilíbrio dos nutrientes e incremento na qualidade e na atividade biológica do solo (CALEGARI, et al.,1998, p.59-80, In: SALTON et al.,1998, 248p.). Também auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas, repõem restos orgânicos e protege o solo da ação dos agentes climáticos, ajuda à viabilização da semeadura direta e diversifica a produção agropecuária (EMBRAPA, 1999, p.45).

Segundo Santos et al. (2000, p.43-48) a rotação de culturas reduz os custos de produção das lavouras pelo aumento da produtividade de grãos, diversificação de culturas e diminui o insucesso do agricultor. Além destes benefícios conservacionistas e econômicos, a rotação de culturas tornou-se um requisito fundamental para a viabilização do plantio direto, pois a rotação com espécies não suscetíveis eliminam os inconvenientes em relação ao aumento de doenças, por possibilitar a decomposição biológica dos resíduos vegetais.

2.4- Cobertura vegetal do solo

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, além de contribuir para o melhoramento da estrutura do solo através da adição de matéria orgânica, aumentando a retenção de água (BERTONI e LOMBARDI NETO,1990, 355p.).

Segundo Silva (2000, 95p.) a cobertura vegetal dos solos destaca-se como uma das formas mais eficientes para melhorar as condições do solo (químicas, físicas e biológicas) e controlar o processo erosivo, uma vez que evita a desagregação das partículas e o selamento superficial, aumenta a infiltração de água e diminui o escoamento superficial.

Salton (1993, p.159-162) citou que um solo coberto por palha estará protegido da ação nociva do impacto das gotas de chuva que promovem o processo erosivo, reduzindo as perdas de água e solo e, estará também protegido da insolação direta, a qual prejudica as atividades biológicas e aumenta a evapotranspiração.

Para Hernani e Salton (1997, p.36-67) a cobertura vegetal deve ser resultante de espécies que disponham de atributos como: produzir grandes quantidades de massa seca, possuir elevada taxa de crescimento, alta capacidade de reciclar nutrientes, resistência à seca e frio, não infestar a área, ser de fácil manejo e elevada relação carbono/nitrogênio (C/N). Cita também, que as recomendações para as espécies a serem cultivadas para cobertura e produção de palha devem ser regionalizadas o máximo possível em função da diversidade de solo e clima entre as regiões.

Para se obter uma camada vegetal protetora do solo, pode-se utilizar espécies de adubos verdes, sejam eles de inverno ou de verão, resíduo de culturas anteriores ou mesmo a própria vegetação espontânea, quando em pousio. Neste sentido, Boller (1996, p.16) citou que na impossibilidade de se produzir uma cobertura adequada com culturas de inverno, há a possibilidade de obtenção dessa cobertura através das plantas espontâneas com a área em pousio.

Estudando o cultivo de 16 espécies visando à obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja, na região do cerrado, Pereira (1990, 83p.) verificou que entre as espécies testadas não houve produção suficiente de fitomassa para a permanência até a ocasião da semeadura da soja. Portanto, torna-se necessário a seleção de coberturas vegetais com a finalidade de proteção superficial do solo, formação de “palhada”, bem como a reciclagem de nutrientes, com o impacto direto nos atributos químicos do solo e na resposta das culturas subseqüentes.

2.4.1- Cultura da aveia

Dentre as espécies para cultivo no outono/inverno, as mais utilizadas são a aveia preta (*Avena strigosa* S) e branca (*Avena sativa* L), cobrem rapidamente o solo e podem ser empregadas na alimentação animal, sob pastejo e nas formas de forragem verde cortada, silagem e feno. Os grãos da aveia branca também são utilizados na alimentação animal e humana (MACHADO et al., 1999, 5p.).

A preferência pela utilização da aveia preta, principalmente em rotação antecedendo a soja, é devido à alta cobertura do solo que proporciona, destacando-se a sua boa distribuição sobre o solo e a persistência no terreno (ALMEIDA, 1988, p.1-60) e pela adaptabilidade às condições de clima, elevada quantidade de fitomassa e redução de plantas daninhas (KISMANN, 1991, p.292-295). Também é conhecida por sua rusticidade e tolerância ao



alumínio tóxico, destacando-se pela sua adaptabilidade e alta produção de biomassa, muito importante para o plantio direto (PITOL, 1993, p.163-166).

De acordo com Derpsch e Calegari (1992, p.1-80) a aveia preta é uma planta melhoradora da sanidade do solo, diminuindo a população de patógenos e, face a isso, promove aumento apreciável de rendimento nas culturas da soja e do feijão.

Com o objetivo de avaliar o efeito do manejo da palha de aveia preta sobre a emergência da soja, cobertura, temperatura e teor de água do solo, Bortoluzzi e Eltz (2000, p.449-457) conduziram o trabalho num Argiloso Vermelho distrófico arênico no Rio Grande do Sul, onde utilizaram os seguintes manejos mecânicos da palhada: palha picada e distribuída, palha em pé, palha rolada, palha gradeada, palha roçada, sem palhas e sem plantas daninhas. Os autores observaram que a palha em pé e a gradeada diminuíram a cobertura do solo em 20 a 74 %, respectivamente, no período superior de 53 dias, a temperatura máxima foi no solo sem palha, sem plantas daninhas e inferior no solo com palha em pé, o manejo da palhada de aveia não afetou o teor de água do solo devido à elevada precipitação pluvial e a velocidade de emergência das plântulas de soja não foi afetada pelos diferentes manejos da palhada de aveia, mas foi inferior no tratamento sem palha.

2.5- Cultura da soja

O atual sistema de exploração agrícola tem induzido um processo acelerado de degradação do solo, com desequilíbrio de suas características físicas, químicas e biológicas, afetando progressivamente o seu potencial (EMBRAPA SOJA, 2000, 245p.).

Segundo Mercante (2003, p.25) a cultura da soja teve um grande desenvolvimento nas três últimas décadas no Brasil, sendo, atualmente, a principal fonte de divisas de exportação agrícola e responsável pelo superávit na balança comercial no Brasil.

Conforme a EMBRAPA SOJA (1999, 236p.) a região Centro Oeste é a segunda maior produtora de soja, onde a pesquisa brasileira participou largamente do sucesso dessa cultura na região, pela geração de cultivares e de processos de cultivos adaptados aos solos e clima do cerrado brasileiro. No ano agrícola de 2001/2002 o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de soja, produzindo 23,5 milhões de toneladas, cerca de 23,6 % da safra mundial (EMBRAPA, 2002, p.11).



2.6- Cultura do feijão

A cultura do feijão é numa importante fonte de proteína, principalmente das camadas sociais de menor poder aquisitivo, onde juntamente com o arroz, milho e a mandioca, faz parte da base da alimentação humana (MUÇOUÇA, 1994, 198p.). Esta cultura pode ser cultivada em qualquer época do ano, desde que não existam limitações de temperatura e umidade, ou seja, a melhor época de semeadura deve ser estabelecida pelos fatores climáticos e biológicos (KRANZ, 1989, p.115-125).

No Brasil a produtividade média de grão do feijoeiro é muito baixa, alcançando em torno de 500 kg ha^{-1} . No entanto, aonde a agricultura vem sendo freqüentemente modernizada, como algumas regiões do Estado de São Paulo, o rendimento já ultrapassou 1200 kg ha^{-1} (CAMARGO et al., 2001, p.101-117). Trata-se de uma produtividade significativa, embora pequena, quando comparada às médias de produtividade alcançadas por países desenvolvidos, como o Canadá, que supera 1900 kg ha^{-1} .

Conforme Silveira e Stone (1994, 46p.) citados por Cardoso e Zanini (2003, p.441-449), o feijoeiro tem se constituído em uma das principais alternativas para o cultivo de inverno no Brasil, ou seja, na entressafra, com rendimentos superiores a 1500 kg ha^{-1} , chegando a ultrapassar 3000 kg ha^{-1} , de acordo com o nível tecnológico adotado.

Yano (2002, p.28-64), trabalhando com a cultura do feijão na região de cerrado, sob diferentes manejos de solo, obteve produtividade média de 2025 kg ha^{-1} e de 1616 kg ha^{-1} , no inverno de 2000 e de 2001, respectivamente.



3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Material¹

3.1.1- Localização e caracterização da área experimental.

O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia - UNESP, campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS, sob área irrigada por pivô central, na latitude 20°22'S e longitude 51°22'W, com altitude média de 335 m e precipitação média anual de 1300mm. Sua condução ocorreu entre maio de 2002 e dezembro de 2003. O clima é do tipo Aw, segundo Köepen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (DEMATTE, 1980, 44p.).

O solo da área experimental foi classificado por Demattê (1980, 44p.) e reclassificado² de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA SOLOS, 1999, 412p.), como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, muito argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulinitico, férrico, epicompactado, muito profundo e moderadamente ácido (LVd), e composição granulométrica conforme a Tabela 1.

¹Marcas comerciais citadas não significam recomendação por parte do autor

²CARVALHO, M. P. Comunicação pessoal. 2003. (Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos – Faculdade de Engenharia – FE/UNESP, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil).



Tabela 1- Caracterização da composição granulométrica do solo na área experimental, nas profundidades de 0 a 0,10m, 0,10 a 0,20 m e de 0,20 a 0,30 m, obtida antes da instalação do experimento.

Profundidade m	Argila	Areia g kg ⁻¹	Silte
0 - 0,10	530	420	50
0,10 - 0,20	540	405	55
0,20 - 0,30	590	340	70

3.1.2- Insumos básicos

3.1.2.1- Fertilizantes

Na semeadura da cultura da soja foram utilizados 300 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral de fórmula 08-28-16+0,3 % Zn (zinco), e na adubação de cobertura foram utilizados 80 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. Na semeadura da cultura do feijão foram utilizados 200 kg ha⁻¹ de fertilizante mineral de fórmula 08-28-16 e na adubação de cobertura foram utilizados 100 kg ha⁻¹ de uréia.

3.1.2.2- Sementes e tratamento de sementes

Na semeadura da cultura da aveia foram utilizados 90 kg ha⁻¹ de sementes do cultivar IAPAR 61, com espaçamento de 0,17 m. Na semeadura da cultura da soja utilizou-se a cultivar Conquista, na densidade de semeadura de 17 sementes por metro, e na semeadura da cultura do feijão utilizou-se o cultivar IAC Carioca, com distribuição de 15 sementes por metro, ambas com espaçamento entre linhas de 0,45 m.

Para a inoculação e o tratamento das sementes da soja foi utilizado inoculante turfoso de marca comercial Bio Max, na dosagem de 500 g 80 kg⁻¹ de sementes, e fungicida sistêmico, marca comercial Vitavax Thiram 200 SC (carboxin 200 g L⁻¹ e dissulfeto de tetrametil tiuram 200 g L⁻¹), na dosagem de 200 mL i. a. 80 kg⁻¹ de sementes. As sementes de feijão foram tratadas com benomyl, na dosagem de 200 g do i. a. 100 kg⁻¹ de semente.

3.1.2.3- Defensivos

Na dessecação da cultura da aveia utilizou-se o herbicida glyphosate na dose de 1080 g i. a. ha⁻¹.

O controle de plantas daninhas na cultura da soja foi realizado com a aplicação dos seguintes herbicidas: em pré-emergência paraquat 200 g L⁻¹, na dose de 2,5 L i. a. ha⁻¹; e em pós-emergência chlorimuron ethyl 250 g kg⁻¹, na dose de 60 g i.a. ha⁻¹; lactofen 24 g L⁻¹, na dose de 150 g i. a. ha⁻¹ e haloxifop-R-methyl 120 g L⁻¹, na dose de 50 g i. a. ha⁻¹.

O controle e prevenção das principais pragas da cultura da soja foram realizados com pulverizações com lambdacyhalothrin 50 g L⁻¹, na dose de 7,5 g i. a. ha⁻¹ e lufenuron 50 g L⁻¹, na dose de 12,5 g i. a. ha⁻¹.

O controle de plantas daninhas na cultura do feijão foi realizado com a aplicação dos herbicidas sethoxydim 1 L ha⁻¹, na dose de 180 g i. a. ha⁻¹ e bentazon 1 L ha⁻¹, na dose de 480 g i. a. ha⁻¹.

O controle e prevenção das principais pragas e doenças da cultura do feijão foram realizados com pulverizações com methamidofhos 600 g L⁻¹, na dose de 0,5 L i. a. ha⁻¹ e mancozeb 800g kg⁻¹, na dose de 2400 g i. a. ha⁻¹, respectivamente.

3.1.2.4- Maquinas e equipamentos

Trator de pneus de marca Massey-Ferguson, modelo MF-290, com potência de 59,61 kW no motor;

Trator de pneus de marca Massey-Ferguson, modelo MF-660, com tração dianteira auxiliar, potência de 110,2 kW no motor;

Escarificador de marca Jan, modelo Jumbo Matic JMHD7, com 7 hastes espaçadas de 0,40 m, com discos de corte e rolo condicionador de solo, e profundidade de trabalho de 0,30 m;

Semeadora-adubadora de marca Tatu, modelo Suprema D-44 (pneumática), com 7 linhas, espaçadas em 0,45 m, configurada para plantio direto, com disco de corte frontal, sulcador de haste para deposição de adubo e sulcador com discos duplos para deposição de sementes e roda compactadora côncava;

Semeadora de marca Baldan, modelo SPD-1600, com 13 linhas e disco de corte para plantio direto de cereais, com espaçamento mínimo entre linhas de 0,17 m;



Pulverizador de barra marca Jacto, modelo PJ-600, com barra de 12 m, bicos espaçados em 0,50 m;

Adubador de cobertura para plantio direto, marca Marchesan, modelo CPD-4/2, com 4 discos de corte duplos desencontrados para abertura de sulco e deposição de adubo;

Rolo-faca de 750 mm de diâmetro e 2200 mm de largura, com 11 facas de 120 mm de altura.

Trilhadora estacionária de grãos, marca Eda, modelo TR-Parcela, com cilindro degranador e côncavo de dentes, e acionado por motor elétrico.

3.1.3- Determinação das propriedades químicas do solo

Para a determinação das propriedades químicas utilizou-se um trado de rosca, um recipiente para a mistura das amostras e embalagens plásticas.

3.1.4- Determinação das propriedades físicas do solo

Para a determinação das propriedades físicas do solo utilizou-se enxadão, anéis de alumínio com volume conhecido (100 cm^3) e um adaptador para a coleta destes (desenvolvido no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da FEIS/UNESP), uma faca para retirar o excesso de solo dos anéis, mesa de tensão, estufa elétrica e balança de precisão.

3.1.5- Determinação da resistência mecânica do solo à penetração

Para a determinação da resistência do solo à penetração utilizou-se o penetrógrafo manual, marca Soilcontrol, modelo Penetrografer SC-60, resistência de 7,6 MPa, carga máxima admitida de 120 kg, cone/haste padrão ASAE, com ângulo sólido de 60° , área da base de $0,2 \text{ pol}^2$, diâmetro da base de 9,5 mm e massa líquida de 4 kg, fornecendo a resistência mecânica do solo à penetração em kg cm^{-2} , na forma de gráfico.



3.1.6- Determinação da umidade do solo

Para a determinação da umidade do solo utilizou-se um trado de rosca, sacos plásticos, estufa elétrica e balança de precisão.

3.1.7- Determinação da massa seca da cultura da aveia

Para a determinação da massa seca da aveia utilizou-se uma estrutura metálica vazada de 0,5 m², cutelo, sacos de papel, balança de precisão e estufa de circulação forçada.

3.1.8- Determinação da porcentagem de cobertura vegetal do solo

Para a determinação da porcentagem de cobertura vegetal do solo foram utilizadas estacas de madeira e uma régua de três metros feita de cano de PVC, com marcações a cada 0,05 m.

