UNESP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

1210001155

Propriedades Físicas e Químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria-MS sob Diferentes Usos e Manejos

Aluno: Zigomar Menezes de Souza
Orientador: Marlene Cristina Alves

Te.1155

unesp

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DE SELVÍRIA (MS) SOB DIFERENTES USOS E MANEJOS

ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de concentração em Sistemas de Produção.

Ilha Solteira-SP
Julho de 2000

BCpIS - FEIS - UNESP



PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DE SELVÍRIA (MS) SOB DIFERENTES USOS E MANEJOS

ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA

Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Profª. Drª. Marlene Cristina Alves

1210001155

Proc. 017/2000-NRD 100-CISA

UNESP - "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"
SERVIÇO TÉC. DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO

DATA DE CHEGADA	DATA DE TOMBO
13.09.00	29.09.00
REGISTRADO POR	TOMBO
Aniza	Te. 1155
AQUISIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Doação Autor R$ 10,00	S729p

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de concentração em Sistemas de Produção.

5010102 FISICA DO SOLO
5010103 QUIMICA DO SOLO

Ilha Solteira-SP
Julho de 2000

BCpIS - FEIS - UNESP

"Propriedades Físicas e Químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selviria-MS sob Diferentes Usos e Manejos"

Zigomar Menezes de Souza

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profª. Drª. Marlene Cristina Alves
Orientadora

Dr. Sidney Rosa Vieira

Prof. Dr. Morel de Passos e Carvalho

Ilha Solteira – SP
julho de 2000

BCpIS - FEIS - UNESP



A DEUS

Aos meus pais, **José Menezes de Souza** e **Regina Maria de Oliveira Souza**, à minha irmã **Zimara Menezes de Souza**, por toda uma história de amor, dedicação e incentivo que me permitiram atingir este ideal.

DEDICO

Aos queridos tios **Devair Menezes de Souza** e **Romeu de Oliveira** - pela compreensão e apoio nos momentos difíceis, minha admiração e gratidão.

OFEREÇO

BCpIS - FEIS - UNESP

AGRADECIMENTOS

À Profª. Drª. Marlene Cristina Alves, pela amizade, confiança, orientação e apoio na realização desse trabalho.

À Faculdade de Engenharia e ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Sistemas de Produção, pela possibilidade proporcionada a mim;

À FAPESP, pela concessão de bolsa e reserva técnica, possibilitando a realização desta pesquisa;

Aos Professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira: Marco Eustáquio de Sá, Edson Lazarini, Orivaldo Arf, Francisco Maximino Fernandes, João Antonio da Costa Andrade, Luiz Malcolm Mano de Mello, Salatier Buzetti, Kátia Luciene Maltoni, Morel de Passos e Carvalho, pelos ensinamentos e convívio durante o curso.

Aos amigos da Pós-Graduação: Horácio, Ary Gertes, Ananda, Edson, Cassiano, Sônia, Maria Marta, Fernando, Simone, Alessandra, Débora, Ana Cristina, Wilson Geraldo, Daniela Campos, Daniela Zanetta, Simão, Pedro, Adriana Brigatti, Marcílio, Renato, Lúcia, Arnaldo, Adriana Junqueira, Cristiane, Rita, José Weselli, Vicente, Fabiano Andrei, pelo companheirismo e pelos bons momentos que me proporcionaram, fundamentais ao êxito do curso;

Aos amigos Geovani L. Guimarães, Maria Luiza S. Silva e Cláudio Ricardo, pelo apoio, incentivo e grande amizade;

Aos técnicos de laboratório da FEIS/UNESP: Valdivino, Carlinhos e João, pela ajuda constante ao longo do curso;

BCpIS - FEIS - UNESP

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa (FEP-Cerrado) da FEIS/UNESP, companheiros nos trabalhos de campo, por tudo que contribuíram na realização desta pesquisa;

Aos funcionários da Biblioteca Central da Faculdade de Engenharia/UNESP - Campus de Ilha Solteira, em especial ao João José Barbosa, pela orientação e amizade;

À Angela Maria Marcelino Kato, Domingos Pinto Carneiro, Arlindo Avanso Urzulin e Maria de Fátima Sabino, da Faculdade de Engenharia/UNESP - Campus de Ilha Solteira, pelo bom atendimento;

Aos professores Pedro Cesar dos Santos e Walter Veriano Valério Filho, pelo apoio prestado quanto a estatística e confecção de gráficos;

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para esse acontecimento.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	xi
RESUMO	xv
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Efeito do uso e manejo sobre a infiltração de água no solo	3
2.2. Metodologia, equipamentos e modelos empregados no processo de infiltração de água no solo	10
2.3. Efeito do uso e manejo sobre os atributos físicos do solo	13
2.4 Efeito do uso e manejo sobre os atributos químicos do solo	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1. Localização e características gerais da área experimental	39
3.2. Delineamento experimental e tratamentos	39
3.3. Determinações	42
3.3.1. Infiltração de água no solo	42
3.3.2. Atributos físicos do solo	44
3.3.3. Matéria orgânica	44

unesp

3.3.4. Condutividade hidráulica saturada no campo..... 44

3.3.5. Resistência à penetração..... 45

3.3.6. Umidade do solo..... 46

3.3.7. Atributos químicos do solo..... 46

3.3.8. Análise estatística..... 46

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 49

4.1. Densidade do solo..... 49

4.2. Macroporosidade, microporosidade e porosidade total..... 54

4.3. Matéria orgânica..... 68

4.4. Infiltração de água no solo..... 72

4.5. Condutividade hidráulica saturada no campo..... 85

4.6. Resistência à penetração..... 88

4.7. Atributos químicos do solo..... 92

5.CONCLUSÕES..... 104

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 105

Anexo 1. Análise granulometrica (g.kg)..... 127

LISTA DE FIGURAS

Figuras		Página
1.	Valores médios de densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.....	52
2.	Valores médios de densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.....	53
3.	Valores médios de macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.....	56
4.	Valores médios de macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.....	58
5.	Valores médios de microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.....	61
6.	Valores médios de microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.....	62

7. Valores médios de porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998..... 66

8. Valores médios de porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 67

9. Valores médios de matéria orgânica ($g.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998..... 71

10. Valores médios de matéria orgânica ($g.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 71

11. Taxas de infiltração observada e estimada na área de cerrado..... 76

12. Taxas de infiltração observada e estimada na área de plantio direto... 77

13. Taxas de infiltração observada e estimada na área de cultivo mínimo. 78

14. Taxas de infiltração observada e estimada na área de seringueira..... 79

15. Taxas de infiltração observada e estimada na área de pastagem..... 80

16. Taxas de infiltração observada e estimada na área de plantio convencional..... 81

17. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema de cerrado..... 82

18. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema de cultivo mínimo..... 82

19. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema de plantio direto..... 83

20. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema de seringueira..... 83

21. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema de pastagem..... 84

22. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema convencional..... 84

23. Valores médios de condutividade hidráulica ($cm.h^{-1}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 87

24. Valores médios de resistência à penetração (MPa) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 89

25. Valores médios de umidade a base de massa ($kg.kg^{-1}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 91

26. Valores médios de fósforo ($mg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 99

27. Valores médios de potássio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 100

unesp

28. Valores médios de cálcio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 100

29. Valores médios de magnésio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 101

30. Valores médios de pH $CaCl_2$ nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 101

31. Valores médios de CTC ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 100

32. Valores médios de alumínio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 102

33. Valores médios de soma de bases ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 103

34. Valores médios de saturação por bases (%) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 103

LISTA DE QUADROS

QUADROS		Página
1.	Esquema geral da análise de variância do experimento.....	47
2.	Esquema geral da análise de variância para a análise conjunta dos dados.....	48
3.	Comparação das médias da densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.....	50
4.	Comparação das médias da densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.....	51
5.	Comparação das médias da densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999.....	54
6.	Comparação das médias da macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.....	55
7.	Comparação das médias da macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.....	57
8.	Comparação das médias da macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999.....	59

unesp

9. Comparação das médias da microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998..... 60

10. Comparação das médias da microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 61

11. Comparação das médias da microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999..... 63

12. Comparação das médias da porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998..... 64

13. Comparação das médias da porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 65

14. Comparação das médias da porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999..... 68

15. Comparação das médias da matéria orgânica ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998..... 69

16. Comparação das médias da matéria orgânica ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 70

unesp

17. Comparação das médias da matéria orgânica ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999..... 72

18. Comparação das médias da taxa constante de infiltração ($mm.h^{-1}$) nos sistemas de manejos do solo, mediante teste de Tukey..... 73

19. Comparação das médias da condutividade hidráulica ($cm.h^{-1}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 86

20. Comparação das médias da resistência à penetração (MPa) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 88

21. Comparação das médias da umidade a base de massa ($kg.kg^{-1}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 90

22. Comparação das médias de fósforo ($mg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 92

23. Comparação das médias de potássio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 93

24. Comparação das médias de cálcio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 94

25. Comparação das médias de magnésio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 94

26. Comparação das médias de pH ($CaCl_2$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 95

27. Comparação das médias de CTC ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 96

28. Comparação das médias de alumínio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 97

29. Comparação das médias da soma de bases ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 98

30. Comparação das médias da saturação por bases (%) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999..... 99

SOUZA, Z. M. Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria (MS) sob diferentes usos e manejos. Ilha Solteira, SP, 2000.127 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho".

RESUMO

O cultivo intensivo do solo e o seu preparo em condições inadequadas alteram suas características físicas em graus variáveis com a sua natureza. Dependendo da intensidade dessas modificações, tais alterações podem produzir condições limitantes ao desenvolvimento dos vegetais, em detrimento da produtividade, além de grandes perdas de solo por erosão hídrica. No campo experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira / UNESP, foi conduzido um estudo com o objetivo de avaliar as modificações das condições físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria (MS), sob diferentes usos e manejos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos constaram dos seguintes usos e manejos: plantio direto com culturas anuais, preparo convencional com culturas anuais, cultivo mínimo com culturas anuais, vegetação natural (cerrado), área com pastagem e área com cultura perene (seringueira). Foram analisadas as seguintes propriedades físicas e químicas: densidade

do solo, porosidade do solo, distribuição das partículas por tamanho, resistência à penetração, teor de matéria orgânica, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, pH, CTC, soma de bases, saturação por bases e teor de alumínio nas profundidades de 0,00-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,40m. O movimento da água no solo foi avaliado através da infiltração e da condutividade hidráulica do solo saturado. O uso e o manejo do solo alterou as suas propriedades físicas, químicas e o movimento da água. O sistema de cultivo mínimo revelou-se como o sistema de manejo com melhores resultados, mostrando valores mais baixos de resistência à penetração e densidade do solo, maior infiltração, porosidade e condutividade hidráulica. Os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo levaram a acúmulos significativos no solo de matéria orgânica, fósforo, potássio, magnésio e cálcio. Verificou-se também uma elevação do pH para estes sistemas, uma maior CTC, soma de bases e saturação por bases e diminuição do teor de alumínio.

Palavras-chave: Manejo do solo, atributos físicos do solo, atributos químicos do solo, condutividade hidráulica saturada, infiltração de água no solo, uso do solo.

SOUZA, Z. M. Physical and chemical properties, of a dark-red latosol of Sélvíria (MS) under different use and management. Ilha Solteira, SP, 2000. 127 p. Thesis (master science) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho".

SUMMARY

The intensive crop ping and soil tillage in unsuitable conditions can change its physical characteristics in variable degree according to its nature. Depending on the intensity of these modifications, it can lead to limitating conditions to plant growth and yield. In addition, huge amount of soil is loss by run off. This study was conducted at Experimental Station of Faculdade de Engenharia - UNESP, of Ilha Solteira - Campus. The aim was to evaluate the physical and chemical modifications, as well as the water movement on a dark-red latosol of cerrado under different use and management. A completely randomized design with 6 treatments and 10 replicates was used. The treatments, use and managements were: no tillage with annual crops, conventional system with annual crops, minimum tillage with annual crops, native vegetation (cerrado), pasture, and perennial crop (rubber tree). Physical and chemical attributes as bulk density, soil porosity, particle distribution by size, resistence to penetration, organic matter content, phosphorus, potassium, magnesium, clacium, pH, CEC, sumot-bases, base saturation, and aluminum content at 0.00-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.40m depth, were evaluated. The water movement was measured through water infiltration in



soil and hydraulic conductivity of saturated soil. The results showed the that soil use and management changed its physical and chemical properties and the water movement. The minimum tillage was the best management system providing lower values to resistence to penetration and bulk density, higher infiltration, porosity, and hydraulic conductivity. No-tillage and minimum tillage system led to significant increase of organic metter, phosphorus, potassium, magnesium, calcium, pH, CEC, sumot bases, base saturation, and decrease of aluminum content on soil.

Key-words: Soil management, physical attributes of soil, chemical attributes of soil, hidraulic conductivity of saturated soil, water infiltration on soil, soil use.

1.INTRODUÇÃO

O cultivo intensivo do solo e o seu preparo em condições inadequadas alteram suas características físicas em graus variáveis com a sua natureza. Dependendo da intensidade dessas modificações, tais alterações podem produzir condições limitantes ao desenvolvimento dos vegetais, em detrimento da produtividade, além de grandes perdas de solo por erosão hídrica. O preparo do solo para o cultivo altera grandemente as suas propriedades físicas, principalmente pela alteração temporária da estrutura, causando, na região afetada pelo implemento, um aumento do potencial de infiltração, aeração e evaporação. Por outro lado, aumentam também os riscos de erosão porque o solo fica desagregado, a superfície desprotegida, a crosta superficial é formada mais rapidamente e o potencial de infiltração pode ser grande na superfície e menor abaixo da camada preparada (CORRÊA,1985).

As alterações que ocorrem na estrutura do solo, evidenciando-se por modificações nos valores de densidade, afetam a sua resistência à penetração, porosidade total, distribuição do diâmetro dos poros e sua porosidade de aeração, a armazenagem e disponibilidade de água às plantas, a dinâmica da água na superfície e no seu perfil, bem como a consistência e a máxima compactabilidade do solo (KLEIN et al., 1998).

Em função do manejo a que está submetido, o solo é sujeito tanto a degradação quanto ao melhoramento em seu potencial produtivo, visto que esse recurso natural está inserido em um ecossistema e, portanto, sujeito as variações dos demais componentes, tais como a água, o relevo, a macro e microfauna e flora, os quais podem ser afetados pelo homem. Um manejo inadequado do solo, ocasionando erosão acelerada, provoca menores produtividades. É fundamental, portanto, que se apliquem sistemas de

unesp

exploração agrícola visando não somente ao controle das perdas de solo, como também um maior aproveitamento da água, evitando-se taxas excessivas de escoamento superficial e evaporação (MELLO FILHO & SILVA, 1993).

A infiltração de água no solo tem considerável significado agrícola, uma vez que é determinante na ocorrência dos processos de escoamento superficial e erosão. De acordo com FERNÁNDEZ & WILKINSON (1965), o problema envolve três momentos altamente dinâmicas e variáveis: I) características das chuvas, tais como energia, intensidade e duração; II) vegetação presente acima do solo, na superfície, e abaixo da mesma; III) condição do solo, particularmente as propriedades físicas da sua superfície. Além disso, o processo de infiltração de água é, por natureza, um sistema de fluxo mutante, que varia no tempo e no espaço de maneira complexa. A esta complexidade soma-se o fato de que o equipamento, utilizado para medir as taxas de infiltração, comumente introduz uma artificialidade ao alterar a energia da água aplicada e modificar as propriedades do solo. Porosidade, densidade, agregação, distribuição e estabilidade de agregados, taxa de infiltração, disponibilidade de água e nutrientes, temperatura, quantidade de matéria orgânica e atividade biológica são alguns dos atributos influenciados pelos diferentes sistemas de manejo do solo. O ideal para o solo seria o uso e o manejo que estabelecessem uma associação conveniente desses atributos, de modo a possibilitar condições cada vez melhores para o desenvolvimento vegetal, promovendo, consequentemente, menores perdas de material sólido e de água e, por fim, maior produtividade associada à qualidade ambiental.

Considerando a influência dos diferentes tipos de usos e manejos sobre as propriedades do solo, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar as modificações das condições físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria (MS) sob diferentes usos e manejos.

unesp

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- Efeito do uso e manejo sobre a infiltração de água no solo

Segundo LAL et al. (1980), a deterioração das propriedades físicas do solo, após o desflorestamento para plantio de culturas anuais, é causada pelo impacto das gotas da chuva na superfície exposta e estruturalmente instável. Uma das conseqüências da introdução de cultivos continuados é a progressiva deterioração do solo, resultando no encrostamento e baixa taxa de infiltração de água. Estes fatores, aliados as chuvas de alta intensidade, resultam no aceleramento da erosão do solo. Altas temperaturas favorecem o declínio de matéria orgânica, especialmente sobre condições de cultivo contínuo, ocasionando a perda da fertilidade e a diminuição da capacidade de armazenamento de água (FREE & BROWING (1940), HOLTAN & QUIRKPATRICK (1969), FERNÁNDEZ & WILKINSON (1965), WISCHMEIER (1966), VERNA & TOGOOD (1969), FELINTO & FERNANDEZ (1979), PERAZZO (1979), LAL et al., 1980). Em geral, todos concordam que, para uma mesma intensidade e duração da chuva, sem levar em consideração a declividade do terreno, a infiltração e o escoamento superficial são altamente dependentes das propriedades texturais e estruturais do solo, as quais, por sua vez, determinam a proporção de macro e microporos do solo.

Segundo GONZALEZ & GAVANDE (1969), REICHARDT et al. (1976), MILLAR & GOMES (1978) e CAVALCANTE (1978), a capacidade de infiltração, retenção, armazenamento total e água disponível às plantas, são atributos variáveis para cada solo e num mesmo perfil, conforme a sua heterogeneidade do solo, que é representada pela variação dos parâmetros físicos. No Brasil há escassos estudos sistemáticos relacionando uso e manejo do solo com infiltração. Considerando-se estas limitações, tornou-se necessário estudos envolvendo solos da região com essas características.

unesp

Os solos sob cerrado da parte central do Brasil caracterizam-se, na maioria das vezes, por apresentarem alta capacidade de infiltração e grande macroporosidade, apesar do elevado teor de argila. Mesmo com essas características, a agricultura intensiva sobre esses solos tem exigido um alto grau de terraceamento para protegê-los da erosão. Isto indica que as propriedades físico-hídrica, supra citadas, são constantemente alteradas durante os anos (SILVA & KATO, 1997).

As propriedades e processos hidráulicos do solo são afetados pelo seu manejo. Assim, a condição física de um solo influencia a quantidade de água e nutrientes absorvidos pelo sistema radicular. Os efeitos podem ser mediante aquelas propriedades, que governam a habilidade em reter e conduzir água e nutrientes, ou, indiretamente, pelos efeitos sobre o desenvolvimento e função radicular (TORMENA & ROLOFF, 1996).

Segundo RICHARDS (1965), a velocidade ou capacidade de infiltração de um solo foi definida como sendo a velocidade máxima, na qual um solo em determinado tempo e condições, pode absorver a água. HILLEL (1970) enumerou diversos fatores que afetam o regime de infiltração de água no solo: a) umidade inicial ; b) condutividade hidráulica, sendo que quanto mais alto for a condutividade hidráulica em condições de saturação, tanto mais elevado deverá ser o regime de infiltração; c) condições de superfície, isto é, quando a superfície do solo é muito porosa e com porosidade elevada, a infiltração inicial é maior do que a observada em um solo uniforme, mas a infiltração final permanece inalterada, pois ela é determinada pela condutividade mais baixa da zona de transição. Por outro lado, se a superfície do solo se encontra compactada, estando o perfil coberto por uma crosta de baixa condutividade, o regime de infiltração é menor do que o do solo uniforme e sem crosta, isto porque a crosta atua como uma barreira hidráulica ou gargalo, dificultando a infiltração. Este

unesp

efeito é tão mais pronunciado quanto mais espessa for a camada compactada, e exerce efeito tanto sobre o regime inicial como sobre o regime final de infiltração; d) presença de camadas impermeáveis dentro do perfil: se estiverem presentes no seio do perfil camadas de textura ou estrutura diversas no solo que está acima delas, pode o movimento da água ser retardado durante a infiltração. HILLEL (1971) observou que a velocidade de infiltração da água no solo no início do processo é relativamente alta, diminuindo progressivamente com o tempo, tendendo normalmente a adquirir uma estabilidade denominada de velocidade de infiltração básica, quando a infiltração se mantém praticamente constante. GAVANDE (1976) citou que a velocidade de infiltração depende de muitos parâmetros, entre eles a espessura da lâmina de água, a temperatura de água e do solo, a estrutura e compactação, a textura e o conteúdo de umidade, a agregação e a atividade microbiana.

A infiltração de água no solo depende de muitos fatores, entre os quais se destacam a textura e a estrutura, a cobertura vegetal e a umidade inicial. Entre os diversos parâmetros componentes do ciclo hidrológico, pode-se afirmar que a infiltração é dos mais importantes pois, junto com a precipitação, determina a quantidade de água que fica disponível para as plantas, o escoamento superficial e o abastecimento dos lençóis freáticos (SILVA & KATO, 1998).

Um fator que contribui para diminuir a capacidade de infiltração de água no solo é o selamento superficial. Segundo JENNINGS et al. (1988), após efetuar estudos com amostras desestruturadas submetidas à chuva simulada, detectaram significantes decréscimos da velocidade de infiltração básica. Em experiência semelhante, verificaram que a condutividade hidráulica saturada reduziu-se a 10% do seu valor original, quando amostras de solos foram submetidas à chuva artificial. SILVA & KATO (1997), estudando amostras indeformadas de solos sob cerrado, verificaram que

unesp

a condutividade hidráulica saturada reduziu-se a 17% do valor original, quando tais amostras foram submetidas à chuva artificial.

Alguns aspectos estruturais produzidos pelo preparo do solo e plantio das culturas são transitórios, mas sua reorganização estacional progressiva pode alterar as suas propriedades hidráulicas solo e o suprimento de água às culturas. Na camada superficial solos sob preparo convencional têm condutividade hidráulica saturada mais alta e, portanto, drenam mais rapidamente que solos sob preparo conservacionista. Estes, por sua vez, retêm mais água disponível para as plantas e mantêm a condutividade hidráulica não saturada mais elevada (BAYER & MIELNICZUK, 1997).

CORRÊA (1985), estudando um Latossolo Amarelo observou uma significativa influência dos métodos de preparo do solo, quando comparados com a área de floresta virgem sem uso, reduzindo a macroporosidade do solo na profundidade compreendida entre 0-20cm. Consequentemente, a condutividade hidráulica e a infiltração básica desses tratamentos foram sensivelmente reduzidas. O plantio direto, entretanto, foi o que mais contribuiu para a redução da permeabilidade: apresentou maior tendência para compactar a camada superficial do solo.

LEITE & MEDINA (1984), avaliando três sistemas de manejo do solo e duas coberturas vegetais na infiltração de água em um Latossolo Amarelo textura argilosa, afirmaram que as altas taxas de infiltrabilidade nos solos que apresentaram cobertura vegetal e cobertura verde, foram decorrentes da influência benéfica da cobertura vegetal, que através da ação agregante de seu sistema radicular e de produtos de síntese microbiana, além do efeito protetor contra a ação dispersante das gotas de chuva, foi capaz de sobrepujar a influência negativa da mecanização sobre a condição física do solo. Em outro trabalho, os mesmos autores verificaram a influência de dois métodos de preparo do solo em um Latossolo Amarelo, notando-se que o enleiramento, e outras

unesp

práticas aplicadas, levaram ao aumento da densidade do solo, diminuição da macroporosidade e aumento da microporosidade, fazendo com que a taxa de infiltração reduzisse drasticamente.

Propriedades tais como a textura, densidade do solo, porosidade e condutividade hidráulica diferem de um para outro local no terreno, tornando difícil a caracterização do processo em termos macroscópicos. SHANHOLTZ & LILLARD (1969) mostraram que o teor de água do solo foi o fator dominante na diferença da produção de milho, quando submetido a dois tipos de manejo: o convencional (mecanizado) e o plantio direto. Na agricultura mecanizada, a constante movimentação do maquinário sobre o solo, durante as fases de aração, gradagem, adubação, plantio e colheita, dão origem, na maioria dos casos, ao fenômeno de compactação, que produz efeitos negativos sobre a produtividade das culturas, além de aumentar o risco de erosão. O manejo correto do solo, visando minimizar esses efeitos, consiste em somente trabalhar o solo quando ele apresentar um teor de água abaixo do limite de plasticidade.

O fator mais importante da velocidade de infiltração é a cobertura vegetal que está no solo durante a chuva. Se uma chuva intensa cai quando o solo não está protegido pela cobertura vegetal ou pela cobertura morta, sua camada superficial fica comprimida pelo impacto das gotas de chuva, e a infiltração é reduzida. Porém, se essa chuva cai quando há boa cobertura vegetal, o solo permanece com boa permeabilidade e terá maior velocidade de infiltração. O grande valor das práticas de melhoramento do solo no controle da erosão vem da habilidade de produzir uma eficiente cobertura vegetal (ZINGG, 1995).

Segundo ARZENO (1990), os resíduos culturais que ficam na superfície do solo sob o plantio direto, entrepondo-se entre a atmosfera e o ar do solo, criam um ambiente diferente do existente em solo descoberto. Um dos vários benefícios desse ambiente

unesp

diferenciado é o aumento da infiltração de água. A influência da cobertura morta na intensidade de infiltração de água relaciona-se com a qualidade e quantidade dos resíduos vegetais que a constituem. Em princípio, culturas com alta produção de palha, dão origem as coberturas mortas densas e espessas, que protegem bem o solo favorecendo a infiltração. DERPSCH (1984) verificou diferentes níveis de infiltração em função das culturas de inverno utilizadas, sendo que as culturas como colza, tremoço e ervilhaca levaram a taxas de infiltração até seis vezes maiores que a de trigo, sendo que este efeito perdurou mesmo depois da cultura de verão.

ELTZ et al. (1989), estudando os efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Bruno Álico, verificaram que o uso continuado do plantio direto aumentou a estabilidade de agregados na camada superficial, e com isso, refletiu em uma maior taxa de infiltração acumulada. Porém, o plantio direto não foi suficiente para alterar as propriedades físicas.

ANJOS et al. (1994), avaliando com propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo, pelo método do duplo cilindro (EMBRAPA,1979), verificaram que a taxa final de infiltração e a infiltração acumulada decresceram nos sistemas de manejo em relação a mata nativa, em três dos quatro solos estudados. Apesar desta redução, seus valores ainda foram considerados altos.

ZAI et al. (1990), em pesquisa realizada com o objetivo de estudar os efeitos do preparo sobre variações espacial e temporal de água no solo, observaram que o conteúdo médio de água no solo, no tratamento com plantio direto, a longo prazo, foi maior que no plantio convencional, durante todo o ciclo da cultura do milho.

MIRANDA (1993), estudando a caracterização da solução do solo e das propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes coberturas vegetais, afirmou que o cultivo intensivo com manejo inadequado, dos solos

unesp

ricos em carbono orgânico, poderá favorecer a perda deste carbono orgânico, tanto por erosão como por movimentação dos compostos de carbono em solução no perfil, diminuindo a produtividade da cultura. Sendo que esta redução da matéria orgânica afetou a estrutura do solo e, consequentemente o movimento de água foi alterado, ou seja, a taxa de infiltração diminuiu consideravelmente.

CAMPOS et al. (1995), estudando a estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo, observaram que o sistema de plantio direto apresentou diâmetro médio dos agregados cerca de duas vezes maior que o plantio convencional. Essa diferença foi diretamente relacionada ao incremento de carbono orgânico e atividade microbiana observados no sistema de plantio direto. Houve também efeito benéfico da rotação de culturas, aumentando a agregação do solo, quando comparada a sucessão trigo/soja. Este fator refletiu no benefício da taxa de infiltração.

VIEIRA & MUZILLI (1984), estudando as características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo, relataram que o preparo convencional proporcionou maiores níveis de infiltração que o plantio direto. Porém, os autores salientaram que, apesar das diferenças observadas, os níveis de infiltração foram extremamente elevados em todos os tratamentos.

AZOOZ & ARSHAD (1996) afirmaram que solos com muito tempo sob plantio direto, geralmente têm incrementada a taxa de infiltração, em valor próximo da capacidade de campo, mas não durante a fase próxima da saturação. Isto ocorreu em função do maior número de macroporos ou canais biológicos.

unesp

2.2-Metodologia, equipamentos e modelos empregados no processo de infiltração de água no solo.

PARR & BERTRAND (1960) mencionaram três grupos pelos quais podem ser classificados os métodos de determinação da velocidade de infiltração dos solos: 1) aqueles em que a velocidade de infiltração é determinada pela diferença entre a água aplicada e o escoamento superficial; 2) aqueles em que a água é colocada numa área limitada, mantendo-se uma carga hidráulica constante; 3) aqueles em que a velocidade de infiltração é obtida a partir de dados de chuva.

Vários são os métodos de determinação da velocidade de infiltração. A escolha de cada um vai depender, principalmente, do método de irrigação a ser usado. BRITO et al. (1996) afirmaram que os infiltrômetros de anel são os instrumentos mais usados na determinação da velocidade de infiltração, não só por serem os mais simples, como também pela facilidade no manuseio no campo. Entretanto, sua eficiência depende de uma série de fatores, que, por sua vez, também dependem do seu manuseio.

CHU (1986) enfocou que os infiltrômetros de aspersão raramente são usados na determinação dos parâmetros das equações de infiltração, em virtude da formação de uma camada compactada superficialmente, em conseqüência do impacto da gota de chuva, e do período inicial da chuva em que toda a água aplicada infiltra.

SHULL (1988), estudando a influência da profundidade de instalação de infiltrômetro de anel na determinação da velocidade de infiltração final, fez a profundidade variar de 6,0 a 24,0cm, sendo que na de 6,0 cm, obteve no intervalo de 240 a 1.100 minutos, correspondente a uma velocidade de 223 mm/h; a 24,0cm no mesmo intervalo, obteve uma velocidade de infiltração de 40 mm/h, isto é, 5 vezes menor.

BRITO et al. (1996), avaliando a influência do método de determinação sobre a velocidade de infiltração, verificou que os valores de velocidade de infiltração obtidos



com o infiltrômetro de aspersão foram inferiores aos do infiltrômetro de anel. Sendo, que a partir da velocidade de infiltração básica, determinada com infiltrômetro de anel, pode-se estimá-la para condições de irrigação por aspersão.

OLIVEIRA (1977), em seus estudos com infiltrômetro de anel para determinação da infiltração básica, concluiu que a carga hidráulica aplicada deveria ser de 5cm de lâmina de água, com uma oscilação máxima de 1cm, correspondente a profundidade de instalação dos anéis de 15cm. PHILLIP (1978) afirmou que a infiltração aumentou com a carga hidráulica. Contudo, acrescentou que o efeito da lâmina de água na superfície do solo, sobre a velocidade de infiltração, decresceu gradualmente, tornando-se desprezível quando o tempo tendeu para o infinito. ARAÚJO FILHO & RIBEIRO (1996), determinando a infiltração da água em Cambissolos do Baixio de Irecê (BA), utilizaram para medir as taxas de infiltração o infiltrômetro de duplo cilindro, em função do seu grande uso nos estudos de implantação de projetos de irrigação no Nordeste brasileiro. Verificaram que as equações de Philip, Kostiakov e do Soil Conservation Service apresentaram um ajuste similar.

MORETTI & MANFRINATO (1988), em seus estudos de capacidade de infiltração de solo na região de Piracicaba-SP, usando aspersores e infiltrômetros de Muntz modificados, com base no alto grau de correlação entre os dados obtidos com os dois métodos, concluíram que a capacidade de infiltração do solo, sob irrigação por aspersão, pode ser estimada por meio de determinações com infiltrômetros de anéis, desde que se realize tais determinações sob as condições de estudo que se realizaram. MARSHALL (1975) estudou a velocidade de infiltração, com cilindros variando de 30-300 cm de diâmetro e um infiltrômetro de aspersão para comparar os dados coletados. Os dados obtidos, tanto pelo infiltrômetro de aspersão como pelos cilindros, mostraram



ótimos resultados, a ponto de poder caracterizar satisfatoriamente o fenômeno de campo.

De acordo com AZEVEDO (1975), para fins de projeto de irrigação, verificou que a equação de Kostiakov é razoavelmente exata para o período de tempo da maioria das irrigações. Nas irrigações demoradas, a velocidade de infiltração se aproxima de um valor constante e conhecido como velocidade de infiltração básica. MILLAR et al. (1975), realizando testes com cilindro infiltrômetro, sulco infiltrômetro e sulco (entrada e saída), verificaram que a equação de infiltração acumulada apresentou maior coeficiente de correlação do que a equação instantânea.

REICHERT et al. (1992), estudando o selamento superficial e a infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul, utilizaram o modelo de SMITH (1972) modificado por CABEDA (1980), concluindo, que o modelo modificado de SMITH (1972) descreveu adequadamente o processo de infiltração.

CHAVES et al. (1993), estudando a previsão da infiltração sob condições dinâmicas de selamento superficial, apresentaram um modelo para previsão de infiltração baseado no modelo de Horton, que leva em consideração o efeito do selamento superficial. Afirmam que este modelo apresentou um desempenho superior na previsão de infiltração, em comparação com o original de Horton.

CHU (1986) afirmou que a formação de crosta na superfície do solo foi um fator dominante na determinação da taxa de infiltração. Dessa forma, modelos como Green-Ampt, que é usado na previsão da infiltração de água no solo, podem ser modificados, para melhor descrever o processo de infiltração.

unesp

2.3- Efeito do uso e manejo sobre os atributos físicos do solo

O plantio direto é considerado um sistema de manejo do solo, pois envolve uma série de práticas agrícolas que alteram, basicamente, as suas propriedades químicas, físicas e biológicas. O estudo e o desenvolvimento de sistemas de manejo do solo e de rotação de culturas, incluindo espécies de cobertura verde que o protegem e o recuperam, constituem pontos importantes para o seu uso, sem que ocorra o declínio da produtividade e rentabilidade (ALVES et al., 1993).

O plantio direto tem demonstrado superioridade, comparado com o convencional, na melhoria e manutenção das condições físicas internas e externas do solo. O sistema proporciona uma cobertura residual superficial, entrepondo-se entre a atmosfera e o solo, que comporta-se como uma camada isolante, criando um ambiente diferente do existente em solo descoberto. O sistema em plantio direto proporciona um maior tamanho de agregados estáveis em água do que o preparo convencional, possivelmente pela não destruição mecânica dos agregados ocasionadas pelos implementos de preparo, uma maior densidade do solo na superficie e pela proteção que a resteva oferece (ALVARENGA et al., 1986). Ao se analisar um sistema de plantio direto, pode-se concluir que seu solo apresenta algumas características que favorecem a infiltração, tais como a presença de uma cobertura morta, e uma maior estabilidade da estrutura. Por outro lado, outras que a desfavorecem, como: a alta densidade do solo na camada superficial e o baixo volume de macroporos. A condutividade hidráulica tem sido pouco estudada nos trabalhos de preparo do solo. Porém, são relatados casos de maiores valores deste parâmetro em plantio direto, principalmente devido à continuidade e rigidez dos poros, apesar destes apresentarem-se em menor volume neste sistema (VIEIRA, 1985).

unesp

Os latossolos sob condição de floresta natural são caracterizados por terem excelente estrutura, boas propriedades relacionadas aos aspectos de geometria de poros e boa atividade do húmus e da argila, sendo rápida a sua infiltração (CORSINI, 1973). Entretanto, com as operações intensivas de preparo do solo, iniciam-se os processos envolvendo a translocação de argila no seu perfil, a compactação, dispersão coloidal, e também o uso inadequado de fertilizantes. Este conjunto de fatos traz mudanças adversas às suas propriedades. Consequentemente, há um decréscimo na produtividade agrícola. Um efeito notável é a compactação subsuperficial, que leva à diminuição da infiltração e maiores perdas de água por evaporação. Como resultado, há diminuição da água disponível durante o período de desenvolvimento das culturas, reduzindo respectiva produção, além do aumento das perdas de solo por erosão (ALVES, 1992).

Tem sido constatado, em diversos trabalhos, o efeito dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo em suas propriedades físicas. Em geral, verifica-se um aumento da densidade do solo e uma diminuição da porosidade, da infiltração e da condutividade hidráulica, quando os solos são submetidos a diferentes sistemas de manejo, em relação ao seu estado natural (LEITE & MEDINA ,1984).

Os cientistas de solos sabem que as suas características físicas variam entre pontos relativamente próximos num mesmo campo, muitas vezes de forma significativa e sem causa visual global. Não é estranho encontrar diferenças no valor de um parâmetro, de uma, duas ou três vezes superiores (10, 100 ou 1000 vezes diferentes) entre pontos próximos num solo com a mesma unidade taxonômica, podendo tais diferenças explicar os diferentes rendimentos entre plantas. Em conseqüência dessas variações, o uso do valor médio é, as vezes, de pouca utilidade e pode conduzir à decisões de manejo de alto risco, principalmente no sistema solo-água-planta. As características físicas como a densidade do solo, densidade de partículas e porosidade

unesp

total possuem baixa variabilidade, porém, os coeficientes de variação obtidos quanto a granulometria e teores de matéria orgânica são de média variação. Em geral, a variabilidade cresce com o aumento da distância de coleta dos pontos amostrais (MACEDO et al., 1998).

Como os sistemas de manejo do solo influenciam os valores da sua densidade, e consequentemente outras características físicas, ela é de grande importância na avaliação de diferentes sistemas de preparo do solo.

MACHADO et al. (1981) estudaram o efeito dos anos de cultivo sobre algumas características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, comparando os solos de mata e de campo nativo. Observaram que, a partir do oitavo ano de cultivo, ocorreram alterações na densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade. Essas alterações foram consideradas como negativas, contrapondo-se à manutenção das características desejáveis do solo. A matéria orgânica também revelou uma drástica redução, com o passar do tempo de cultivo, quando comparada com os teores dos horizontes superficiais da mata nativa.

CASSEL (1980) explicou que a textura, estrutura, teor de matéria orgânica e as práticas de manejo do solo, incluindo o preparo em anos anteriores, podem influir na variabilidade da densidade do solo. O preparo reduz a densidade do solo, que torna a aumentar logo após, como conseqüência da desagregação dos agregados, devido aos elevados teores de água, ao rearranjamento das partículas por causa do ressecamento e/ou da energia cinética associada ao impacto das gotas da chuva. Por outro lado, a ação das raízes e da mesofauna do solo tendem a reduzir a sua densidade. O autor complementa, afirmando que, para a maioria dos solos, não se conhece a faixa de valores da densidade onde o desenvolvimento vegetal é ótimo. Contudo, quando é muito

unesp

reduzida, as relações hídricas podem ser muito pobres e, quando elevada, a aeração tende a ser deficiente.

Existe estreita relação entre a densidade do solo e outros atributos, tais como: porosidade total, macroporosidade e teor de matéria orgânica. Portanto, para uma correta interpretação dos resultados da densidade do solo é indispensável compará-los com outras informações, normalmente representadas pela: densidade de partículas, distribuição de poros por tamanho, teor de matéria orgânica e grau de agregação (KIEHL et al., 1972).

CORSINI & FERRAUDO (1999), avaliando os efeitos de sistemas de cultivo sobre a densidade e a macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo, afirmaram que nos três primeiros anos agrícolas, o sistema de plantio direto diminuiu a porosidade total e o potencial de desenvolvimento radicular da camada superficial do solo. Somente a partir do quinto ano agrícola é que essas variáveis começaram a crescer.

CAMPOS et al. (1995), avaliando a estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo, observaram que o sistema de plantio direto apresentou diâmetro médio de agregados cerca de duas vezes maior que o sistema convencional. Também houve uma melhora de outras propriedades físicas tais como a distribuição de poros e da densidade do solo.

Valores elevados de densidade nas camadas superficiais do solo sob plantio direto tem sido encontrados (VIEIRA & MUZILLI, 1984; IKE, 1986 e CENTURION, 1988). O não revolvimento do solo e o tráfego, propiciam este comportamento nestas áreas. As diferenças, no entanto, são mais evidentes nas camadas mais próximas da superficie, diminuindo com a profundidade (CENTURION & DEMATTÊ, 1985).

unesp

VIEIRA & MUZILLI (1984), trabalhando com um Latossolo Vermelho-Escuro e com sistemas de manejo convencional e plantio direto e rotação de culturas, verificaram após quatro anos de cultivo, na profundidade de 10cm, um aumento na densidade do solo para o plantio direto, embora este aumento não tenha sido estatisticamente significativo.

ANJOS et al. (1994), estudando propriedades físicas em quatro solos sob diferentes sistemas de uso e manejo, verificaram que houve aumento da densidade do solo nos sistemas de manejo em relação a mata virgem. Este aumento, porém, não alcançou níveis considerados críticos ao desenvolvimento das raízes.

LORIMER & DOUGLAS (1995) testaram o efeito de diferentes vegetações (florestas naturais, pastagem, rotação de pastagem-cultura e cultura contínua). Observaram que no horizonte A, solos usados para pastagem ou floresta, apresentaram menor densidade que solos com aproximadamente seis cultivos de trigo, sendo que estes também apresentaram menor condutividade hidráulica que as florestas naturais.

ELTZ et al. (1989) avaliando os efeitos de diferentes sistemas de preparo, em um Latossolo Bruno álico, cultivado com a rotação de culturas soja-trigo-soja-cevada, durante seis anos e meio e um ano com adubação verde de ervilhaca comum e milho, sobre algumas propriedades físicas e químicas, no qual um dos sistemas utilizados foi o plantio direto. Verificaram que no sistema de plantio direto não houve diferenças estatísticas na densidade do solo nas quatro profundidades estudadas, assim como para a porosidade total e microporosidade. Entretanto, houve diferenciação entre tratamentos na camada de 5-10cm, em relação a macroporosidade, havendo diminuição desta com o aumento da profundidade, em todos os tratamentos. Isto, segundo os autores, pode ser explicado, em parte, pelo aumento do teor de argila ou mesmo pela mudança de



característica estrutural no perfil do solo. Com a diminuição da macroporosidade aumentou a microporosidade refletindo no maior conteúdo de água.

Em geral, as diferenças na porosidade total têm-se mostrado mais acentuadas na camada removida, porém não compactada pelas operações subsequentes a aração. Próximo a superfície, essas variações dependem, além do sistema de manejo, do clima e da atividade biológica. Tem sido verificado que o cultivo mínimo proporcionou um decréscimo de 0 a 6% da porosidade total, com pequenas exceções. O aumento relativo, observado na quantidade de poros de diâmetros médios e pequenos, resultante da redução do número de operações de cultivo, poderá ser de importância na capacidade de retenção de água e na proporção de poros de arejamento, em determinados solos (FERNANDES et al., 1983).

O solo sob plantio direto, apesar de geralmente apresentar maiores valores de densidade do solo e menor volume de macroporos, pode também apresentar maiores taxas de infiltração de água. Isto acontece em função de serem os poros do solo sob plantio direto mais contínuos, principalmente os canais feitos por minhocas (DOUGLAS et al., 1980). GYAMPOH (1976) não observou este comportamento, obtendo menores taxas de infiltração em condições de plantio direto.

A diminuição da porosidade total e da macroporosidade, com o aumento da microporosidade em Latossolo Roxo (MACHADO & BRUM, 1978) e Latossolo Vermelho-Escuro (MACHADO et al., 1981) cultivados com sistema de preparo convencional, em relação ao solo sob mata virgem, tem sido associada ao decréscimo de matéria orgânica.

Segundo FERNANDES et al. (1983), o espaço poroso é de suma importância na movimentação do ar, água e no crescimento das raízes, sendo bastante alterado com o preparo do solo. Diferentes tipos de implementos de preparo do solo, em condições

unesp

distintas de umidade, acarretam resultados diferentes. Com um Latossolo Roxo, observaram a presença de uma camada compactada abaixo da camada mobilizada pelo arado, onde a macroporosidade e a infiltração de água foram drasticamente diminuídas. VIEIRA et al. (1978) observaram uma diminuição da macroporosidade do solo em plantio direto, na camada até 15cm, comparado ao preparo convencional com aração e gradagens, após quatro anos de implantação dos dois sistemas, em um Latossolo Roxo.

Segundo KLEIN et al. (1995), o sistema convencional de preparo do solo na sucessão trigo-soja reduziu a porosidade total, macroporosidade e a porcentagem de matéria orgânica, aumentando a microporosidade e a densidade do solo. Por outro lado, a escarificação tendeu a apresentar valores menores de densidade do solo e maiores de porosidade total. Observaram maior produção de raízes das culturas em semeadura direta do que na convencional. No entanto, a maior quantidade de raízes ficou concentrada nos primeiros 15cm do solo. Isto, provavelmente, devido a maior quantidade de nutrientes ficar concentrada na camada superficial, com semeadura direta, e são significativamente maiores que em outros métodos de preparo do solo.

GOMES et al. (1978), estudando as influências de cultivos e o tempo de utilização de um Latossolo Amarelo cultivado durante cinco anos consecutivos com diferentes sistemas de preparo, observaram que a porosidade total e a macroporosidade diminuíram quando o solo foi utilizado duas vezes por ano, enquanto que apenas uma única utilização por ano apresentou efeito favorável à tais propriedades.

A compactação do solo provoca um aumento na sua densidade, redução da macroporosidade e aumento na proporção de microporos (KLUTE, 1982). Quanto menores os poros, mais fortemente a água estará retida e, consequentemente, maior deverá ser a energia para retirá-la. A condutividade hidráulica, a 20-30cm de profundidade no solo cultivado de maneira convencional, é bem menor que no plantio

unesp

direto, refletindo a compactação formada pelo arado nesta profundidade (CANALLI & ROLOFF, 1997).

O acúmulo de resíduos culturais na superfície, segundo LAL (1974), afeta direta e indiretamente a estrutura e porosidade do solo. Diretamente, pela diminuição do impacto de gotas de chuva, que reduz a formação do selamento superficial e, portanto, o espaço poroso é mantido. Indiretamente, os resíduos culturais ativam os microorganismos, e as substâncias exsudadas são agentes cimentantes, que melhoram a estabilidade de agregados.

SIDIRAS et al. (1983), estudando os efeitos de três sistemas de preparo do solo (plantio direto, escarificação e preparo convencional), no comportamento da umidade do solo e no rendimento de soja, durante três anos, concluíram que, na capacidade de campo (-0,033 MPa), o solo cultivado com soja em plantio direto apresentou, na camada de 0-20 cm, uma diferença 4-5 % superior do teor de água, em relação ao preparo convencional. O rendimento médio da soja em plantio direto foi 33 % superior ao obtido no convencional. HILL et al. (1985) observaram que o plantio direto requer três a quatro anos para apresentar uma porosidade mais favorável, na camada de 0-15 cm, quando comparado ao convencional. A camada superficial do solo sob o plantio direto apresenta maior compactação, confinada aos primeiros 7,5-15 cm, quando comparada às demais camadas em profundidade, devido ao não revolvimento e ao uso intensivo de maquinaria pesada.

Os agregados diferem na forma, tamanho, estabilidade e na adesão entre si. As alterações do solo, causadas pelas mudanças nas condições naturais e pelos sistemas de manejo, podem alterar o tamanho, distribuição e a estabilidade desses agregados (DADALTO, 1983).

unesp

Acredita-se na deterioração da estrutura do solo sob cultivo nos trópicos. BAVER et al. (1973) relataram que as práticas de manejo causam contínua redução na estabilidade dos agregados, a não ser que se realize um manejo adequado às condições de cada solo, e que o teor de matéria orgânica aumente. Isto porque, a matéria orgânica, assim como as argilas, é de grande importância como agente cimentante na formação de agregados, além da formação da estrutura do solo depender dos efeitos dos cátions, das interações das argilas entre a umidade e a temperatura e, com as atividades da vegetação, da fauna e dos microrganismos.

Normalmente, em solos sob cultivo, os agregados maiores são fracionados em unidades menores, mais estáveis e pouco afetadas pelas práticas de manejo. As unidades menores (< 0,250mm) são unidas entre si para formar as maiores, por compostos orgânicos transitórios (polissacarídeos), hifas de fungos, mucilagem e pequenas raízes, que são muito dependentes das práticas de manejo. Todavia, são mais resistentes ao fracionamento, porque são estabilizadas por compostos orgânicos persistentes, óxidos e hidróxidos, que são poucos dependentes do manejo. Desta forma, a adoção de sistemas de cultivo e manejos que mantenham continuamente a proteção do solo, assim como o contínuo aporte de resíduos orgânicos, são fundamentais para a manutenção da sua boa estrutura (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990).

NASCIMENTO & MELO (1981), estudando um Latossolo Vermelho-Escuro álico textura argilosa, sob vegetação de cerrado, observaram que a distribuição de carbono nas frações húmicas, em relação ao C-orgânico total, foi de 4%, 25% e 58%, para ácido húmico, ácido fúlvico e humina, respectivamente, sendo que a incorporação dos resíduos culturais e a calagem não alteraram, de modo significativo, a distribuição do carbono e do nitrogênio naquelas frações.



O cultivo do solo acarreta numa diminuição do teor de matéria orgânica, em função de sua exposição e consequente oxidação. Logo, a estabilidade de agregados existentes na camada superficial do solo tende a diminuir. RANDO (1981), trabalhando com um Latossolo Roxo no município de Lavras, Minas Gerais, acusou o efeito negativo do cultivo na estabilidade de agregados, em solos sob práticas convencionais por mais de 10 anos. Da mesma forma, MORAES (1984), estudando características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro muito argiloso sob cerrado, mostrou que o solo não cultivado, utilizado como referência, apresentou maior porcentagem de agregados superiores a 2mm de diâmetro.

MELO & SILVA (1995), comparando solo sob cerrado com áreas de pastagem, observaram que o sistema de manejo adotado na pastagem promoveu alterações nas propriedades físicas e no conteúdo de matéria orgânica. A compactação, provocada pelo pastejo dos restolhos e a redução da matéria orgânica, influenciaram negativamente as propriedades do solo, aumentando a densidade, diminuindo o tamanho dos agregados estáveis em água e a macroporosidade.

A resistência do solo à penetração das raízes é um dos seus atributos físicos que influenciam diretamente o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. Vários autores utilizam a resistência do solo à penetração para a avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (BENGHOUGH & MULLINS, 1990; TORMENA & ROLOFF, 1996).

A penetrometria é considerada um método apropriado para avaliar a resistência à penetração de raízes no solo (BENGHOUGH & MULLINS, 1990), apesar das diferenças óbvias entre uma raiz e um cone metálico (BARLEY & GREACEN, 1967). Idealmente, a mensuração da resistência real encontrada pelas raízes deveria ser feita por métodos diretos (STOLZY & BARLEY, 1968), mas as dificuldades práticas têm



levado os pesquisadores a utilizar o penetrômetro como ferramenta de pesquisa. A facilidade e a rapidez na obtenção dos resultados, além da possibilidade de maior número de repetições, são as principais vantagens do uso do penetrômetro. No entanto, a dependência dos resultados, em relação ao conteúdo de água e a densidade do solo, dificulta sua interpretação (CASSEL et al., 1978).

A resistência à penetração, medida com o penetrômetro e expressa como índice de cone, é a relação entre a força exercida para fazer penetrar um cone metálico no solo e sua área basal. O índice de cone tem sido bem correlacionado com medidas de crescimento radicular, que a elongação das raízes varie inversamente com a resistência à penetração. Os valores limitantes ao crescimento radicular variam com o tipo de penetrômetro utilizado, com o tipo de solo e também com a espécie de planta (BRADFORD, 1986). Alguns autores, no entanto, têm adotado um índice de cone de 1,0 MPa como crítico, mas não impeditivo ao crescimento das raízes no solo (HENDERSON, 1989). A conseqüência do aumento na resistência à penetração é um dos fatores que leva ao acúmulo de raízes na superfície dos solos compactados.

DANIEL et al. (1994) observaram que ferramentas que provocam um maior grau de mobilização do solo, como arado de disco, grade aradora e a enxada rotativa, proporcionaram valores mais elevados de resistência do solo à penetração, indicando a presença de camadas compactadas. Comentam ainda, que a compactação ou "dureza" do solo está intimamente ligada à umidade, e que uma possível compactação pode ser mascarada pela elevada umidade do solo no momento da amostragem.

Vários autores recomendam que a resistência seja medida com teores de água próximos à capacidade de campo, situação em que se consegue uma boa correlação entre a densidade do solo, resistência à penetração e o crescimento radicular. PETTER (1990) concluiu que com a umidade do solo equivalente à tensão de 10 KPa, a

unesp

densidade do solo de 1,4 Mg m^{-3} não foi limitante ao desenvolvimento radicular da soja. No entanto, o período em que o solo permanece na capacidade de campo é pequeno, de modo que a resistência do solo pode rapidamente variar de níveis não impeditivos para impeditivos com a secagem do solo. PERINI et al. (1998) observaram que na densidade de 1,4 Mg m^{-3} não houve penetração de raízes da cultura da soja, conduzida em minilisímetros.

Quando se compara a resistência do solo à penetração em diferentes manejos, a presença ou ausência de diferenças entre os sistemas podem ser confundidas com as respectivas influências sobre o teor de água no solo (CHANCELLOR, 1981). Por isso, é importante que a determinação da resistência à penetração seja feita com o controle da umidade, o que permite evidenciar os efeitos dos sistemas de manejo sobre a estrutura do solo.

Sabe-se que, com o cultivo, modifica-se a estrutura do solo alterando a sua densidade e, em conseqüência disso, a porosidade, distribuição do tamanho dos poros e a resistência à penetração. Inúmeros trabalhos avaliando a densidade do solo em diferentes manejos concluíram que, de modo geral, o plantio direto apresentou uma densidade do solo mais elevada (WOORHEES & LINDSTROM 1983, SIDIRAS et al., 1984, KLEIN & BOLLER, 1995). KERTZMANN (1996) ressalta ainda que o plantio direto em áreas irrigadas, situação em que a umidade do solo é mantida em níveis mais elevados, acentua os problemas de compactação do solo.

KLEIN et al. (1998), avaliando a resistência do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água, concluíram que a resistência à penetração foi altamente influenciada pela condição de umidade do solo e a sua determinação. Quando o solo se encontra próximo à capacidade de campo, não é recomendável, pois grandes variações de densidade poderão não ser detectadas. A resistência à penetração,

unesp

determinada em amostras com estruturas indeformadas, com densidade e umidade do solo conhecidas e velocidade de penetração constante, é uma ferramenta poderosa no estudo das propriedades fisicas do solo visando a um manejo adequado. O plantio direto aumenta a densidade do solo em relação a mata, até a profundidade de 0,4m, com o consequente aumento da resistência do solo à penetração. Em solos com diferentes umidades e densidades, KLEIN et al. (1998), estudando a resistência à penetração, verificaram que com o aumento da densidade ocorreu um aumento da resistência à penetração, ao passo que, com o aumento da umidade uma diminuição da resistência à penetração. O grau de umidade intervém modificando a coesão entre as partículas do solo, que é maior no solo seco e decresce à medida que a quantidade de água aumenta, provocando a separação das suas partículas. Verificaram, porém, que o aumento da resistência à penetração, com o aumento da densidade, foi mais significativo do que a sua diminuição com o aumento do grau de umidade.

BEUTLER (1999), em estudo da produtividade do milho e feijão em diferentes sistemas de manejo no cerrado, verificou um gradiente crescente de resistência à penetração, com valor máximo na profundidade de 15cm e um gradativo decréscimo com o aumento da profundidade para os preparos com grade pesada e arado de discos.

MEROTTO & MUNDSTOCK (1999), estudando os efeitos da resistência mecânica do solo no crescimento de raízes de trigo em um Podzólico Vermelho-Escuro, verificaram ser a resistência do solo, quando analisada isoladamente, um fator de diminuição radicular, tendo limitado o desenvolvimento da cultura nos valores iguais ou superiores a 3,5 MPa.

A água move-se no solo principalmente na fase líquida, apesar dos fluxos de vapor poderem assumir grande importância em condições de solo "muito seco". O movimento na fase líquida dá-se em resposta à diferenças de potencial, ou seja, a água

unesp

move-se sempre que existirem diferenças de potencial hidráulico dentro do sistema, sendo que este movimento ocorre no sentido do decréscimo do potencial. Dimensionalmente, a variação do potencial da água vem a ser uma força. Portanto, quando o gradiente é nulo encontra-se uma situação de equilíbrio ou sem movimento. Conjuntamente, o coeficiente de proporcionalidade K expresso pela razão entre o fluxo e o gradiente de potencial hidráulico, também chamado de condutividade hidráulica, é a medida da habilidade do solo para conduzir o fluxo de água (REICHARDT, 1985).

SHARMA & UEHARA (1968) destacaram que a condutividade hidráulica para Latossolos decresce rapidamente, quando pequenas tensões são aplicadas. Próximo à saturação a condutividade foi aproximadamente 150 mm h^{-1}, com 10 KPa de tensão foi reduzida para 0,1 mm h^{-1}. OTHMER et al. (1991) atribuíram isto a agregação deste solo, que proporciona uma distribuição bimodal dos diâmetro dos poros, sendo classificados em inter-agregados e intra-agregados, sendo que os primeiros são rapidamente esvaziados, fazendo decrescer rapidamente a condutividade. Já os segundos, mais lentamente, proporcionando uma condutividade menor.

A dependência da condutividade hidráulica, em relação à porosidade do solo, permite afirmar, segundo CHILDS (1969), que a condutividade hidráulica é função da densidade e da estrutura do solo, bem como de sua umidade.

REYNOLDS & ELRICK (1985,1986) descreveram a teoria e a prática do método do permeâmetro de carga constante para medição da condutividade hidráulica saturada acima do lençol freático. Entre inúmeras vantagens do método, são citadas a facilidade de operação, o que proporciona um maior número de repetições, atenuando o caráter de pontualidade da medição, e a possibilidade de se efetivar medições na profundidade desejada no perfil do solo. Além disso, o método permite a avaliação no campo de fatores importantes para a transmissão de líquido em solos, tais como a

unesp

condutividade hidráulica saturada medida no campo (Kfs), o potencial de fluxo matricial (øm) e a sortividade (S).

Segundo LAUREN et al. (1988), medidas de condutividade hidráulica saturada (Ks) feitas com amostras destacadas, no laboratório, foram extremamente irreais e não comparáveis àquelas realizadas no campo (Kfs), principalmente devido a continuidade de macrovazios quase sempre presentes nos cilindros amostrados, e nem sempre no campo. Seus resultados sugeriram que a área de macrovazios, ou a porcentagem de silte ou argila, podem ser usados para predizer a distribuição de Kfs no solo.

REICHARDT (1985) assumiu, para efeito prático, a densidade da água, sua viscosidade e a aceleração da gravidade como constantes, mostrando neste caso que a condutividade do solo varia apenas com a umidade. Desta forma, pôde-se dizer que, para um solo saturado, a área útil para o fluxo é proporcional à porosidade efetiva, e que para um solo não saturado, a área útil para o fluxo é proporcional à umidade. AHUJA et al. (1984) confirmaram a forte correlação entre a condutividade hidráulica saturada e a porosidade efetiva, mesmo não obstante, outros fatores contribuírem para a magnitude da condutividade hidráulica saturada, e desaconselharam a utilização de sua avaliação em laboratório usando cilindro com solo não deformado, por não computarem a continuidade e o bloqueamento dos poros.

SILVA & KATO (1997) apresentaram resultados que mostram a diminuição da condutividade hidráulica saturada do solo em função do tempo, em que suas amostras foram expostas à chuva simulada. A diminuição da condutividade hidráulica saturada teve comportamento diferenciado a cada tipo de solo analisado e, segundo os autores, isto se deve à resistência diferenciada dos agregados do solo, como também ao tipo de manejo.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

BELTRAME & TAYLOR (1980), estudando a condutividade hidráulica em solos com diferentes densidades, verificaram que ocorreu uma redução gradual da condutividade com o aumento da densidade do solo. A condutividade hidráulica pode fornecer dados que ajudam a caracterizar o movimento da água no solo. Sendo dependente do número, continuidade e tamanho dos poros, é um parâmetro que pode ser útil na diferenciação dos efeitos de sistemas de preparo sobre a movimentação de água no perfil. A compactação do solo e a descontinuidade dos poros reduzem significativamente a condutividade hidráulica do solo saturado. Durante uma chuva pesada, a continuidade dos poros, principalmente poros grandes deixados por minhocas e insetos, pode permitir uma drenagem mais rápida da água para camadas mais profundas, abaixo até da zona radicular. Em princípio, o plantio direto, por apresentar um sistema permanente de bioporos e canais deixados por raízes que apodrecem, tem esta situação de drenagem (BOONE, 1988). De fato, ARZENO (1990) obteve valores de condutividade hidráulica do solo saturado nos sistemas de plantio direto e escarificado cerca de duas vezes maiores do que no sistema convencional, trabalhando num Latossolo Roxo.

Quando o solo encontra-se insaturado, a condutividade hidráulica, dita não saturada, é reduzida. Nesta situação, ROTH & MEYER (1988) não encontraram diferenças entre sistemas de preparo do solo em diferentes profundidades, observando redução da condutividade nas camadas mobilizadas em relação à camada mais profunda, que não foi afetada pelos preparos.

SAUER et al. (1990), estudando as propriedades hidráulicas do solo, com o uso de permeâmetro de disco, submetido a diferentes manejos (plantio direto e convencional), concluíram que um dos parâmetros mais importantes que condiciona a condutividade hidráulica é a qualidade de poros, e não o volume de macroporos, pois



em solos preparados, normalmente, a um maior volume de macroporos. No entanto, a condutividade hidráulica do solo saturado é menor do que em solos sob plantio direto.

2.4– Efeito do uso e manejo sobre os atributos químicos do solo

Observa-se na região de cerrados do Brasil, o rápido desenvolvimento da pecuária e a intensificação do plantio de culturas anuais. Os solos da região possuem elevado potencial para a agricultura mecanizada intensiva, uma vez corrigidas as suas deficiências químicas, apresentando sob vegetação natural, propriedades físicas favoráveis. Assim, o cultivo dos solos tropicais acarreta, normalmente, uma forte redução nos estoques orgânicos e a degradação do conjunto de propriedades edáficas que são associadas a tais estoques (CERRI et al., 1991).