3.1.9- Determinação de características agronômicas das culturas da soja e do feijão

Para a determinação das características agronômicas das culturas foram utilizadas estacas de madeira, sacos de polietileno e de papel, trilhadora estacionária, peneira, régua graduada, paquímetro, estufa elétrica e balança de precisão.

3.2- Métodos

3.2.1- Sequência de manejos e a condução da área experimental

A instalação, condução e amostragem dos dados foram realizadas no período entre 2002 e 2003, em conformidade com o cronograma descrito a seguir. No entanto, também são apresentadas datas anteriores a estas, referente ao manejo anterior do solo ocorrido no verão



de 2000 para a instalação da cultura do milho, conforme YANO (2002, 103p.). Nas figuras 7 a 16 (apêndice) podem ser observadas algumas das etapas do desenvolvimento das culturas.

Inverno 2000 Coberturas de inverno sob sistema de preparo convencional com grade pesada e arado escarificador com rolo destorroador: feijão, milheto, girassol, sorgo e o pousio

Verão 2000.....Cultura do milho sob diferentes sistemas de manejo do solo: plantio direto, escarificação, grade pesada e arado de aiveca (preparo anterior)

Inverno 2001..Coberturas de inverno em plantio direto: feijão, milheto, girassol, sorgo e o pousio

Verão 2001.....Semeadura da soja em plantio direto e cultivo mínimo (experimento perdido)

Inverno 2002...Cultura de inverno com aveia sob plantio direto

10/06/2002.....Semeadura da cultura da aveia

09/08/2002.....Dessecação da cultura da aveia

12/09/2002.....Determinação da matéria seca da aveia

13/09/2002.....Escarificação das subparcelas de cultivo mínimo

13/09/2002.....Rebaixamento da cultura da aveia com rolo-faca nas subparcelas de plantio direto

25/09/2002.....Determinação da porcentagem de cobertura do solo

31/10/2002.....Amostragem de solo para análise química

05/11/2002.....Dessecação da área experimental

08/11/2002.....Determinação da resistência mecânica do solo à penetração

13/11/2002.....Coleta de anéis - avaliação das propriedades físicas do solo

Verão 2002.....Cultura da soja sob plantio direto e cultivo mínimo (preparo atual)

15/11/2002.....Semeadura da cultura da soja

15/11/2002.....Determinação da porcentagem de cobertura do solo

28/11/2002.....Determinação da população inicial de plantas

06/12/2002.....Avaliação de plantas daninhas

14/12/2002.....Adubação de cobertura

14/12/2002.....Aplicação de herbicida

20/12/2002.....Aplicação de inseticida

04/02/2003.....Aplicação de inseticida

28/03/2003.....Determinação da porcentagem de cobertura do solo

29/03/2003.....Determinação da população final de plantas



29/03/2003.....Colheita da cultura da soja
 11/06/2003.....Determinação da resistência mecânica do solo à penetração
 11/06/2003.....Amostragem de solo para análise química
 12/06/2003.....Coleta de anéis – avaliação das propriedades físicas do solo

Inverno 2003...Cultura do feijão sob plantio direto

15/06/2003.....Dessecação da área experimental
 21/06/2003.....Semeadura da cultura do feijão
 10/07/2003.....Aplicação de herbicida
 14/07/2003.....Adubação de cobertura
 04/08/2003.....Aplicação de inseticida
 30/09/2003.....Colheita da cultura do feijão
 21/11/2003.....Coleta de anéis – avaliação das propriedades físicas do solo
 30/11/2003.....Determinação da resistência mecânica do solo à penetração
 30/11/2003.....Amostragem de solo para análise química

3.2.2- Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e 4 repetições, sendo 4 tratamentos principais constituídos por diferentes manejos do solo, anteriores a implantação da cultura do milho (2000), sendo plantio direto, grade pesada, escarificação e arado de aiveca, e 2 tratamentos secundários, formados por plantio direto e cultivo mínimo, por ocasião da instalação da cultura da soja (2002), totalizando 16 parcelas com 13 m de largura por 57,5 m de comprimento, e 32 subparcelas de 6,5 por 57,5 m. Para a cultura do feijão (2003), esta foi implantada toda em plantio direto.

3.2.3- Descrição dos tratamentos

Os tratamentos principais referem-se ao manejo anterior do solo para a implantação da cultura do milho no ano agrícola de 2000/2001, constituídos por plantio direto (PD), escarificação (CM), aração profunda (arado de aiveca + grade leve) (AA) e aração com grade pesada seguida de gradagem leve (GP), instalados sobre 5 tipos de cobertura de inverno (2000), sendo sorgo, milheto, girassol, feijão e pousio, utilizando o sistema de preparo convencional com grade pesada e arado escarificador com rolo destorreador, para o



rompimento de possíveis camadas compactadas existentes na área, seguido de duas gradagens leves, porém no inverno de 2001 estas coberturas foram implantadas em sistema de plantio direto, mantendo a mesma disposição do ano anterior, sobre os restos da cultura do milho (YANO, 2002, p.23). No inverno de 2002 foi semeada a cultura da aveia como cobertura de inverno, com área total em sistema de plantio direto. Os tratamentos secundários dizem respeito ao manejo do solo para a implantação da cultura da soja no ano agrícola de 2002/2003, formados por plantio direto (PD) e cultivo mínimo (CM). No inverno de 2003 foi semeada a cultura do feijão, toda em sistema de plantio direto, sobre os restos da cultura da soja.

3.2.4- Instalação das culturas: aveia, soja e feijão

Após a dessecação das parcelas anteriormente manejadas por plantio direto, grade pesada, escarificação e arado de aiveca, referentes à implantação da cultura do milho (safra 2000/2001), foi semeada a cultura da aveia como cobertura de inverno em junho de 2002 toda em sistema de plantio direto. Em setembro de 2002 a aveia foi dessecada, e somente então, as parcelas foram divididas em subparcelas e manejadas, utilizando-se rolo-faca nas subparcelas destinadas ao plantio direto e escarificador nas de cultivo mínimo, para a implantação da cultura da soja em novembro de 2002 (safra 2002/2003) sob estes tratamentos que anteriormente receberam diferentes manejos de solo, e após a colheita da soja, foi implantada em junho de 2003 a cultura do feijão toda em sistema de plantio direto.

3.2.5- Determinação das propriedades físicas do solo

As propriedades físicas do solo foram determinadas por meio da coleta de monólitos com estrutura natural (amostras indeformadas), nas profundidades de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m, em um ponto amostral por subparcela. No decorrer do experimento ocorreram três amostragens, sendo: antes da semeadura da cultura da soja (2002), após a sua colheita (2003) e após a colheita da cultura do feijão (2003). Através de anéis de volume conhecido (aproximadamente 100 cm³) foram determinados os seguintes parâmetros do solo: densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total. O método utilizado foi o da mesa de tensão, preconizado por Kiehl (1979, p.263).



3.2.6- Determinação da análise química do solo

Tabela 2- Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,20 m, em amostragens ocorridas antes da semeadura da cultura da soja, após sua colheita e após a colheita da cultura do feijão.

Manejo	P resina (mg dm ⁻³)	M. O. (g dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H + Al (mmolc dm ⁻³)	Al	V %
<i>Antes da semeadura da cultura da soja</i>									
Plantio direto									
PD	20,8	19,5	4,8	2,6	16,5	11,8	35,0	2,0	46,5
GP	14,5	17,0	4,8	2,2	15,0	10,8	36,3	2,3	43,8
CM	13,5	21,8	4,8	2,6	17,8	12,8	37,0	1,8	47,0
AA	15,8	21,3	4,8	1,9	17,8	12,3	37,0	1,5	46,0
Cultivo mínimo									
PD	15,0	23,3	4,8	3,3	17,8	11,8	37,0	1,8	46,8
GP	14,5	23,3	4,7	2,9	16,8	12,3	39,0	2,5	44,8
CM	13,0	22,8	4,9	2,8	17,8	13,0	36,0	1,3	48,3
AA	18,5	19,3	4,9	3,6	19,5	13,0	34,3	1,0	50,8
<i>Após a colheita da cultura da soja</i>									
Plantio direto									
PD	16,3	16,3	4,6	2,9	12,5	9,8	37,3	3,5	40,3
GP	29,8	25,0	4,7	3,0	16,0	10,8	36,0	2,5	45,3
CM	20,8	19,5	4,7	3,2	16,0	10,3	35,6	2,5	45,5
AA	18,8	18,3	4,7	2,7	14,3	9,8	33,5	2,8	44,0
Cultivo mínimo									
PD	17,8	23,0	4,6	3,4	13,5	8,8	36,0	3,3	42,0
GP	18,0	18,8	4,9	3,2	13,5	10,5	31,0	2,3	46,5
CM	18,0	20,3	4,8	2,7	15,0	10,5	31,8	2,0	46,8
AA	16,3	18,5	4,7	2,8	13,0	9,8	34,3	2,5	42,5
<i>Após a colheita da cultura do feijão</i>									
Plantio direto									
PD	20,1	16,5	4,6	3,0	13,5	10,8	38,0	3,0	40,5
GP	16,5	26,0	4,6	3,2	16,5	9,8	36,1	2,6	46,8
CM	18,5	18,8	4,6	3,6	15,8	10,8	36,0	2,8	45,0
AA	18,8	19,3	4,6	2,9	14,8	9,3	34,0	2,5	43,8
Cultivo mínimo									
PD	19,0	22,3	4,6	3,5	13,8	9,8	36,0	2,8	43,8
GP	20,5	18,3	4,8	3,0	14,8	10,3	30,0	3,5	47,8
CM	19,9	19,8	4,9	2,8	16,8	10,0	34,0	2,3	46,3
AA	19,5	17,3	4,8	3,0	15,5	10,0	33,3	2,0	57,8

As amostras para análise de fertilidade do solo foram coletadas com o auxílio de um trado de rosca em cinco pontos amostrais ao acaso, obtendo-se uma amostra composta por subparcela, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação do experimento, após a colheita da soja e após a colheita do feijão, totalizando 32 amostras compostas por



amostragem. Estas inicialmente foram secas à sombra, para a posterior análises químicas de rotina em laboratório pelo método de Raij e Quaggio (1983, 31p.). Os resultados são apresentados na Tabela 2.

3.2.7- Determinação da resistência mecânica do solo à penetração

Para a determinação da resistência mecânica do solo à penetração, foram realizadas três amostragens por subparcela, nas entrelinhas, na profundidade de 0 a 0,55 m, em três épocas de amostragem, sendo antes da semeadura da cultura da soja, após a sua colheita e após a colheita da cultura do feijão. Para esta operação utilizou-se um penetrógrafo manual que forneceu os resultados na forma de gráfico, onde para sua interpretação os valores serão apresentados de 0,05 em 0,05 m, até a profundidade de 0,55 m.

3.2.8- Determinação da umidade do solo

As avaliações do teor de umidade do solo foram realizadas imediatamente após a determinação da resistência mecânica do solo à penetração, com um trado de rosca, nos mesmos locais e épocas. Foram coletadas três amostras por subparcela, nas profundidades de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m. O método empregado foi o gravimétrico padrão, secando-se o solo em estufa elétrica a 105°C até atingir massa constante, conforme descrito por EMBRAPA (1979).

3.2.9- Determinação da massa seca da aveia

Para a determinação da massa seca da aveia utilizou-se uma estrutura metálica vazada de 0,5 m², que foi lançada ao acaso em cada subparcela e retirado do seu interior todo o conteúdo de massa verde da aveia, sendo esta devidamente pesada. Apenas uma amostra por subparcela foi retirada, pesada e seca em estufa, por 72 horas a 65°C, obtendo-se assim a massa seca da palha da aveia, transformada posteriormente para kg ha⁻¹.



3.2.10- Determinação da porcentagem de cobertura vegetal do solo

Após o manejo mecânico da aveia, em setembro de 2002, com rolo-faca para os tratamentos com plantio direto e escarificação, avaliou-se a porcentagem de cobertura do solo. Para isto amostrou-se dois pontos fixos por subparcela, utilizando-se o método do ponto quadrado (SPEEDING e LARGE, 1957, p.229-234), com avaliações realizadas após a instalação do experimento (escarificação no CM), após a semeadura da soja e na sua colheita.

3.2.11- Características agronômicas das culturas da soja e do feijão

3.2.11.1- População inicial e final das culturas

Para a determinação da população de plantas das culturas foram utilizadas duas linhas centrais com cinco metros de comprimento, devidamente estaqueadas. A contagem do número de plantas ocorreu aos sete dias após a emergência (7 DAE). Durante a colheita foram contadas novamente as plantas destas mesmas linhas, obtendo-se, a população final da cultura.

3.2.11.2- Diâmetro médio dos caules

O diâmetro do caule foi medido com paquímetro, em 20 plantas ao acaso nas duas linhas centrais de cinco metros de comprimento por subparcela, na altura do colo, por ocasião da colheita.

3.2.11.3- Altura média das plantas e da inserção da primeira vagem

Nas mesmas plantas utilizadas para determinar o diâmetro do caule, foi medida a altura do solo até a extremidade apical e a altura do solo até a inserção da primeira vagem (somente na soja) com o auxílio de uma régua graduada.



3.2.11.4- Número médio de vagens por planta e de grãos por vagem

A contagem para a determinação do número de vagens e de grãos também foi efetuada nas mesmas plantas e na mesma época que a altura média das plantas.

3.2.11.5- Produtividade de grãos

Para a avaliação da produtividade das culturas foram colhidas manualmente as plantas das duas linhas centrais com cinco metros de comprimento em cada subparcela, as quais foram trilhadas mecanicamente. Depois da trilha os grãos foram pesados e amostras destes foram levados à estufa para determinar a umidade, para só então fazer a correção da massa dos grãos para 13 % de umidade (base úmida), convertendo-se os valores obtidos em kg ha^{-1} .

3.2.11.6- Massa de 100 grãos

Para a determinação da massa de 100 grãos, foram usadas 8 amostras de 100 sementes para cada subparcela, de acordo com as regras para análise de sementes segundo Brasil (1976, p.118), corrigindo-se então a massa dos grãos para 13 % de umidade (base úmida).

3.2.11.7- Massa seca de palha

A massa seca de palha foi obtida através da diferença da massa total das plantas colhidas para a determinação da produtividade de grãos e a massa dos grãos obtida. Para determinar a massa seca da palha, retiraram-se amostras de palha, que foram pesadas e secas em estufa, a 65°C por 72 horas, com nova pesagem após a secagem. Transformando-se os valores para kg ha^{-1} .

Após a colheita manual, ocorreu a colheita mecânica de toda a área experimental.

3.2.12- Avaliação de plantas daninhas

As plantas daninhas foram avaliadas através de critério visual, estabelecendo-se notas de 0 a 100 de acordo com a porcentagem de cobertura do solo por plantas daninhas, quando a



soja atingiu o terceiro trifólio (época de controle), 21 dias após a emergência. Esta determinação foi realizada somente na cultura da soja.

3.2.13- Análise estatística

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey a 5 % de probabilidade. Estas análises estatísticas foram realizadas no programa computacional SANEST (Sistema de análise estatística para microcomputadores), segundo Zonta e Machado (1981, 120p.).



4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Propriedades Físicas do Solo

4.1.1- Densidade do solo

Os resultados médios de densidade do solo, nas profundidades de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m, determinados nas subparcelas de plantio direto e nas de cultivo mínimo, obtidos em três épocas de amostragem, num solo anteriormente manejado por diferentes sistemas, são apresentados nas Tabelas 3 a 9.