FREITAS et al. (2000), avaliando o nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo, verificaram que os Latossolos argilosos dos cerrados apresentam pouca variação dos estoques orgânicos na camada de 0,00-0,20cm nas situações consideradas. A degradação das pastagens é caracterizada por um estoque menor de carbono orgânico do compartimento resíduos vegetais e, que o sistema de plantio direto possibilita maior estocagem de carbono orgânico no compartimento resíduos vegetais, em comparação com o sistema convencional.

A importância da matéria orgânica em relação às características químicas, físicas e biológicas do solo é amplamente reconhecida. A sua influência sobre as características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determinam que a matéria orgânica seja considerada um dos principais parâmetros na avaliação da qualidade do solo (DORAN & PARKIN, 1994).

Em sua maioria, os estudos sobre o efeito de sistemas de manejo têm demonstrado que as alterações no conteúdo de matéria orgânica são lentas, necessitando

unesp

de um período de tempo relativamente longo para serem detectadas. Por essa razão, alguns estudos também têm avaliado, adicionalmente à matéria orgânica total, atributos como a biomassa microbiana e a matéria orgânica leve, que são mais sensíveis, permitindo uma avaliação antecipada da qualidade dos sistemas de manejo do solo adotados (VARGAS, 1997).

O preparo do solo executado com aração e/ou gradagem, aumenta o potencial de perda de matéria orgânica por erosão hídrica e decomposição microbiana, sendo a última a principal forma de perda de matéria orgânica do solo afetada pelos preparos. REICOSKY et al. (1995) verificaram que nos 19 dias imediatamente após a aração do solo ocorreu uma liberação de 2,48 t ha^{-1} de C como CO_2, quantidade superior à adicionada pelo resíduo de trigo (1,85 t ha^{-1} de C), indicando substancial oxidação biológica do carbono orgânico do solo. Dezenove dias após o preparo, metade do resíduo de trigo permanecia visível, não completamente decomposto, indicando que mais da metade do C liberado como CO_2 foi resultante da matéria orgânica do solo. Os sistemas de sucessão e de rotação de culturas também são fundamentais para a manutenção ou recuperação do conteúdo de matéria orgânica, considerando sua influência na quantidade de resíduos culturais adicionados ao solo anualmente (BURLE et al., 1997).

TAYLOR (1967) lembra que as características químicas do solo geralmente são modificadas pela aplicação de fertilizantes na superfície e/ou incorporados na camada arável. O desenvolvimento vegetal pode ser afetado por estas mudanças, especialmente quando se trata de sementes em germinação e plântulas em estabelecimento. Quando as raízes encontram altas concentrações de alumínio tóxico, o seu crescimento tende a limitar-se, prejudicando seriamente o desenvolvimento e a produção da planta. Esse efeito adverso pode ser minimizado pela incorporação de calcário, que deve ser bem

unesp

incorporado ao solo. Conclui ainda, que na presença de altas concentrações de alumínio tóxico no solo, operações de preparo (especialmente a subsolagem), realizadas com o intuito de promover maior desenvolvimento do sistema radicular, comumente fracassam, pois o impedimento ao crescimento das raízes é químico, e não mecânico.

Os solos sob cerrado apresentam grandes limitações ao cultivo, relativas a sua fertilidade natural. LOPES (1983) estudando latossolos sob cerrado em Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás, analisou quimicamente 513 amostras superficiais de solos. Verificou que 50,2% das amostras tinham pH em água entre 5,0-5,9, e que 80% possuíam pH em KCl 1N na faixa de 4,0 a 4,6. A variação dos teores de alumínio trocável encontrados pelo autor, para solos de cerrado, foi de 8 a 24 $mmol_c.dm^{-3}$ Al^{3+}/100g de solo, sendo uma das maiores limitações para seu uso. Verificou-se, com a aplicação de calcário no solo, que ocorreu a inativação do alumínio e do ferro e o aumento do pH. Porém, o efeito benéfico de calagem, elevando o pH e inativando o alumínio e o ferro, pode ficar comprometido quando há a dispersão de argila, que, eluviada, pode obstruir poros, dificultando assim a infiltração de água (JUCKSCH, 1987).

BAYER & BERTOL (1999), estudando as características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica, observaram que na fração grosseira, em um período de 13 anos, que os incrementos de carbono orgânico e nitrogênio foram de 85 e 45%, respectivamente, no preparo reduzido, e de 275 e 230%, respectivamente, no plantio direto, demonstrando ser um atributo adequado para avaliar o efeito de sistemas de manejo a curto prazo. No plantio direto ocorreu pequena estratificação de cálcio e grande estratificação de fósforo e potássio em profundidade, em comparação ao preparo reduzido e convencional. O pH e o alumínio não foram afetados pelos sistemas de preparo de solo. KLEPKER &



ANGHINONI (1995), estudando as características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo (convencional, em faixas e sem preparo) e modos de adubação, concluíram que a distribuição de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, o pH em água e a necessidade de calcário no perfil foram semelhantes nos diferentes preparos.

A calagem é uma das principais práticas recomendadas para a redução da acidez e de níveis tóxicos de alumínio trocável e, elevação da CTC efetiva e do conteúdo de bases trocáveis. No entanto, esta prática pode acarretar mudanças físico-químicas no solo, favorecendo a dispersão da argila. Outra prática agrícola bastante utilizada é a incorporação de resíduos vegetais, que podem reduzir significativamente os teores de alumínio trocável e elevar o pH. A intensidade desses efeitos depende do tipo e da quantidade de material incorporado. Os teores de alumínio trocável podem ser reduzidos significativamente com a incorporação de leguminosas, enquanto que a incorporação de gramíneas pode não acarretar em uma redução significativa. A composição do material orgânico incorporado tem influência na duração de seu efeito sobre as cargas negativas do solo (HUE et al., 1986).

No sistema plantio direto, por causa da localização dos fertilizantes adicionados e das menores perdas por erosão, há maior acumulação de nutrientes na superfície, especialmente de fósforo, que pode apresentar teores até 10 vezes superiores em relação as camadas subsuperficiais (MUZILLI, 1983; CENTURION et al., 1985; ELTZ et al., 1989). Também são alteradas as formas de fósforo existentes no solo, pois observações feitas no estado do Rio Grande do Sul mostraram que a percentagem de fósforo orgânico, que perfaz de 45 a 68% do total (MACHADO et al., 1993), diminui no sistema plantio direto, por causa da localização das adubações fosfatadas, especialmente na camada superficial do solo.

unesp

A lixiviação de cátions, particularmente a do potássio, é influenciada pela capacidade de troca catiônica, que, por sua vez, está relacionada com o pH do solo e com os teores de cálcio e magnésio. Com relação a influência da calagem sobre a lixiviação do potássio em solos tropicais, é comum encontrar citações afirmando que, os solos corrigidos com calcário retêm mais potássio do que os ácidos, ou seja, a calagem diminui a lixiviação deste nutriente para os horizontes mais profundos. A redução das perdas de potássio pela calagem está associada ao aumento da retenção de bases, provocadas pela liberação de cargas negativas dependentes do pH (VIONE et al., 1996).

Em relação ao potássio, alguns autores verificaram acúmulo de potássio na superfície do solo em função de preparo reduzido (CENTURION et al., 1985 e ROBBINS & VOSS, 1991), outros não (MUZILLI, 1983 e ELTZ et al., 1989). Esse acúmulo provavelmente depende do tipo de solo (textura, mineral de argila), do regime de drenagem e da quantidade adicionada na adubação. DE MARIA & CASTRO (1993), trabalhando com amostras periódicas ao longo de sete anos em três sistemas de preparo, observaram acúmulos de potássio no solo sob plantio direto e preparo com arado escarificador, acúmulo este que foi eliminado num ano excessivamente chuvoso para as condições locais.

RHEINHEIMER et al. (1998), estudando as modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema de plantio direto, verificaram que a adoção do sistema de plantio direto aumentou o teor de carbono orgânico, CTC, disponibilidade de fósforo e potássio e acidez potencial, especialmente na camada de 0-5cm, comparativamente ao sistema de cultivo convencional.

A maioria dos solos tropicais apresenta um valor de CTC bastante baixo, principalmente devido a seu alto grau de intemperismo, pois nestes solos normalmente encontram-se argilas de baixa atividade, além de óxidos e hidróxidos de ferro e

unesp

alumínio e matéria orgânica de baixa CTC. Nesses solos a saturação de bases também é baixa, podendo ocorrer deficiência de cálcio, magnésio e potássio (SOUSA et al., 1985).

TESTA et al. (1992), avaliando as características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura, verificaram que o aumento no teor de carbono do solo, determinados pelos sistemas de culturas, promoveu um aumento proporcional na CTC, com destaque para os sistemas milho + guandu, siratro e milho + lablabe. O efeito dos sistemas de cultivo sobre a CTC foi acompanhado de aumentos proporcionais nos teores de cálcio, magnésio e potássio e, por conseqüência, na soma de bases do solo.

CENTURION et al. (1985), estudando os efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja, verificaram uma maior concentração de nutrientes nas camadas mais superficial do solo (0-10cm) nos sistemas reduzido e de semeadura direta, e uma distribuição mais uniforme na camada de 0-20cm nos sistemas convencional e de super-preparo (duas arações, gradagens pesada e niveladora).

SIDIRAS & PAVAN (1985), avaliando a influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade, observaram que o sistema de plantio direto e a cobertura permanente do solo, em comparação com o plantio convencional, proporcionaram aumentos no pH, CTC efetiva, Ca, Mg, K e P, e diminuições na saturação do alumínio, principalmente nos horizontes próximos a superfície do solo. A análise dos resultados sugeriu que, para as condições de estudo, as práticas de manejo que visam a cobertura e a proteção do solo com resíduos de plantas, condicionaram uma acentuada recuperação da fertilidade e, consequentemente, um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas cultivadas.

unesp

SIDIRAS et al. (1983), estudando a influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxissol), verificaram que no plantio direto houve maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais do solo e melhor aproveitamento do nutriente pelo milho, evidenciando a possibilidade de redução da adubação fosfatada. A distribuição do potássio trocável foi similar entre os sistemas de cultivo, indicando que, para o plantio direto, devem prevalecer os mesmos critérios de orientação à adubação potássica preconizados pelo plantio convencional, ao se tomar a análise do solo como base. Cálcio e magnésio trocáveis, da mesma forma que o potássio, mostraram tendência de diminuição gradativa de sua disponibilidade, com a profundidade da camada arável, quer em plantio direto quer em plantio convencional.

MUZILLI (1983) constatou maior concentração de cálcio e magnésio em plantio direto em relação ao sistema convencional, nos primeiros 5 ou 10cm da camada arável do solo. Isto ocorreu devido ao fato de que no início do ensaio, ter-se procedido a calagem sem incorporação do corretivo. Efeitos similares foram verificados por (CENTURION, 1984).

Alguns autores atribuíram a ocorrência de acidificação mais acentuada nas camadas superficiais dos solos sob plantio direto, devido ao emprego de altas doses de fertilizante. Entretanto, MUZILLI (1983) encontrou após vários anos de cultivo, que os valores do pH constatados em plantio direto ainda se mostraram iguais ou superiores aos verificados em plantio convencional, notadamente nos primeiros 5 ou 10cm da camada arável.

HERNANI et al. (1999), avaliando sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão, verificaram que o sistema de plantio direto foi o mais eficaz no controle da erosão, perdendo as menores quantidades totais de

unesp

nutrientes e de matéria orgânica. O sistema de escarificação + gradagem niveladora foi menos eficaz que o plantio direto, porém mais eficiente do que os das gradagens, no controle das perdas de nutrientes e de matéria orgânica por erosão.

Alguns autores afirmaram que em áreas sob plantio direto, o aumento de cálcio e magnésio nas camadas mais superficiais só apareceu após um período prolongado de uso desse sistema, pela reciclagem que as culturas promovem. Nos trópicos, via de regra, isto não tem sido observado (MUZILLI, 1983; CENTURION et al., 1985; OLIVEIRA et al., 1990), talvez em função da predominância da baixa CTC e da boa drenagem desses solos não ocorre este acúmulo de bases trocáveis nas camadas superficiais. Isto pode colaborar para maior acidificação observada por alguns autores no sistema de plantio direto (JUO & LAL 1979; CASTRO et al., 1987; OLIVEIRA et al., 1990). Contribuíram para isto o acúmulo de matéria orgânica e de resíduos da adubação química, sobretudo de fertilizantes nitrogenados, nas camadas superficiais. Quando o nitrogênio é lixiviado na forma de nitrato há sempre uma quantidade de cátions sendo removidos.

A eliminação do revolvimento do solo e a aplicação superficial de corretivos e fertilizantes também promovem alteração na distribuição de nutrientes na camada arável do solo, em relação ao preparo convencional. BAYER & MIELNICZUK (1997) atribuíram a uma estratificação em profundidade da concentração de cálcio, magnésio, potássio e fósforo a tais fatores, após cinco anos de adoção do plantio direto. A concentração no solo de alumínio em profundidade foi maior no plantio direto do que no preparo convencional. Entretanto, nenhum dos atributos químicos avaliados foi limitante ao desenvolvimento vegetal e à produção das culturas em plantio direto.

Vários autores relataram que os solos respondem diferentemente à manutenção de resíduos na superfície, em relação a sua incorporação com arados ou enxadas

unesp

rotativas. CASTRO (1989) observou que após cinco anos de uma rotação soja/milho, em sucessão a aveia preta, havia maior teor de matéria orgânica quando o solo foi preparado com escarificador, em relação ao arado de discos. Esses resultados foram atribuídos ao efeito da incorporação parcial da palha pelo implemento de hastes, o que teria diminuído a velocidade da sua decomposição e reduzido as perdas por lixiviação. O autor também constatou que sistemas de preparo que promovem menor movimentação de solo tendem a causar aumentos na disponibilidade de fósforo, especialmente na camada arável. Justifica essa observação, pelo menor contato entre o fertilizante e as partículas do solo, o que reduz a imobilização do fósforo pelo complexo coloidal do solo. Quanto ao potássio, verificou que sua distribuição no perfil do solo está menos correlacionada com o sistema de preparo e mais com as características do solo. Com relação ao cálcio e ao magnésio, verificou que o preparo reduzido aumentou sua concentração nas camadas superficiais, porém esse efeito só foi observado após um período prolongado da adoção desse sistema. Também constatou que a incorporação parcial de calcário, por meio de escarificador, aumentou a disponibilidade de cálcio e magnésio nas camadas superficiais do solo, em comparação com uso do arado de disco.

TOGNON et al. (1997), estudando as alterações nas propriedades químicas de Latossolos Roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração, verificaram que a utilização de um elevado nível de manejo, tanto em sistema convencional de preparo como em plantio direto, ambos seguidos de irrigação, proporcionaram uma série de alterações nas propriedades químicas dos latossolos roxos da região de Guaíra. Ficaram evidentes as diferenças dos solos álicos com os eutróficos, quando submetidos aos sistemas de cultivo com o plantio direto e o convencional. Nos solos álicos, ocorreram acentuados incrementos de bases, tanto na superfície como na subsuperfície,



transformando-os distróficos ou epieutróficos. Para os eutróficos, houve um empobrecimento, a ponto de não excluir-lhes tal caráter.

3- MATERIAL E MÉTODOS

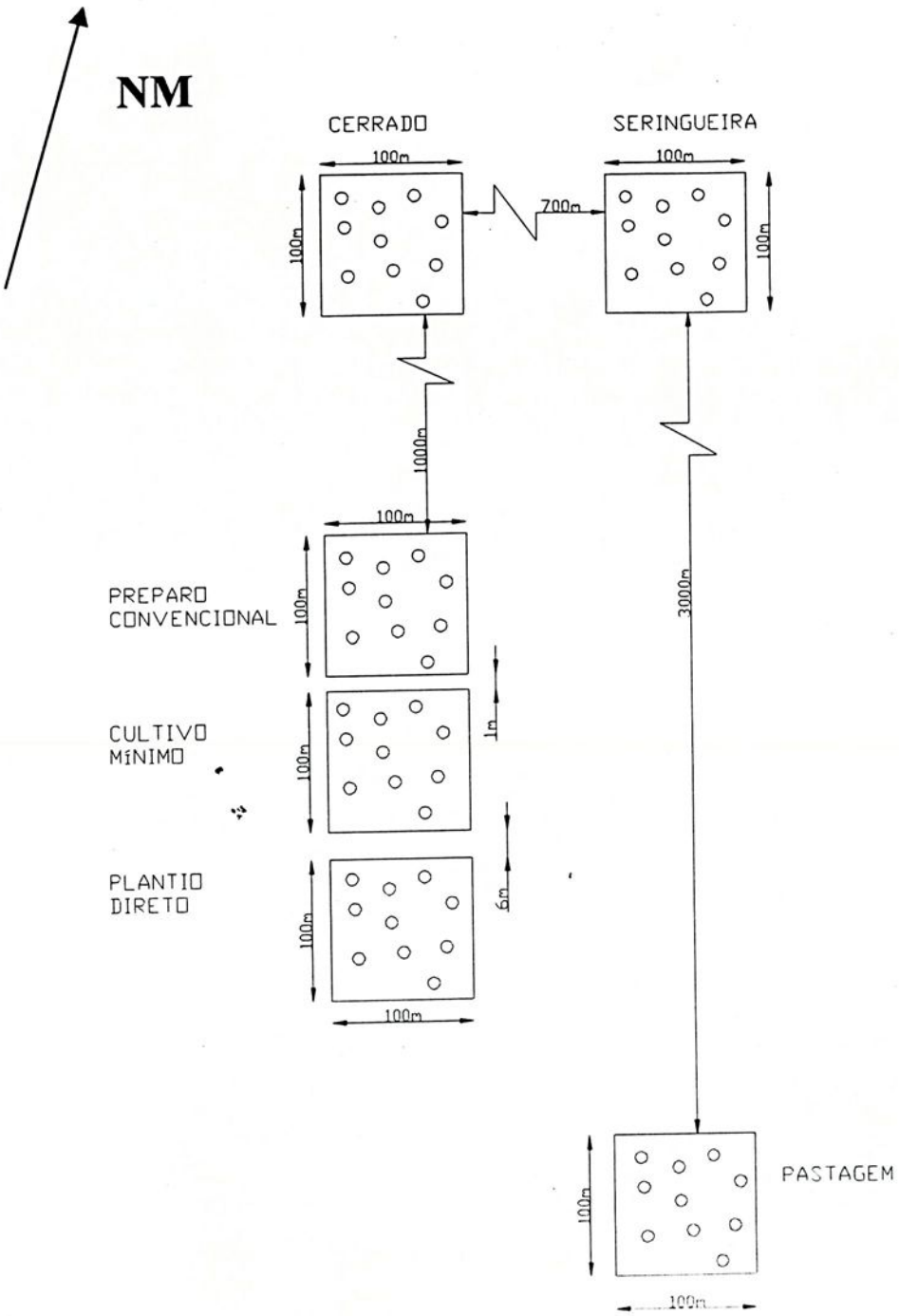
3.1- Localização e características gerais da área experimental

O estudo foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da FEIS/UNESP, situada a margem direita do rio Paraná, no município de Selvíria-MS, localizada de acordo com as coordenadas geográficas 22° 23'S e 51° 27' W. O relevo é caracterizado por ser moderadamente plano a levemente ondulado. A área possui 352,818 ha e tem como divisas: a) Norte, fazenda do Bitão; b) Sul, reservatório da Usina Hidroelétrica de Ilha Solteira; c) Leste, área de propriedade da CESP e, d) Oeste, BR-156. A temperatura média anual é de 23,7 °C, sendo a média dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) de 25,7 °C e a dos mais frios (junho e julho) de 20,5 °C. A precipitação média anual é de 1300 mm. O tipo climático segundo KÖeppen é Aw, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, estando a umidade relativa dos meses mais chuvosos entre 60 e 80 %. A vegetação original encontrada na área foi descrita como sendo do tipo cerrado e o solo da área em estudo foi previamente classificado como Latossolo Vermelho-Escuro álico, textura argilosa (DEMATTÊ, 1980). Através do levantamento detalhado efetuado por DEMATTÊ (1980), assim como, utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos EMBRAPA (1999), o solo utilizado no presente trabalho foi um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulinítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd).

3.2- Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis (6) tratamentos e dez (10) repetições para todos os atributos físicos e químicos e parcelas experimentais de 100m x 100m, perfazendo uma área de 1 ha (10.000 m^2), conforme croqui abaixo:




NM
CERRADO
SERINGUEIRA
100m
100m
700m
100m
100m
1000m
100m
PREPARO
CONVENCIONAL
100m
3000m
CULTIVO
MÍNIMO
100m
1m
PLANTIO
DIRETO
100m
6m
100m
PASTAGEM
100m
100m

Tratamentos:

1- Plantio direto - culturas anuais

2- Preparo convencional - culturas anuais

3- Cultivo mínimo - culturas anuais

4- Área natural - cerrado (testemunha)

5- Área com pastagem

6- Área com cultura perene - seringueira

O Preparo convencional foi realizado efetuando-se três gradagens: uma usando grade pesada (aradora) e duas gradagens leve (niveladora), há 16 anos.

O Cultivo mínimo foi realizado efetuando-se uma operação com escarificador e uma gradagem leve (niveladora).

As áreas com plantio direto e cultivo mínimo foram utilizadas com estes sistemas de preparo há oito anos. Anteriormente eram usadas somente com preparo convencional. As culturas anuais durante estes oito anos foram: milho (*Zea mays L.)*, feijão (*Phaseolus vulgaris*), arroz (*Oryza sativa*), soja (*Glycine max L. Merril*), guandu (*Cajanus cajan*) e trigo (*Triticum aestivum L.*), obedecendo sempre uma seqüência de gramínea e leguminosa. A área foi irrigada durante o inverno, ou sempre que necessário.

A área natural em estudo (cerrado), constitui-se de uma vegetação de cerrado, onde predominam as formas arbustivas em solos profundos, pouco férteis.

A área com seringueira (*Hevea brasiliensis Muell Arg.*) foi instalada em janeiro de 1983 com espaçamento de 7,0 x 2,5 m. Os clones utilizados nesta área foram LCB-510 (2 linhas), RRIM-600 (2 linhas), IAN-873 (2 linhas) e IAN-717 (2 linhas mais bicos). Os tratos culturais efetuados foram o coroamento, gradagem e roçagem.

unesp

A área de pastagem em estudo foi implantada no ano de 1978 (20 anos de uso). Foi usada a *Brachiaria decumbens*, sendo que a mesma só recebeu calagem (2 t/ha) e adubação fosfatada (1 t/ha de superfosfato simples) na sua implantação.

3.3- Determinações

3.3.1- Infiltração de água no solo

A taxa de infiltração, taxa constante de infiltração e a infiltração acumulada foram determinadas mediante os cilindros de infiltrômetros duplos (BERTRAND, 1965), em outubro e novembro de 1999, sendo utilizados dois conjuntos de anéis em determinações simultâneas. As dimensões do cilindro interno são de 0,254m de diâmetro, bem como a altura, e as do externo, 0,381m de diâmetro e 0,20m de altura, o cilindro interno foi cravado no solo até 0,15m de profundidade, e o externo a 0,10m. Na proximidade dos locais que foram realizadas as provas de infiltração, foram coletadas amostras de solo para determinação do teor de água no solo. A taxa constante de infiltração foi determinada experimentalmente no campo, após obter-se pelo menos quatro leituras semelhantes.

O modelo matemático empregado para descrever a taxa de infiltração foi a equação de SMITH (1972). Sua forma original é a seguinte:

$$I = a \cdot t^{-b} + c$$

onde:

I = taxa de infiltração (mm/h);

a e b = parâmetros de ajuste da equação (sem significado fisico);

t = tempo (min);

c = taxa constante de infiltração (mm/h).

Empregou-se o programa computacional Microsoft Excel para a obtenção das equações e confecção dos gráficos.

O modelo matemático que foi utilizado para representar a infiltração acumulada foi o de KOSTIAKOV (1932), dado por:

$I = Kt^a$

Onde:

I = Infiltração acumulada (mm);

t = Tempo acumulado em min;

K = Constante;

a = é a declividade da respectiva curva.

Sendo, que os parâmetros K e a são de natureza empírica e não têm interpretação física.

O programa computacional Sistema para Análise Estatística - SAEG (1993) foi utilizado para obtenção das equações e confecção dos gráficos.

Para descrever o processo de infiltração de água no solo optou-se por equação empírica, que apresenta parâmetros de ajustes não medidos e que não possuem significado físico. Para estimar a taxa de infiltração de água no solo, foi usada a equação de SMITH (1972), e para a infiltração acumulada a de KOSTIAKOV (1932). As equações empíricas permitem que a taxa ou volume acumulado de infiltração sejam expressos algebricamente como uma função do tempo. Optou-se pela equação de SMITH (1972) pois, dentre as equações empíricas desenvolvidas até agora, a de Smith tem descrito o processo pelo menos com o mesmo grau de adequação das outras equações existentes. Quanto a equação de KOSTIAKOV (1932), Segundo LIMBARDI (1995), embora empírica e de aplicabilidade limitada, é útil em aplicações de irrigação, devido à sua simplicidade e ao fato de que, para curtos intervalos de tempo, ajustar-se razoavelmente bem para uma grande quantidade de solos.

unesp

3.3.2- Atributos físicos do solo

Com a finalidade de relacionar a taxa de infiltração com outras características do solo que têm influência determinante no movimento vertical de água no solo, determinou-se também:

a) **Densidade do solo**, obtida através do método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1979);

b) **Análise granulometrica,** foi realizado através do método da pipeta (EMBRAPA, 1979);

c) **Porosidade total, macro e microporosidade,** em laboratório, a porosidade (porosidade total, macro e microporosidade) foi determinada pelo método da mesa de tensão, com o emprego de amostras com estrutura não deformada (EMBRAPA, 1979).

As amostras foram coletadas no mês de setembro de 1998 e 1999.

3.3.3- Matéria orgânica

A matéria orgânica, foi determinada conforme o procedimento descrito por (RAIJ & QUAGGIO, 1983). Todas as determinações foram feitas a três profundidades, 0,00-0,10m; 0,10-0,20m e 0,20-0,40m, levando-se em consideração que os efeitos dos sistemas culturais, sistema de manejo, bem como das coberturas vegetais, ocorrem principalmente nos primeiros 0,40m do perfil do solo.

As amostras foram coletadas nos mês de setembro de 1998 e 1999.

3.3.4- Condutividade hidráulica do solo saturado avaliado no campo

Utilizando permeâmetro de Guelph, modificado por VIEIRA[1], cujo o funcionamento é baseado no princípio de Mariotte, mediu-se a taxa constante de infiltração e calculou-se a condutividade hidráulica do solo saturado no campo (Kfs) (REYNOLDS & ELRICK, 1985). Foram feitas as medições nos meses de setembro e

[1] VIEIRA, S. R. Seção de Conservação do solo - IAC, Comunicação Pessoal, 1989.

unesp

outubro de 1999, nas profundidades de 0,10m; 0,20m e 0,40m , em dez (10) pontos por tratamento. Foram perfurados orifícios de 0,05m de diâmetro na profundidade desejada, utilizando-se um trado especial, que recorta o fundo do solo, deixando-o com uma forma cilíndrica, e de volume facilmente estimável. O permeâmetro foi colocado de modo que a ponta por onde sai a água ficasse em contato com o fundo do orifício. A operação se iniciou com uma carga hidráulica de 3cm de altura, fazendo-se leituras a cada minuto. Após infiltração constante, determinada por quatro diferenças iguais entre leituras, elevou-se a carga para 6cm e repetiu-se a operação.

Feitas as medições, os dados foram analisados segundo modelos matemáticos propostos por VIEIRA et al. (1988), com algorítmos em FORTRAN, que resolveu as equações seguintes:

$$Q_1 = \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot H_1^2}{C_1} + \pi \cdot a^2 \right) \cdot Kfs + \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot H_1}{C_1} \right) \cdot \emptyset_m$$

$$Q_2 = \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot H_2^2}{C_2} + \pi \cdot a^2 \right) \cdot Kfs + \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot H_2}{C_2} \right) \cdot \emptyset_m$$

onde: **Kfs** é a condutividade hidráulica do solo saturado no campo, $\emptyset_m$ é o potencial matricial do fluxo, **Q** é o fluxo constante, **H** é a carga hidráulica, **C** é um fator de geometria, e **a** é o raio do orifício onde as medições foram feitas. A solução das equações Q_1 e Q_2 gera valores de Kfs em $cm \cdot h^{-1}$.

3.3.5- Resistência à penetração

Foram efetuadas determinações com penetrômetro nos meses de setembro e outubro de 1999, num total de dez (10) repetições por tratamento. O penetrômetro utilizado para determinar a resistência à penetração foi o penetrômetro cônico, modelo Solotest 1.210.001, com ângulo de penetração de 30° e área basal de 6,33 cm^2.

unesp

A resistência à penetração foi avaliada nas profundidades de 0,00-0,10m; 0,10-0,20m e 0,2-0,40m. Nos respectivos pontos de determinações foram retiradas amostras de solo nas mesmas profundidades, para a determinação da umidade do solo no instante da avaliação.

3.3.6- Umidade do solo

A umidade do solo a base de massa foi avaliada nas profundidades 0,00-0,10m; 0,10-0,20m e 0,20-0,40m, em setembro e outubro de 1999. O método empregado foi o de pesagem (EMBRAPA, 1979).

3.3.7- Atributos químicos do solo

As amostras do solo para análise química foram coletadas com trado tipo holandês de 0,05m de diâmetro, nas profundidades de 0,00-0,10m; 0,10-0,20m e 0,20-0,40m, em outubro de 1999. Determinou-se o fósforo, pH, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial (H+Al) e alumínio. A extração de cálcio, magnésio, potássio e fósforo foi feita usando a resina trocadora de ions. O hidrogênio + alumínio foi determinado pela solução tampão SMP. O pH foi avaliado em solução de $CaCl_2$ 0,01 M (RAIJ & QUAGGIO, 1983).

3.3.8- Análise estatística

O modelo matemático para análise de variância dos atributos estudados, foi o seguinte:

$Yij = \mu + Zi + eij$

Onde:

Yij = valor observado da taxa de infiltração constante;

μ = média geral;

Zi = efeito do tratamento (i = 1,2 ... 6);

eij = erro aleatório.

Quadro 1- Esquema geral da análise de variância do experimento.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamento	a – 1	$\sum_{i}^{a} \frac{y^2 i}{r} - \frac{y^2}{ar}$	$\frac{\text{SQ trat.}}{a - 1}$	$\frac{\text{QM trat.}}{\text{QM res.}}$
Resíduo	a (r - 1)	SQtotal – SQtratamentos	$\frac{\text{SQ res.}}{a (r - 1)}$	
Total	ar – 1	$\sum_{i}^{a} \sum_{j}^{r} y^2 ij - \frac{y^2 ..}{ar}$		

a = tratamento; r = número de repetições.

Os dados foram submetidos à análise conjunta, segundo o modelo matemático seguinte:

$Ylij = \mu + Ll + Zi + Lzli + elij$

onde:

Ylij = valor observado para os dados analisados

μ = média geral

Ll = efeito do local

Zi = efeito do tratamento

Lzli = efeito da interação

elij = erro aleatório

unesp

Quadro 2- Esquema geral da análise de variância para a análise conjunta dos dados.

FV	GL	SQ	QM	F
Local	L-1	SQLocal	QMLocal	$\frac{\text{QM Local}}{\text{QM Interação}}$
Tratamento	i-1	SQTratamentos	QMTratamento	$\frac{\text{QM Tratamento}}{\text{QM Interação}}$
L x T(interação)	(L-1)(i-1)	SQInteração	QMInteração	$\frac{\text{QM Interação}}{\text{QM Res.Médio}}$
Resíduo	(L.i)(r-1)	SQResíduo	QMRes.Médio	
Total	Lir-1	SQTotal		

i = tratamento;L = local; r = número de repetições

Quando significativo os resultados da análise de variância foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a comparação de médias.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1-Densidade do solo

Os valores médios da densidade do solo são apresentados nos Quadros 3 e 4 e Figuras 1 e 2, para os anos de 1998 e 1999. A análise de variância desses dados evidenciou a existência de diferenças significativas entre os tratamentos. Para o ano de 1998 a análise realizada, para os valores de densidade do solo obtidos em função dos diferentes sistemas de manejo (Figura 1 e Quadro 3), permitiu verificar, que os menores resultados obtidos na profundidade de 0,00-0,10m, foram observados nas áreas de cerrado e cultivo mínimo (1,16 e 1,18 $kg.dm^{-3}$, respectivamente) não diferindo estatisticamente entre si. O sistema de manejo convencional apresentou um valor intermediário (1,28 $kg.dm^{-3}$) quanto a este atributo, diferindo estatisticamente dos demais sistemas. Os maiores valores de densidade do solo foram verificados na pastagem, seringueira e plantio direto (1,48, 1,43 e 1,42 $kg.dm^{-3}$, respectivamente) não diferindo estatisticamente entre si.

Os resultados expostos enfatizaram a influência, na camada superficial do solo, do trafego de máquinas (área com seringueira e plantio direto) e também da acomodação natural do solo. Em relação a pastagem, esta alta densidade do solo deve-se provavelmente ao pisoteio animal. Para área cultivada com o plantio direto, ou seja, sem preparo, os maiores valores médios da densidade do solo eram esperados, principalmente em condições superficiais. Segundo SIDIRAS et al. (1982) e VIEIRA & MUZILLI (1984), o não revolvimento periódico do solo provoca certa compactação da camada superficial o que resulta em aumento da densidade do solo.

Os valores da densidade do solo que se encontra nos Quadro 3 e Figura 1 foram significativamente superiores até a profundidade de 0,20m para o sistema de plantio direto quando comparado com o cerrado, o que corrobora com o citado por DERPSCH

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

et al. (1986) e SILVEIRA et al. (1997), que afirmam que em plantio direto a compactação deve ser mais superficial, até 0,20m. Observou-se ainda, que em todos os sistemas, houve uma tendência de aumento da densidade do solo na profundidade de 0,10-0,20m, sendo que estes resultados foram concordantes aos obtidos por ZAI et al. (1990), que estudando o efeito do trafego agrícola em áreas cultivadas, encontraram valores de densidade do solo 50% superiores em relação às áreas não mecanizadas. MELLO (1987), trabalhando com um Latossolo Vermelho-Escuro, observou comportamento semelhante, pois houve efeito dos diferentes preparos sobre a densidade do solo, mencionando que a modificação de uma camada superficial do solo pode ter induzido ao menor valor deste atributo.

Quadro 3. Comparação das médias da densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	1,16 Cb	1,31 Ca	1,25 Ba
Plantio Direto	1,42 Aa	1,43 Ba	1,32 Bb
Cultivo mínimo	1,18 Cb	1,31 Ca	1,29 Ba
Seringueira	1,43 Aa	1,43 Ba	1,27 Bb
Pastagem	1,48 Ab	1,60 Aa	1,51 Ab
Convencional	1,28 Bb	1,48 Ba	1,29 Bb

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 0,11 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,09
CV Manejo = 6,11% CV Profundidade = 5,73%

Observando-se os resultados do Quadro 4 e Figura 2, da densidade do solo avaliada em 1999, constatou-se na profundidade 0,00-0,10m, que o cerrado e o cultivo mínimo apresentaram os menores resultados para este atributo, não diferindo estatisticamente entre si. O preparo convencional apresentou valor intermediário para a densidade do solo, e a pastagem, seringueira e o plantio direto apresentaram os maiores valores médios para este atributo, diferindo dos demais sistemas. Na camada de 0,10-0,20m novamente observou-se que o cerrado e cultivo mínimo apresentaram os menores



valores médios para a densidade do solo, diferindo estatisticamente dos demais sistemas, e a pastagem apresentou o maior valor para este atributo nesta profundidade.

Quadro 4. Comparação das médias da densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	1,17 Db	1,29 Da	1,28 Da
Plantio Direto	1,35 Cb	1,44 Ba	1,29 Dc
Cultivo mínimo	1,19 Db	1,32 Ca	1,30 Ca
Seringueira	1,40 Ba	1,36 Cb	1,23 Dc
Pastagem	1,49 Ab	1,59 Aa	1,51 Ab
Convencional	1,44 Bb	1,46 Ba	1,35 Ba

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 0,16 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,05
CV Manejo = 4,11% CV Profundidade = 3,72%

Nota-se que na profundidade de 0,10-0,20m ocorreu a presença de uma camada compactada para todos os sistemas de manejo em estudo. Na camada de 0,20-0,40m observa-se que a pastagem apresentou o maior valor deste atributo, diferindo estatisticamente dos demais sistemas. Já o cerrado, plantio direto, cultivo mínimo, seringueira e convencional não diferiram estatisticamente entre si, provavelmente devido ao pequeno efeito das máquinas agrícolas nesta profundidade. Verifica-se que a pastagem apresentou os maiores valores para a densidade, nas três profundidades estudadas. Observa-se que no ano de 1999, de maneira geral, os valores médios da densidade do solo aumentaram em profundidade para o cerrado, cultivo mínimo, pastagem e convencional, sendo que no plantio direto e seringueira, os valores médios para este atributo diminuíram. O resultado apresentado na área com cerrado nos anos de 1998 e 1999 foi um comportamento natural esperado, isto é, a densidade do solo em condições naturais aumenta com a profundidade do solo, considerando a diminuição do teor de matéria orgânica e o peso das camadas de solo sobrejacentes. Este fato também foi observado por CAVENAGE et al., (1999).

BCpIS - FEIS - UNESP

Na profundidade de 0,00-0,10m, a mobilização mecânica do solo advinda da escarificação (cultivo mínimo) e/ou do convencional, tendeu a reduzir os valores da densidade do solo, porém, com intensidades diferentes, sendo que estes resultados ficaram de acordo com (FERNANDES et al., 1983). No plantio direto, a tendência do aumento da densidade do solo, nos primeiros anos do sistema, deve-se ao arranjamento natural que o solo tende a apresentar quando deixa de sofrer a manipulação mecânica. Entretanto, com o passar dos anos, é de se esperar que a densidade do solo diminua, devido ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, que favorece um melhor desenvolvimento da estrutura do solo. Na profundidade de 0,10-0,20m, os valores de densidade do solo, determinados no sistema convencional, foram superiores aos determinados no plantio direto, o que pode ser atribuído a um possível efeito da compactação pelo uso da maquinaria agrícola. Alterações nos valores de densidade do solo devido ao manejo do solo, têm sido relatadas por diversos pesquisadores (CASSEL, 1982; FERNANDES et al., 1983; LEITE & MEDINA, 1984; ELTZ et al., 1989; PEÑA et al., 1996 e CARVALHO et al., 1999).

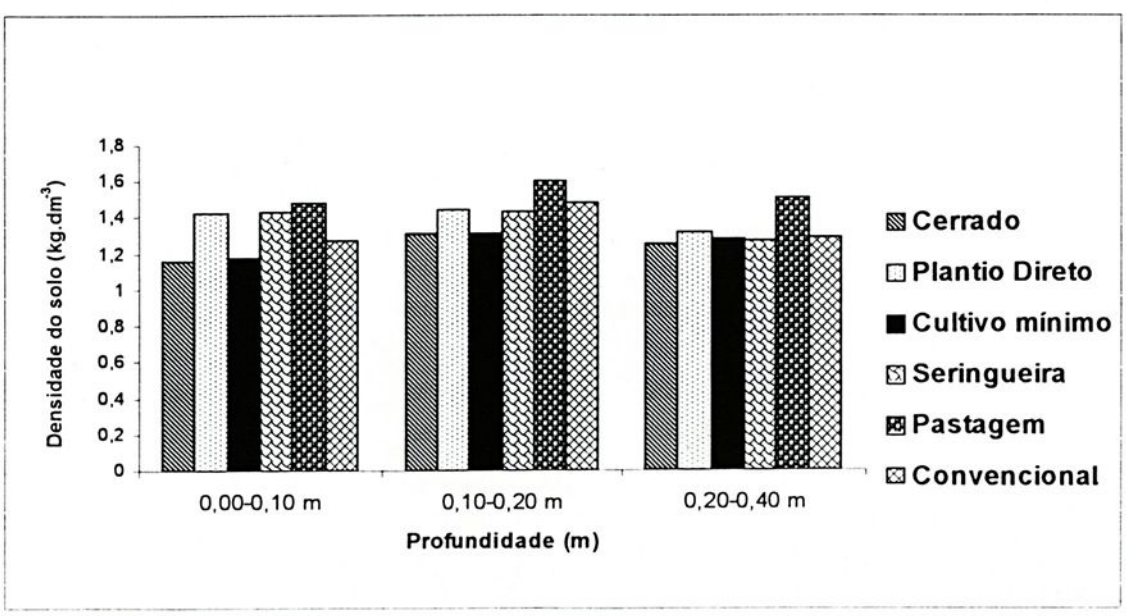


Figura 1-Valores médios de Densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos diferentes sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

O uso intensivo de implementos agrícolas e o tráfego excessivo de máquinas pesadas, em condições inadequadas de umidade, provocam a degradação da estrutura do solo, levando-o à compactação subsuperficial, fato que explica a alta densidade do solo no preparo convencional. Nas áreas de seringueira e pastagem, que receberam mobilização apenas no momento da instalação, ocorreu, portanto, uma acomodação da camada superficial, a qual, conjuntamente com o tráfego de máquinas para efetuar as atividades de manutenção da seringueira, leva ao aumento deste atributo. Especificamente na área com pastagem, associa-se aos valores mais altos da densidade do solo, quando comparados aos demais tratamentos, além da degradação da estrutura pelo pisoteio dos animais, a própria textura do solo da área com pastagem. Apesar de se tratar da mesma classe taxônomica, o solo na área com pastagem apresentou maior quantidade de areia (Apendice 1).

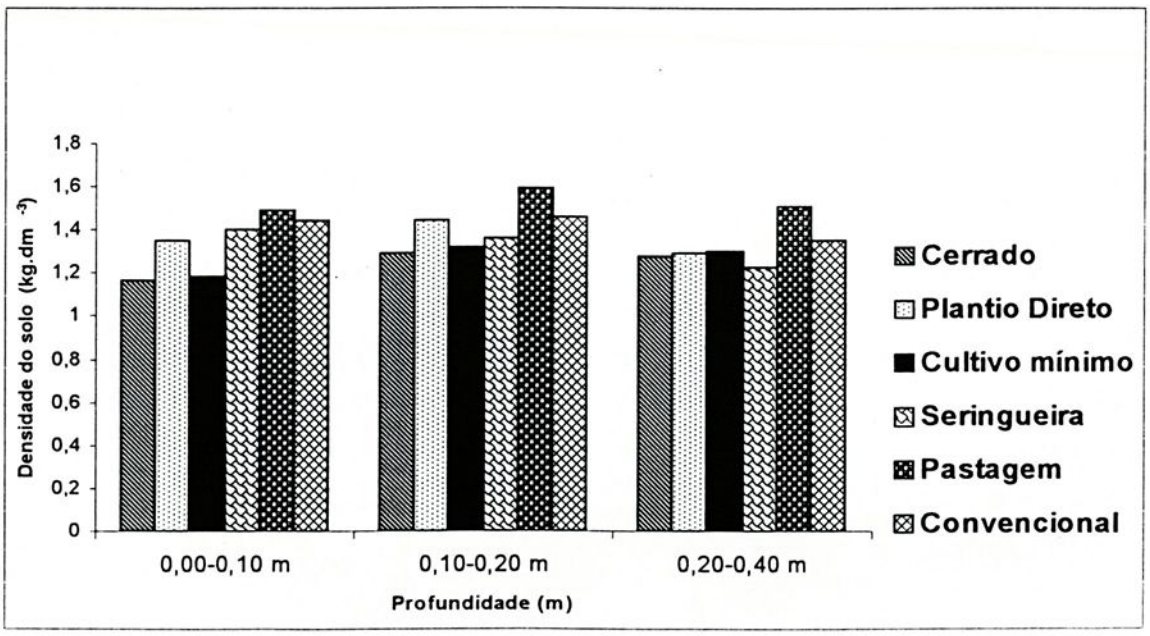


Figura 2-Valores médios da Densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Observa-se através do Quadro 5, que o cultivo mínimo e pastagem mostraram o mesmo comportamento nos anos de 1998 e 1999, isto é, não houve diferença entre os anos para a densidade do solo nas profundidades estudadas. Pode-se verificar também

que nas profundidades estudadas, o sistema de manejo com a seringueira apresentou uma diferença significativa, ou seja, houve uma redução do ano de 1998 para 1999. O plantio direto apresentou redução da densidade do solo, do ano de 1998 para 1999 nas profundidades de 0,00-0,10m e 0,20-0,40m, pois na profundidade de 0,10-0,20m ele se manteve estável. Porém, no preparo convencional ocorreu o inverso, havendo um aumento da densidade do solo na profundidade de 0,00-0,10m e 0,20-0,40m, mantendo-se estável na profundidade de 0,10-0,20m e com valores semelhantes nesta profundidade, ao plantio direto.

Quadro 5. Comparação das médias da densidade do solo ($kg.dm^{-3}$) nos manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999.

Densidade do solo ($kg.dm^{-3}$)						
	Profundidade (m)					
	0,00-0,10		0,10-0,20		0,20-0,40	
Manejo	Anos					
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Cerrado	1,16 A	1,17 A	1,31 A	1,29 A	1,25 B	1,28 A
Plantio direto	1,42 A	1,35 B	1,43 A	1,44 A	1,32 A	1,29 B
Cultivo mínimo	1,18 A	1,19 A	1,31 A	1,32 A	1,29 A	1,30 A
Seringueira	1,43 A	1,40 B	1,43 A	1,36 B	1,27 A	1,23 B
Pastagem	1,48 A	1,49 A	1,60 A	1,59 A	1,51 A	1,51 A
Convencional	1,28 B	1,44 A	1,48 A	1,46 A	1,29 B	1,35 A

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os coeficientes de variação para a densidade do solo foram de 6,11% e 4,11%, para os anos de 1998 e 1999, respectivamente, considerados baixos segundo (PIMENTEL GOMES, 1984). Estes dados ficaram de acordo com SARVASI (1994), CASTRO (1995) e ARZENO (1990), os quais obtiveram baixos valores de coeficiente de variação para a densidade do solo.

4.2-Macroporosidade, microporosidade e porosidade total

Através dos resultados apresentados para macroporosidade (Figura 3 e Quadro 6) notou-se na camada de 0,00-0,10m para o ano de 1998, que cerrado apresentou a

maior proporção de macroporos diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejo, porém, não diferiu estatisticamente do sistema cultivo mínimo. Os sistemas convencional e pastagem apresentaram valores intermediários (0,18 e 0,16 $m^3.m^{-3}$, respectivamente), porém, não diferiram do sistema cultivo mínimo, sendo que os menores valores de macroporos foram obtidos nos sistemas de plantio direto e seringueira (0,11 e 0,09 $m^3.m^{-3}$, respectivamente).

Quadro 6. Comparação das médias da macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	0,26 Aa	0,20 Ab	0,19 Ab
Plantio Direto	0,11 CDa	0,09 Ca	0,12 Ba
Cultivo mínimo	0,21 ABa	0,15 Abab	0,11 Bb
Seringueira	0,09 Db	0,09 Cb	0,13 Ba
Pastagem	0,16 BCa	0,08 Cb	0,13 Ba
Convencional	0,18 Ba	0,09 Cc	0,14 Bb

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 0,05 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,04
CV Manejo = 29,15% CV Profundidade = 15,86%

Observa-se através do Quadros 6 e 7 e Figuras 3 e 4, que o sistema de cultivo mínimo foi o que apresentou as maiores médias quanto a macroporosidade comparado com o cerrado (condição natural), sendo que esse dado está de acordo com o obtido por SARVASI (1994) e CASTRO (1995). O sistema de cultivo mínimo apresentou uma macroporosidade maior quando comparado com todos os sistemas de de manejo em estudo. Houve uma diminuição da macroporosidade com o aumento da profundidade em todos os sistemas de manejo, sendo que este fato esta de acordo com (ELTZ et al., 1989).

unesp

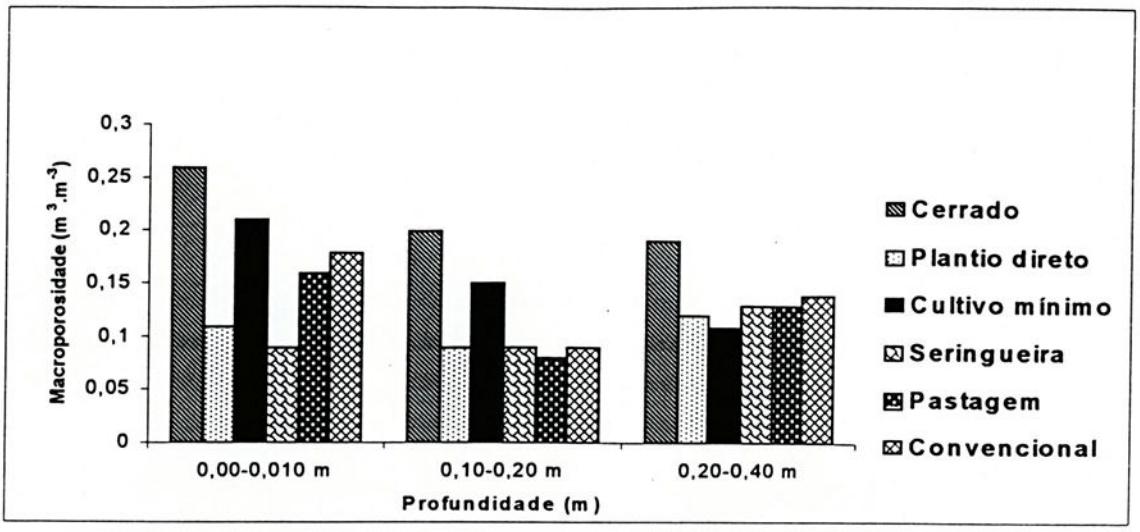


Figura 3-Valores médios da Macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

Verifica-se através do Quadro 7 e Figura 4, que no ano de 1999 o sistema de cerrado apresentou a maior proporção de macroporos nas três profundidades estudadas, sendo que na profundidade de 0,00-0,10m não diferiu estatisticamente do sistema de cultivo mínimo, na profundidade de 0,10-0,20m diferiu de todos os tratamentos e na profundidade de 0,20-0,40m não diferiu do sistema da seringueira. Nota-se que os sistemas de seringueira, pastagem, convencional e plantio direto não diferiram estatisticamente entre si na camada de 0,10-0,20m e apresentaram baixos valores para este atributo, podendo evidenciar a presença de uma camada compactada. Observa-se que para o ano de 1999, os valores médios de macroporosidade para os sistemas de cerrado, cultivo mínimo, pastagem e convencional diminuíram em profundidade, no sistema de plantio direto os valores para este atributo se mantiveram e para o sistema de seringueira houve um aumento em profundidade.

Quadro 7. Comparação das médias da macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	0,26 Aa	0,19 Ab	0,17 Ab
Plantio Direto	0,17 Ba	0,09 Cb	0,12 Bb
Cultivo mínimo	0,20 ABa	0,16 Bb	0,15 Bb
Seringueira	0,09 Cb	0,11 Cb	0,16 Aa
Pastagem	0,16 Ba	0,09 Cb	0,13 Bb
Convencional	0,12 Ca	0,08 Cc	0,11 Bb

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 0,04 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,03
CV Manejo = 22,23% CV Profundidade = 14,19%

Com relação à área natural (cerrado) o sistema de cultivo mínimo foi o que mais se aproximou das condições físicas naturais, não diferindo estatisticamente. Segundo LAMARCA (1992) o cultivo mecanizado do solo favorece a formação de macroporos, e com isso, o desenvolvimento radicular e vegetativo das plantas são favorecidos. Tal condição ocorre, somente, nos primeiros meses que se sucedem ao preparo, pois a compactação e, por conseqüência, a redução da porosidade de solos submetidos ao cultivo mecanizado iniciam-se ao mesmo momento em que é finalizada a semeadura.

Verifica-se nos Quadros 6 e 7 e Figuras 3 e 4 que na profundidade de 0,10-0,20m houve uma redução da macroporosidade quando comparado com a camada superficial para todos os sistemas estudados nos anos de 1998 e 1999, sendo que este fator está aliado ao maior valor densidade do solo nesta profundidade. Porém, para a profundidade de 0,20-0,40m, houve um aumento dos macroporos quando comparado com a camada de 0,10-0,20m em quase todos os sistemas, devido a presença de camada compactada nesta profundidade ("pé-de-grade").

Com a degradação da estrutura em áreas cultivadas, segundo BOLLER (1996), há uma alteração da relação massa/volume dos componentes do solo em função da diminuição da porosidade total e da macroporosidade. Isto ocorre principalmente na base da camada arável, resultando no surgimento de uma camada compactada. Essa

unesp

camada se forma mais rapidamente no solo com uso excessivo do equipamento de cultivo em uma profundidade constante de aração e preparação com um percentual de umidade excessivo.

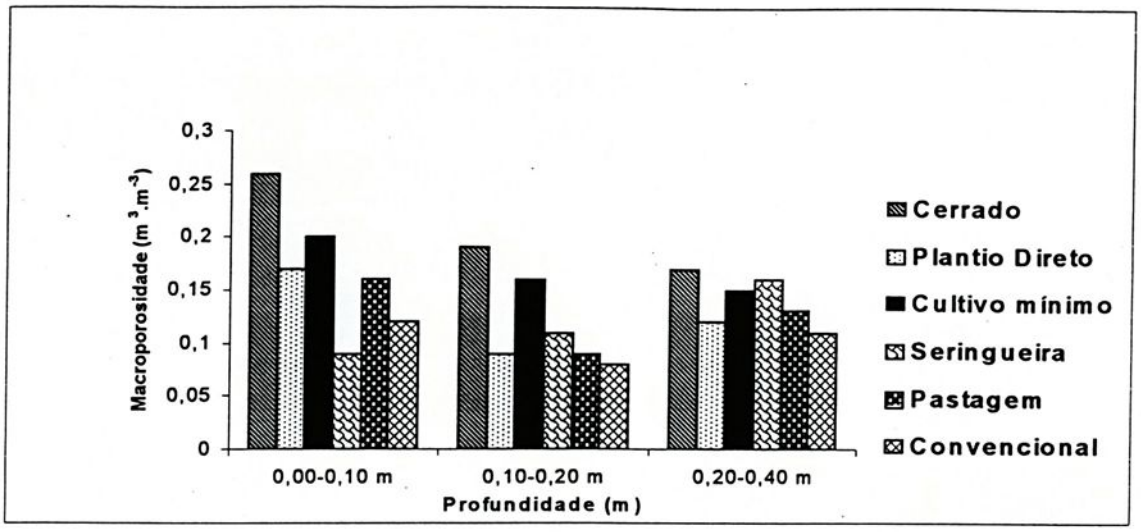


Figura 4-Valores médios da Macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Os resultados expostos nos Quadros 6 e 7 de macroporosidade em plantio direto foram concordantes com os verificados por VIEIRA (1981), sendo que este considera que solos com menor volume de macroporos, característica do sistema de plantio direto, principalmente quando em total integração com rotação de culturas, podem ser compensados pelo estabelecimento de canalículos de raízes decompostas e de galerias abertas por minhocas ao longo do perfil.

Verifica-se através do Quadro 8 que os sistemas de cerrado, cultivo mínimo, pastagem e seringueira apresentaram o mesmo comportamento nos anos de 1998 e 1999, não diferindo estatisticamente entre si para o atributo em estudo, na profundidade de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m. O sistema de plantio direto apresentou maior valor no ano de 1999 quando comparado com o ano de 1998 na profundidade de 0,00-0,10m e, o sistema de preparo convencional também diferiu estatisticamente, porém, invertendo o comportamento, isto é, apresentou-se menor no ano de 1999. Na profundidade de 0,10-

0,20m somente o sistema de preparo convencional diferiu estatisticamente, pois houve uma redução da macroporosidade do ano de 1998 para o ano de 1999, sendo que os demais sistemas de manejo não diferiram entre si. Na profundidade de 0,20-0,40m, somente os sistemas de plantio direto e pastagem não diferiram estatisticamente entre si, pois os demais sistemas diferiram. Quanto ao sistema de preparo convencional pode-se afirmar que a diminuição da macroporosidade do ano de 1998 para 1999, está provavelmente relacionada ao efeito da mobilização do solo sob condições inadequadas. E no sistema de plantio direto na camada superficial, observou-se um aumento da macroporosidade, sendo que este aumento esta relacionado provavelmente com a diminuição da densidade do solo na respectiva profundidade.

Quadro 8. Comparação das médias da macroporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999.

Macroporosidade ($m^3.m^{-3}$)						
	Profundidade (m)					
	0,00-0,10		0,10-0,20		0,20-0,40	
Manejo	Anos					
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Cerrado	0,26 A	0,26 A	0,20 A	0,19 A	0,19 A	0,17 B
Plantio direto	0,11 B	0,17 A	0,09 A	0,09 A	0,12 A	0,12 A
Cultivo mínimo	0,21 A	0,20 A	0,15 A	0,16 A	0,11 B	0,15 A
Seringueira	0,09 A	0,09 A	0,09 A	0,11 A	0,13 B	0,16 A
Pastagem	0,16 A	0,16 A	0,08 A	0,09 A	0,13 A	0,13 A
Convencional	0,18 A	0,12 B	0,09 A	0,08 B	0,14 A	0,11 B

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Através das Figuras 5 e 6 e Quadros 9 e 10, nota-se que o sistema de cerrado e pastagem apresentaram os menores valores de microporosidade nas três profundidades estudadas. No ano de 1998 não diferiram estatisticamente entre si nas profundidades de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m, porém, no ano de 1999 estes dois sistemas também apresentaram os menores valores de microporosidade diferindo estatisticamente entre si. Os sistemas convencional e cultivo mínimo mostraram valores intermediários quanto à

unesp

microporosidade e não diferiram estatisticamente entre si, sendo que os maiores valores de microporosidade corresponderam aos sistemas de seringueira e plantio direto, e os mesmos não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.

Quadro 9. Comparação das médias da microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	0,25 Cb	0,27 Ba	0,25 Db
Plantio Direto	0,36 Aba	0,36 Aa	0,36 Ba
Cultivo mínimo	0,34 Bc	0,37 Ab	0,40 Aa
Seringueira	0,37 Aa	0,37 Aa	0,38 Aba
Pastagem	0,24 Ca	0,26 Ba	0,29 Cb
Convencional	0,33 Bb	0,36 Aa	0,37 Ba

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 0,03 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,03
CV Manejo = 7,18% CV Profundidade = 6,8%

Observa-se através do Quadro 10 e Figura 6 que no ano de 1999, os sistemas de manejo convencional, plantio direto, cultivo mínimo e seringueira não diferiram estatisticamente entre si na camada de 0,00-0,10m. Na camada de 0,10-0,20m e 0,20-0,40m os sistemas de plantio direto, cultivo mínimo e convencional não diferiram estatisticamente entre si e foram os sistemas de manejo que apresentaram os maiores valores para este atributo do solo.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

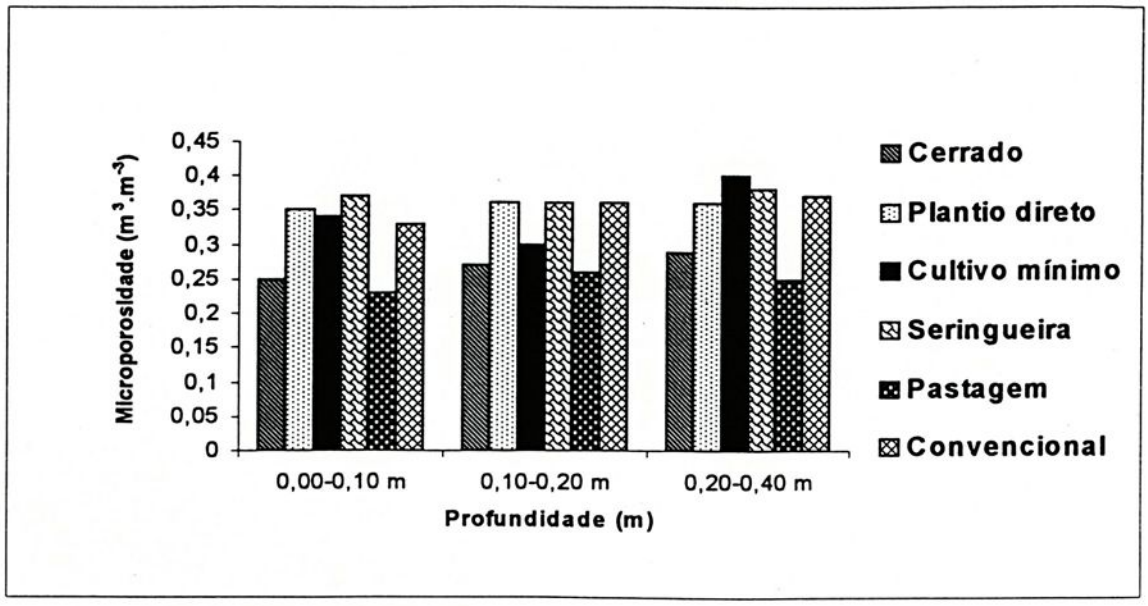


Figura 5-Valores médios de Microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

Quadro 10. Comparação das médias da microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	0,28 Bc	0,31 Cb	0,34 Ba
Plantio Direto	0,33 Ab	0,36 Aab	0,37 Aa
Cultivo mínimo	0,35 Ab	0,36 Ab	0,38 Aa
Seringueira	0,35 Aa	0,34 Ba	0,35 Ba
Pastagem	0,24 Cb	0,26 Db	0,26 Ca
Convencional	0,35 Ab	0,37 Aa	0,38 Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

D.M.S. Manejo (5%) = 0,02 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,01

CV Manejo = 4,83% CV Profundidade = 3,71%

Observa-se nos Quadros 9 e 10 e Figuras 5 e 6 que a microporosidade do solo foi maior nas profundidades de 0,10-0,20m e 0,20-0,40m. Por tratar-se de um solo argiloso, e o fato deste estar alterado estruturalmente irá afetar principalmente a macroporosidade, devido o aumento da massa de partículas de solo por unidade de volume, diminuindo, portanto, os espaços ocupados pelos poros maiores e aumentando a microporosidade. Por sua vez, FERNANDES et al. (1983) mencionam que o aumento

unesp

relativo da quantidade dos microporos pode ser de grande importância em determinados solos, para a capacidade de retenção de água e para a proporção de poros para a aeração.