A Tabela 3 contendo os valores de F mostra que a densidade do solo nas profundidades avaliadas não foi influenciada significativamente pelo manejo anterior do solo, porém mostra diferença significativa entre os manejos constituídos por plantio direto e cultivo mínimo, entre as três épocas de amostragem e interação manejo atual x época, na profundidade de 0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m, não ocorrendo o mesmo na de 0,20 a 0,30 m.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de densidade do solo na profundidade de 0 a 0,10 m, referente ao efeito residual do manejo anterior do solo sobre o manejo com plantio direto e cultivo mínimo nas três épocas de amostragem, onde observa-se que os valores de densidade do solo não foram influenciados significativamente pelo manejo anterior do solo. Quanto ao manejo do solo com plantio direto e cultivo mínimo, apesar de não ter ocorrido influência significativa do manejo anterior do solo sobre os valores de densidade na profundidade de 0 a 0,10 m, pode-se observar que na primeira e na segunda amostragem a densidade do solo em valores absolutos foi maior no plantio direto em relação ao cultivo mínimo, que teve sua densidade inicialmente alterada pela escarificação, atingindo valores equivalentes ao plantio direto na última amostragem.



Tabela 3- Valores de F, valores médios de densidade do solo (kg dm^{-3}) e coeficiente de variação, nas profundidades de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, referente a manejos de solo e época de amostragem. Selvíria - MS.

Causas de variação	Profundidade (m)		
	0 - 0,10	0,10 - 0,20	0,20 - 0,30
Valores de F			
Manejo anterior ⁽¹⁾	1,36 ns	1,41 ns	1,93 ns
Manejo atual ⁽²⁾	61,45 *	43,97 *	2,85 ns
Época de amostragem ⁽³⁾	6,97 *	6,62 *	2,45 ns
M. anterior x m. atual ⁽⁴⁾	1,09 ns	0,23 ns	0,70 ns
M. anterior x época ⁽⁴⁾	0,62 ns	1,59 ns	2,07 ns
M. atual x época ⁽⁴⁾	16,63 *	6,59 *	1,04 ns
M. anterior x m. atual x época ⁽⁴⁾	2,24 ns	1,59 ns	0,59 ns
Manejo anterior			
Plantio direto	1,44	1,43	1,43
Grade pesada	1,44	1,41	1,40
Cultivo mínimo	1,42	1,41	1,41
Arado de aiveca	1,41	1,45	1,44
Manejo atual			
Plantio direto	1,50 A	1,48 A	1,41
Cultivo mínimo	1,36 B	1,37 B	1,43
Época de amostragem			
Antes da semeadura da soja(1 ^a)	1,38 B	1,38 B	1,41
Após a colheita da soja(2 ^a)	1,44 AB	1,45 A	1,45
Após a colheita do feijão(3 ^a)	1,47 A	1,45 A	1,42
CV%			
Manejo anterior ⁽¹⁾	2,12	2,07	1,75
Manejo atual ⁽²⁾	3,53	3,43	2,53
Época ⁽³⁾	6,58	6,14	4,98

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$), significativo (*) e não significativo (ns).

⁽¹⁾Manejo anterior= plantio direto, cultivo mínimo, grade pesada e arado de aiveca

⁽²⁾Manejo atual= plantio direto e cultivo mínimo

⁽³⁾Época= antes da semeadura da soja (1^a), após a colheita da soja (2^a) e após a colheita do feijão (3^a).

⁽⁴⁾Interação

Analisando a Tabela 5, constata-se que na profundidade de 0 a 0,10 m, houve interação significativa entre o manejo do solo com plantio direto e cultivo mínimo e as épocas de amostragem, mostrando diferença significativa entre plantio direto e cultivo mínimo na amostragem realizada antes da semeadura da soja e na amostragem após a colheita da soja, apresentando valores de densidade do solo superiores no plantio direto nestas duas épocas, evidenciando o efeito pronunciado do preparo do solo com o escarificador nas subparcelas de cultivo mínimo. Nota-se também, que os valores de densidade do solo foram influenciados

significativamente pela época de amostragem, como ocorreu no solo sob cultivo mínimo que teve a densidade aumentada significativamente da primeira à última amostragem, fato não evidenciado no plantio direto, por ser mais homogêneo em função do não revolvimento do solo, concordando com Falleiro et al. (2003, p.1097-1104) e Bertol et al. (2004, p.155-163).

De acordo com Falleiro et al. (2003, p.1097-1104) este comportamento deve-se à pressão exercida no solo pelo trânsito de máquinas durante o período experimental, bem como a consolidação do solo, considerando a ausência quase que completa de preparo na semeadura direta. Segundo este, no manejo onde há o revolvimento do solo aumentam as condições de porosidade do solo, tendendo a esses valores aumentar a densidade conforme aumenta o tempo decorrido entre o preparo e a amostragem do solo, decorrentes da acomodação natural do solo aliado ao efeito dos trabalhos nele realizados.

Os maiores valores médios de densidade do solo foram obtidos no solo sob plantio direto, variando de 1,47 a 1,52 kg dm⁻³, terceira e primeira amostragem, respectivamente, decrescendo com a profundidade, fato também observado por Despsch et al. (1991, 272 p.), Gabriel Filho (1998, 134 p.), Stone e Silveira (2001, p.395-401), Lopes et al. (2001), Oliveira (2002, p.28), Falleiro et al. (2003, p.1097-1104) e Bertol et al. (2004, p.155-163), quando comparado a outros sistemas de preparo do solo. Normalmente já se espera este comportamento na camada superficial, pois o não revolvimento do solo no plantio direto e a movimentação de máquinas e implementos agrícolas acarretam maior adensamento desta. Segundo Kochhann (1996, p.8-10) esta camada mais adensada é característica do plantio direto e pode ser atenuada pelo uso de rotação de culturas e uso de culturas com diferentes sistemas radiculares. As menores densidades do solo foram observadas no cultivo mínimo devido a escarificação do solo ocorrida no início do experimento, variando de 1,24 a 1,46 kg dm⁻³, primeira e terceira amostragem, respectivamente.

Os valores médios de densidade do solo na profundidade de 0,10 a 0,20 m, referente ao efeito dos diferentes manejos do solo nas diferentes épocas de amostragem são apresentados na Tabela 6, onde pode-se observar que a densidade do solo não foi influenciada significativamente pelo manejo anterior do solo, apresentando no entanto, em valores absolutos, maior densidade nas subparcelas de plantio direto na primeira e na segunda amostragem, sendo equivalente as de cultivo mínimo na terceira amostragem.



Tabela 4- Densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0 a 0,10 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	1,49	1,51	1,47
GP		1,53	1,48	1,46
CM		1,59	1,53	1,48
AA		1,48	1,50	1,48
PD	CM	1,32	1,35	1,53
GP		1,19	1,38	1,49
CM		1,17	1,39	1,50
AA		1,29	1,37	1,34

Tabela 5- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	1,52 A	1,50 A	1,47
Cultivo mínimo	1,24 Bc	1,37 Bb	1,46 a

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

A Tabela 7 mostra que na profundidade de 0,10, a 0,20 m houve interação significativa entre os manejos com plantio direto e cultivo mínimo e as épocas de amostragem, com o plantio direto sendo superior estatisticamente, tanto na amostragem realizada antes da semeadura da cultura da soja como após a colheita desta. No cultivo mínimo os valores de densidade do solo foram influenciados significativamente pela época de amostragem, com a primeira amostragem diferindo das demais, e com a densidade aumentando gradualmente entre as amostragens.

Tabela 6- Densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0,10 a 0,20 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	1,49	1,51	1,46
GP		1,43	1,55	1,40
CM		1,48	1,51	1,46
AA		1,48	1,50	1,54
PD	CM	1,20	1,43	1,51
GP		1,28	1,40	1,41
CM		1,32	1,29	1,42
AA		1,36	1,40	1,41

Tabela 7- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para densidade do solo (kg dm^{-3}) na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	1,47 A	1,52 A	1,46
Cultivo mínimo	1,29 Bb	1,38 Ba	1,44 a

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Na Tabela 8 são apresentados os valores médios de densidade do solo na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente ao efeito do manejo anterior do solo sobre o plantio direto e o cultivo mínimo nas diferentes épocas de amostragem, onde podemos observar que não houve influência significativa do manejo anterior do solo sobre a densidade do solo.

Os valores médios de densidade do solo apresentados na Tabela 9, referentes ao manejo com plantio direto e cultivo mínimo e as épocas de amostragem, mostram que estes não diferiram significativamente entre si. Analisando os resultados, podemos dizer que na profundidade de 0,20 a 0,30 m não ocorreu o efeito desejado da escarificação, ou seja, a profundidade de trabalho do escarificador objetivada em 0,30 m, porém foi acima desta, apresentando inclusive, valores maiores de densidade do solo no cultivo mínimo.

Tabela 8- Densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura	Após a colheita	Após a colheita
		da soja	da soja	do feijão
PD	PD	1,42	1,43	1,42
GP		1,36	1,48	1,33
CM		1,36	1,41	1,43
AA		1,38	1,44	1,50
PD	CM	1,44	1,45	1,45
GP		1,45	1,48	1,39
CM		1,41	1,43	1,38
AA		1,44	1,45	1,45

Tabela 9- Densidade do solo (kg dm^{-3}), na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente ao manejo atual do solo e época de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da	Após a colheita da	Após a colheita do
	soja	soja	feijão
Plantio direto	1,30	1,44	1,42
Cultivo mínimo	1,43	1,45	1,42

4.1.2- Macroporosidade do solo

Nas Tabelas 10 a 18 são apresentados os valores médios de macroporosidade do solo nas profundidades de 0 a 0,10 m, de 0,10 a 0,20 m e de 0,20 a 0,30 m, determinados nas subparcelas de plantio direto e nas de cultivo mínimo, num solo anteriormente manejado por diferentes sistemas, com dados obtidos em três épocas de amostragem.

Conforme os valores de F apresentados na Tabela 10 pode-se verificar que houve diferença significativa para manejo atual, época de amostragem, interação entre manejo atual x época de amostragem e entre manejo anterior x manejo atual x época de amostragem, nas profundidades de 0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m, e na profundidade de 0,20 a 0,30 m para época de amostragem.



Na Tabela 11 são apresentados os valores médios de macroporosidade do solo na profundidade de 0 a 0,10 m, referente à interação entre os diferentes manejos do solo e a época de amostragem. Mostra que apenas nos tratamentos com cultivo mínimo houve efeito significativo do manejo anterior sobre a macroporosidade do solo na amostragem após a colheita da cultura do feijão, onde o manejo anterior com arado de aiveca diferiu estatisticamente dos manejos com plantio direto e cultivo mínimo. Quanto às épocas de amostragem, houve diferença significativa para os valores de macroporosidade do solo entre a amostragem realizada antes da semeadura da cultura da soja e as demais épocas, nas subparcelas de cultivo mínimo anteriormente manejadas por grade pesada e cultivo mínimo, resultados estes que evidenciam o efeito dos manejos ocorridos anteriormente sobre as propriedades físicas do solo.

Os valores médios de macroporosidade do solo referente à comparação entre plantio direto e cultivo mínimo dentro de cada um dos manejos anteriores, são mostrados na Tabela 12. Apresenta diferença significativa para valores de macroporosidade do solo entre plantio direto e cultivo mínimo na amostragem realizada antes da semeadura da cultura da soja em todos os manejos efetuados anteriormente. Na amostragem realizada após a colheita da cultura da soja apenas não houve diferença significativa entre plantio direto e cultivo mínimo quando anteriormente manejado por grade pesada e na amostragem após a colheita da cultura do feijão apenas houve diferença significativa entre plantio direto e cultivo mínimo quando anteriormente manejado por arado de aiveca. Tanto na primeira quanto na segunda amostragem os valores de macroporosidade do solo foram superiores nos tratamentos com cultivo mínimo, em relação ao plantio direto. Na referida Tabela podemos observar que nos tratamentos com plantio direto, apesar de não significativo, em valores absolutos houve um aumento da macroporosidade do solo da primeira para a última amostragem, sendo o contrário para os tratamentos com cultivo mínimo. Quanto às épocas de amostragem houve apenas diferença significativa entre os valores de macroporosidade do solo nas subparcelas atualmente manejadas por cultivo mínimo e na amostragem ocorrida antes da semeadura da cultura da soja em relação às demais épocas, tanto no manejo anterior com grade pesada como de cultivo mínimo.



Tabela 10- Valores de F, valores médios de macroporosidade do solo (m m⁻³) e coeficiente de variação, nas profundidades de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, referente a manejos de solo e época de amostragem. Selvíria - MS.

Causas de variação	Profundidade (m)		
	0 - 0,10	0,10 - 0,20	0,20 - 0,30
Valores de F			
Manejo anterior ⁽¹⁾	1,29 ns	1,02 ns	0,48 ns
Manejo atual ⁽²⁾	51,53 *	24,83 *	0,001 ns
Época de amostragem ⁽³⁾	3,88 *	4,75 *	3,15 *
M. anterior x m. atual ⁽⁴⁾	0,70 ns	0,31 ns	2,28 ns
M. anterior x época ⁽⁴⁾	0,72 ns	1,79 ns	1,72 ns
M. atual x época ⁽⁴⁾	16,24 *	11,96 *	2,47 ns
M. anterior x m. atual x época ⁽⁴⁾	2,33 *	2,80 *	0,49 ns
Manejo anterior			
Plantio direto	0,12	0,12	0,10
Grade pesada	0,13	0,13	0,10
Cultivo mínimo	0,12	0,13	0,10
Arado de aiveca	0,13	0,12	0,09
Manejo atual			
Plantio direto	0,09 B	0,10 B	0,10
Cultivo mínimo	0,16 A	0,15 A	0,10
Época de amostragem			
Antes da semeadura da soja(1ª)	0,14 A	0,14 A	0,10 AB
Após a colheita da soja(2ª)	0,11 B	0,11 B	0,09 B
Após a colheita do feijão(3ª)	0,13 AB	0,13 AB	0,11 A
CV%			
Manejo anterior ⁽¹⁾	10,03	13,48	13,15
Manejo atual ⁽²⁾	21,83	24,44	22,49
Época ⁽³⁾	34,40	36,69	42,76

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade (P > 0,05), significativo (*) e não significativo (ns).

⁽¹⁾Manejo anterior= plantio direto, cultivo mínimo, grade pesada e arado de aiveca
⁽²⁾Manejo atual= plantio direto e cultivo mínimo
⁽³⁾Época= antes da semeadura da soja (1ª), após a colheita da soja (2ª) e após a colheita do feijão (3ª).
⁽⁴⁾Interação



Tabela 11- Desdobramento da interação manejo anterior x manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m⁻³), na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	0,09	0,07	0,13
GP		0,06	0,09	0,12
CM		0,05	0,08	0,12
AA		0,09	0,07	0,12
PD	CM	0,17	0,15	0,10 B
GP		0,23 a	0,14 b	0,12 ABb
CM		0,25 a	0,14 b	0,11 Bb
AA		0,18	0,15	0,19 A

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada manejo atual, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade (P > 0,05).

Tabela 12- Desdobramento da interação manejo anterior x manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m⁻³), na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	0,09 B	0,07 B	0,13
	CM	0,17 A	0,15 A	0,10
GP	PD	0,06 B	0,09	0,12
	CM	0,23 Aa	0,14 b	0,12 b
CM	PD	0,05 B	0,08 B	0,12
	CM	0,25 Aa	0,14 Ab	0,11 b
AA	PD	0,09 B	0,07 B	0,12 B
	CM	0,18 A	0,15 A	0,19 A

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada manejo anterior, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade (P > 0,05).

Analisando os valores apresentados Tabela 13, observa-se que na profundidade de 0 a 0,10 m houve efeito significativo da escarificação sobre a macroporosidade do solo, pois os valores apresentados no cultivo mínimo são superiores aos do plantio direto, tanto na amostragem ocorrida antes da semeadura como na após a colheita da cultura da soja, concordando com Stone e Silveira (2001, p.395-401) que obtiveram os menores valores de macroporosidade no plantio direto. Nota-se também que nos tratamentos com plantio direto houve um aumento significativo da macroporosidade do solo da primeira para a terceira amostragem, e nas subparcelas de cultivo mínimo, com o passar do tempo, houve uma reacomodação do solo, onde após a colheita da cultura do feijão os valores de macroporosidade apresentados pelo plantio direto e pelo cultivo mínimo foram estatisticamente semelhantes.