VEIGA et al. (1994) observaram que em camadas compactadas há um aumento da densidade do solo que resulta no aumento da quantidade de sólidos em relação ao volume de poros. Nessa camada irão predominar os microporos, onde os movimentos da água e ar são difíceis, diminuindo dessa forma a drenagem interna do solo que é comandada pela estrutura.

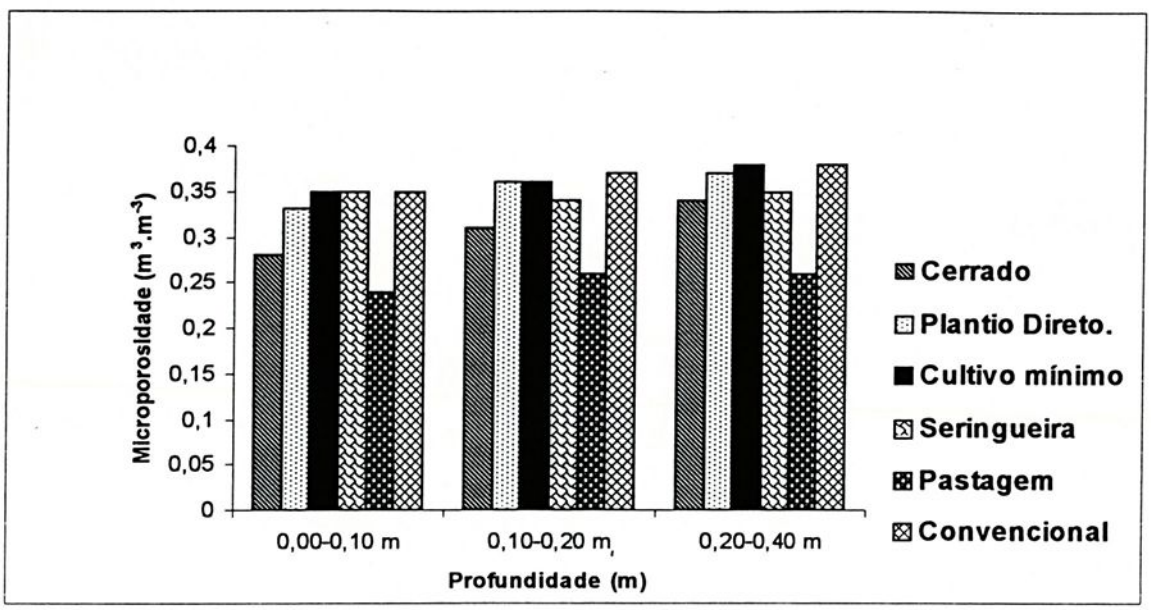


Figura 6-Valores médios de Microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Através do Quadro 11, observa-se que os sistemas de cultivo mínimo seringueira e pastagem apresentaram o mesmo comportamento nos anos de 1998 e 1999, não diferindo estatisticamente entre si para o atributo em estudo, na profundidade de 0,00-0,10m. Nota-se que no sistema de plantio direto houve uma diminuição da microporosidade do ano de 1998 para 1999, sendo que para a macroporosidade houve um aumento significativo, mostrando o efeito favorável deste sistema com o passar dos anos. Já no sistema de preparo convencional verifica-se um aumento da

microporosidade na profundidade de 0,00-0,10m e nas demais profundidades não houve alteração de um ano para o outro.

Como indicam as Figuras 7 e 8 e Quadros 12 e 13, a porosidade total foi afetada pelos sistemas de usos e manejos, sendo que a porosidade total distribuiu-se entre os sistemas de maneira inversa a da densidade do solo, ou seja, à proporção que diminui esta, aumentou a percentagem de espaço poroso, e vice-versa.

Quadro 11. Comparação das médias da microporosidade ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999.

Microporosidade ($m^3.m^{-3}$)						
	Profundidade (m)					
	0,00-0,10		0,10-0,20		0,20-0,40	
Manejo	Anos					
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Cerrado	0,25 B	0,28 A	0,27 B	0,31 A	0,25 B	0,34 A
Plantio direto	0,36 A	0,33 B	0,36 A	0,36 A	0,36 A	0,37 A
Cultivo mínimo	0,34 A	0,35 A	0,37 A	0,36 A	0,40 A	0,38 A
Seringueira	0,37 A	0,35 A	0,37 A	0,34 B	0,38 A	0,35 B
Pastagem	0,24 A	0,24 A	0,26 A	0,26 A	0,29 A	0,26 B
Convencional	0,33 B	0,35 A	0,36 A	0,37 A	0,37 A	0,38 A

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os dados do Quadro 12 e Figura 7, indicam que o sistema cerrado foi o que apresentou a maior percentagem em relação a porosidade total, porém, este sistema não diferiu dos sistemas de cultivo mínimo e convencional. Os sistemas de plantio direto e seringueira apresentaram valores intermediários quanto a este atributo, e o sistema de pastagem foi o que apresentou o menor valor para a porosidade total na camada de 0,00-0,10m no ano de 1998. Na profundidade de 0,10-0,20m o sistema de cultivo mínimo apresentou o maior valor médio para a porosidade total, diferindo dos demais sistemas, sendo que os sistemas de plantio direto, cerrado, seringueira e convencional apresentaram valores intermediários quanto a este atributo não diferindo estatisticamente entre si, e, o sistema de pastagem foi o que apresentou o menor valor

unesp

para a porosidade total. Na profundidade de 0,20-0,40m o sistema de manejo pastagem apresentou o menor valor médio para a porosidade total diferindo estatisticamente dos demais sistemas, e os sistemas de cerrado, plantio direto, cultivo mínimo, seringueira e convencional não diferiram estatisticamente entre si.

Quadro 12. Comparação das médias da porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	0,52 Aa	0,47 Bb	0,49 Aab
Plantio Direto	0,46 Ba	0,45 Ba	0,48 Aa
Cultivo mínimo	0,55 Aa	0,52 Aa	0,51 Aa
Seringueira	0,46 Bb	0,45 Bb	0,51 Aa
Pastagem	0,39 Ca	0,34Cb	0,38 Ba
Convencional	0,51 Aa	0,45 Bb	0,51 Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 0,04 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,03
CV Manejo = 6,88 CV Profundidade = 6,50

Observa-se através do Quadro 12 e Figura 7, que na camada de 0,10-0,20m houve uma diminuição dos valores médios da porosidade total em relação a profundidade de 0,00-0,10m, sendo que nos sistemas de cerrado, pastagem e convencional esta diferença foi significativa, isto deve-se provavelmente a presença de uma camada compactada. Já na profundidade de 0,20-0,40m houve um aumento deste atributo em relação a camada de 0,10-0,20m.

Verifica-se no Quadro 13 e Figura 8 no ano de 1999 que os sistemas de manejo cerrado e cultivo mínimo apresentaram os maiores valores médios para a porosidade total não diferindo estatisticamente entre si, porém, diferiram dos demais sistemas na profundidade de 0,00-0,10m. Na camada de 0,10-0,20m o maior valor para este atributo foi encontrado nos sistemas de cerrado e cultivo mínimo, diferindo dos demais, sendo que os sistemas plantio direto, seringueira e convencional apresentaram valores intermediários e não diferiram estatisticamente entre si. Os sistemas plantio direto,

unesp

cultivo mínimo, cerrado e seringueira e convencional não diferiram entre si na profundidade de 0,20-0,40m e a pastagem apresentou o menor valor para este atributo em todas as profundidades de estudo.

A maior ocorrência de porosidade total na camada superficial com cultivo convencional do que na área de plantio direto, pode estar ligado ao fato de que as operações de aração e gradagem, segundo MELLO FILHO & SILVA (1993), tenderam a aumentar a porosidade da camada arada, o que não aconteceu na área de plantio direto, onde o tráfego de máquinas, mesmo pouco intenso e o não revolvimento, tende a compactar o solo desde a superfície.

Quadro 13. Comparação das médias da porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	0,54 Aa	0,51 Ab	0,50 Ab
Plantio Direto	0,50 Ba	0,45 Bb	0,49 Aa
Cultivo mínimo	0,53 Aa	0,52 Aa	0,53 Aa
Seringueira	0,44 Db	0,45 Bb	0,51 Aa
Pastagem	0,41 Ea	0,35 Db	0,40 Ca
Convencional	0,48 Ca	0,45 Bb	0,49 Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 0,06 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,02
CV Manejo = 6,16% CV Profundidade = 3,88%

A alta porosidade superficial nos sistemas que apresentaram revolvimento, associada diretamente a pulverização do solo, propicia um ambiente favorável ao desenvolvimento de pequenas radicelas no instante da germinação de sementes e mudas, contudo, há de levar em consideração o aspecto conservacionista deste sistema, onde a superfície do solo torna-se extremamente vulnerável a selamentos superficiais, arraste por enxurradas ou até mesmo pela ação dos ventos.

A diminuição da porosidade total e o aumento da relação microporosidade/macroporosidade, resultante da degradação da estrutura, e que

unesp

caracterizam o surgimento de camadas compactas, como ocorreu nas áreas de plantio direto, pastagem e seringueira, refletem no aumento da densidade do solo. Por outro lado, independentemente das considerações estatísticas, pode-se verificar, que a prática de cultivo promoveu modificações no estado físico do solo, ou seja, favoreceu o aumento da densidade do solo e da microporosidade e, redução da macroporosidade, com conseqüente redução da porosidade total do solo em estudo, isto também foi observado por (CANALLI & ROLOFF, 1997). O aumento da densidade e a conseqüente redução do espaço poroso do solo, após o cultivo, levou ao aparecimento de camadas compactas, sendo que estas modificações poderão reduzir as trocas gasosas (O_2 e CO_2) e afetar o desenvolvimento de raízes de plantas, comprometendo, assim seriamente, o rendimento das culturas (JORGE et al., 1991).

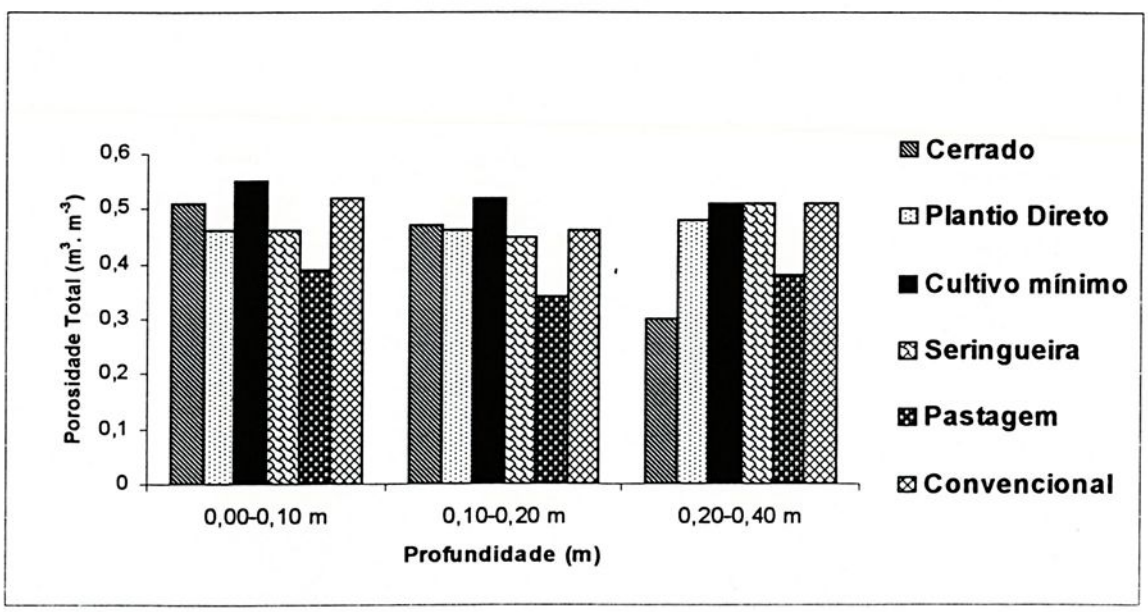


Figura 7- Valores médios de Porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

Para KIEHL (1979) a porosidade total de um solo ideal para a produção agrícola deve ser de 0,50 $m^3.m^{-3}$, sendo a distribuição de percentual de 1/3 para macroporos e 2/3 para microporos. Segundo BAVER et al. (1972) o valor mínimo do espaço ocupado pelo ar deve ser de 0,10 $m^3.m^{-3}$, para que haja um desenvolvimento satisfatório do

sistema radicular. Nota-se pelos resultados apresentados nos Quadros 12 e 13 que, em termos de distribuição do tamanho dos poros, as áreas de pastagem, seringueira e convencional foram as que se apresentaram mais alterada, com valores, principalmente de macroporosidade um pouco abaixo do valor mínimo necessário.

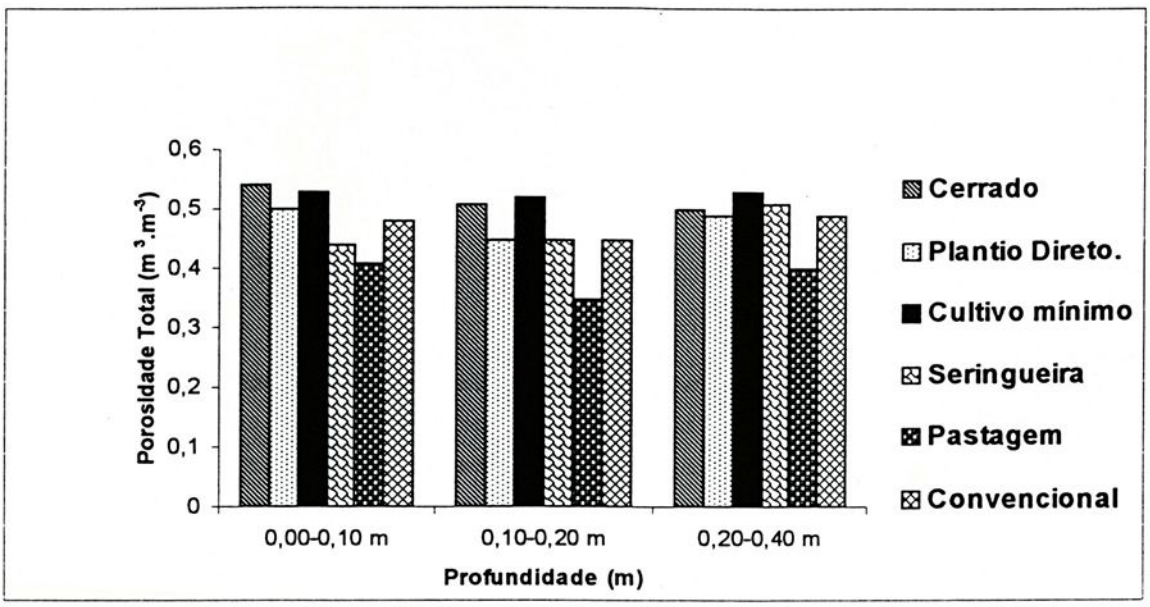


Figura 8-Valores médios de Porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Observa-se através do Quadro 14, que os sistemas de cultivo mínimo, seringueira, e pastagem apresentaram o mesmo comportamento para a porosidade total nas três profundidades em estudo. Na profundidade de 0,00-0,10m nota-se que no sistema de plantio direto houve uma melhora deste atributo do ano de 1998 para 1999, sendo que ocorreu o inverso para o sistema de preparo convencional. Já nas profundidades de 0,10-0,20 e 0,20-0,40m todos os sistemas apresentaram valores próximos com exceção do cerrado no ano de 1998 e 1999 na profundidade de 0,10-0,20m na qual houve um aumento do ano de 1998 para 1999.

Desta maneira, verifica-se através dos Quadros 8, 11 e 14, que no sistema de plantio direto houve um aumento significativo para a macroporosidade e porosidade total e diminuição da microporosidade, já para o sistema de preparo convencional

ocorreu o inverso, indicando que o sistema de plantio direto promove melhorias aos atributos físicos do solo com o passar dos anos o mesmo não ocorrendo com o sistema de preparo convencional.

Quadro 14. Comparação das médias da porosidade total ($m^3.m^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999.

Porosidade total ($m^3.m^{-3}$)						
	Profundidade (m)					
	0,00-0,10		0,10-0,20		0,20-0,40	
Manejo	Anos					
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Cerrado	0,52 A	0,54 A	0,47 B	0,51 A	0,49 A	0,50 A
Plantio direto	0,46 B	0,50 A	0,45 A	0,45 A	0,48 A	0,49 A
Cultivo mínimo	0,55 A	0,53 A	0,52 A	0,52 A	0,51 A	0,53 A
Seringueira	0,46 A	0,44 A	0,45 A	0,45 A	0,51 A	0,51 A
Pastagem	0,39 A	0,41 A	0,34 A	0,35 A	0,38 A	0,40 A
Convencional	0,51 A	0,48 B	0,45 A	0,45 A	0,51 A	0,49 A

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os coeficientes de variação para macroporosidade foram de 29,15% e 22,23%, para os anos de 1998 e 1999, respectivamente. Para a microporosidade e porosidade total, os coeficientes de variação foram de 3,05% e 4,83% e 4,17% e 6,16%, para os anos de 1998 e 1999, respectivamente. Sendo que os coeficientes de variação para a macroporosidade podem ser considerados altos e os da microporosidade e porosidade total baixos segundo PIMENTEL GOMES (1984), sendo que os resultados de coeficiente de variação são concordantes com SARVASI (1994) e ARZENO (1990).

4.3-Matéria orgânica

As Figuras 9 e 10 e Quadros 15 e 16, apresentam os dados referentes a matéria orgânica nos anos de 1998 e 1999 nos diferentes sistemas de manejos estudados. A análise desses resultados mostra uma diminuição dos teores deste atributo, em profundidade. Este comportamento é bem mais evidente da camada superficial para as

subsequentes, estando relacionado à deposição superficial de resíduos vegetais e animais, sendo que estes resultados estão de acordo com BRADY, (1989) e LONGO, (1999), bem como pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais SANCHEZ (1981), resultando em um teor mais elevado de matéria orgânica na superfície.

Quadro 15. Comparação das médias da matéria orgânica ($g.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	43,8 Aa	33,9 Ab	23,1 Ac
Plantio Direto	45,4 Aa	34,2 Ab	23,4 Ac
Cultivo mínimo	40,9 Aba	32,1 Ab	23,2 Ac
Seringueira	30,4 Ca	23,5 Bb	17,6 Bc
Pastagem	29,2 Ca	20,3 Bb	16,3 Bb
Convencional	38,6 Ba	29,2 Abb	18,8 Abc

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

D.M.S. Manejo (5%)= 0,51 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,41

CV Manejo = 4,43% CV Profundidade = 5,19%

Quando se comparam os diferentes sistemas, observa-se que nos Quadros 15 e 16, no tocante a camada superficial, os sistemas cerrado, plantio direto e cultivo mínimo não diferem estatisticamente entre si, e foram os que apresentaram os maiores teores de matéria orgânica, sendo que estes resultados são semelhantes aos obtidos por (CARVALHO et al., 1999). O manejo convencional, por outro lado, apresentou teor intermediário a este atributo e, a pastagem e seringueira apresentaram os menores teores de matéria orgânica, estes dois sistemas tiveram uma redução substancial em relação aos demais, provavelmente ao manejo inadequado, com reflexos sobre o teor de matéria orgânica.

unesp

Quadro 16. Comparação das médias da matéria orgânica ($g.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	42,4 Aa	32,8 Ab	21,5 Ac
Plantio Direto	42,6 Aa	31,9 Ab	21,1 Ac
Cultivo mínimo	41,9 Aa	31,1 Ab	23,8 Ac
Seringueira	26,5 Ca	21,3 Bb	16,3 Bc
Pastagem	25,6 Ca	18,1 Bb	15,7 Bb
Convencional	38,9 Ba	29,9 Ab	20,5 Ac

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

D.M.S. Manejo (5%)= 7,31 D.M.S. Profundidade (5%)= 4,62

CV Manejo = 10,1% CV Profundidade = 8,46%

A diminuição do teor de matéria orgânica nos cultivos contínuos pode ser atribuída a decomposição da matéria orgânica humificada em virtude do baixo retorno dos resíduos vegetais ao solo (JUO & LAL, 1977). Este declínio ficou bem caracterizado nos tratamentos mecanizados (convencional, seringueira e pastagem), no qual observou uma queda considerável de matéria orgânica na camada inferior 0,10-0,20m. A degradação das propriedades físicas está relacionada com o teor da matéria orgânica presente no solo. DALLA ROSA (1981) relata que o teor de matéria orgânica é facilmente reduzido em áreas exploradas com lavouras anuais submetidas a sucessivos preparos convencionais com arações e gradagens. Isto ocorre principalmente pelo transporte via erosão hídrica do solo e pela acelerada decomposição causada pelo cultivo. HAYNES (1980) sugere que a redução de pequenas camadas de ar no espaço poroso, cria condições desfavoráveis para a mineralização dos compostos nitrogenados, tendo conseqüências no teor de matéria orgânica.

unesp

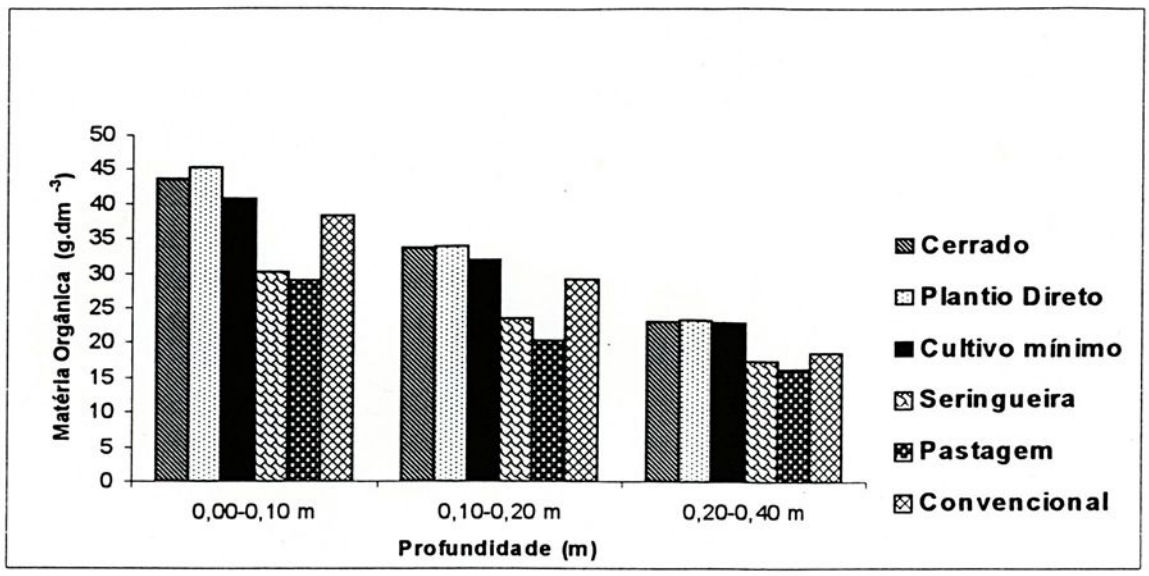


Figura 9-Valores médios de Matéria orgânica ($g.dm^{-3}$) nos diferentes sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1998.

Pode-se observar no Quadro 16 e Figura 10, que os sistemas cerrado, plantio direto e cultivo mínimo apresentaram os maiores valores médios de matéria orgânica, e o sistema de preparo convencional apresentou valor intermediário e os sistemas seringueira e pastagem tiveram os menores valores em relação a este atributo, nas três profundidades estudadas.

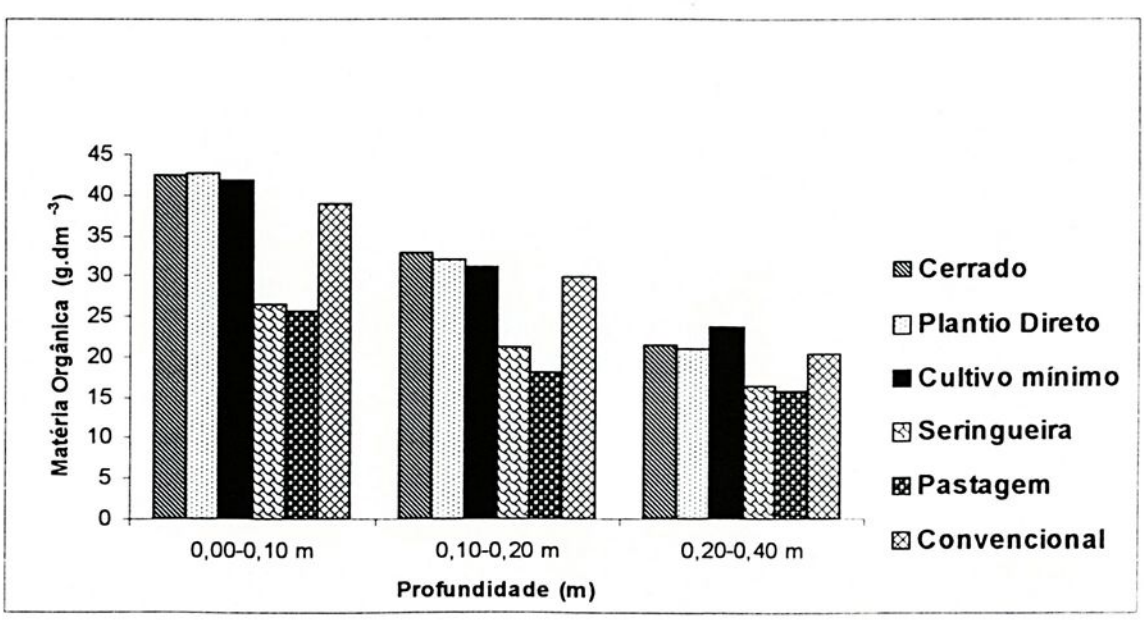


Figura 10-Valores médios de Matéria orgânica ($g.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Verifica-se através do Quadro 17, que o cerrado, cultivo mínimo e convencional apresentaram o mesmo comportamento nos anos de 1998 e 1999 para a matéria orgânica nas profundidades em estudo e, os sistemas plantio direto, pastagem e seringueira apresentaram uma redução do ano de 1998 para 1999 na profundidade de 0,00-0,10m. Nas profundidades de 0,10-0,20 e 0,20-0,40m os sistemas cerrado, cultivo mínimo, seringueira e convencional mostraram que não houve mudança entre os valores médios para o atributo em estudo nos anos de 1998 e 1999, já os sistemas de plantio direto e pastagem apresentaram uma redução na camada de 0,10-0,20m e não havendo mudança na camada de 0,20-040m.

Quadro 17. Comparação das médias da matéria orgânica ($g.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, entre os anos de 1998 e 1999.

Matéria orgânica ($g.dm^{-3}$)						
	Profundidade (m)					
	0,00-0,10		0,10-0,20		0,20-0,40	
Manejo	Anos					
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Cerrado	43,8 A	42,4 A	33,9 A	32,8 A	23,1 A	21,5 A
Plantio direto	45,4 A	42,6 B	34,2 A	31,9 B	23,4 A	21,1 B
Cultivo mínimo	40,9 A	41,9 A	32,1 A	31,1 A	23,2 A	23,8 A
Seringueira	30,4 A	26,5 B	23,5 A	21,3 A	17,6 A	16,3 A
Pastagem	29,2 A	25,6 B	20,3 A	18,1 B	16,3 A	15,7 A
Convencional	38,6 A	38,9 A	29,2 A	29,9 A	18,8 A	20,5 A

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

4.4–Infiltração de água no solo

As Figuras de 11 a 16 apresentam as curvas referentes as taxas de infiltração, bem como as equações que descrevem o processo de infiltração para os tratamentos estudados. No Quadro 18, são apresentados os dados da taxa constante de infiltração para os diferentes manejos estudados. Observa-se que os maiores valores

corresponderam a vegetação natural do cerrado e ao cultivo mínimo, sendo que os mesmos não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Porém, os sistemas de plantio direto, convencional e pastagem apresentaram valores intermediários e não diferiram estatisticamente e o menor valor observado para este atributo correspondeu ao sistema da seringueira diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejo. Isto provavelmente se deve ao processo de compactação aliado a ausência de cobertura vegetal, sendo que este fator tem sido demonstrado por alguns pesquisadores (RAVES & COOPER, 1960 e GENT et al., 1984). Todos eles concordam em atribuir as modificações no arranjamento das partículas do solo que provocam diminuição no tamanho dos poros, especialmente daqueles de tamanho maiores (macroporos), o que produz uma redução na área da seção transversal para o fluxo de água, juntamente com percursos mais tortuosos para o movimento de fluido, e com isso, afetando o processo de infiltração de acordo com os manejos utilizados.

Quadro 18- Comparação das médias da taxa constante de infiltração ($mm.h^{-1}$) nos diferentes manejos do solo, mediante teste de Tukey.

Manejo						
Manejo	Cerrado	P. direto	C. mínimo	Seringueira	Pastagem	Convencional
Taxa constante de infiltração ($mm.h^{-1}$)						
	300 a	228 b	264 a	162 c	216 b	221 b

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
Coeficiente de variação = 27,8% DMS (5%) = 7,78

Os altos valores de infiltração dos solos com cobertura vegetal (cerrado e cultivo mínimo) se devem provavelmente a influência que exerce nas propriedades físicas do solo, sendo que a influência da cobertura se manifesta essencialmente através da ação granulante do seu sistema radicular, da proteção de sua parte aérea contra o impacto da chuva e do efeito cimentante e estabilizadoras de substâncias orgânicas excretadas pelas raízes e, principalmente, sintetizadas pelos microrganismos do solo no processo de

decomposição. SARVASI (1994) estudando a dinâmica da água, erosão hídrica e produtividade das culturas em função do preparo do solo observou que o sistema de escarificação apresentou resultados satisfatórios quanto ao atributo em estudo.

Os valores da taxa constante de infiltração estão associados (inversamente) aos da densidade do solo. Sendo que o sistema da seringueira apresentou o menor valor para a infiltração, porém, nesta área observaram-se altos valores de densidade do solo e baixa macroporosidade, como também altas proporções de microporos, que reduziram substancialmente o movimento de água através do perfil. Os sistemas convencional, pastagem e plantio direto que apresentaram valores intermediários deste atributo, estão também associados ao alto valor de densidade do solo, redução da macroporosidade e consequentemente a um elevado aumento da microporosidade. Nas Figuras 17 a 22 estão representadas as infiltrações acumuladas referentes aos sistemas de manejos estudados, onde pode-se confirmar os resultados encontrados para o comportamento da taxa constante de infiltração nos diferentes usos e manejos. A constatação de que a infiltração é maior na mata nativa do que em solos cultivados foi observada nos trabalhos de (LEITE & MEDINA, 1984; CORRÊA, 1985; CAVENAGE et al., 1999). A análise de variância para os valores de infiltração revelou a existência de diferenças significativas (5%) entre os diferentes manejos, confirmando, desta maneira, a influência dos sistemas de manejos na absorção de água pelo solo.

Verificou-se, para a taxa de infiltração, que o aspecto mais importante para que houvesse uma maior quantidade de água infiltrada foi a pouca ou nenhuma mobilização do solo junto com a quantidade de resíduos sobre o solo. Isto ocorre porque estes sistemas possibilitam um acréscimo de matéria orgânica, estabilizando os agregados e como consequência mantendo a estrutura capilar do solo mesmo depois de forte impacto da chuva. Já os sistemas que mobilizam muito o solo, conseguem, na camada

unesp

mobilizada, uma porosidade maior mas sem continuidade e, resistência do solo à penetração menor em comparação com os tratamentos que não mobilizam o solo. Porém, quando das chuvas, essa estrutura por ser muito frágil, se altera rapidamente, resultando em uma diminuição muito elevada da taxa de infiltração ao longo do tempo, proporcionando um maior escoamento superficial.



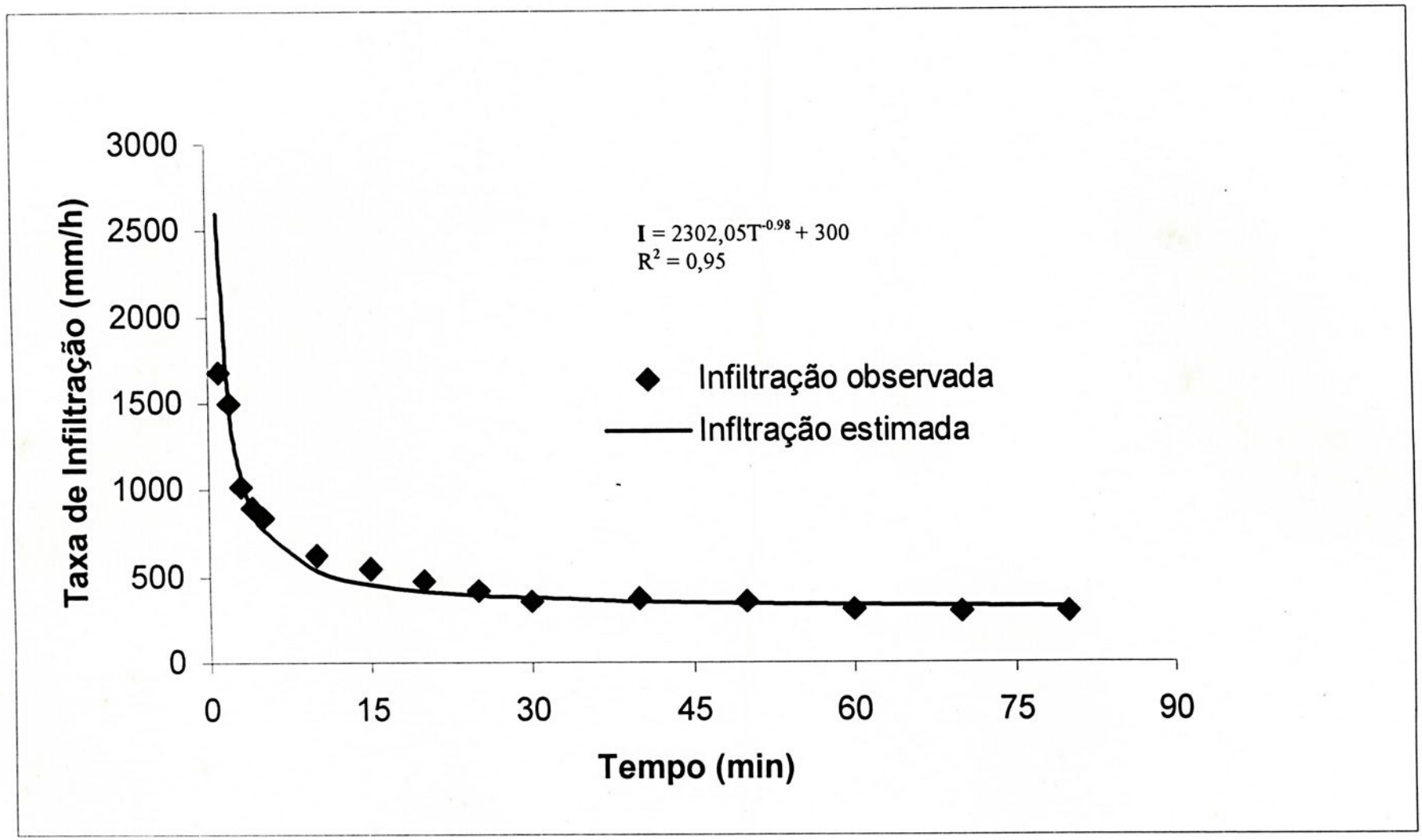


Figura.11 - Taxas de Infiltração observada e estimada na área de Cerrado.

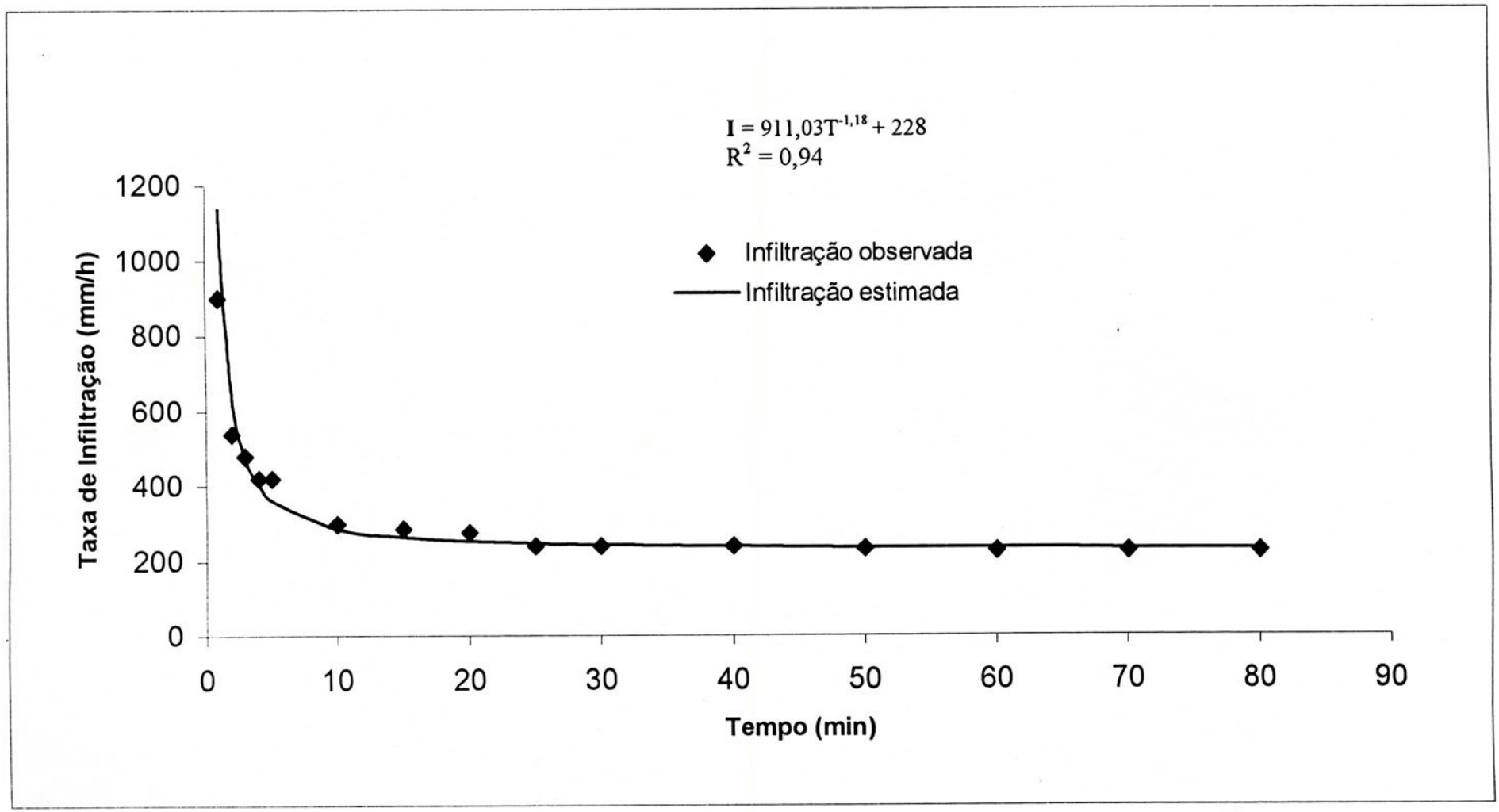


Figura. 12 - Taxas de Infiltração observada e estimada na área com Plantio Direto.

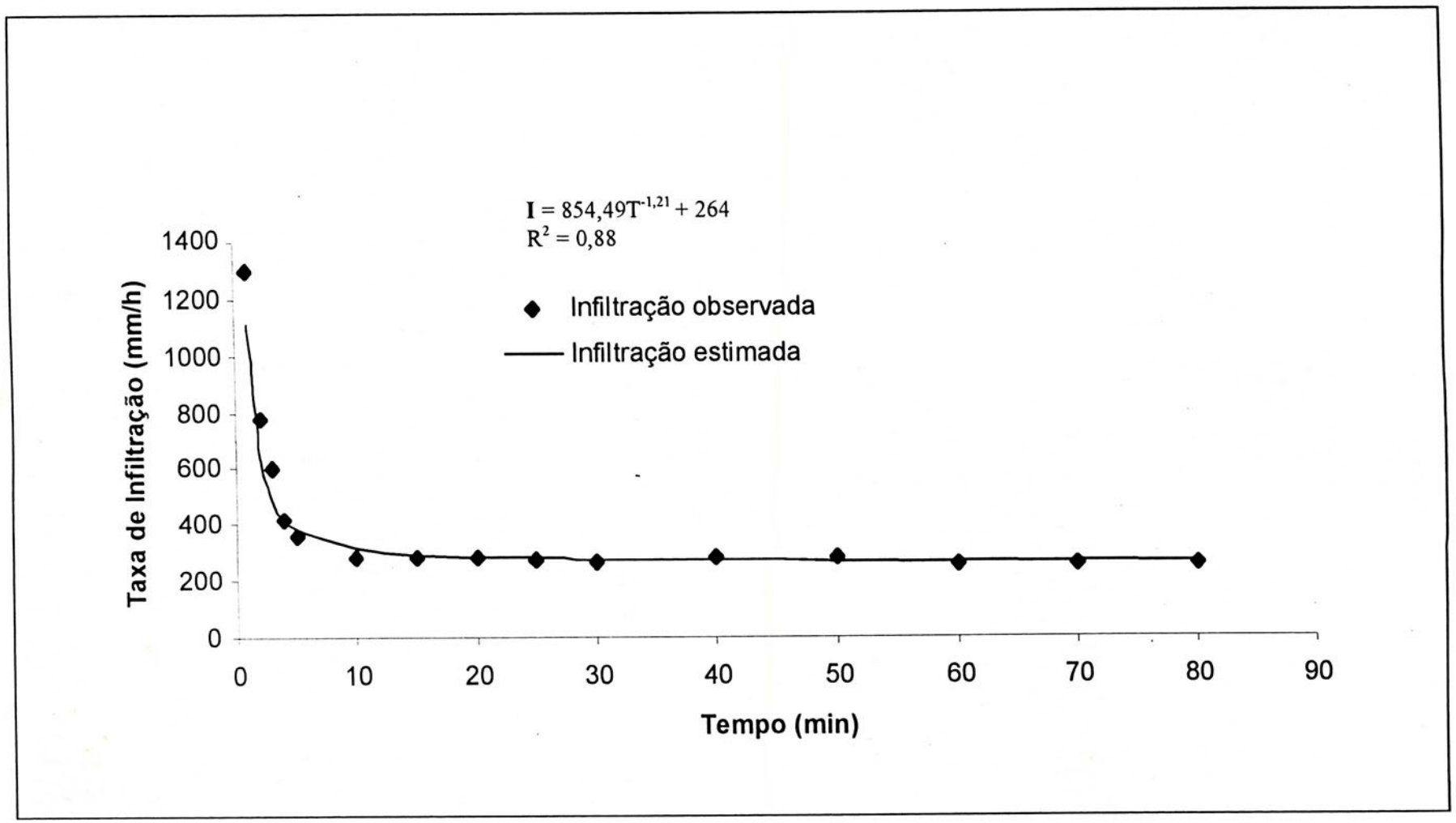


Figura.13 - Taxas de Infiltração observada e estimada na área de Cultivo Mínimo.

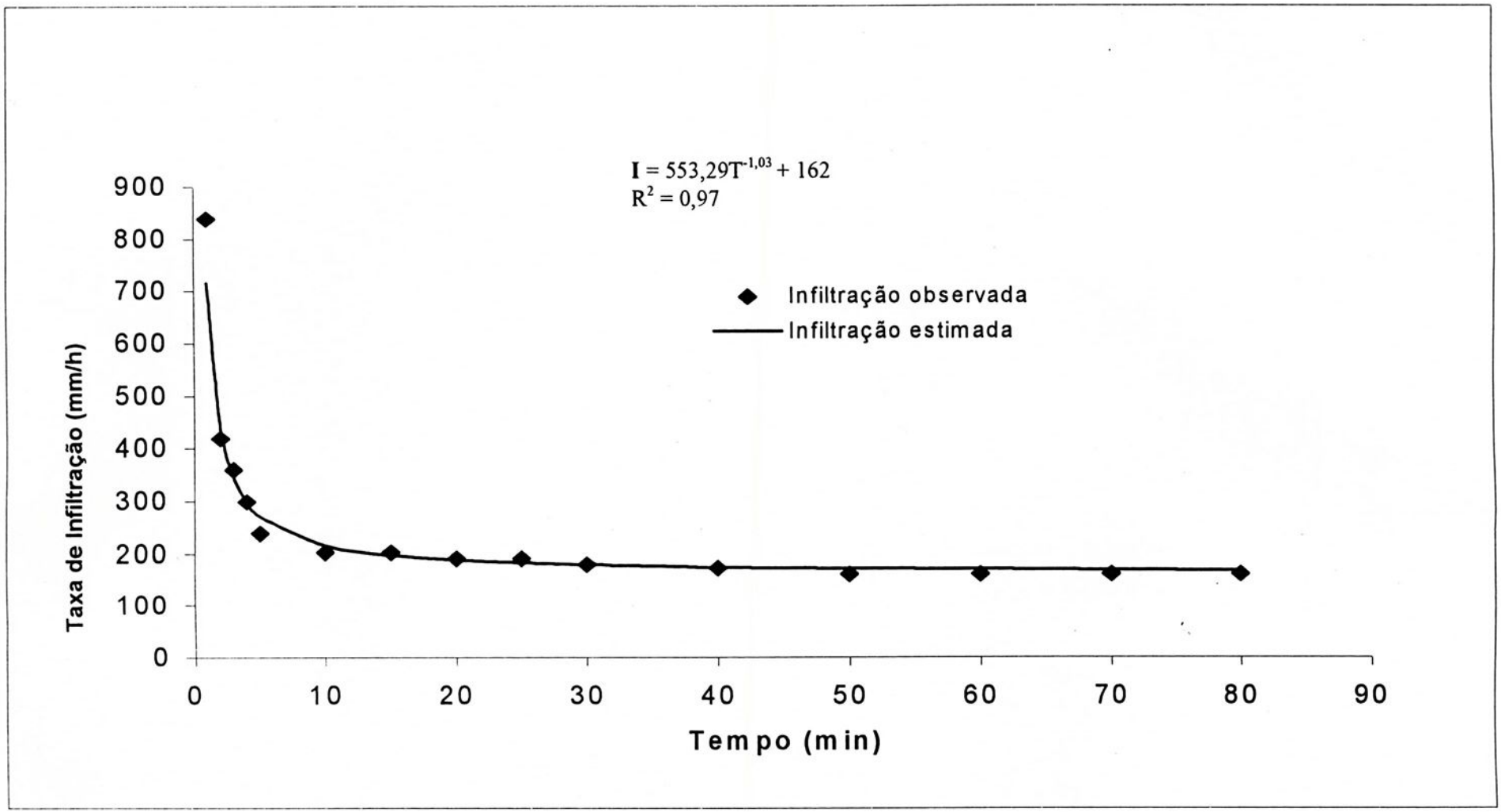


Figura .14 - Taxas de Infiltração observada e estimada na área com Seringueira.

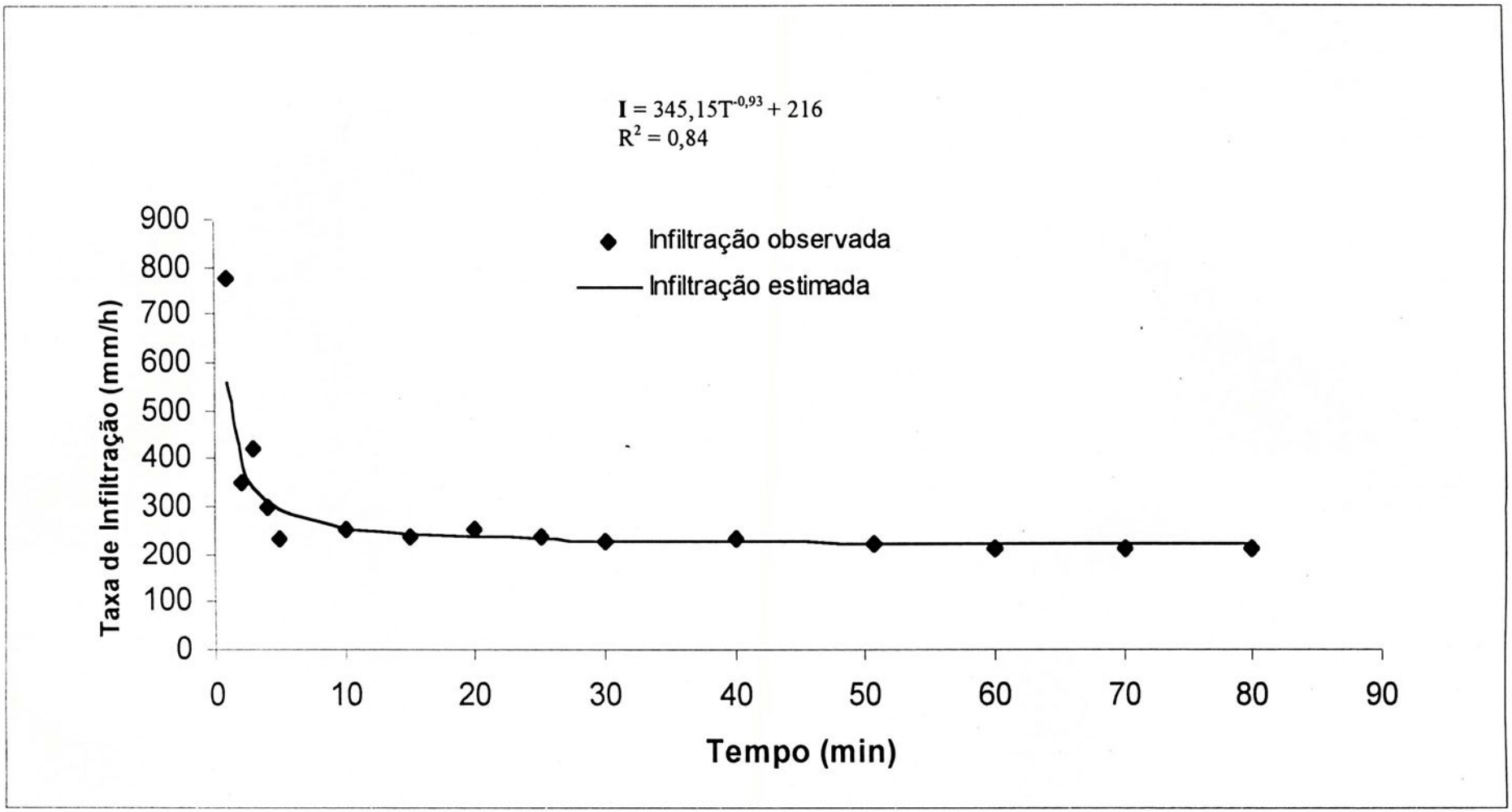


Figura.15 - Taxas de Infiltração observada e estimada na área com Pastagem.

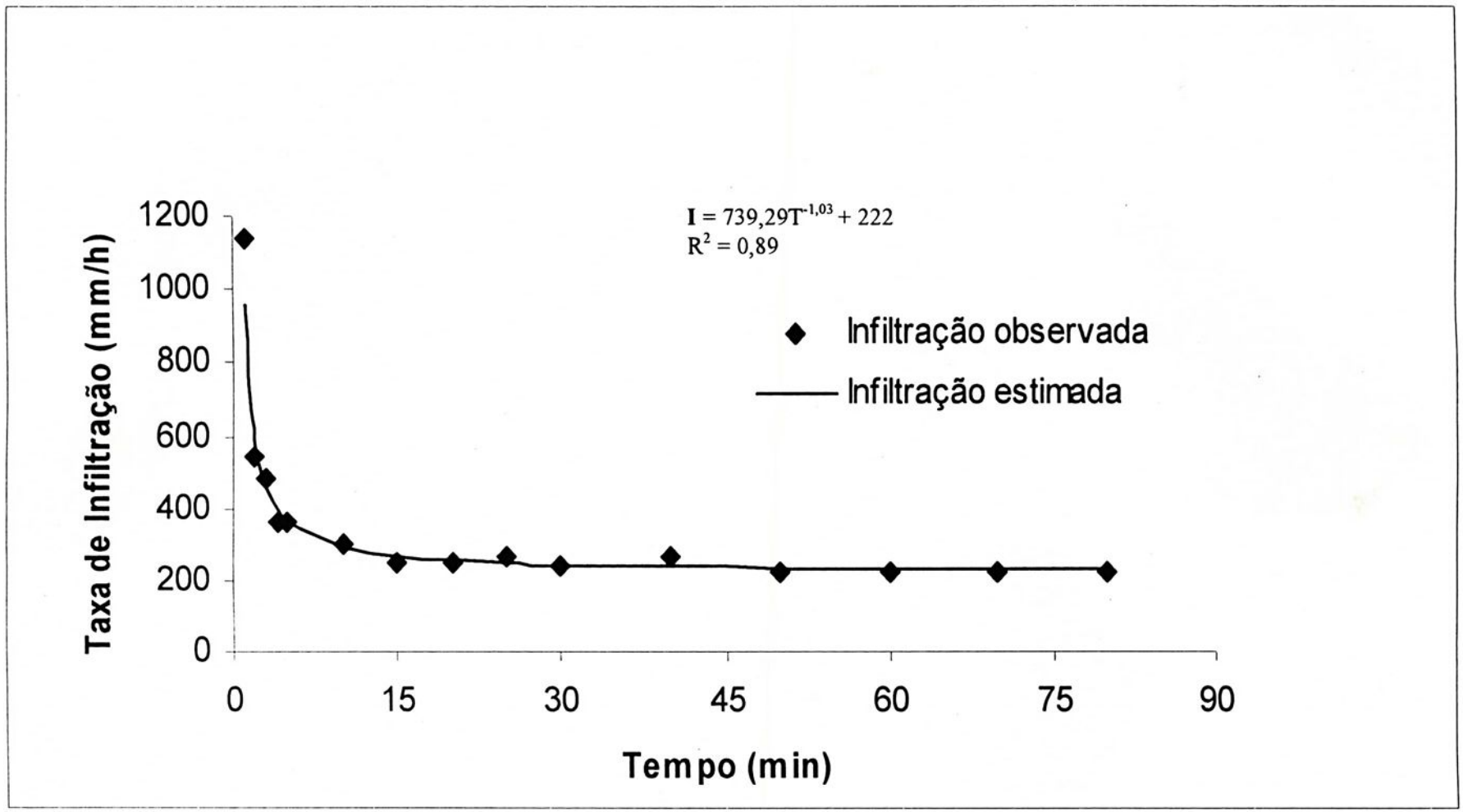


Figura.16 - Taxas de Infiltração observada e estimada na área com plantio Convencional.

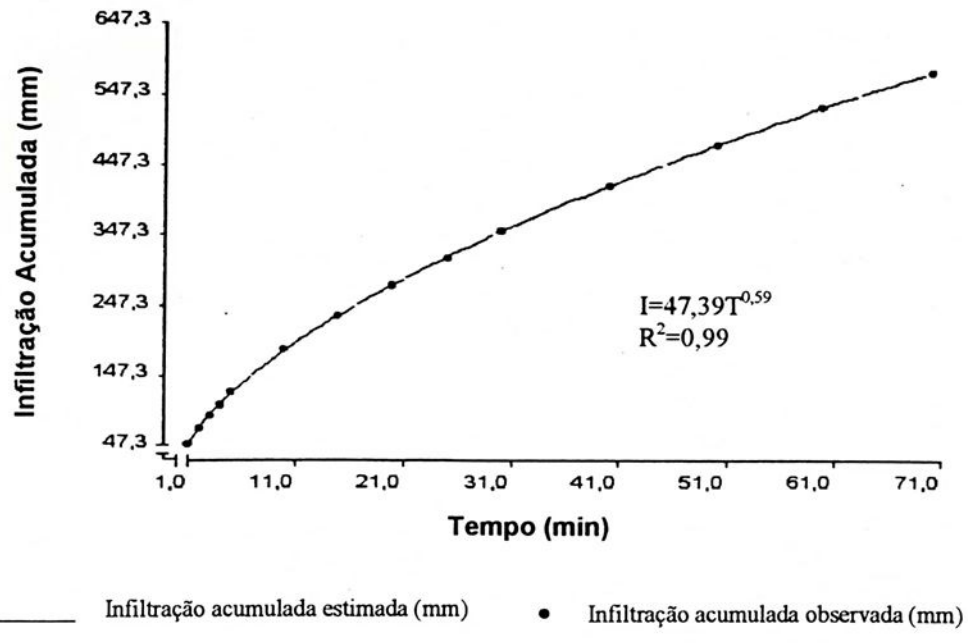


Figura 17. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema cerrado.

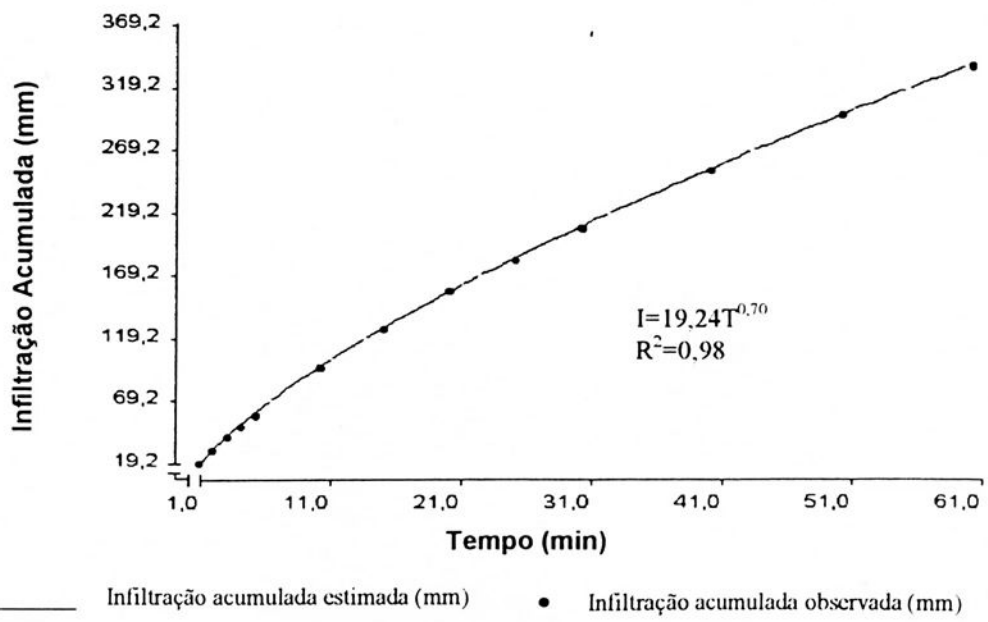


Figura 18. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema de cultivo mínimo.

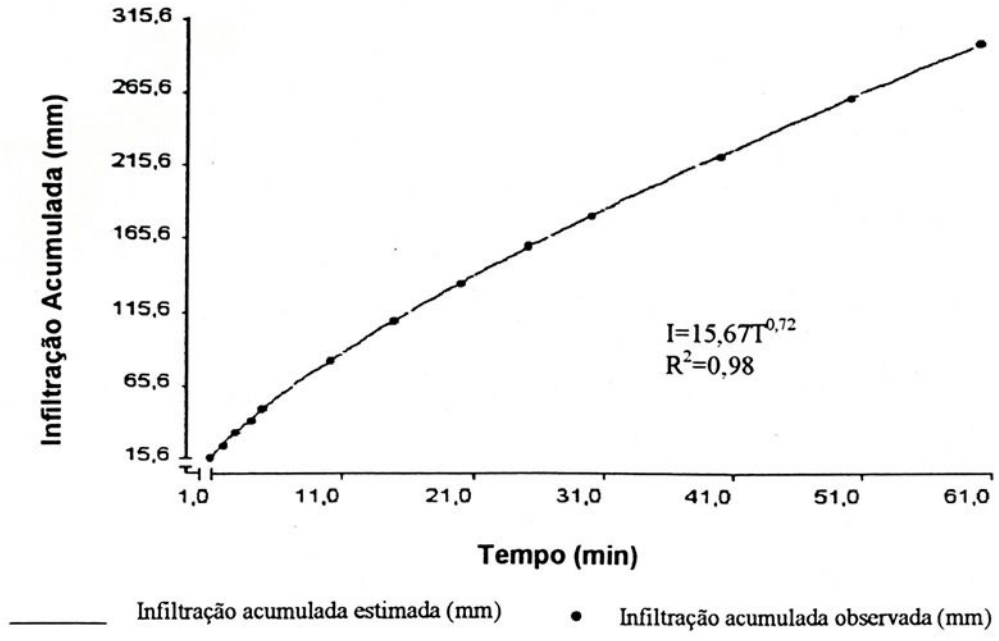


Figura 19 Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema plantio direto.

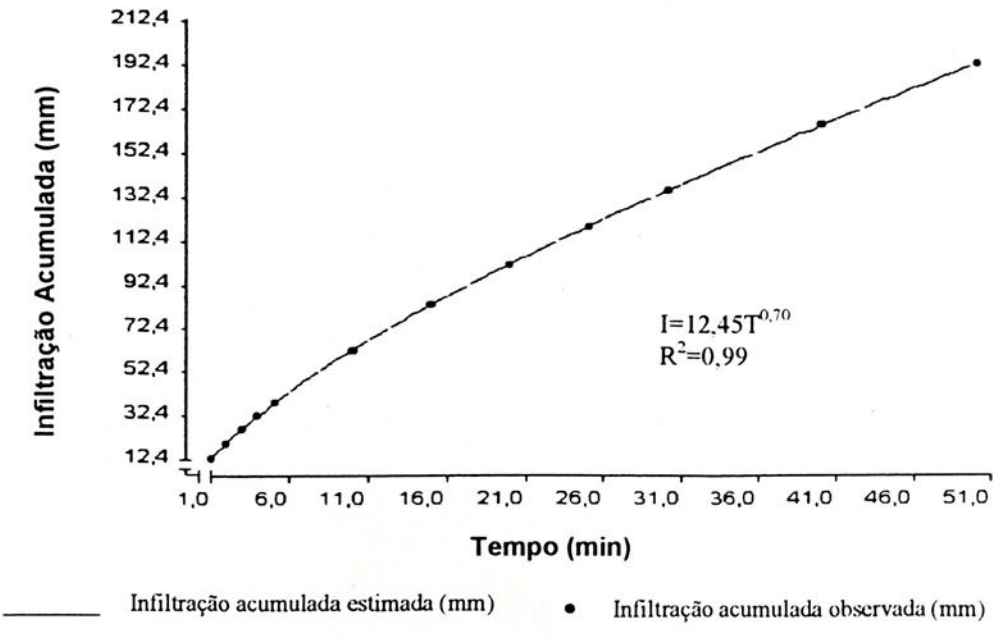


Figura 20. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema seringueira.