Tabela 13- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,07 Bb	0,08 Bb	0,12 a
Cultivo mínimo	0,21 Aa	0,14 Ab	0,13 b

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Na Tabela 14 são apresentados os valores médios de macroporosidade do solo na profundidade de 0,10 a 0,20 m, referente à interação entre diferentes manejos do solo e época de amostragem. Mostra que apenas no cultivo mínimo houve efeito significativo do manejo anterior do solo sobre os valores de macroporosidade, com a amostragem realizada após a colheita da cultura da soja, com o tratamento anteriormente manejado por cultivo mínimo diferindo estatisticamente do anteriormente manejado por plantio direto e por grade pesada. Quanto à época de amostragem, no plantio direto houve diferença significativa entre estas no tratamento anteriormente manejado por grade pesada, com a amostragem ocorrida após a colheita da cultura do feijão, apresentando valor superior de macroporosidade com relação à ocorrida após a colheita da cultura da soja. Nos tratamentos com cultivo mínimo houve diferença significativa entre as épocas nos tratamentos anteriormente manejados por plantio

direto e por cultivo mínimo, com a macroporosidade do solo na primeira amostragem sendo superior e as demais, e com a terceira amostragem sendo inferior as demais, respectivamente.

Tabela 14- Desdobramento da interação manejo anterior x manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura	Após a colheita	Após a colheita
		da soja	da soja	do feijão
PD	PD	0,07	0,08	0,13
GP		0,12 ab	0,06 b	0,15 a
CM		0,09	0,07	0,14
AA		0,09	0,08	0,10
PD	CM	0,22 a	0,09 Bb	0,10 b
GP		0,20	0,12 B	0,14
CM		0,18 a	0,21 Aa	0,10 b
AA		0,16	0,14 AB	0,15

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentre de cada manejo atual, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Os valores médios de macroporosidade do solo referente à comparação entre plantio direto e cultivo mínimo dentro de cada um dos manejos anteriores do solo, na profundidade de 0,10 a 0,20 m, são apresentados na Tabela 15. Mostra diferença significativa entre plantio direto e cultivo mínimo na amostragem realizada antes da semeadura da cultura da soja em todos os manejos realizados anteriormente e na amostragem realizada após a colheita da cultura da soja apenas houve diferença significativa entre estes quando anteriormente manejados por cultivo mínimo, em ambos os casos, os valores de macroporosidade do solo foram superiores nos tratamentos com cultivo mínimo. Quanto à época de amostragem, houve diferença significativa entre os valores de macroporosidade do solo nas subparcelas de cultivo mínimo anteriormente manejadas por plantio direto, com a amostragem ocorrida antes da semeadura da cultura da soja sendo superior em relação às demais épocas, e nas subparcelas de plantio direto sobre grade pesada com a terceira amostragem sendo superior a segunda, e nas subparcelas de cultivo mínimo sobre cultivo mínimo com a terceira amostragem sendo inferior as demais.

Tabela 15- Desdobramento da interação manejo anterior x manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo ($m\ m^{-3}$), na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura	Após a colheita	Após a colheita
		da soja	da soja	do feijão
PD	PD	0,07 B	0,08	0,13
	CM	0,22 Aa	0,09 b	0,10 b
GP	PD	0,12 Bab	0,06 b	0,15 a
	CM	0,20 A	0,12	0,14
CM	PD	0,09 B	0,07 B	0,14
	CM	0,18 Aa	0,21 Aa	0,10 b
AA	PD	0,08 B	0,08	0,10
	CM	0,16 A	0,14	0,15

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada manejo anterior, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Observando-se a Tabela 16 onde encontram-se os valores médios da macroporosidade do solo na camada de 0,10 a 0,20 m, pode-se verificar que houve efeito da escarificação do solo, pois os valores de macroporosidade apresentados no cultivo mínimo são superiores aos do plantio direto, tanto na amostragem ocorrida antes da semeadura como na após a colheita da cultura da soja. Nas subparcelas de plantio direto houve um aumento significativo da macroporosidade da segunda para a terceira amostragem, e nas de cultivo mínimo, com o passar do tempo, houve uma redução significativa da macroporosidade pela acomodação do solo, apresentando valores estatisticamente semelhantes para plantio direto e cultivo mínimo na amostragem ocorrida após a colheita da cultura do feijão.

Na Tabela 17 são apresentados os valores médios de macroporosidade do solo na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente ao efeito dos diferentes manejos do solo nas três épocas de amostragem, onde pode-se observar que os valores de macroporosidade do solo não foram influenciados significativamente pelos diferentes manejos do solo.

Os valores médios de macroporosidade do solo na profundidade de 0,20 a 0,30 m apresentados na Tabela 18 mostram que não houve efeito significativo entre plantio direto e cultivo mínimo e época de amostragem.

Tabela 16- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para macroporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,09 Bab	0,07 Bb	0,13 a
Cultivo mínimo	0,19 Aa	0,14 Ab	0,12 b

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Tabela 17- Macroporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	0,10	0,09	0,13
GP		0,12	0,06	0,17
CM		0,11	0,07	0,09
AA		0,11	0,07	0,08
PD	CM	0,08	0,12	0,09
GP		0,08	0,07	0,12
CM		0,11	0,12	0,12
AA		0,09	0,09	0,11

Tabela 18- Macroporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente ao manejo atual do solo e época de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,11	0,07	0,12
Cultivo mínimo	0,09	0,10	0,11

4.1.3- Microporosidade do solo

Nas Tabelas 19 a 25 são apresentados os valores médios de microporosidade do solo nas profundidades de 0 a 0,10 m, de 0,10 a 0,20 m e de 0,20 a 0,30 m, determinados nas subparcelas de plantio direto e nas de cultivo mínimo, num solo anteriormente manejado por diferentes sistemas, e com dados obtidos em três épocas de amostragem.

Tabela 19- Valores de F, valores médios de microporosidade do solo (m m⁻³) e coeficiente de variação, nas profundidades de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, referente a manejos de solo e época de amostragem. Selvíria - MS.

Causas de variação	Profundidade (m)		
	0 - 0,10	0,10 - 0,20	0,20 - 0,30
Valores de F			
Manejo anterior ⁽¹⁾	2,23 ns	0,67 ns	1,36 ns
Manejo atual ⁽²⁾	14,24 *	18,68 *	0,81 ns
Épocas de amostragem ⁽³⁾	32,27 *	29,93 *	25,21 *
M. anterior x m. atual ⁽⁴⁾	0,68 ns	0,22 ns	2,72 ns
M. anterior x época ⁽⁴⁾	0,81 ns	0,97 ns	0,50 ns
M. atual x época ⁽⁴⁾	10,35 *	8,91 *	0,84 ns
M. anterior x m. atual x época ⁽⁴⁾	1,37 ns	1,05 ns	0,32 ns
Manejo anterior			
Plantio direto	0,31	0,31	0,33
Grade pesada	0,30	0,31	0,33
Cultivo mínimo	0,31	0,31	0,34
Arado de aiveca	0,30	0,31	0,33
Manejo atual			
Plantio direto	0,31 A	0,31 A	0,33
Cultivo mínimo	0,30 B	0,30B	0,33
Época de amostragem			
Antes da semeadura da soja(1ª)	0,29 C	0,29 B	0,33 B
Após a colheita da soja(2ª)	0,33 A	0,33 A	0,35 A
Após a colheita do feijão(3ª)	0,30 B	0,30 B	0,32 B
CV%			
Manejo anterior ⁽¹⁾	1,50	1,92	2,01
Manejo atual ⁽²⁾	3,79	2,88	2,18
Época ⁽³⁾	5,80	6,45	5,36

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade (P > 0,05), significativo (*) e não significativo (ns).

⁽¹⁾Manejo anterior= plantio direto, cultivo mínimo, grade pesada e arado de aiveca

⁽²⁾Manejo atual= plantio direto e cultivo mínimo

⁽³⁾Época= antes da semeadura da soja (1ª), após a colheita da soja (2ª) e após a colheita do feijão (3ª).

⁽⁴⁾Interação

Conforme os valores de F apresentados na Tabela 19 pode-se verificar que houve diferença significativa entre plantio direto e cultivo mínimo, época de amostragem, interação entre plantio direto e cultivo mínimo x época de amostragem, nas profundidades de 0,00 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m e na de 0,20 a 0,30 m para época de amostragem.

Através da Tabela 20 observa-se que na profundidade de 0 a 0,10 m não houve influência significativa do manejo anterior do solo sobre os valores de microporosidade, no entanto, em valores absolutos, a menor microporosidade do solo foi obtida na amostragem ocorrida imediatamente após o manejo do solo com o escarificador nas subparcelas de cultivo mínimo em função do revolvimento do solo, ou seja, na primeira amostragem, onde tanto no plantio direto como no cultivo mínimo houve um aumento significativo da microporosidade da primeira para a segunda amostragem, e redução significativa desta para a terceira amostragem.

Tabela 20- Microporosidade do solo (m m⁻³), na profundidade de 0 a 0,10 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	0,30	0,33	0,31
GP		0,31	0,33	0,31
CM		0,32	0,34	0,30
AA		0,31	0,33	0,30
PD	CM	0,29	0,33	0,31
GP		0,26	0,32	0,31
CM		0,26	0,32	0,31
AA		0,28	0,32	0,28

Na tabela 21 pode-se verificar que na profundidade de 0 a 0,10 m houve efeito da escarificação sobre a microporosidade do solo, com valores superiores no plantio direto em relação ao cultivo mínimo, na amostragem realizada antes da semeadura da cultura da soja., concordando com dados obtidos por Kochhann (1996, p.8-10). Também mostra influência significativa quanto à época de amostragem, onde no plantio direto houve diferença significativa da segunda amostragem em relação às demais, e no cultivo mínimo com as três

amostragens diferindo estatisticamente entre si, ou seja, da segunda amostragem em relação a terceira e esta em relação à primeira.

Tabela 21- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para microporosidade do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,31 Ab	0,33 a	0,30 b
Cultivo mínimo	0,27 Bc	0,32 a	0,30 b

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Na Tabela 22 pode-se observar que na profundidade de 0,10 a 0,20 m também não houve influência significativa do manejo anterior sobre os valores de microporosidade do solo, apresentando no entanto, em valores absolutos, os menores valores de microporosidade do solo na amostragem ocorrida após o preparo do solo com o escarificador nas subparcelas de cultivo mínimo, em função do revolvimento do solo.

Tabela 22- Microporosidade do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0,10 a 0,20 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	0,31	0,33	0,30
GP		0,30	0,34	0,30
CM		0,32	0,34	0,30
AA		0,31	0,33	0,30
PD	CM	0,26	0,33	0,31
GP		0,26	0,33	0,30
CM		0,29	0,31	0,31
AA		0,29	0,33	0,29

Analisando-se os valores apresentados na Tabela 23, constata-se que na profundidade de 0,10 a 0,20 m houve efeito significativo da escarificação sobre a microporosidade do solo, com o plantio direto sendo superiores ao do cultivo mínimo na amostragem ocorrida antes da semeadura da cultura da soja. Nota-se também que, nas subparcelas de plantio direto houve diferença significativa para os valores de microporosidade do solo da amostragem ocorrida após a colheita da cultura da soja em relação às demais, e nas de cultivo mínimo com as três amostragens diferindo estatisticamente entre si, ou seja, da segunda amostragem em relação a terceira e esta em relação à primeira.

Tabela 23- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para microporosidade do solo ($m\ m^{-3}$) na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,31 Ab	0,33 a	0,30 b
Cultivo mínimo	0,27 Bc	0,33 a	0,30 b

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Analisando-se as Tabela 24 e 25, referentes à interação entre os diferentes manejos do solo e épocas de amostragem, mostram que na profundidade de 0,20 a 0,30 m não houve influência significativa dos diferentes manejos nem das épocas de amostragem sobre os valores de microporosidade do solo.

Tabela 24- Microporosidade do solo ($m\ m^{-3}$) na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	0,32	0,35	0,31
GP		0,32	0,35	0,31
CM		0,34	0,36	0,34
AA		0,32	0,36	0,32
PD	CM	0,32	0,35	0,33
GP		0,33	0,35	0,33
CM		0,32	0,34	0,33
AA		0,32	0,35	0,32

Tabela 25- Microporosidade do solo ($m\ m^{-3}$), na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente ao manejo atual do solo e época de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,33	0,36	0,32
Cultivo mínimo	0,32	0,35	0,33

4.1.4- Porosidade total do solo

Nas Tabelas 26 a 33 são apresentados os valores médios de porosidade total do solo nas profundidades de 0 a 0,10 m, de 0,10 a 0,20 m e de 0,20 a 0,30 m, determinados nas subparcelas de plantio direto e nas de cultivo mínimo, num solo anteriormente manejado por diferentes sistemas, com dados obtidos em três épocas de amostragem.

Conforme os valores de F apresentados na Tabela 26 pode-se verificar que houve diferença significativa para manejo atual e entre manejo atual x época de amostragem, nas profundidades de 0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m, e na profundidade de 0,20 a 0,30 m houve interação entre manejo anterior x época e entre manejo atual x época de amostragem.

Tabela 26- Valores de F, valores médios de porosidade total do solo (m m^{-3}) e coeficiente de variação, nas profundidades de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, referente a manejos de solo e época de amostragem. Selvíria - MS.

Causas de variação	Profundidade (m)		
	0 - 0,10	0,10 - 0,20	0,20 - 0,30
Valores de F			
Manejo anterior ⁽¹⁾	0,61 ns	1,17 ns	1,60 ns
Manejo atual ⁽²⁾	53,59 *	19,18 *	0,10 ns
Época de amostragem ⁽³⁾	0,26 ns	0,49 ns	1,54 ns
M. anterior x m. atual ⁽⁴⁾	0,50 ns	0,40 ns	1,49 ns
M. anterior x época ⁽⁴⁾	0,48 ns	1,40 ns	2,67 *
M. atual x época ⁽⁴⁾	12,19 *	8,33 *	3,37 *
M. anterior x m. atual x época ⁽⁴⁾	2,20 ns	2,14 ns	0,46 ns
Manejo anterior			
Plantio direto	0,43	0,42	0,43
Grade pesada	0,43	0,44	0,44
Cultivo mínimo	0,43	0,44	0,44
Arado de aiveca	0,44	0,43	0,43
Manejo atual			
Plantio direto	0,41 B	0,41 B	0,44
Cultivo mínimo	0,46 A	0,45 A	0,43
Época de coleta			
Antes da semeadura da soja(1 ^a)	0,43	0,43	0,43
Após a colheita da soja(2 ^a)	0,44	0,44	0,44
Após a colheita do feijão(3 ^a)	0,43	0,43	0,44
CV%			
Manejo anterior ⁽¹⁾	2,34	3,70	2,53
Manejo atual ⁽²⁾	4,86	5,96	4,24
Época ⁽³⁾	7,93	9,06	7,45

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$), significativo (*) e não significativo (ns).

⁽¹⁾Manejo anterior= plantio direto, cultivo mínimo, grade pesada e arado de aiveca

⁽²⁾Manejo atual= plantio direto e cultivo mínimo

⁽³⁾Época= antes da semeadura da soja (1^a), após a colheita da soja (2^a) e após a colheita do feijão (3^a).

⁽⁴⁾Interação

Através da Tabela 27 constata-se que na profundidade de 0 a 0,10 m não houve efeito significativo do manejo anterior do solo sobre os valores de porosidade total do solo, no entanto, os menores valores de porosidade total do solo foram obtidos na amostragem realizada antes da semeadura da soja, nas subparcelas de plantio direto.

Tabela 27- Porosidade total do solo (m m^{-3}), na profundidade de 0 a 0,10 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	0,39	0,40	0,43
GP		0,37	0,42	0,43
CM		0,37	0,41	0,42
AA		0,40	0,40	0,42
PD	CM	0,46	0,47	0,41
GP		0,49	0,46	0,43
CM		0,51	0,46	0,43
AA		0,46	0,47	0,47

Na tabela 28, pode-se verificar que na profundidade de 0 a 0,10 m houve efeito da escarificação do solo sobre a porosidade total do solo, pois os valores apresentados no cultivo mínimo são superiores aos do plantio direto, tanto na amostragem realizada antes da semeadura como na após a colheita da soja, com estes sendo estatisticamente semelhantes na amostragem após a colheita da cultura do feijão, concordando com Falleiro et al. (2003, p.1097-1104), onde segundo este, no manejo onde há revolvimento do solo aumentam-se as condições de porosidade do solo. Também mostra que a época de amostragem influenciou nos valores de porosidade, onde no plantio direto houve um aumento significativo da primeira para a terceira amostragem, e no cultivo mínimo houve uma redução significativa da primeira para a terceira amostragem.

Na Tabela 29 pode-se observar que na profundidade de 0,10 a 0,20 m não houve influência significativa do manejo anterior sobre os valores de porosidade total do solo. Analisando-se a Tabela 30 pode-se observar que nesta profundidade houve interação significativa entre o manejo com plantio direto e cultivo mínimo e época de amostragem, onde mostra a superioridade do cultivo mínimo em relação ao plantio direto, tanto na amostragem realizada antes da semeadura da soja quanto após a colheita da soja. Nas subparcelas de cultivo mínimo houve influência da época de amostragem sobre a porosidade total do solo, onde a amostragem ocorrida após a colheita da cultura do feijão apresentou valor estatisticamente inferior as demais.

Tabela 28- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para porosidade total do solo ($m\ m^{-3}$) na profundidade de 0 a 0,10 m. Selvíria - MS

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,38 Bb	0,41 Bab	0,44 a
Cultivo mínimo	0,48 Aa	0,46 Aa	0,44 b

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Tabela 29- Porosidade total do solo ($m\ m^{-3}$) na profundidade de 0,10 a 0,20 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	0,39	0,40	0,43
GP		0,43	0,40	0,45
CM		0,41	0,40	0,44
AA		0,39	0,41	0,40
PD	CM	0,48	0,43	0,41
GP		0,47	0,45	0,44
CM		0,46	0,53	0,40
AA		0,45	0,47	0,45

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Através da Tabela 31 verifica-se que na profundidade de 0,20 a 0,30 m também não houve influência significativa do manejo anterior do solo sobre os valores de porosidade total, tanto no plantio direto quanto no cultivo mínimo. Na Tabela 32 observa-se que na profundidade de 0,20 a 0,30 m houve apenas diferença significativa para valores de porosidade do solo no manejo com cultivo mínimo em relação à época de amostragem, com a segunda amostragem diferindo estatisticamente da primeira.

Tabela 30- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para porosidade total do solo ($m\ m^{-3}$) na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,40 Ba	0,40 Ba	0,43 a
Cultivo mínimo	0,46 Aa	0,47 Aa	0,42 b

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Tabela 31- Porosidade total do solo ($m\ m^{-3}$) na profundidade de 0,20 a 0,30 m, referente aos diferentes manejos do solo e épocas de amostragem. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Manejo atual	Época de amostragem		
		Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
PD	PD	0,42	0,44	0,44
GP		0,44	0,42	0,48
CM		0,45	0,43	0,43
AA		0,44	0,43	0,41
PD	CM	0,40	0,47	0,42
GP		0,41	0,42	0,45
CM		0,43	0,47	0,45
AA		0,42	0,45	0,43

Analisando a Tabela 33, referente aos valores de porosidade total do solo, verifica-se uma interação significativa entre o manejo anterior do solo e época de amostragem, apresentando diferença significativa com relação aos manejos na amostragem ocorrida após a colheita da cultura do feijão, com o tratamento anteriormente manejado por grade pesada diferindo do manejado por arado de aiveca, com os demais tratamentos não diferindo entre si. Com relação à época de amostragem, nos tratamentos anteriormente manejados com plantio direto a segunda amostragem diferiu da primeira, e nos anteriormente manejados com grade pesada a terceira amostragem diferiu estatisticamente da segunda.

Tabela 32- Desdobramento da interação manejo atual x época de amostragem, significativa para porosidade total do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,30 m. Selvíria - MS.

Manejo atual	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,44	0,43	0,44
Cultivo mínimo	0,42 b	0,45 Aa	0,44 ab

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Tabela 33- Desdobramento da interação manejo anterior x época de amostragem, significativa para porosidade total do solo (m m^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,30 m. Selvíria - MS.

Manejo anterior	Época de amostragem		
	Antes da semeadura da soja	Após a colheita da soja	Após a colheita do feijão
Plantio direto	0,41 b	0,45 a	0,43 ABab
Grade pesada	0,43 ab	0,42 b	0,47 Aa
Cultivo mínimo	0,44	0,45	0,44 AB
Arado de aiveca	0,43	0,44	0,42 B

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

4.1.4- Resistência mecânica do solo à penetração

Ehlers et al. (1983, p.261-275), Nesmith (1987, p.183-186), Merotto Jr. e Mundstock (1999, p.135-143) e Canarache (1990, p.51-70) indicaram valores de 1, 2, 3,5 e 5 MPa, respectivamente, como sendo o limite crítico de resistência à penetração das raízes. Muitos pesquisadores, contudo, utilizam o valor de 2 MPa como limite crítico, conforme Taylor et al. (1996, p.18-22).

A resistência mecânica do solo a penetração das raízes é um dos atributos físicos do solo que influenciam diretamente no crescimento das raízes e da parte aérea das plantas (FURLANI et al., 2003,p.579-587). Tormena e Roloff (1996, p.333-339) citam a resistência



mecânica do solo a penetração como uma das características que melhor representam as condições para o desenvolvimento das raízes das plantas.

Na Figura 1, encontram-se os valores médios (Tabelas 58 e 59, apêndice) de resistência mecânica do solo à penetração, obtidos na amostragem realizada após a escarificação, sendo no entanto, antes da semeadura da cultura da soja no verão, onde pode-se observar um efeito bem pronunciado do preparo com o escarificador nas subparcelas de cultivo mínimo, com a haste agindo até os 0,25 m de profundidade, descompactando o solo, a partir disso a ação da haste foi menos pronunciada, lembrando que a profundidade de trabalho desejada era de 0,30 m de profundidade. Também pode-se observar que nas subparcelas submetidas ao plantio direto, os valores de resistência mecânica do solo à penetração foram maiores que nas de cultivo mínimo, no entanto, segundo a literatura, que apresenta valores em torno de 1,0 e 3,5 MPa (EHLERS et al. ,1983, p.261-275; NESMITH, 1987, p.183-186; MEROTTO Jr. e MUNDSTOCK, 1999, p.135-143), não causariam impedimento mecânico para o desenvolvimento das raízes.

Com relação ao manejo anterior do solo, observa-se que até os 0,20 m de profundidade os valores de resistência, tanto nas subparcelas de plantio direto como de cultivo mínimo, apresentaram diferenças mínimas entre os manejos anteriores dentro de cada um destes, mostrando serem um tanto quanto homogêneos. Na Figura 1 observa-se que no tratamento com plantio direto, até os 0,25 m de profundidade os valores de resistência mecânica a penetração do solo foram em torno de 2 MPa, atingindo valor máximo de 2,3 MPa no tratamento anteriormente manejado por plantio direto, e os menores valores foram obtidos no tratamento anteriormente manejado por cultivo mínimo, isso até os 0,15 m de profundidade. Nos tratamentos com cultivo mínimo observa-se que até os 0,20 m de profundidade os valores de resistência não ultrapassaram 2MPa, valor este que é citado por Taylor et al. (1996, p.18-22) como parâmetro de avaliação, ou seja, nesta época de amostragem não haveria problema referente a impedimento mecânico do solo, também pode-se observar um aumento gradual da resistência em profundidade, atingindo valor máximo de 2,5 MPa à 0,25 m de profundidade no tratamento anteriormente manejado por grade pesada, e os menores valores foram observados nas subparcelas anteriormente manejadas por arado de aiveca.

Observando-se a Figura 2, fica evidente que as subparcelas com plantio direto apresentaram umidade gravimétrica maior que nas de cultivo mínimo nesta amostragem, isso devido a maior exposição do solo ao sol após o manejo com o escarificador, favorecendo portanto, maior evaporação, além deste proporcionar maior macroporosidade e conseqüentemente maior percolação de água. Assim pode-se constatar que este maior teor de



umidade (Figura 2) obtido nas subparcelas de plantio direto pode ter influenciado sobre os valores de resistência mecânica a penetração (Figura 1) para este manejo.

A Figura 3, referente à amostragem realizada após a colheita da cultura da soja, mostra que houve uma reacomodação do solo nas subparcelas escarificadas, fazendo com que os valores de resistência mecânica a penetração nas subparcelas escarificadas ficassem bem próximos aos valores obtidos nas de plantio direto, que na média apresentaram os maiores valores de resistência. Nesta amostragem os valores variaram entre 2 e 3,5 MPa (Tabelas 60 e 61, apêndice), estando de acordo com os valores impostos por Merotto Jr. e Mundstock (1999, p.135-143), portanto, segundo estes, nesta época de amostragem não haveria problemas referente a impedimento mecânico do solo para o desenvolvimento das raízes.

Quando comparado o valor de resistência mecânica do solo à penetração, em relação ao manejo anterior (Figura 3), observa-se que as diferenças entre estes são mínimas, tanto no plantio direto como no cultivo mínimo, destacando maior valor médio nas subparcelas de plantio direto anteriormente manejadas com arado de aiveca e os menores nas de cultivo mínimo sobre plantio direto, em torno de 3,3 MPa e 2,5 MPa, respectivamente.

Na Figura 3 pode-se observar que nas subparcelas de plantio direto os menores valores de resistência foram obtidos nas subparcelas anteriormente manejadas por plantio direto, com média de 2,7 MPa, e os maiores nas anteriormente manejadas por arado de aiveca, com média de 3,3 MPa, estando portanto dentro do limite imposto por Merotto Jr. e Mundstock (1999, p.135-143) de 2 a 3,5 MPa, exceto no tratamento com plantio direto sobre cultivo mínimo que ultrapassou este limite a 0,05 m de profundidade, atingindo 3,8 MPa de resistência, assim, segundo os referidos autores, neste tratamento e nesta profundidade está ocorrendo problemas quanto a impedimento mecânico do solo, prejudicando portanto, o desenvolvimento das raízes, no entanto, se adotarmos o valor sugerido por Canarache (1990, p.51-70) de 5 MPa não há problemas quanto a este fator. Também pode-se observar que até os 0,25 m de profundidade a menor resistência mecânica do solo à penetração foi obtida nas subparcelas de cultivo mínimo, evidenciando o efeito do escarificador, apresentando os menores valores de resistência foram obtidos nas subparcelas anteriormente manejadas por plantio direto, com média de 2,1 MPa, e os maiores nas anteriormente manejadas por grade pesada e por cultivo mínimo, com média de 2,6 MPa, estando portanto dentro do limite impostos pelo referido autor, a partir dessa profundidade apresenta valores de resistência bem próximos entre plantio direto e cultivo mínimo.

Quanto à umidade gravimétrica deste solo na amostragem realizada após a colheita da cultura da soja, observa-se na Figura 4 que há uma tendência de maior umidade no plantio



direto em relação ao cultivo mínimo, provavelmente em função da palhada presente sobre o solo, embora os valores estejam bem próximos. Assim, visualizando as Figuras 3 e 4 pode-se dizer que a maior umidade do solo no plantio direto (Figura 4) pode ter favorecido a menor resistência mecânica do solo obtida neste manejo (Figura 3).

Observando-se a Figura 5, percebe-se que os valores de resistência mecânica do solo à penetração, obtidos na amostragem realizada após a colheita da cultura do feijão, ou seja, um ano depois da escarificação das subparcelas de cultivo mínimo, apresentam valores muito próximos, tanto do plantio direto como do cultivo mínimo, apresentando uma certa homogeneidade entre estes, em função da reacomodação deste solo durante o período observado. Nesta amostragem, até os 0,25 m de profundidade, os valores de resistência mecânica variaram de 1 a 2,5 MPa (Tabelas 62 e 63, apêndice), portanto abaixo do limite imposto por Merotto Jr. e Mundstock (1999, p.135-143).

Quanto ao manejo anterior do solo, observa-se na Figura 5, que os maiores valores de resistência foram obtidos nos tratamentos com plantio direto e com arado de aiveca, tanto nas subparcelas de plantio direto como nas de cultivo mínimo. Nos tratamentos com plantio direto, até os 0,25 m de profundidade, os valores de resistência foram em torno de 1 a 2 MPa, atingindo valor máximo de 2,6 MPa a 0,25 m de profundidade, no tratamento anteriormente manejado por arado de aiveca, e os menores valores nos tratamentos anteriormente manejados por grade pesada. Nos tratamentos com cultivo mínimo os valores de resistência variaram de 1 a 2,5 MPa, até os 0,25 m de profundidade, com o maior valor sendo obtido no manejo sob plantio direto, atingindo valor máximo de 2,6 MPa a 0,25 m de profundidade, no tratamento anteriormente manejado por plantio direto, e os menores valores nos tratamentos anteriormente manejados por grade pesada.

Na Figura 6, referente à umidade do solo na amostragem ocorrida após a colheita da cultura do feijão, observa-se uma menor umidade do solo nos tratamentos anteriormente manejados por plantio direto e por cultivo mínimo, fato este que provavelmente tenha interferido nos valores de resistência destes tratamentos, apresentando maior resistência mecânica a penetração (Figura 5), evidenciando o efeito direto da umidade do solo sobre este parâmetro avaliado.



4.2- Cultura da aveia (inverno 2002)

4.2.1- Massa seca da aveia

A Tabela 34 mostra que a produtividade de massa seca da cultura da aveia não foi significativamente influenciada pelos diferentes sistemas de manejo do solo. No entanto, pela comparação das médias entre os manejos com plantio direto e cultivo mínimo, observa-se em valores absolutos, uma maior produção de palha no plantio direto, alcançando em torno de 4261 kg ha⁻¹, valor próximo ao do obtido por Boller et al. (1997, p.52-63), cerca de 4390 kg ha⁻¹. Com relação ao manejo anterior do solo as maiores produtividades de massa seca da aveia, em valores absolutos, foram obtidas nos manejo com plantio direto (4646 kg ha⁻¹) e com cultivo mínimo (4647 kg ha⁻¹) e a menor no manejo com grade pesada (3454 kg ha⁻¹).

Tabela 34- Massa seca da cultura da aveia (kg ha⁻¹), nas parcelas destinadas a diferentes sistemas de manejo do solo para a implantação da cultura da soja no verão. Selvíria - MS, 2002.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	5061	4232	4646
Grade pesada	3301	3608	3454
Cultivo mínimo	4892	4401	4647
Arado de aiveca	3790	4247	4019
Média	4261	4122	4192

CV manejo anterior=22,35 % CV manejo atual=29,82 %

DMS manejo anterior= 2070,31 DMS manejo atual= 962,42

4.2.2- Porcentagem de cobertura do solo

Conforme os resultados apresentados nas Tabelas 35, 36 e 37, referentes à porcentagem de cobertura do solo, mostrando as épocas de amostragem e os diferentes manejos do solo, observa-se que houve diferença significativa para em relação à porcentagem de cobertura do solo entre os manejos com plantio direto e com cultivo mínimo, em todas as



épocas amostradas, sendo o plantio direto superior estatisticamente, concordando com resultados obtidos por Furlani (2000, 218p.). Quanto ao manejo anterior do solo, a porcentagem de cobertura não foi influenciada significativamente, porém, em valores absolutos, as maiores quantidades foram obtidas no manejo anterior com cultivo mínimo.