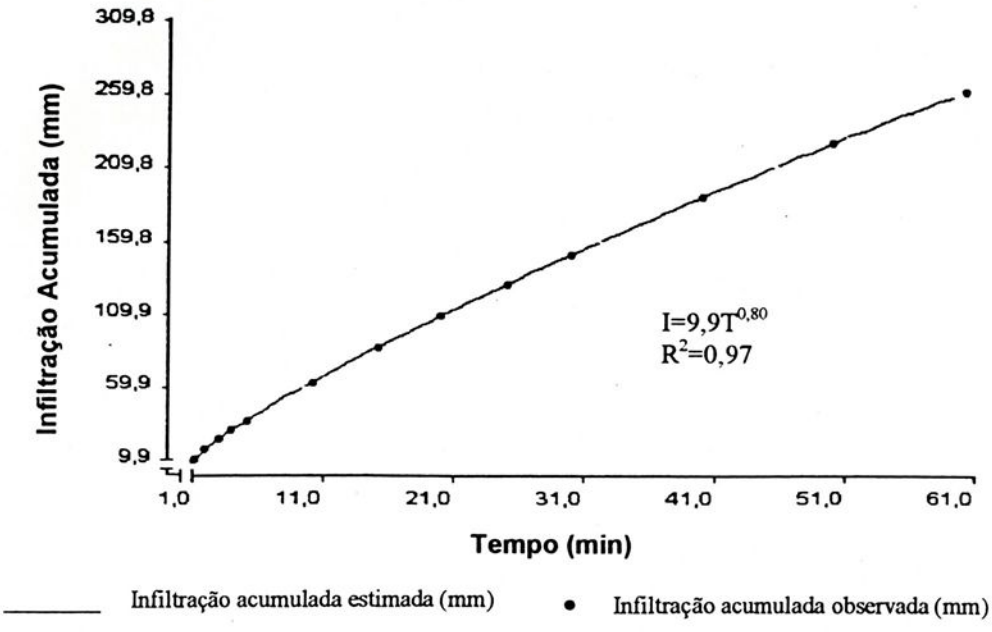


Figura 21. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema de pastagem.

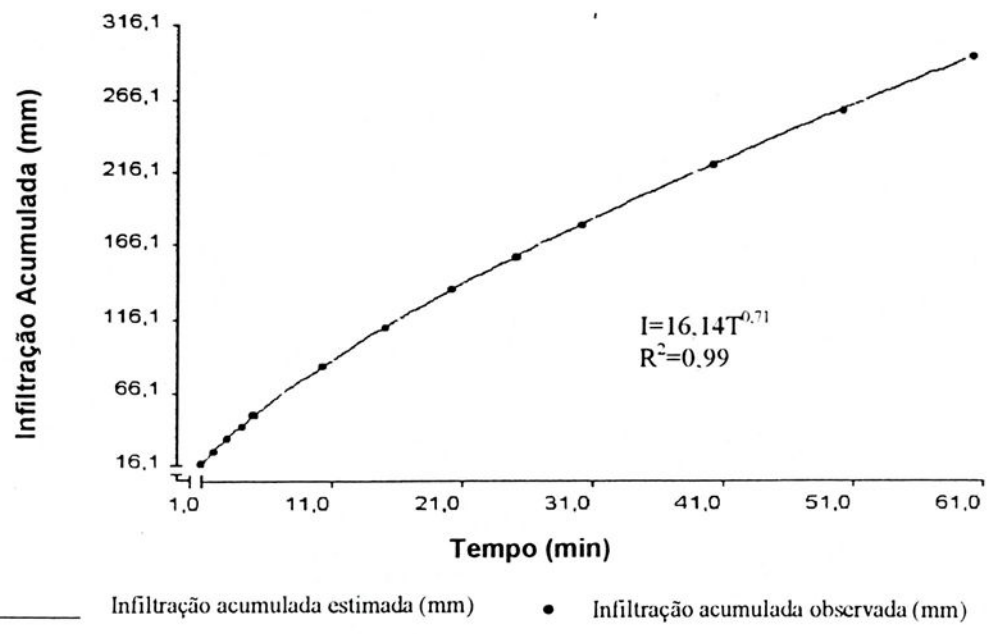


Figura 22. Infiltração acumulada observada e estimada (mm) para o sistema convencional.

4.5–Condutividade hidráulica saturada

Os valores de condutividade hidráulica do solo saturado (Kfs), medidas com permeâmetro nas profundidades de 0,10, 0,20 e 0,40m, encontram-se no Quadro 19 e Figura 23. Observa-se que o sistema cerrado apresentou os maiores valores para o atributo condutividade hidráulica do solo saturado em todas as profundidades estudadas, diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os sistemas cultivo mínimo e plantio direto apresentaram valores intermediários, porém, não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Entretanto, os sistemas seringueira, pastagem e convencional apresentaram os menores valores para o atributo em questão, com destaque para o sistema da seringueira que foi o menor dos três citados.

Observa-se também através do Quadro 19 que o cerrado (condição natural) apresentou os maiores valores para condutividade hidráulica saturada nas profundidades estudadas, sendo que a profundidade de 0,10m diferiu estatisticamente das demais 0,20 e 0,40m, devido provavelmente ao aumento da densidade do solo, microporosidade e diminuição da macroporosidade e teor de matéria orgânica. Quanto aos demais sistemas de manejos (plantio direto, cultivo mínimo, seringueira, pastagem e convencional) não houve diferença entre as profundidades avaliadas.

Valores mais altos de condutividade hidráulica saturada nos sistemas com menor mobilização do solo, especialmente do plantio direto e cultivo mínimo, podem ser explicados pela continuidade dos poros e pela maior atividade biológica da micro, mesofauna e macrofauna, sendo que este fato é concordante com os resultados obtidos por (SARVASI, 1994, CASTRO, 1995 e ARZENO, 1990). Os mesmos autores trabalhando com diferentes sistemas de preparo, verificaram que a densidade do solo e condutividade hidráulica do solo saturado apresentaram diferenciação no plantio direto

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

e convencional próximo a superfície. Deve-se lembrar que no plantio convencional, devido a mobilização do solo, predomina a descontinuidade dos poros, enquanto que no plantio direto, embora a porosidade total possa até ser menor, ela apresenta um contínuo de poros que facilita a movimentação tridimensional da água; situação semelhante foi encontrada nos trabalhos em questão.

Quadro 19. Comparação das médias da condutividade hidráulica saturada ($cm.h^{-1}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	13,42 Aa	9,10 Ab	8,21 Ab
Plantio Direto	3,66 Ba	4,10 Ba	3,62 Ca
Cultivo mínimo	5,41 Ba	4,48 Ba	5,17 Aba
Seringueira	0,81 Ea	1,35 Ca	0,96 Da
Pastagem	2,29 Da	1,90 Ca	2,27 Ca
Convencional	2,53 Da	1,85 Ca	2,68 Ca

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 8,74 D.M.S. Profundidade (5%)= 6,95
CV Manejo = 59,15 CV Profundidade = 3,19

As características do solo que modificam o valor da condutividade hidráulica saturado são: porosidade total, distribuição de tamanho dos poros e a tortuosidade dos interstícios. Quaisquer que sejam as alterações proporcionadas pelo sistema de manejo do solo utilizado, estas provavelmente acabarão por modificar a sua permeabilidade. A excessiva mobilização dos solos pode possivelmente, perturbar em muito, sua população biológica através da mobilização do terreno. Estas operações proporcionam a morte de grande quantidade de organismos vivos, através da exposição pelo revolvimento do solo, aos excessos de temperatura e alternância de umidade (HILLEL, 1971).

unesp

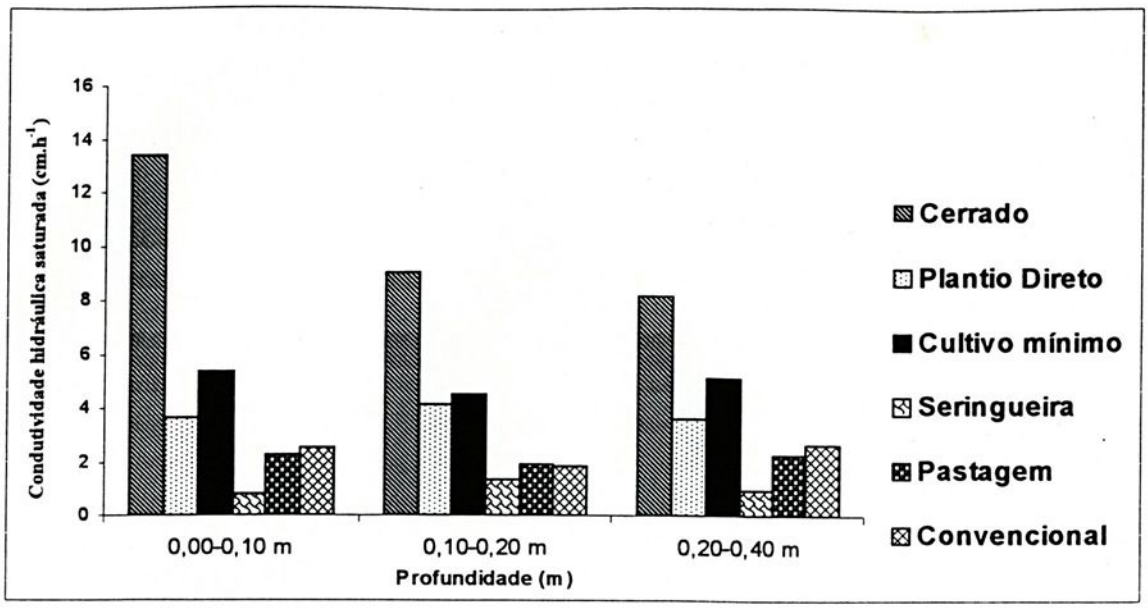


Figura 23-Valores médios da Condutividade hidráulica saturada ($cm.h^{-1}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Foram encontrados altos valores de coeficiente de variação para a condutividade hidráulica saturada. Segundo SARVASI (1994) pode-se atribuir o efeito local aos altos coeficientes de variação, proporcionando desta forma variações notáveis no comportamento dos sistemas estudados. Determinações feitas por VIEIRA et al. (1988) utilizando a mesma metodologia, em trabalho relacionando as propriedades do solo com a variabilidade espacial, foram obtidos coeficientes de variação superiores a duzentos por cento, denotando a sensibilidade destas medições às variações espaciais.

ARZENO (1990), CASTRO (1995) e SARVASI (1994), avaliando a condutividade hidráulica do solo saturado em diferentes sistemas de manejos, também encontraram altos valores de coeficiente de variação, os autores mencionam que o fato deve-se especialmente a alta variabilidade espacial dos solos, típico das propriedades de movimentação tridimensional da água.

4.6-Resistência à Penetração

Observa-se no Quadro 20 e na Figura 24 os valores médios de resistência à penetração, obtidos em função dos diferentes sistemas de manejos. Sendo, que os menores resultados obtidos nas profundidades 0,00-0,10m e 0,10-0,20m, foram verificados nas áreas do cerrado e cultivo mínimo, não diferindo estatisticamente entre si. Os sistemas de plantio direto, seringueira e convencional apresentaram valores relativamente altos em todas profundidades avaliadas para o atributo em questão, sendo que a área da seringueira e convencional se destacaram nas profundidades de 0,10-0,20m e 0,20-0,40m.

Quadro 20. Comparação das médias da resistência à penetração (MPa) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	1,27 Ba	1,71 Ba	1,61 Ba
Plantio Direto	1,99 Abb	2,86 Aa	2,21 ABb
Cultivo mínimo	1,59 Bb	1,93 Bab	2,40 ABa
Seringueira	2,16 Ab	3,21 Aa	2,61 Ab
Pastagem	1,95 Abb	2,96 Aa	1,84 Bb
Convencional	1,79 Abb	3,24 Aa	2,57 Aab

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

D.M.S. Manejo (5%)= 1,37 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,77

CV Manejo = 26,42 CV Profundidade = 12,8

A caracterização dos efeitos relativos ao tipo de manejo da área experimental indica um pico de resistência à penetração na profundidade de 0,10-0,20m, podendo essa compactação ser resultante do preparo do solo (convencional, seringueira, plantio direto) e para o sistema de pastagem devido ao pisoteio excessivo promovido pelos animais durante o pastejo, sendo que estes resultados são concordantes com (PEÑA et al., 1996; TORMENA & ROLOFF, 1996).

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

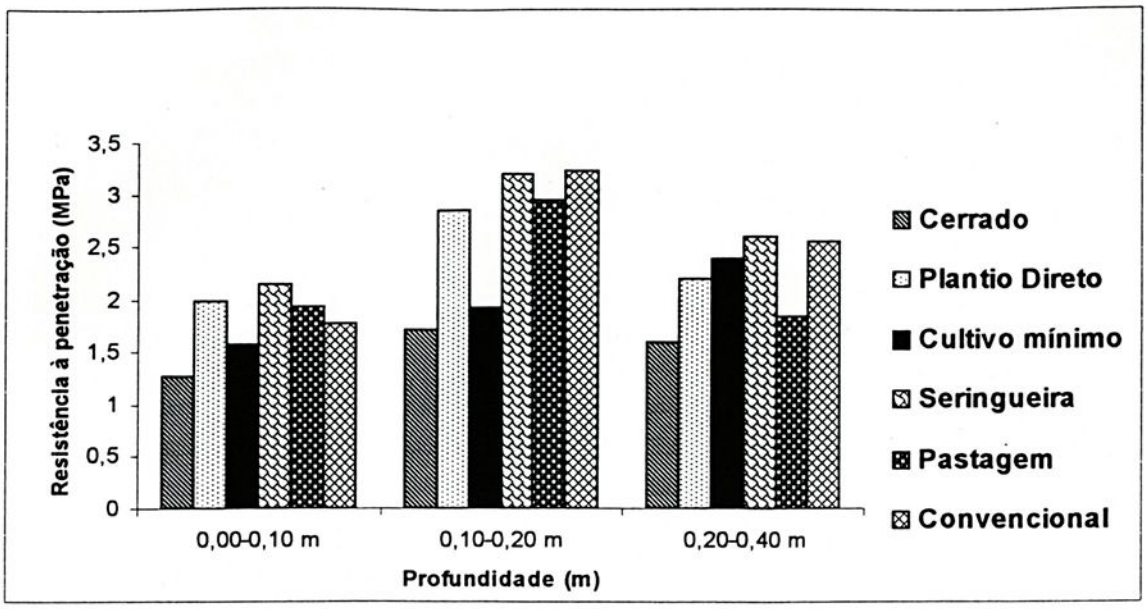


Figura 24 - Valores médios da Resistência à penetração (MPa) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Verifica-se através do Quadro 20 que o cerrado (condição natural) apresentou o menor resistência à penetração diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejos com exceção ao cultivo mínimo nas profundidades de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m e ao sistema de pastagem na profundidade de 0,20-0,40m, mostrando que o tipo de manejo altera as condições naturais, sendo que o sistema cultivo mínimo foi o que apresentou valores semelhantes ao cerrado nas profundidades de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m. Segundo TORMENA & ROLOFF (1996) a resistência à penetração de 2,0 MPa é considerado impeditivo para o crescimento de raízes no solo.

Embora o sistema de plantio direto tenha apresentado maior densidade do solo e menor porosidade total, em relação aos demais sistemas e, por consequência, um dos maiores valores de resistência à penetração, tal condição de acordo com CANNELL & FINNEY (1973) e FERNANDES et al. (1983), tem ocorrência apenas nos primeiros anos, deixando de existir com o passar do tempo, pois a deposição frequente de resíduos orgânicos na camada superficial do solo promove aumento da atividade biológica e,

consequentemente, tal atividade se encarrega de melhorar as condições físicas do mesmo.

Pode-se verificar através do Quadro 21 e Figura 25 os valores médios do teor de água do solo, sendo que os sistemas de plantio direto, cultivo mínimo e convencional encontram com sistema de irrigação (pivô central) e as demais áreas não apresentam sistema de irrigação. De modo geral, pode-se observar que não há uma grande variação quanto ao teor de água para os diferentes sistemas de manejos, porém, o sistema cerrado foi o que apresentou o menor valor para está variável, pois na época da análise desta área com o penetrômetro, a região estava passando por um longo período de estiagem. Entretanto, mesmo com um baixo grau de umidade, este sistema apresentou os menores valores para o atributo em questão, mostrando a importância do uso de um manejo correto para áreas de cerrado.

Quadro 21. Comparação das médias da umidade a base de massa ($kg.kg^{-1}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	0,13 Cb	0,14 Cb	0,17 Ca
Plantio Direto	0,23 Ba	0,22 Ba	0,24 Aa
Cultivo mínimo	0,22 Ba	0,21 Ba	0,23 Aba
Seringueira	0,29 Aa	0,23 Abb	0,20 Bc
Pastagem	0,31 Aa	0,23 Abb	0,12 Dc
Convencional	0,28 Aa	0,26 Aa	0,26 Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 0,12 D.M.S. Profundidade (5%)= 0,03
CV Manejo = 13,95 CV Profundidade = 8,44

De acordo com STOLF et al. (1983), os penetrômetros têm por finalidade medir a resistência do solo à penetração, e como este valor é variável em relação a umidade do solo, não é possível avaliar em termos absolutos se um dado solo está ou não compactado, sendo que este problema ocorre com qualquer tipo de penetrômetro. Entretanto, a localização de camadas compactadas fornece subsídios suficientes para a

unesp

avaliação de efeitos diretos e indiretos, relacionados aos diferentes sistemas de manejo utilizados. Contudo, deve-se ressaltar que os penetrômetros convencionais para uso agrícola apresentam limitações quanto ao seu uso. A mais importante sem dúvida nenhuma, é o aparecimento de uma camada do solo que oferece uma resistência muito grande, fazendo com que o operador não consiga penetrar a haste de uma maneira contínua, dificultando o levantamento e prejudicando os resultados. STOLF (1991) cita que a velocidade de penetração deve ser constante e com valores próximos a 180 cm/minuto, procedimento este de difícil execução, mesmo em instrumentos que dependem da força de um único operador.

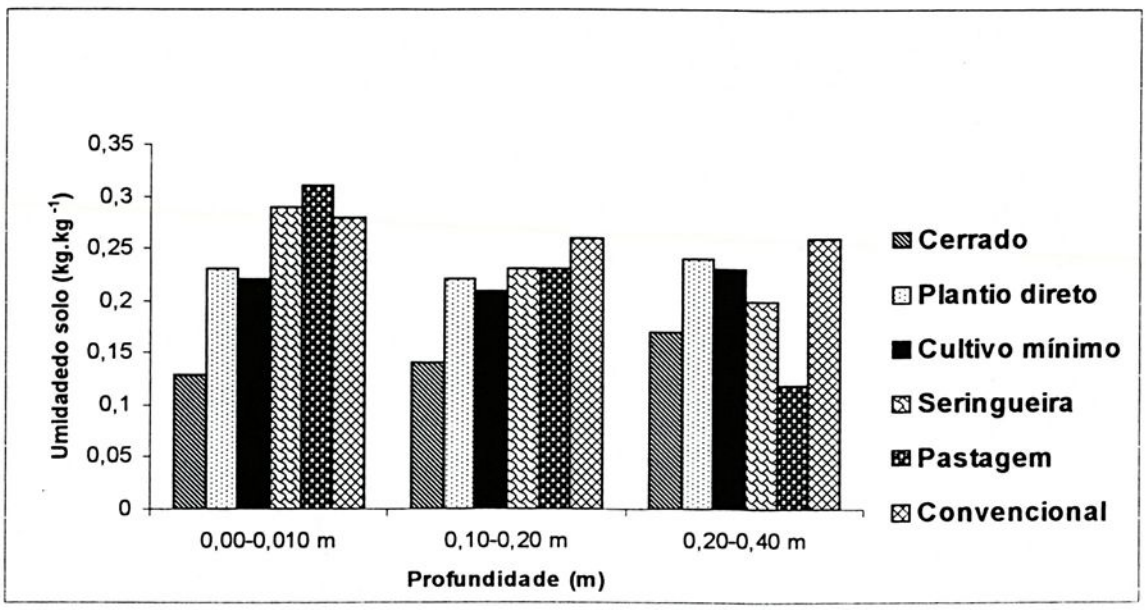


Figura 25- Valores médios da Umidade a base de massa ($kg.kg^{-1}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

De maneira geral, os resultados indicam que os efeitos do tráfego se concentram nos primeiros 0,20m de profundidade, como é demonstrado por outros autores (BAUDER et al., 1981; ONOFIUK, 1988).

4.7 –Atributos químicos do solo

Os resultados dos atributos fósforo e potássio encontram-se nas Figuras 26 e 27 e Quadros 22 e 23. Foram observados altos valores de fósforo e potássio próximo da superfície para o sistema de preparo convencional, plantio direto e cultivo mínimo, não diferindo estatisticamente entre si. Porém, diferem dos demais sistemas de manejo. Nota-se que para os atributos fósforo e potássio houve um acúmulo na superfície e diminuição dos teores com a profundidade para todos os sistemas estudados, o mesmo foi verificado por vários autores (CENTURION et al., 1985; SIDIRAS & PAVAN, 1985; ELTZ et al., 1989; ALVES, 1992; BAYER & MIELNICZUK, 1997). Estes fatos são explicados, segundo os autores, principalmente para o sistema cultivo mínimo e plantio direto, devido ao não revolvimento periódico do solo, favorecendo o acúmulo de nutrientes na superfície, e no caso do fósforo, pela baixa mobilidade do nutriente no solo.

Quadro 22. Comparação das médias de fósforo ($mg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado[1]	5,2 Aa	2,9 Bb	1,5 Ac
Plantio Direto	30,0 Ca	14,6 Cb	6,0 Bc
Cultivo mínimo	36,6 Da	12,6 Cb	5,8 Bc
Seringueira	4,9 Aa	1,7 Ab	1,0 Ac
Pastagem	5,0 Aa	3,0 Bb	2,2 Ab
Convencional	27,7 Ca	12,4 Cb	4,6 Bc

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

D.M.S. Manejo (5%)= 4,01 D.M.S. Profundidade (5%)= 3,22

CV Manejo = 32,16% CV Profundidade = 23,17%

Para o cálcio e magnésio (Figuras 28 e 29 e Quadros 24 e 25) observa-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os sistemas e profundidades de amostragens do solo estudado. Nota-se um comportamento semelhante para os atributos cálcio e magnésio, ou seja, o sistema de plantio direto foi o que apresentou os maiores valores médios, diferindo estatisticamente dos demais sistemas, os sistemas de preparo

unesp

convencional e cultivo mínimo apresentaram valores médios intermediários não diferindo estatisticamente entre si, e os sistemas de pastagem, cerrado e seringueira foram o que apresentaram os menores valores médios para estes atributos não diferindo entre si.

Quadro 23. Comparação das médias de potássio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	0,92 Aa	0,43 Ab	0,23 Ac
Plantio Direto	5,31 Ba	2,63 Bb	1,31 Bc
Cultivo mínimo	6,66 Ba	3,73 Bb	2,12 Bc
Seringueira	0,45 Aa	0,24 Ab	0,13 Ac
Pastagem	0,82 Aa	0,32 Ab	0,15 Ac
Convencional	5,80 Ba	2,93 Bb	1,37 Bc

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 2,79 D.M.S. Profundidade (5%)= 1,92
CV Manejo = 31,68% CV Profundidade = 27,19%

Portanto, observa-se um acúmulo destes nutrientes na superfície do solo, sendo que no sistema de plantio direto e cultivo mínimo, o maior valor de cálcio e magnésio na camada superficial deve-se provavelmente a adição de calcário na superfície, reciclagem de cálcio via decomposição de resíduos e aumento da CTC do solo, capaz de reter mais cátions nessa camada. Efeitos similares foram relatados por (BLEVINS et al., 1978; MUZILLI, 1983; ALMEIDA et al., 1985; CENTURION et al., 1985; BAYER & MIELNICZUK, 1997). Nota-se também que houve uma diminuição destes atributos em profundidade, com exceção para o magnésio no sistema de pastagem onde este atributo teve o mesmo comportamento em ambas as profundidades em estudo, sendo que esta diminuição de cálcio e magnésio em profundidade concorda com os trabalhos dos autores mencionados acima.

unesp

Quadro 24. Comparação das médias de cálcio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	6,5 Aa	3,4 Ab	3,0 Ab
Plantio Direto	47,8 Ca	25,2 Cb	18,9 Bc
Cultivo mínimo	34,7 Ba	25,1 Cb	20,5 Bc
Seringueira	7,1 Aa	5,2 ABb	3,0 Ac
Pastagem	7,5 Aa	6,9 ABb	4,9 Ac
Convencional	35,3 Ba	26,6 Cb	21,1 Bb

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 5,14 D.M.S. Profundidade (5%)= 3,82
CV Manejo = 26,38% CV Profundidade = 24,17%

Observou-se também maior movimento dos cátions cálcio e magnésio em profundidade, nos sistemas de plantio direto e cultivo mínimo, provavelmente em decorrência das reações de complexação com solutos orgânicos (complexos organometálicos) e maior quantidade de água infiltrada, concordando com os resultados obtidos por (SIDIRAS &VIEIRA, 1984; SIDIRAS & PAVAN, 1985).

Quadro 25. Comparação das médias de magnésio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	2,6 Aa	1,4 Ab	1,4 Ab
Plantio Direto	32,5 Ca	14,3 Cb	9,6 Cc
Cultivo mínimo	14,3 Ba	8,5 Bb	4,8 Bc
Seringueira	2,4 Aa	1,5 Ab	1,4 Ab
Pastagem	2,5 Aa	2,2 Aa	1,7 Aa
Convencional	15,2 Ba	10,3 Bb	5,8 Bc

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%)= 4,22 D.M.S. Profundidade (5%)=3,19
CV Manejo = 27,21% CV Profundidade = 22,14%

Os valores médios obtidos para o pH $CaCl_2$, nos diferentes sistemas de manejo são apresentados no Quadro 26 e Figura 30. Verifica-se que os valores de pH no sistema de preparo convencional, plantio direto e cultivo mínimo se situam em faixas mais elevadas na camada superficial do solo, não diferindo estatisticamente entre si, corroborando com os resultados obtidos por (GUEDES et al., 1979; MUZILLI, 1983;

unesp

CENTURION et al., 1985). Os sistemas de cerrado, seringueira e pastagem apresentaram os menores valores médios para o atributo pH não diferindo estatisticamente entre si. Através do Quadro 26, observa-se que todos os sistemas de manejo estudados apresentaram o mesmo comportamento do pH em profundidade, ou seja, não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 26. Comparação das médias de pH ($CaCl_2$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	3,99 Aa	3,88 Aa	3,89 Aa
Plantio Direto	5,49 Ba	4,85 Ba	4,70 Ba
Cultivo mínimo	5,07 Ba	4,79 Ba	4,80 Ba
Seringueira	4,05 Aa	4,09 Ba	4,17 Ba
Pastagem	4,25 Aa	4,19 Ba	4,11 Ba
Convencional	5,02 Ba	4,89 Ba	4,89 Ba

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%) = 0,60 D.M.S. Profundidade (5%) = 0,47
CV Manejo = 5,49% CV Profundidade = 3,11%

Os maiores valores médios de pH nos sistemas de preparo convencional, plantio direto e cultivo mínimo, podem estar relacionado com os altos teores de cálcio e magnésio também verificados para os mesmos sistemas. Ao contrário do que tem sido referido por inúmeros autores, não se constatou, nas condições estudadas, a ocorrência de acidificação mais acentuada nas camadas superficiais dos solos sob plantio direto. Após os vários anos de cultivo, os valores de pH constatados em plantio direto ainda se mostraram iguais ou superiores aos verificados em plantio convencional, notadamente nos primeiros 0,10m, da camada arável.

Observando-se o Quadro 27 e Figura 31, nota-se que o sistema de plantio direto apresentou os maiores valores para a capacidade de troca catiônica (CTC) diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejos. Sendo que estes resultados são

unesp

semelhantes aos observados por (MUZILLI, 1983; ALMEIDA et al., 1985; CENTURION et al., 1985; TESTA et al., 1992). Os sistemas de preparo convencional e cultivo mínimo apresentaram valores médios intermediários para este atributo e não diferiram estatisticamente entre si e, nos sistemas de pastagem, cerrado e seringueira foram verificados os menores valores médios para o atributo CTC, sendo que os sistemas de pastagem e cerrado não diferiram entre si, porém, diferiram do sistema seringueira. Nota-se que em todos os sistemas de manejos estudados houve uma redução estatisticamente significativa do atributo CTC em profundidade, sendo que este fato pode estar aliado a redução do teor de matéria orgânica, o qual, também foi verificado em todos os sistemas em estudo.

Quadro 27. Comparação das médias de CTC ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	52,71 Aa	46,45 Ab	43,17 Bb
Plantio Direto	117,71 Da	90,14 Cb	64,75 Cc
Cultivo mínimo	93,91 Ca	76,28 Cb	62,03 Cc
Seringueira	68,16 Ba	55,93 Bb	44,93 Bc
Pastagem	43,66 Aa	34,65 Ab	30,82 Ab
Convencional	95,40 Ca	77,80 Cb	61,79 Cc

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%) = 4,32 D.M.S. Profundidade (5%) = 3,85
CV Manejo = 37,12% CV Profundidade = 28,17%

Observa-se que o retorno dos resíduos das plantas depositadas na superfície do solo no sistema de plantio direto e cultivo mínimo proporcionaram aumentos significativos no pH e na capacidade de troca catiônica (CTC). Acredita-se que as diferenças observadas na CTC, podem estar associadas as diferentes capacidades das culturas em reciclar os cátions, especialmente as leguminosas, seja um dos principais fatores que influem nos teores de potássio, cálcio e magnésio do solo, os quais com o tempo, poderão ampliar-se ainda mais nas camadas superficiais e alterar as mais profundas em prazo mais longo.

unesp

Os valores médios obtidos para o atributo alumínio encontram-se no Quadro 28 e Figura 32. Observa-se que o sistema de plantio direto apresentou os menores valores para este atributo na camada superficial, diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejo. O sistema de cultivo mínimo também apresentou valores baixos para o atributo alumínio, porém, diferiu estatisticamente do sistema de plantio direto. Os sistemas de cerrado, seringueira e pastagem apresentaram os maiores valores médios para o teor de alumínio, diferindo significativamente dos demais sistemas de manejo. Sendo que estes resultados são concordantes com ALMEIDA et al., (1985); SIDIRAS & PAVAN (1985); MENDONÇA & ROWELL (1994). Os menores valores médios de alumínio nos sistemas de plantio direto e cultivo mínimo, podem ser decorrentes dos efeitos proporcionados pelas elevações no pH, na neutralização deste elemento e dos maiores teores de cátions trocáveis presentes na CTC efetiva do solo. Nota-se também com exceção do sistema de cerrado, que os demais sistemas de manejo diferiram estatisticamente em profundidade, sendo que nos sistemas de preparo convencional e seringueira houve uma diminuição do teor de alumínio em profundidade, porém, nos sistemas de pastagem, cultivo mínimo e plantio direto houve aumento em relação a este atributo em profundidade.