Na Tabela 35, encontram-se os resultados referentes à amostragem ocorrida após a escarificação das subparcelas destinadas ao cultivo mínimo, e antes da semeadura da cultura da soja, onde pode-se observar a superioridade do plantio direto em relação ao cultivo mínimo, com variações de 39 a aproximadamente 90 % de cobertura do solo, sendo no cultivo mínimo sobre grade pesada e no plantio direto sobre o cultivo mínimo, respectivamente. Quando a amostragem ocorreu após a semeadura da cultura da soja (Tabela 36), também observa-se a superioridade do plantio direto em relação ao cultivo mínimo.

Tabela 35- Porcentagem de cobertura do solo (%) determinada antes da semeadura da cultura da soja. Selvíria - MS, 25/09/2002.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	88	43	65
Grade pesada	88	39	63
Cultivo mínimo	90	41	65
Arado de aiveca	88	47	68
Média	88 a	42 b	65

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 5,89 % CV manejo atual= 10,21 %

DMS manejo anterior = 8,50 DMS manejo atual= 5,13

Comparando-se os resultados apresentados nas Tabelas 35 e 36, observa-se uma redução da porcentagem de cobertura do solo da primeira para a segunda amostragem, antes e depois da semeadura da cultura da soja, respectivamente. Conforme a literatura, para o sistema de manejo ser considerado conservacionista, este deve manter sobre o solo mais de 30 % de cobertura vegetal (ASAE, 1996, p.115-119, citado por OLIVEIRA, 2002, 100p.; BOLLER e CALDATO, 2000). No entanto, nas subparcelas de cultivo mínimo sobre grade pesada, com amostragem realizada após a semeadura da cultura da soja, obteve-se valor médio inferior ao preconizado, cerca de 26%, isto em função da escarificação e

provavelmente do maior revolvimento do solo na operação de semeadura (Tabela 36), e também, pela menor produtividade de massa seca da cultura de cobertura (Tabela 34).

Tabela 36- Porcentagem de cobertura do solo (%) determinada após a semeadura da cultura da soja. Selvíria - MS, 15/11/2002.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	43	34	38
Grade pesada	47	26	37
Cultivo mínimo	61	35	48
Arado de aiveca	51	39	45
Média	50 a	34 b	42

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 20,53 %

CV manejo atual= 27,71 %

DMS manejo anterior= 19,09

DMS manejo atual= 8,89

Na Tabela 37, referente à amostragem ocorrida na ocasião da colheita da cultura da soja, também observa-se a superioridade do plantio direto em relação ao cultivo mínimo.

Tabela 37- Porcentagem de cobertura do solo (%) determinada na ocasião da colheita da cultura da soja. Selvíria - MS, 28/03/2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	63	54	58
Grade pesada	69	52	60
Cultivo mínimo	71	51	61
Arado de aiveca	64	48	56
Média	67 a	51 b	59

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 9,11 %

CV manejo atual= 10,71 %

DMS manejo anterior= 11,87

DMS manejo atual= 4,86

4.3- Infestação por plantas daninhas

Pelos resultados apresentados na Tabela 38 constata-se que os preparos de solo envolvendo plantio direto e cultivo mínimo diferiram estatisticamente entre si quanto à presença de plantas daninhas, sendo o plantio direto estatisticamente superior. As maiores porcentagens de infestação por plantas daninhas foram observadas no plantio direto quando comparado ao cultivo mínimo, sendo que, em valores absolutos, a maior porcentagem foi observada no plantio direto sobre grade pesada e a menor no cultivo mínimo sobre cultivo mínimo.

Também pode-se observar que apesar de não ter diferido estatisticamente, em valores médios, a maior porcentagem de infestação ocorreu nos tratamentos anteriormente manejados com arado de aiveca e grade pesada, evidenciando que o revolvimento do solo favorece o desenvolvimento de maior quantidade de plantas daninhas, visto que as sementes de muitas espécies necessitam de radiação solar para a germinação (GASSEN e GASSEN, 1996, p.96-97).

Tabela 38- Infestação por plantas daninhas (%) na cultura da soja, observada na época de controle, quando a soja apresentava o terceiro trifólio completamente desenvolvido. Selvíria - MS, 2002.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	15	16	16
Grade pesada	20	15	18
Cultivo mínimo	19	14	16
Arado de aiveca	19	18	18
Média	18 a	16 b	17

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 19,13 %

CV manejo atual= 18,64 %

DMS manejo anterior= 7,13

DMS manejo atual= 2,42



4.4- Cultura da soja (verão 2002/2003)

4.4.1- População inicial e final

Analisando-se os resultados das Tabelas 39 e 40, pode-se observar que o plantio direto apresentou valores superiores, tanto para população inicial como final de plantas, diferindo estatisticamente do cultivo mínimo, resultados estes que confirmam os benefícios do plantio direto na germinação, emergência e população final de plantas das culturas, citadas comumente pela literatura, provavelmente pela maior disponibilidade de água neste sistema, e também que o manejo anterior do solo não influenciou significativamente nos resultados. Tanto para população inicial como final de plantas, os melhores resultados foram obtidos nos manejos com o plantio direto sobre arado de aiveca e sobre plantio direto, respectivamente, e os piores nos manejos com cultivo mínimo sobre plantio direto.

Oliveira (2002, 100p.) obteve tanto para população inicial como final de plantas de soja menores resultados no plantio direto em relação ao preparo reduzido e ao convencional, já Mello (1988, 132p.) obteve maior população final de plantas de soja no manejo com arado de disco e duas gradagens em relação ao plantio direto, portanto, contrários aos resultados obtidos.

Tabela 39- População inicial de plantas da cultura da soja (plantas ha⁻¹), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2002.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	268889	213333	241111
Grade pesada	250000	216111	233056
Cultivo mínimo	267778	225556	246667
Arado de aiveca	275000	241111	258056
Média	265417 a	224028b	244722

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 8,16 %

CV manejo atual= 9,23 %

DMS manejo anterior= 44155

DMS manejo atual= 17392



Tabela 40- População final de plantas da cultura da soja (plantas ha⁻¹), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	240000	192222	216111
Grade pesada	219445	206111	212778
Cultivo mínimo	236111	200556	218333
Arado de aiveca	217778	228889	223333
Média	228333 a	206944 b	217639

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 7,82 %

CV manejo atual= 12,05 %

DMS manejo anterior= 37587

DMS manejo atual= 20189

4.4.2- Altura de plantas

A altura das plantas não foi influenciada significativamente pelos diferentes manejos do solo (Tabela 41), sendo praticamente iguais.

Tabela 41- Altura de plantas de soja (cm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	78	74	76
Grade pesada	79	78	79
Cultivo mínimo	79	77	78
Arado de aiveca	77	82	80
Média	78	78	78

CV manejo anterior= 5,31 %

CV manejo atual= 9,48 %

DMS manejo anterior= 9,14

DMS manejo atual= 5,69

4.4.3- Altura de inserção da primeira vagem

Quanto aos valores médios de altura de inserção da primeira vagem mostrados na Tabela 42, observa-se que o plantio direto foi estatisticamente superior ao cultivo mínimo, não mostrando diferença quanto ao manejo anterior do solo.

Tabela 42- Altura de inserção da primeira vagem de plantas de soja (cm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	20	15	18
Grade pesada	17	15	16
Cultivo mínimo	17	17	17
Arado de aiveca	17	16	16
Média	18 a	16 b	17

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 10,52 % CV manejo atual= 17,06 %

DMS manejo anterior= 3,88 DMS manejo atual= 2,19

4.4.4- Diâmetro do caule

Tabela 43- Diâmetro do caule de plantas de soja (mm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	7,6	8,3	7,9
Grade pesada	8,2	7,7	7,9
Cultivo mínimo	7,8	8,1	7,9
Arado de aiveca	8,5	7,9	8,2
Média	8,0	8,0	8,0

CV manejo anterior= 4,71 % CV manejo atual= 8,43 %

DMS manejo anterior= 0,83 DMS manejo atual= 0,52

Observando-se a Tabela 43, referente aos valores médios de diâmetro do caule de plantas de soja (mm), sob diferentes sistemas de manejo de solo, pode-se verificar que não houve influência significativa dos manejos.

4.4.5- Número de vagens por planta e número de grãos por vagem

Conforme os resultados apresentados na Tabela 44, referentes aos valores médios do número de vagens por planta de soja, observa-se que o manejo anterior do solo não interferiu significativamente nos resultados, onde apenas os tratamentos com plantio direto e cultivo mínimo sobre plantio direto diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 44- Número de vagens por planta de soja, sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	44,4 b	58,9 a	51,7
Grade pesada	55,6	45,2	50,4
Cultivo mínimo	48,5	55,5	52,0
Arado de aiveca	56,3	47,2	51,8
Média	51,2	51,7	51,44

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 8,00 %

CV manejo atual= 17,04 %

DMS manejo anterior= 9,10

DMS manejo atual= 6,75

DMS manejo anterior (manejo atual)= 14,80 DMS manejo atual (manejo anterior)= 13,50

Na Tabela 45 são apresentados os valores do número médio de grãos por vagem, onde os tratamentos avaliados não diferiram estatisticamente entre si, apresentando valores médios semelhantes.

Tabela 45- Número de grãos por vagem da cultura da soja, sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	1,7	1,7	1,7
Grade pesada	1,7	1,7	1,7
Cultivo mínimo	1,7	1,7	1,7
Arado de aiveca	1,7	1,7	1,7
Média	1,7	1,7	1,7
CV manejo anterior= 4,73 %		CV manejo atual= 5,69 %	
DMS manejo anterior= 0,18		DMS manejo atual= 0,07	

4.4.6- Massa de 100 grãos

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 46, observa-se uma influencia significativa do manejo anterior do solo sobre a massa de 100 grãos, com o cultivo mínimo diferindo estatisticamente do plantio direto, e estes não diferindo dos demais. No entanto, em relação ao manejo atual do solo, os valores médios da massa de 100 grãos não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 46- Massa de 100 grãos da cultura da soja (g), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	19,4	19,3	19,3 B
Grade pesada	20,1	19,6	19,8 AB
Cultivo mínimo	20,6	20,5	20,6 A
Arado de aiveca	19,9	20,1	20,0 AB
Média	20,0	19,9	19,9

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 2,73 % CV manejo atual= 5,42 %

DMS manejo anterior= 1,20 DMS manejo atual= 0,83

4.4.7- Massa seca da palha

A Tabela 47 mostra que os diferentes manejos de solo interferiram significativamente sobre os resultados referentes à massa seca da palha da cultura da soja, onde observa-se que os manejos envolvendo plantio direto e cultivo mínimo sobre grade pesada diferiram estatisticamente entre si, sendo o cultivo mínimo superior. Também mostra que nos tratamentos com cultivo mínimo, o manejo anterior do solo interferiu significativamente sobre a produção média de palha da cultura da soja, com o manejo anterior do solo com grade pesada sendo superior ao anteriormente manejado por plantio direto, e estes não diferindo dos demais.

Tabela 47- Massa seca da palha da cultura da soja (kg ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	2653	2577 B	2615
Grade pesada	2317 b	3507 Aa	2912
Cultivo mínimo	2854	2698 AB	2776
Arado de aiveca	2931	3219 AB	3075
Média	2689	3000	2845

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 9,57 %

CV manejo atual= 15,89 %

DMS manejo anterior= 601,49

DMS manejo atual= 348,11

DMS manejo anterior (manejo atual)=831,29 DMS manejo atual (manejo anterior)=696,22

4.4.8- Produtividade de grãos

A produtividade média de grãos da cultura da soja não foi influenciada significativamente pelos diferentes manejos do solo, como mostra a Tabela 48, no entanto, em valores absolutos, a produção média de grãos foi maior no cultivo mínimo em relação ao plantio direto, aproximadamente 140 kg ha^{-1} a mais. Conforme os resultados, pode-se observar que a maior produção de grãos foi obtida no tratamento com cultivo mínimo sobre

cultivo mínimo, em torno de 3600 kg ha^{-1} , e a menor no plantio direto sobre plantio direto, cerca de 3000 kg ha^{-1} . Estes resultados concordam com os obtidos por Medeiros et al. (2000) e Oliveira et al. (2000) que também não obtiveram diferenças significativas quanto à produtividade entre os diferentes manejos do solo.

Tabela 48- Produtividade de grãos da cultura da soja (kg ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	3012	3165	3088
Grade pesada	3331	3489	3410
Cultivo mínimo	3282	3604	3443
Arado de aiveca	3387	3306	3347
Média	3253	3391	3322

CV manejo anterior= 10,34 % CV manejo atual= 10,52 %

DMS manejo anterior= 759,11 DMS manejo atual= 269,12

4.5- Cultura do feijão (inverno - 2003)

4.5.1- População inicial e final

Observando-se os resultados das Tabelas 49 e 50, constata-se que o manejo anterior do solo não interferiu significativamente sobre a população de plantas da cultura do feijão, porém na média, o manejo do solo com plantio direto apresentou valores estatisticamente superiores ao cultivo mínimo. Em ambos os casos, os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos com plantio direto sobre plantio direto.

Tabela 49- População inicial de plantas da cultura do feijão (plantas ha⁻¹), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	261667	214445	238056
Grade pesada	224444	212778	218611
Cultivo mínimo	248889	236667	242778
Arado de aiveca	242778	215000	228889
Média	244445 a	219722 b	232083

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 6,89 %

CV manejo atual= 9,39 %

DMS manejo anterior= 35351

DMS manejo atual= 16778

Tabela 50- População final de plantas da cultura do feijão (plantas ha⁻¹), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	245000	205556	225278
Grade pesada	216111	204444	210278
Cultivo mínimo	241667	226111	233889
Arado de aiveca	232222	207222	219722
Média	233750 a	210833 b	222292

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 6,50 %

CV manejo atual= 8,29 %

DMS manejo anterior= 31918

DMS manejo atual= 14189

4.5.2- Altura de plantas

A Tabela 51 mostra que a altura das plantas não sofreu influência significativa dos diferentes manejos do solo, no entanto, o maior valor médio foi obtido no cultivo mínimo em relação ao plantio direto. Os valores médios para altura de plantas, cerca de 61 cm, foram



superiores aos obtidos por Luchiari Junior e Figueredo (1990, p.118-119) para cultivar Carioca, que apresentou altura máxima de 50 cm.

Tabela 51- Altura de plantas de feijão (cm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	58	62	60
Grade pesada	63	59	61
Cultivo mínimo	60	62	61
Arado de aiveca	60	61	61
Média	60	61	61

CV manejo anterior= 5,09 %

CV manejo atual= 7,37 %

DMS manejo anterior= 6,83

DMS manejo atual= 3,44

4.5.3- Diâmetro do caule

Tabela 52- Diâmetro do caule de plantas de feijão (mm), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	3,6	3,5	3,5
Grade pesada	3,6	3,3	3,4
Cultivo mínimo	3,4	3,5	3,4
Arado de aiveca	3,4	4,4	3,9
Média	3,5	3,7	3,6

CV manejo anterior= 9,30 %

CV manejo atual= 16,08 %

DMS manejo anterior= 0,73

DMS manejo atual= 0,44

Os valores apresentados na Tabela 52 referentes ao diâmetro médio do caule das plantas de feijão, mostram que este parâmetro não foi influenciado significativamente pelos

diferentes manejos do solo, no entanto, observa-se que na média o manejo com cultivo mínimo foi maior que no plantio direto.

4.5.4- Número de vagens por planta e número de grãos por vagem

Conforme os resultados apresentados na Tabela 53, referentes ao número de vagens por planta de feijão, observa-se que os manejos de solo com plantio direto e cultivo mínimo anteriormente manejados por plantio direto e por grade pesada diferiram estatisticamente entre si, sendo o cultivo mínimo superior no primeiro caso e o plantio direto no segundo. Nos tratamentos com cultivo mínimo houve influência significativa do manejo anterior do solo quanto ao número de vagens por planta, com o anteriormente manejado por plantio direto diferindo do com grade pesada. Arf et al. (1994, p.233-248) obteve para a cultivar Carioca, número médio de 14,2 vagens por planta, sendo maior do que os encontrados no experimento.

Tabela 53- Número de vagens por planta de feijão, sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	8,5 b	9,1 Aa	8,8
Grade pesada	8,8 a	6,8 Bb	7,8
Cultivo mínimo	7,8	7,4 AB	7,6
Arado de aiveca	8,5	7,8 AB	8,2
Média	8,4	7,8	8,1

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 10,31 %

CV manejo atual= 9,97 %

DMS manejo anterior= 1,84

DMS manejo atual= 0,62

DMS manejo anterior (manejo atual)= 2,04

DMS manejo atual (manejo anterior)= 1,24

A Tabela 54 mostra que o manejo anterior do solo não interferiu significativamente sobre os valores referentes ao número de grãos por vagem, no entanto, houve diferença significativa entre plantio direto e cultivo mínimo, sendo o cultivo mínimo estatisticamente

superior, valores estes inferiores aos obtidos por Cardoso e Zanini (2003, p.441-449), cerca de 5,87 grãos por vagem.

Tabela 54- Número de grãos por vagem da cultura do feijão, sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	3,8	4,0	3,9
Grade pesada	3,8	4,0	3,9
Cultivo mínimo	3,9	4,5	4,2
Arado de aiveca	3,8	4,0	3,9
Média	3,8 b	4,1 a	4,0

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

CV manejo anterior= 10,35 % CV manejo atual= 8,92 %

DMS manejo anterior= 0,91 DMS manejo atual= 0,27

4.5.5- Massa de 100 grãos

Tabela 55- Massa de 100 grãos da cultura do feijão (g), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	23,8	25,2	24,5
Grade pesada	22,8	23,7	23,3
Cultivo mínimo	23,9	23,5	23,7
Arado de aiveca	24,2	23,7	23,9
Média	23,7	24,0	23,9

CV manejo anterior= 5,57% CV manejo atual= 5,00 %

DMS manejo anterior= 2,94 DMS manejo atual= 0,92

Observando a Tabela 55, referente aos valores da massa de 100 grãos, verifica-se que não houve diferenças significativas dos diferentes manejos, apresentando uma média de

aproximadamente 24 g, sendo superior aos obtidos por Cardoso e Zanini (2003, p.441-449) de 20,6 g, e semelhantes aos obtidos por Luchiari Júnior e Figueredo (1990, p.118-119) de 24,7 g.

4.5.6- Massa seca da palha

A Tabela 56 mostra que a massa seca da palha da cultura do feijão não foi influenciada significativamente pelos diferentes manejos do solo, porém, em valores absolutos, a maior quantidade média de massa seca da palha foi obtida no plantio direto quando comparado ao cultivo mínimo.

Tabela 56- Massa seca da cultura do feijão (kg ha^{-1}), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	1023	1077	1050
Grade pesada	1053	904	979
Cultivo mínimo	1009	997	1003
Arado de aiveca	994	1007	1000
Média	1020	996	1008

CV manejo anterior= 5,50 %

CV manejo atual= 8,13 %

DMS manejo anterior= 122,43

DMS manejo atual= 63,06

4.5.7- Produtividade de grãos

A produtividade média de grãos da cultura do feijão não foi influenciada significativamente pelos diferentes manejos de solo, como mostra a Tabela 57, no entanto, em valores absolutos, a maior produção média de grãos foi obtida no plantio direto em relação ao cultivo mínimo, cerca de 1416 kg ha^{-1} e de 1391 kg ha^{-1} , respectivamente, valores este abaixo dos obtidos por Yano (2002, p.63), nesta mesma área experimental (1616 kg ha^{-1}), por Cardoso e Zanini (2003, p.441-449), em torno de 2000 kg ha^{-1} , segundo os quais citam Silveira e Stone (1994, 46p.) que apontam rendimentos superiores a 1500 kg ha^{-1} , chegando a

ultrapassar 3000 kg ha⁻¹, dependendo do nível tecnológico adotado para o cultivo do feijão no inverno.

Tabela 57- Produtividade de grãos da cultura do feijão (kg ha⁻¹), sob diferentes sistemas de manejo de solo. Selvíria - MS, 2003.

Manejo anterior	Manejo atual		Média
	Plantio direto	Cultivo mínimo	
Plantio direto	1392	1345	1369
Grade pesada	1402	1397	1400
Cultivo mínimo	1429	1345	1387
Arado de aiveca	1441	1475	1458
Média	1416	1391	1403

CV manejo anterior= 12,47 %

CV manejo atual= 14,71 %

DMS manejo anterior= 158,92

DMS manejo atual= 386,63

5- CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e as discussões apresentadas conclui-se que:

Os condicionamentos anteriores do solo não influenciaram os atributos estudados durante as culturas da soja e do feijão.

O cultivo mínimo, com escarificação, executado para a implantação da soja, proporcionou melhores condições físicas do solo nas camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m do que o plantio direto, porém na época da colheita do feijão os valores de densidade, porosidade do solo e resistência mecânica à penetração não mostraram diferenças entre o cultivo mínimo e o plantio direto, evidenciando que as alterações induzidas pela escarificação foram transitórias e que houve a reacomodação do solo com o decorrer do tempo.

Nas camadas de 0,20 a 0,30 m, os atributos do solo não foram alterados pelos manejos anteriores nem pelos manejos com plantio direto e cultivo mínimo para a instalação da cultura da soja.

A produtividade de massa seca da aveia no inverno antecedendo a cultura da soja não foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo praticados anteriormente.

Em todas as épocas avaliadas o plantio direto apresentou valores de cobertura do solo significativamente superiores ao cultivo mínimo.

O plantio direto apresentou população inicial e final de plantas superior ao cultivo mínimo, tanto na cultura da soja como do feijão.

A produtividade de grãos das culturas da soja e do feijão não foram influenciadas pelos sistemas de manejo com plantio direto e com cultivo mínimo, nem pelos manejos anteriores do solo.

6- REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERTD, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de cultura e sistema de manejo de solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de 7 anos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.115-119, 1995.

ALMEIDA, F. S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná/IAPAR, 1988. p.1-60. (Circular técnico, 53)

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.233-248.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B. ; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W. ;JONES, A. J. (Eds.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of América, 1996. p.123-141. (SSSA Special publication, 49).

BERTOL, I. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.2, p.267-271, 1994.

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



BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, Viçosa, MG, v.25, n.1, p.167-177, 2001.

BICUDO, S. J.; SANTOS, J. R. Arranjos de preparo do solo: Características físicas e cobertura vegetal do solo na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. **Trabalhos apresentados...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999.(CD-ROM).

BOLLER, W. Semeadura de culturas produtoras de grãos em solo sob preparo conservacionista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25; CONGRESSO LATINOAMERICANO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1, 1996, Bauru. **Resumos...** Bauru: FET, 1996. p.16.

BOLLER, W; GAMERO, C. A.; PEREIRA, J. O. Avaliação de diferentes sistemas de preparo e condições de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.52-63, 1997.

BOLLER, W; CALDATO, D. E. Sistemas de preparo e condições de cobertura do solo antecedendo da implantação do feijão (*Phaseolus vulgaris* L). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA RURAL, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFCe, 2000. (CD-ROM).

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v.24, p.449-457, 2000.

BRASIL, M. A. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, Divisão de Sementes e Mudas, 1976. 118 p.



CALEGARI, A. Rotação de culturas. In:___ **Guia para plantio direto**. Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio direto na Palha, 2000. p.69-78.

CAMARGO, O A. ; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba:Otavio A. De Camargo e Luis R. F. Alleoni, 1997. 121p.

CAMARGO, A. M. M. P.; CASER, D. V.; FRANCISCO,V. L. F. S. Previsões e estimativas das safras agrícolas no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.31, p.101-117, 2001.

CARDOSO, S. S.; ZANINI, J. R. Parcelamento de nitrogênio aplicado por fertirrigação via pivô central em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.441-449, 2003.

CARVALHO, E. J. M.; FIGUEIREDO, M. S., COSTA, L. M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.2, p.257-265, 1999.

CANARACHE, A. Peneter a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.51-70, 1990.

CASTRO FILHO, C. **Conservação do solo**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná/IAPAR, 1991. p. 85-97. (Circular técnico, 68).

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Efeitos de sistema de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.9, p.263-266, 1985.

COAN, O. **Preparo vertical do solo**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências e Veterinárias, 1995. 21 p (Mimeogr.).

CORSINI, P. C. ; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.2, p.289-298, 1999.



CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. In: Plantio Direto. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.22, p.13-24, 2001.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v.23, p.703-709, 1999.

DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado de solos do Campus Experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: Departamento de Solos, geologia e fertilizantes, EZALQ/USP, 1980. 48p.

DERPSCH, R. Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre plantio direto no Brasil. In: **Plantio Direto no Brasil**. Fundação Cargil, 1984. p.58.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistema de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: GTZ, 1991. 272p.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná/IAPAR, 1992. p.1-80. (Circular técnico, 73).

DIAS JUNIOR, M. S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.55-94.

EHLERS, W.; KOPKE, V.; HESSE, F. e BÖHM, W. Penetration resistance and root growth of oast in tilled and untilled loess soil. **Soil And Tillage Research**, Amsterdam, v.3, p.261-275, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PEAQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1979. "não pag.". Parte I. Análises físicas.



EMPRESA BRASILEIRA DE PEAQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações, 1999. 412

EMPRESA BRASILEIRA DE PEAQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná, 1999/2000**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 236p. (Embrapa Soja. Documentos, 131)

EMPRESA BRASILEIRA DE PEAQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil, 2000/2001**. Londrina: Embrapa Soja/Fundação MT, 2000. 245p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2003**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 199p.

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

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELLOS, C. A.; GUEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em Latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.22, n.2, p.247-254, 1998.

FERREIRA, S. M. Rotação de culturas e coberturas de solo no sistema de plantio direto nos cerrados. In: **ENCONTRO DE PLANTIO DIRERTO NO CERRADO**, 7, 2003, Sorriso/ MT. **Anais...** Sorriso: Editora Universitária UFMT, 2003. p.33-36.

FURLANI, C. E. A. **Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu, 2000. 218p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.



FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; LOPES, A. Resistência do solo à penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.579-587, 2003.

GABRIEL FILHO, A. **Avaliação de cinco formas geométricas de corpos de arados de preparo de dois tipos de solos e do comportamento da cultura do milho (*Zea mays* L).** Botucatu, 1998. 134 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; CIQUEIRA, R.; LOPES, A. Prepare os implementos que esta chegando a hora. **A granja**, Porto Alegre, n. 585, p.14-21, 1997.

GASSEN, D. N. ; GASSEN, F. R. **Plantio direto, o caminho do futuro.** Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207p.

GHOHMANN, F.; QUEIROZ NETO, J. P. Efeito da compactação de dois solos limo-argilosos sobre penetração de raízes de arroz. **Bragantia**. Campinas, v.25, p.419-443,. 1996.

GOMES, A. S.; PEÑA, Y. A.; GOMES, D. N.; Influência de diferentes sistemas de cultivo sobre alguns atributos físicos de um solo de várzea. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1997. p.137-141.

GRANT, C. A.; LAFOND, G. P. The effects of tillage system and crop sequences on soil bulk density and resistance on a clay soil southern. Saskatchewan. Can. **The Journal of Soil Science**, Oxford, v.73, p.223-232, 1993.

GREGO, C. R.; BENEZ, S. H.; SILVA, S. L.; SILVA, A. R. B. Residual de Preparos do solo e manejos da cobertura vegetal espontânea, estabelecidos à dois anos, sobre o milho (*Zea mays* L). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29,2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFCe, 2000. (CD-ROM).



HENKLAIN, J. C.; GUIMARÃES, M. F. ; VIEIRA, M. J.; MEDINA, C. C. Efeito do preparo do solo no desenvolvimento radicular. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1,1996, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná, 1996. p.103-106.

HENKLAIN, J. C. Influência do tempo no manejo do sistema de semeadura direta e sua implicação nas propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do solo/ EMBRAPA, 1997. (CD-ROM).

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C.; FABRICIO, A. C.; DEDECEK, R.; ALVES JUNIOR, M.. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.21, p.667-676, 1997.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Manejo e conservação de solos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa **Informações técnicas**. Dourados: Embrapa – CPAO, 1997. p.36-67.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENTA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.11-18, 2001.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 263 p.

KISMANN, K. G. Plantas infestantes e nocivas. In: _____. **Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb)**. São Paulo: BASF. Tomo 1. 1991. p.292-295.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.2, p.45-54, 1998.

KRANZ, W. M. População de plantas In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p.115-125. (Circular, 63).



KOCHHANN, R. A. Alterações das características físicas, químicas e biológicas do solo sob sistema de plantio direto. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 1, 1996, Passo Fundo. **Resumo...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. p.8-10.

LOPES, R. A. P.; NOBREGA, L. H. P.; PRIOR, M.; BORTOLOTO, V. C.; URIBE-OPAZO, M. A. Variação da densidade e teor de água em um LATOSSOLO sob dois sistemas de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (CD ROM).

LUCARELLI, J. R. F.; DANIEL, L. A.; ESPINDOLA, C. R. Evolução da camada compactada em diferentes tipos de prepare do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. (CD - ROM).

LUCHIARI JÚNIOR, A.; FIGUEIREDO, S. Estabelecimento do momento de irrigação em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L) cultivado em Latossolo de Cerrados. In: REUNIÃO SOBRE FEIJÃO IRRIGADO, 1, 1990, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa/CNPAF, 1990. p.118-119. (Documento, 27).

MACHADO, L. A. Z.; SOUZA, P. G.; HERNANI, L. C. **Aveia**. Dourados: Embrapa/Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste, 1999. 5p. (Comunicado técnico, 8).

MARQUES, J. P. **Manejo da vegetação espontânea para implantação da cultura do milho (*Zea mays* L) em Plantio Direto e preparo convencional do solo**. Botucatu, 1999. 98p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

MARTINS, C. B. **Análise da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho distrófico em função do grau de umidade**. Ilha Solteira, 2002. 52p. Monografia (Trabalho de Graduação) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.



MARTINS FILHO, M. V.; PEREIRA, V. P.; MARQUES JUNIOR, J. Efeitos da densidade do solo na erosão de um Latossolo Vermelho devido ao tráfego. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.1, p.23-31. 2001.

MEDEIROS, R. D.; LUZ, F. J. F.; MOREIRA, M. A. B.; SCHWENGBER, D. R.; ARAUJO, W. F. Efeitos de diferentes sistemas de preparos do solo em soja no cerrado de Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (CD - ROM).

MELLO, L. M. M. **Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo na cultura da soja (*Glycini Max* (L) MERRIL) e sobre algumas propriedades de um Latossolo Vermelho Escuro de cerrado.** Botucatu, 1988, 132p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

MELLO, L. M. M. ; BASSO, M. B.; YANO, E. H.; BENEZ, S. H. A cultura do milho (*Zea mays* L) sob semeadura direta e cultivo mínimo na região de cerrado. In: CONGRESSO ARGENTINO, 5, LATINO AMERICANO DE INGENIERIA RURAL, 2, 1998, La Plata. **Anais...** La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 1998. (CD-ROM).

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A. ; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, MG, v.27, p.1149-1159, 2003.

MEROTO JUNIOR, A.; MUNDSTOCK, C. M. Processo de afilamento e crescimento de raízes de trigo afetados pela resistência do solo. **Revista da Agronomia**, São Paulo, v.12, n.2, p.197-202. 1999.

MOÇOUÇAH, M. J. **Influência de cultivares de feijoeiro, adubação e inseticidas sobre a população e danos de *Empoasca kraemeri* (ROSS e MOORE, 1957) (Hemíptera-Cicadelidae) e *Bemisia tabaci* (GENNADIUS, 1889) (Hemíptera-Aleyrodidae), em três épocas de semeadura.** Jaboticabal, 1994. 198p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.



OLIVEIRA, C. B. ; NOBREGA, L. H. P.; PRIOR, M.; SORDI, M.; LOPES, A. P. Avaliação do comportamento de cultivares de soja sob dois sistemas de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (CD - ROM).

OLIVEIRA, M. F. B. **A cultura da soja implantada em diferentes coberturas e manejos do solo em área de pastagem degradada.** Botucatu, 2002. 100p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; NACHTIGALL, G. R. Produtividade do arroz irrigado em sistemas de cultivo contínuo e em rotação com soja e milho. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18, 1989. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1989. p.150-160.

PEDROTTI, A.; DIAS JUNIOR, M. S. Compactação do solo: como evitá-la. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.9, p.50-52. 1996.

PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, C. D.; SAMAHA, M. J. Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1, 1996, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Instituto Agrônomo do Paraná, 1997. p.275.

PEREIRA, J. A. R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (*Glycini max* (L) MERRIL) no cerrado.** Botucatu, 1990, 83p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

PITOL, C. Espécies de cobertura do solo no Mato Grosso. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa/Fecotrig, Fundação ABC. **Plantio direto no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo 1993. p.163-166.

RAIJ, B. van ;QUAGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81)

RALISCH, R.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F. O perfil cultural na avaliação do manejo do solo e da compactação. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. (Coords.). **Qualidade física do solo: métodos de estudo de sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: Funep, 2002b. p.74-87.

SALTON, J. C. Alternativas para produzir palha no Mato Grosso do Sul. In: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO/EMBRAPA, FUNDAÇÃO CENTRO DE EXPERIMENTAÇÃO E PESQUISA/FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.159-162.

SANTOS, I. M. B. Plantio direto na palha em cultivo de arroz. Disponível em: <www.members.tripomed.com/agropage.pdp.html>. Acesso em: 30 out.2002.

SEVERO, G. Manejo de solos: para onde vai o plantio conservacionista. **A granja**, Porto Alegre, v.599, n.54, p.32-34, 1998.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v.7, p.103-106, 1983.

SILVA, A. R. B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (*Zea mayz* L) em diferentes tipos de preparo de solo**. Botucatu, 2000, 95p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

SILVA, J.R.; NOGUEIRA JUNIOR, S. Cereais de inverno: entraves e possibilidades no Estado de São Paulo. **Informativo Econômico**, Rio de Janeiro, v.31, p.55-57, 2001.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SILVA, A. P.; BRAIDA, J. A.; KAISER, D. R. Intervalo hídrico ótimo para três solos em sistema de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, 2002, Cuiabá. **Resumos...**Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002a. (CD-ROM).



SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. ;IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. (Coords). **Qualidade física do solo: métodos de estudo de sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: Funep, p.1-18. 2002b.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro com uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central**. Brasília,DF: Embrapa/SPI, 46p. 1994.

SILVEIRA, P. M.; SILVA, J. G.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeito de sistemas de preparo na densidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do solo/ EMBRAPA, 1997. (CD-ROM).

SIQUEIRA, N. S.; SOUZA, M. C.; GALVÃO, J. C. C. Sistema de preparo e propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1, 1996, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná/IAPAR, 1996. p.114-115.

SIQUEIRA, R. **Sistema de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo.** . Botucatu, 1999. 191 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Ersevier, 1994. 660p.

SPEDDING, C. R. W.; LARGE, R. V. Apoit quadrat method for the description of pasture in terms of height and density. **Journal Britanica. Gras. Society**, Amsterdam, v.12, p. 229-234, 1957.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 395-401, 2001.



TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.425-430, 2001.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p.333-339, 1996.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com soja**. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 58p. (Circular técnica, 23)

TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; PICCININ, J. L. Avaliação de sistemas de preparo do solo e rotação de culturas com soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCS, 2001. p.263.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um latossolo vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.19, p.873-882, 1984.

YANO, E. H. **Sistemas integrados de produção**: manejo do solo, culturas de inverno e verão. Ilha Solteira, 2002. 103p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

ZIMBACK, C. R. L.; MORAES, M. H.; DE MARIA, I. C. ; CASTRO, O. M. Influência de difentes preparos do solo e formas de amostragem na obtenção da retenção de água em Latossolo Roxo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. (CD - ROM).

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **SANEST** (Sistema de análise estatística para microcomputadores). 1991. 120p.



7- APÊNDICE

As Tabelas 58 a 63 referem-se aos valores médios de resistência mecânica à penetração.

Tabela 58- Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de plantio direto, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 2000/2001), obtidos antes da semeadura da cultura da soja (safra 2002/2003) (amostragem - 07/11/2002).

Profundidade (m)	Manejo anterior			
	Plantio direto	Grade pesada	Cultivo mínimo	Arado de aiveca
0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	1,66	1,70	1,47	1,95
0,10	2,19	2,04	1,79	2,14
0,15	2,17	2,18	1,95	2,13
0,20	2,30	2,28	2,11	2,05
0,25	2,32	2,27	2,19	1,84
0,30	2,38	2,70	2,41	1,88
0,35	2,60	3,55	3,00	2,01
0,40	2,75	4,29	3,92	2,34
0,45	3,10	4,06	4,15	2,75
0,50	3,14	3,87	3,95	3,10
0,55	2,03	4,83	5,61	5,98

Tabela 59- Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de cultivo mínimo, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 200/2001), obtidos após a escarificação e antes da semeadura da cultura da soja (safra 2002/2003) (amostragem - 07/11/2002).

Profundidade (m)	Manejo anterior			
	Plantio direto	Grade pesada	Cultivo mínimo	Arado de aiveca
0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,31	0,46	0,53	0,36
0,10	0,94	0,86	0,76	0,53
0,15	1,18	1,17	1,04	0,91
0,20	1,67	1,65	1,58	1,26
0,25	2,23	2,48	2,24	1,91
0,30	2,32	2,69	2,31	2,18
0,35	2,37	2,58	2,15	2,24
0,40	2,24	2,58	2,20	2,29
0,45	2,36	2,55	2,15	2,41
0,50	2,49	2,55	2,49	2,68
0,55	3,52	3,08	3,63	2,72

Tabela 60- Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de plantio direto, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 200/2001), obtidos após a colheita da cultura da soja (safra 2002/2003) (amostragem - 11/06/2003).

Profundidade (m)	Manejo anterior			
	Plantio direto	Grade pesada	Cultivo mínimo	Arado de aiveca
0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	2,63	3,18	3,84	3,24
0,10	2,78	3,20	3,32	3,53
0,15	2,65	3,28	2,94	3,19
0,20	2,63	2,75	2,82	3,11
0,25	2,59	2,58	2,67	3,28
0,30	2,52	2,61	2,53	2,98
0,35	2,29	2,63	2,69	2,93
0,40	2,21	2,53	3,01	3,03
0,45	2,48	3,16	3,32	3,48
0,50	2,91	3,41	3,29	3,06
0,55	3,41	3,60	3,39	3,63

Tabela 61- Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de cultivo mínimo, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 200/2001), obtidos após a colheita da soja (safra 2002/2003) (amostragem - 11/06/2003).

Profundidade (m)	Manejo anterior			
	Plantio direto	Grade pesada	Cultivo mínimo	Arado de aiveca
0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	2,36	3,21	3,06	3,01
0,10	2,04	2,85	2,58	2,27
0,15	1,93	2,34	2,27	1,88
0,20	2,08	2,18	2,32	2,02
0,25	2,27	2,27	2,59	2,30
0,30	2,79	2,53	2,68	2,43
0,35	2,72	2,54	2,65	2,47
0,40	2,68	2,47	2,76	2,41
0,45	2,79	2,69	2,97	2,80
0,50	2,92	2,78	2,95	2,98
0,55	3,04	3,10	3,00	3,56

Tabela 62- Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de plantio direto, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 200/2001), obtidos após a colheita da cultura do feijão no inverno (safra 2003) (amostragem - 30/11/2003).

Profundidade (m)	Manejo anterior			
	Plantio direto	Grade pesada	Cultivo mínimo	Arado de aiveca
0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	1,62	1,11	1,38	1,65
0,10	1,57	1,24	1,48	1,93
0,15	1,52	1,37	1,37	2,02
0,20	1,74	1,42	1,33	2,33
0,25	1,90	1,44	1,23	2,59
0,30	2,13	1,47	1,29	2,75
0,35	2,44	1,57	1,36	3,08
0,40	2,72	1,79	1,58	3,26
0,45	2,81	2,16	1,70	3,23
0,50	2,94	2,35	1,86	3,41
0,55	3,22	2,53	2,05	3,65

Tabela 63- Resistência do solo à penetração - MPa nas subparcelas de cultivo mínimo, manejadas anteriormente com diferentes manejos de solo (milho safra 200/2001), obtidos após a colheita do feijão no inverno (safra 2003) (amostragem - 30/11/2003).

Profundidade (m)	Manejo anterior			
	Plantio direto	Grade pesada	Cultivo mínimo	Arado de aiveca
0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	1,43	0,76	1,05	1,59
0,10	1,77	0,87	1,09	1,75
0,15	2,10	1,17	1,30	1,78
0,20	2,56	1,14	1,14	2,11
0,25	2,62	1,19	1,20	2,47
0,30	2,57	1,28	1,48	2,93
0,35	2,65	1,32	1,65	3,18
0,40	3,11	1,46	1,76	3,78
0,45	3,17	1,74	1,97	3,74
0,50	4,08	1,90	2,21	3,84
0,55	4,63	2,27	2,79	5,32

As figuras 7 a 16 , referem-se a condução das culturas durante o experimento.



Figura 7- Vista parcial da área experimental com a cultura da aveia (inverno 2002).



Figura 8- Vista parcial das subparcelas de plantio direto após a semeadura da cultura da soja (verão 2003).



Figura 9- Vista parcial das subparcelas de plantio direto após a emergência da cultura da soja (verão 2002).



Figura 10- Vista parcial das subparcelas de plantio direto mostrando o desenvolvimento inicial da cultura da soja (verão 2002).



Figura 11- Vista parcial das subparcelas de plantio direto mostrando o desenvolvimento da cultura da soja (verão 2002).

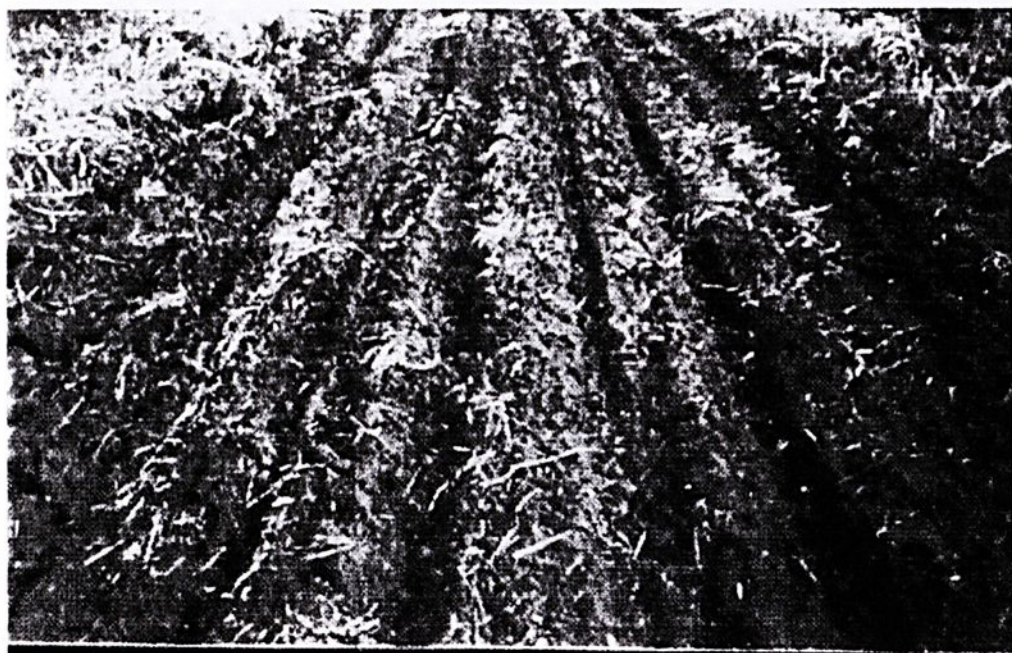


Figura 12- Vista parcial das subparcelas de cultivo mínimo após a emergência da cultura da soja (verão 2002).

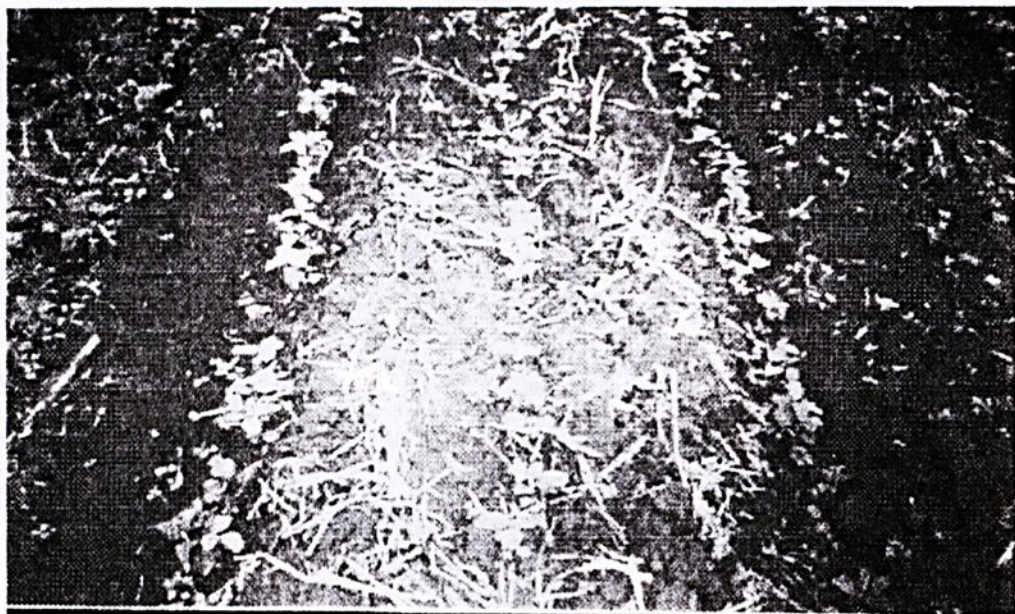


Figura 13- Vista parcial das subparcelas de plantio direto mostrando o desenvolvimento inicial da cultura da soja (verão 2002).



Figura 14- Vista parcial das subparcelas de cultivo mínimo mostrando o desenvolvimento da cultura da soja (verão 2002).



Figura 15- Vista parcial da cultura do feijão em pleno desenvolvimento (inverno 2003).



Figura 16- Vista parcial da cultura do feijão durante o florescimento (inverno 2003).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

Programa de Pós-graduação em Agronomia

Av. Brasil, 56 Centro

15385-000 Ilha Solteira - SP

www.feis.unesp.br