Quadro 28. Comparação das médias de alumínio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	4,4 Da	4,7 Ba	4,9 Ba
Plantio Direto	0,1 Ac	1,6 Ab	2,6 Aa
Cultivo mínimo	1,0 Bb	2,2 Aa	1,9 Aa
Seringueira	5,2 Da	4,5 Bb	4,7 Bb
Pastagem	5,6 Db	6,1 Ba	6,3 Ba
Convencional	3,2 Ca	1,7 Ac	2,2 Ab

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
D.M.S. Manejo (5%) = 1,72 D.M.S. Profundidade (5%) = 1,02
CV Manejo = 42,17% CV Profundidade = 32,11%

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

Observa-se nos Quadros 29 e 30 e Figuras 33 e 34, os valores médios para o atributo soma de bases e saturação por bases, respectivamente. Verifica-se que o sistema de plantio direto apresentou os maiores valores para estes atributos diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejo, os sistemas de cultivo mínimo e preparo convencional apresentaram valores médios intermediários para estes atributos não diferindo estatisticamente entre si. Porém, os sistemas de cerrado, seringueira e pastagem apresentaram os menores valores médios para o atributo soma de bases, não diferindo entre si, já para a saturação por bases os sistemas de cerrado, pastagem e seringueira apresentaram os mais baixos valores para este atributo, entretanto, os sistemas de cerrado e seringueira não diferiram entre si, mas diferiram significativamente do sistema de pastagem.

Quadro 29. Comparação das médias de soma de bases ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	8,71 Aa	5,25 Ab	4,37 Ab
Plantio Direto	87,71 Ca	41,94 Bb	29,75 Bc
Cultivo mínimo	55,91 Ba	37,18 Bb	27,23 Bc
Seringueira	10,06 Aa	5,05 Ab	4,33 Ab
Pastagem	13,26 Aa	9,25 Ab	6,62 Ac
Convencional	56,20 Ba	39,90 Bb	28,29 Bc

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

D.M.S. Manejo (5%) = 3,98 D.M.S. Profundidade (5%) = 2,77

CV Manejo = 39,61% CV Profundidade = 27,32%

unesp

Quadro 30. Comparação das médias de saturação por bases (%) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	16,3 Aa	11,4 Ab	10,1 Ab
Plantio Direto	71,8 Da	52,4 Cb	45,9 Cc
Cultivo mínimo	58,7 Ca	47,9 Cb	43,5 Cc
Seringueira	14,8 Aa	12,3 Aa	9,8 Ab
Pastagem	29,6 Ba	26,2 Ba	19,2 Bb
Convencional	58,4 Ca	51,1 Ca	45,5 Cb

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

D.M.S. Manejo (5%) = 4,78 D.M.S. Profundidade (5%) = 2,93

CV Manejo = 25,6% CV Profundidade = 16,81%

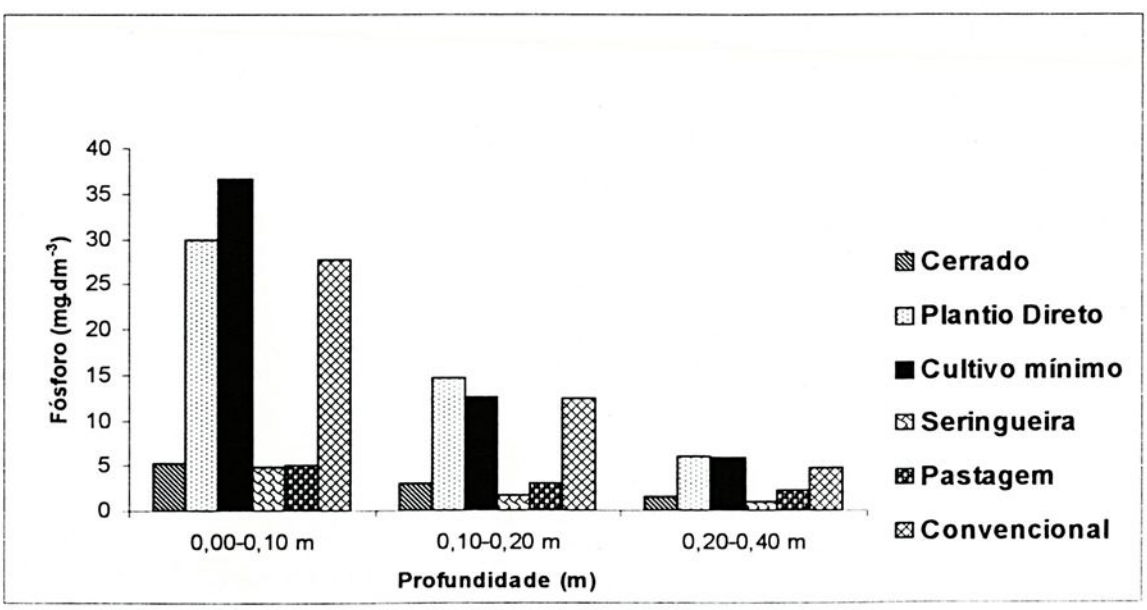


Figura 26- Valores médios de fósforo ($mg.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

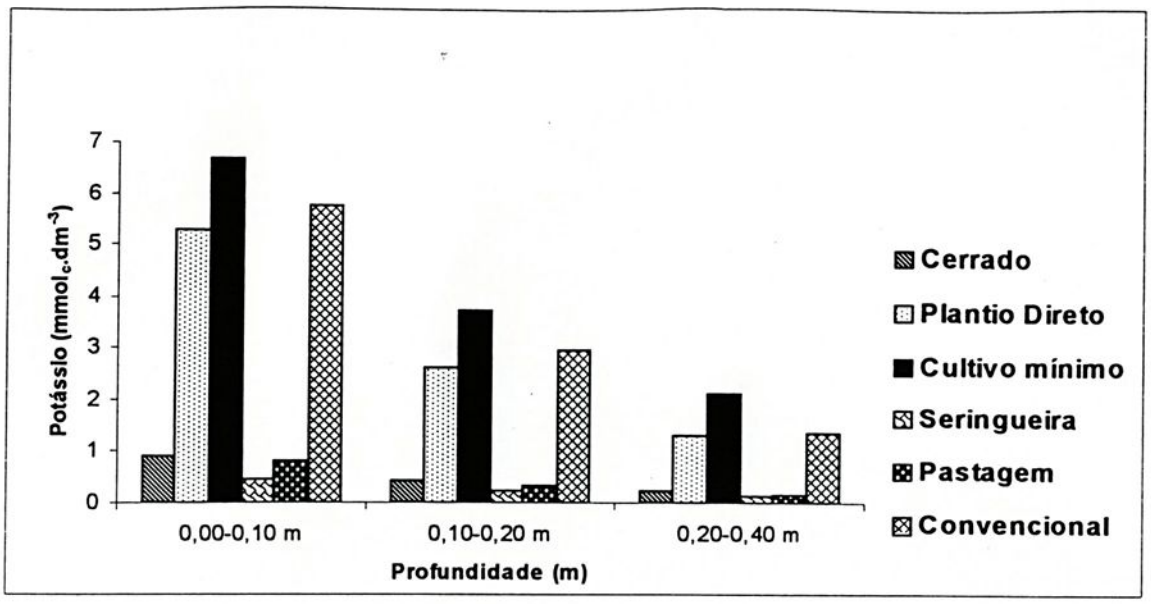


Figura 27- Valores médios de potássio (mmol$_c$.dm^{-3}) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

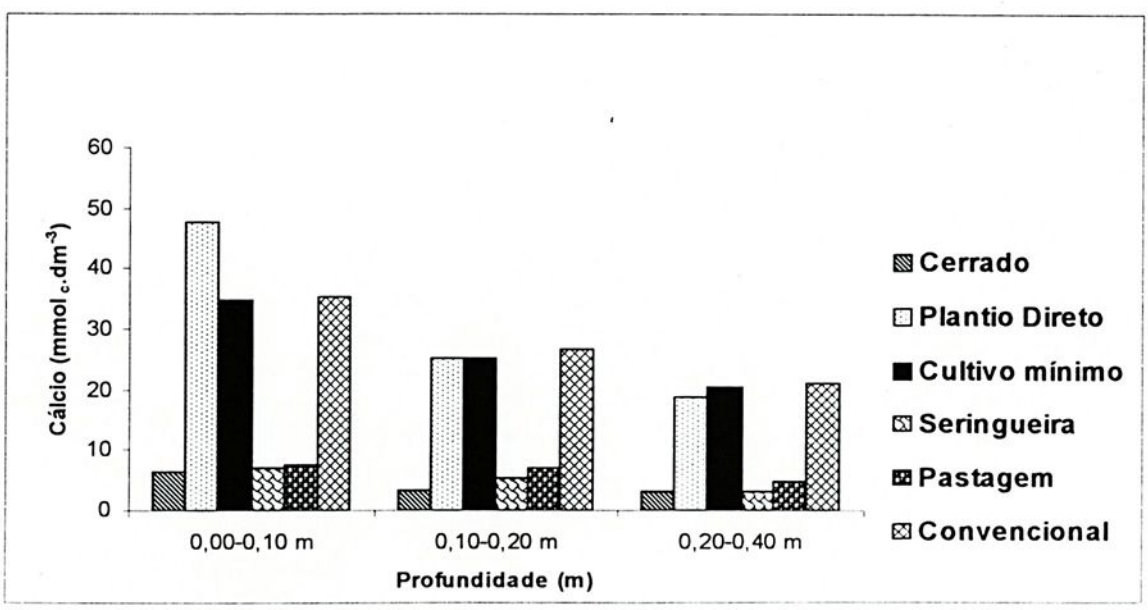


Figura 28- Valores médios de cálcio (mmol$_c$.dm^{-3}) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

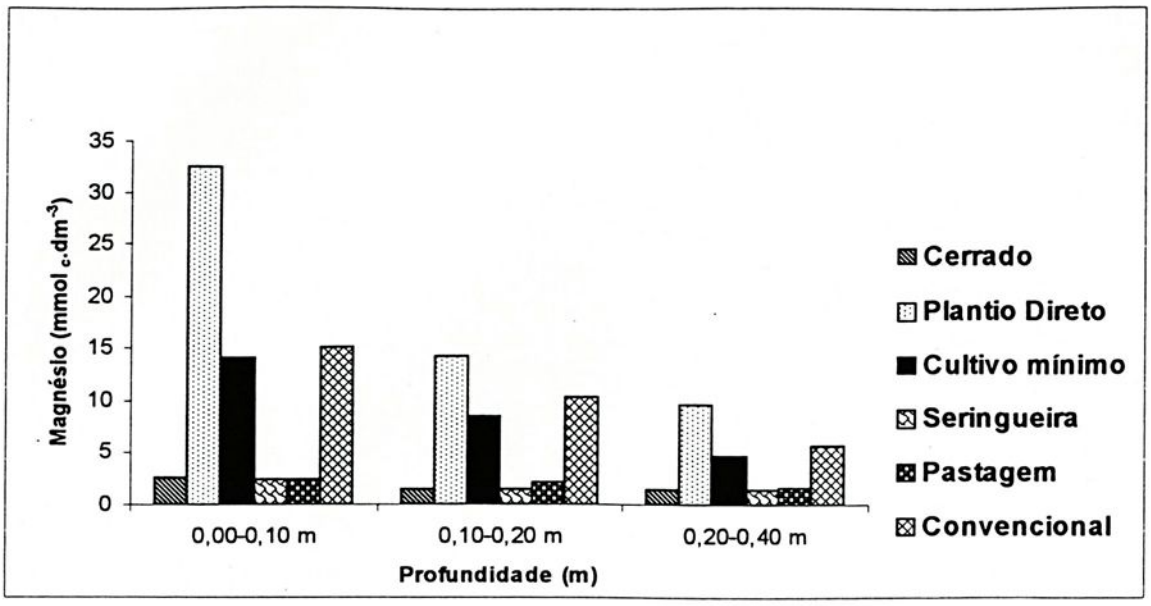


Figura 29- Valores médios de magnésio ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

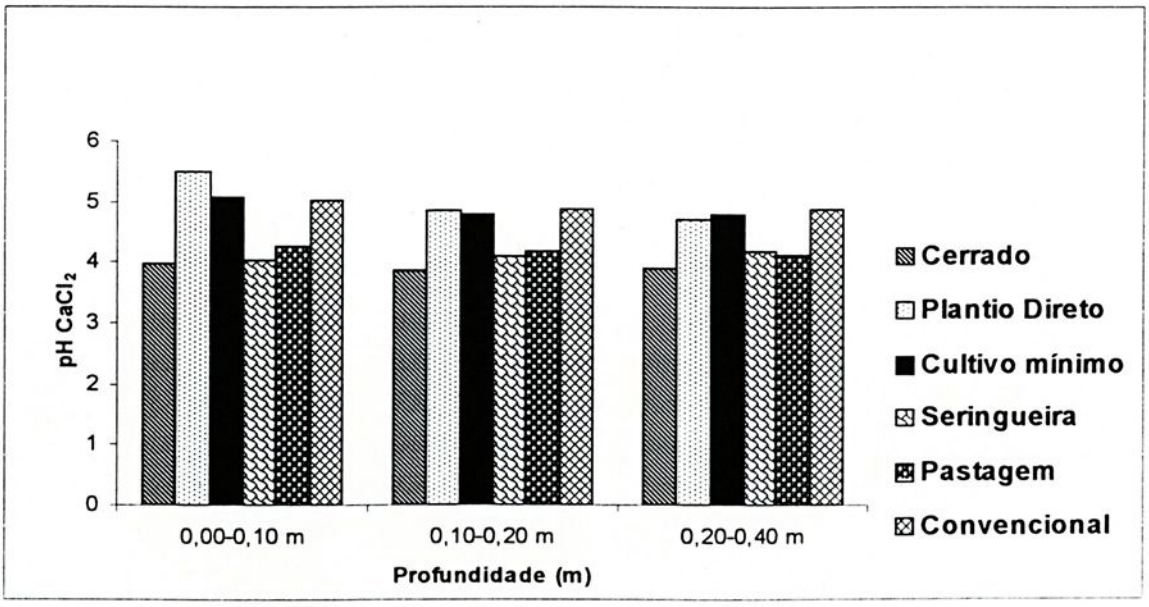


Figura 30- Valores médios da pH $CaCl_2$ nos sistemas de manejos e profundidades estudadas, no ano de 1999.

BCpIS - FEIS - UNESP

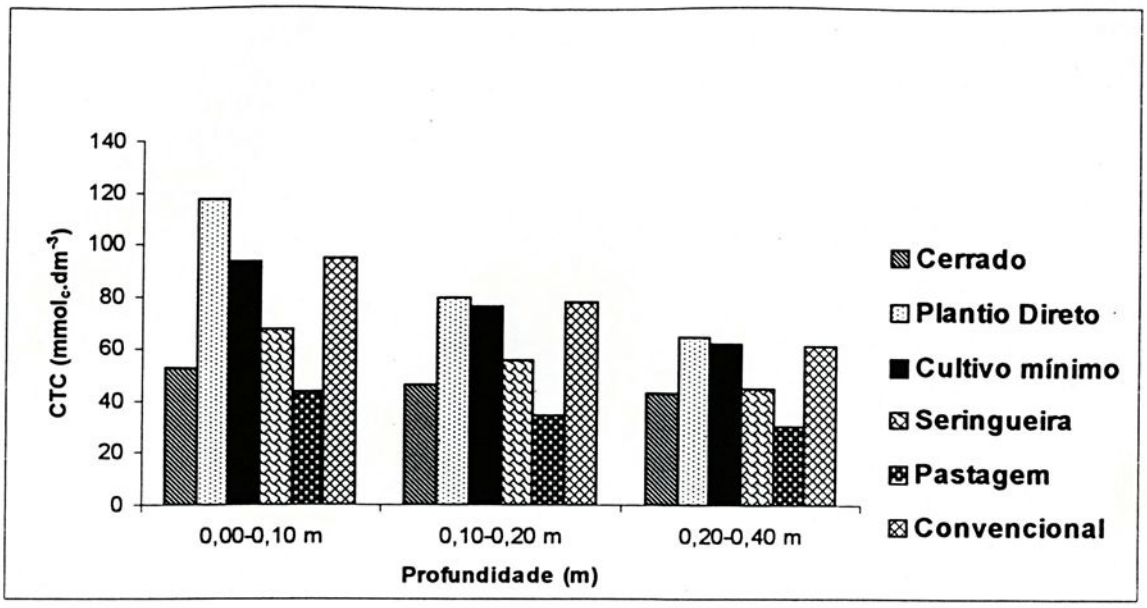


Figura 31- Valores médios da CTC (mmol$_c$.dm^{-3}) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

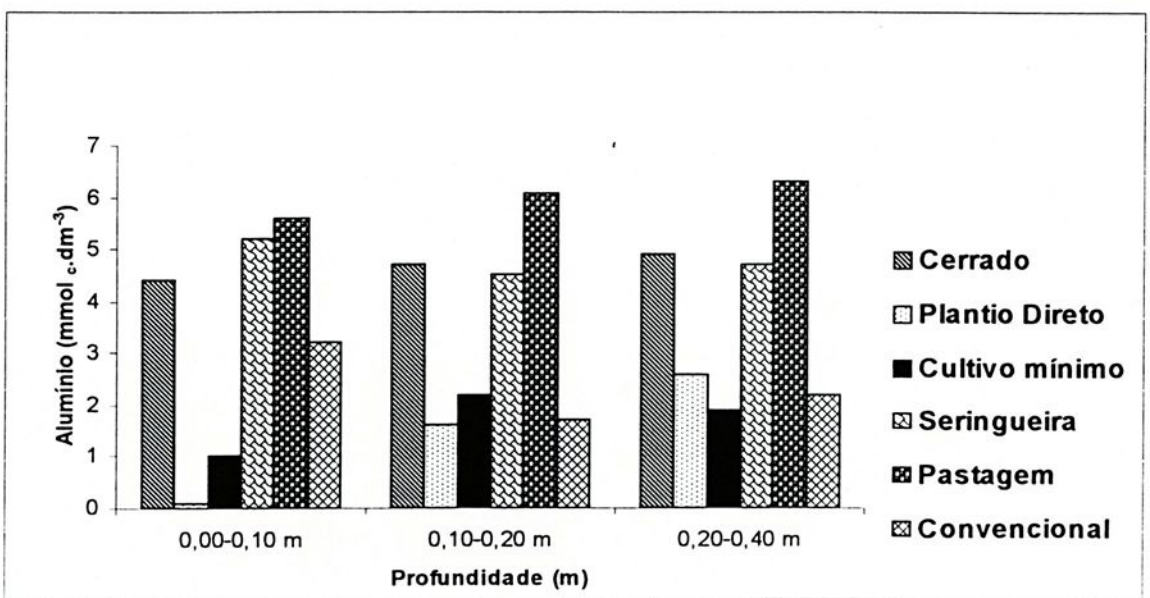


Figura 32- Valores médios de alumínio (mmol$_c$.dm^{-3}) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

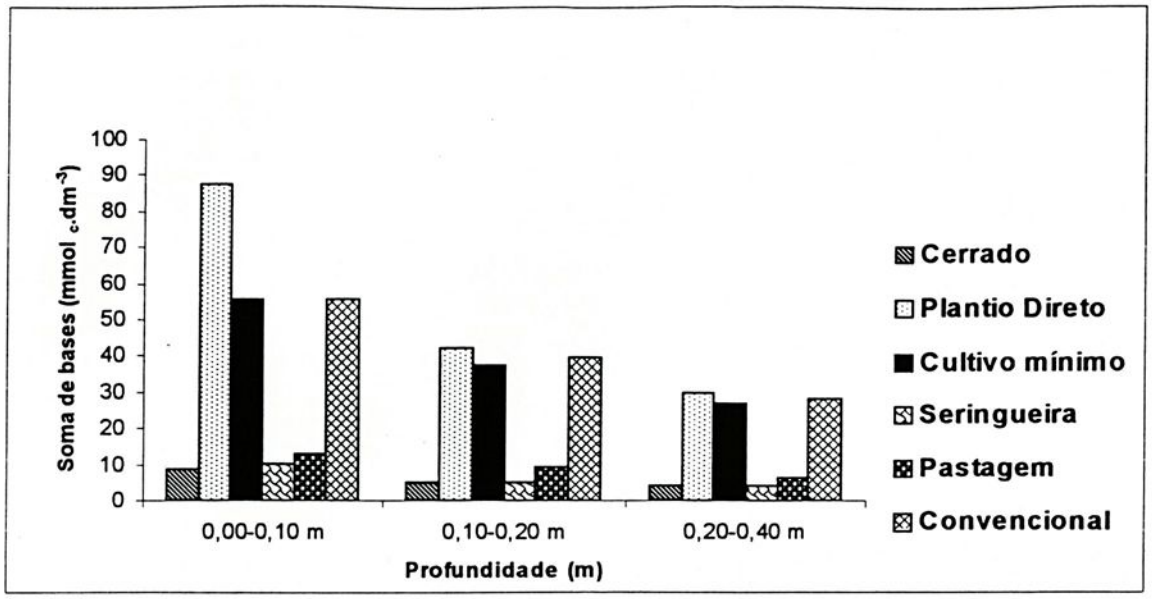


Figura 33- Valores médios da soma de bases ($mmol_c.dm^{-3}$) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

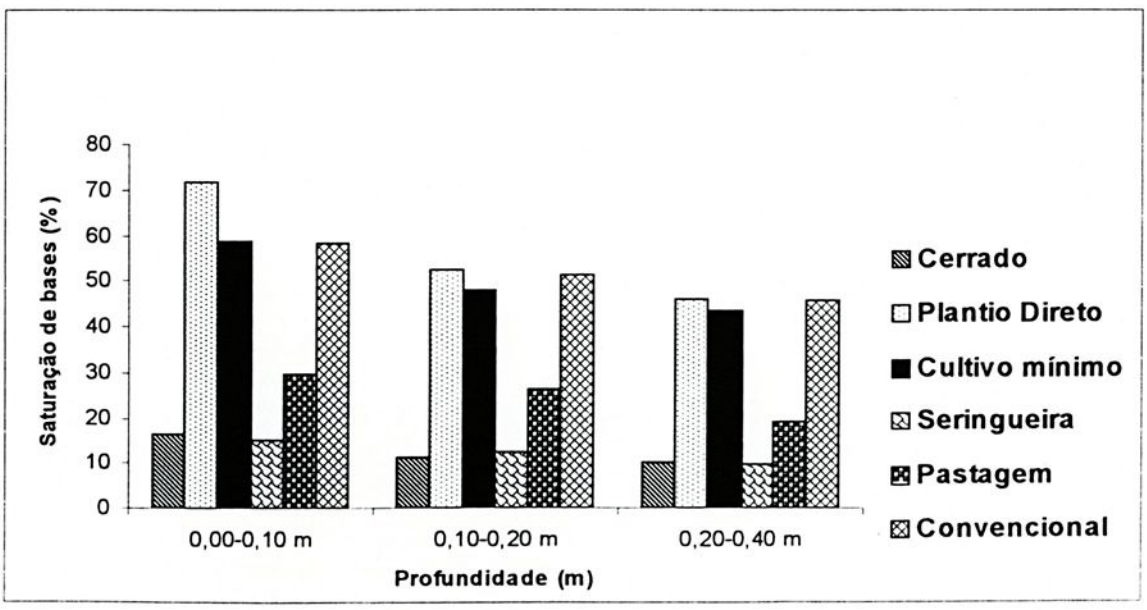


Figura 34- Valores médios de saturação por bases (%) nos sistemas de manejos do solo e profundidades estudadas, no ano de 1999.

5.0- CONCLUSÕES:

Para as condições do estudo e com a metodologias propostas pode-se concluir que:

1- O uso e manejo do solo alterou as suas propriedades fisicas, químicas e o movimento da água .

2- O sistema de cultivo mínimo revelou-se como o sistema de manejo com melhores resultados, mostrando valores mais baixos de resistência à penetração e densidade do solo, maior infiltração, porosidade e condutividade hidráulica.

3- Os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo levaram a acúmulos significativos de matéria orgânica, fósforo, potássio, magnésio e cálcio. Verificou-se também uma elevação do pH para estes sistemas, uma maior CTC, soma de bases e saturação por bases e diminuição do ter de alumínio.

unesp

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, R. L., NANEY, J. H., NIELSEN, D. R. Macroporosity to characterize spatial variability of hydraulic conductivity in effects of land management. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p.669-702, 1984.

ALMEIDA, E. C. et al. Efeito de faixas de potencial matricial sobre o crescimento de milho em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, n.3, p.271-6, 1985.

ALVARENGA, R. C. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo de palha de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v.10, p.273-7, 1986.

ALVES, M. C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: efeitos nas propriedades físicas e químicas**. Piracicaba, 1992. 173p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

ALVES, M. C. et al. Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: efeitos nas propriedades químicas e produtividade da soja. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1, 1993, Ponta Grossa. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1993. p.203-14.

ANJOS, J. T. et al. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.18, n.2, p.139-45, 1994.

ARAÚJO FILHO, J. C., RIBEIRO, M. R. Infiltração da água em Cambissolos do Baixio de Irecê (BA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.3, p.363-70, 1996.

ARZENO, J. L. **Avaliação física de diferentes manejos de solo em um Latossolo Roxo – distrófico**. Piracicaba, 1990. 259p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de

unesp

Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

AZEVEDO, H. M. **Características da infiltração em sulcos abertos e fechados**. Campina Grande-PB :U.F.P / Centro de Ciências e Tecnologia, 1975. 56p.

AZOOZ, R. H., ARSHAD, M. A. Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems. **Canadian Journal of Soil Science**, v.76, p.143-52, 1996.

BAUDER, J. W., RANDAL, G. W., SWAN, J. B. Effect of four continuous tillage system on mechanical impedance of a clay loam soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.802-6, 1981.

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

BAVER, L. D. et al. Física de suelos. México: U.T.E.H.A. 529p. 1973.

BARLEY, K. P., GREACEN, E. L. Mechanical resistance as a soil factor influencying the growth of roots underground shoots. **Adv. Agron**, v.19, p.1-43,1967.

BAYER, C., MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.21, n.2, p.235-9, 1997.

BAYER, C., BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.3, p.687-94, 1999.

BELTRAME, L. F. S., TAYLOR, J. C. Causas e efeitos da compactação do solo. **Lavoura Arrozeira**, v.33, n.318, p.59-62, 1980.

BENGHOUGH, A. G., MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal Soil Science**, v.41, p.341-58, 1990.

BERTRAND, A. R. **Rate of water intake in the field**. New York: Academic Press, 1965. p.197-209. (Agronomy Monograph, 9, pt.1).

BEUTLER, A. N. **Produtividade de culturas e atributos físicos de Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado sob diferentes sistemas de manejo**. Lavras, 1999. 69p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras.

BLEVINS, R. L., MURDOCK, L. W., THOMAS, G. W. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. **Agronomy Journal**, v.10, p.322-6, 1978.

BOONE, F. R. Weather and other environmental factors influencing crop responses to tillage and traffic. **Soil & Tillage Research**, v.11, p.283-324, 1988.

BOLLER, W. **Avaliação de diferentes sistemas de manejo do solo visando à implantação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu, 1996. 272p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual de São Paulo.

BURLE, M. L., MIELNICZUK, J., FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. **Plant Soil**, v.190, p.309-16, 1997.

BRADFORD, J. M. Penetrability. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis:** physical, chemical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. chapter 19, p.463-78.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. São Paulo: F. Bastos, 1989. 878p.

BRITO, L.T.L. et al. Influência do método na determinação da velocidade de infiltração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.3, p.503-7, 1996.

CABEDA, M. S. V. **An empirical parametric equation for point water infiltration into bare sealing soils under simulated rainfall**. West Lafayette; Purdue University, 1980. 148p. (Thesis Ph.D.).

CAMPOS, B. C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.121-6, 1995.

CANALLI, L. B., ROLOFF, G. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.2, p.99-104, 1997.

CANNELL, R. O. , FINNEY R. Q. Effects of direct drilling and reduced cultivation on soil conditions for root growth. **Out. agric**., v.7, n.4, p.184-9, 1973.

CARPENEDO, V., MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, n.1, p.99-105, 1990.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.257-65, 1999.

CASSEL, D. K., BOWEN, H. D., NELSON, L. A. In evaluation of mechanical impedance for three tillage treatments on Norfolk Loamy Sand. **Soil Science Society of America Journal**, v.42, p.116-20, 1978.

CASSEL, E. A. **Erosão do solo:** influência do uso agrícola, do manejo e preparo do solo. Porto Alegre: Instituto de Pesquisa de Recursos Naturais Renováveis "Ataliba Paz", 1980. 40p. (IPRNR, 15).

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

CASSEL, D. K. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance (Chapter 4). In: Precicting Tillage Effects on soil Physical Properties and Processes – ASA. **Special Publication**, 44. USA., 1982.

CASTRO, O. M., et al. **Caracterização química e física de dois Latossolos em plantio direto e convencional**. Campinas, Instituto Agronômico, 1987. 23p. (Boletim Científico, 11).

CASTRO, O. M. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41p.

CASTRO, O. M. **Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função de seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L)**. Piracicaba, 1995. 174p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

CAVALCANTE, L. F. **Determinação da condutividade hidráulica do solo durante a redistribuição de água**. Piracicaba, 1978. 129p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

CAVENAGE, A. et al. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.2, p.997-1003, 1999.

CENTURION, J. F. **Efeitos de sistemas de preparo do solo na cultura da soja (*Glycine max (L.) Merril*) em solos de cerrado**. Piracicaba, 1984. 127p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

unesp

CENTURION, J. F., DEMATTÊ, J. L. I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, n.3, p.263-6, 1985.

CENTURION, J. F., DEMATTÊ, J. L. I., FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, n.2, p.267-70, 1985.

CENTURION, J. F. **Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas de um solo argiloso sob cerrado e na cultura de milho implantada**. Piracicaba, 1988. 125p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura - Universidade de São Paulo (ESALQ).

CERRI, C. C., FELLER, C., CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cahier ORSTOM**: **Série Pédologie**, v.26, n.1, p.37-50, 1991.

CHANCELLOR, W. J. **Compaction of soil by agricultural equipment**. Berkeley: University fo California, Divison of Agricultural Sciences, 1977. 53p. (Bulletin 1981).

CHAVES, H. M. L., ORLOWSKI, E., ROLOFF, G. Previsão da infiltração sob condições dinâmicas de selamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.1, p.141-7, 1993.

CHILDS, E. C. **Soils Water phenomena**. 1. ed. New York, John Wiley & Sons, 493p. 1969.

CHU, S. T. Determination of Green-Ampt parameters using a sprinkler infiltrometer. **Transaction ASAE**, v.29, n.2, p.501-4, 1986.

• CORRÊA, J. C. Características físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.20, n.12, p.1381-7, 1985.

CORSINI, P. C. Aggregation and water flow from soil; effects of radiation and wind. **Ciência e Cultura**, v.25, n.2, p.156-62, 1973.

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**, v.34, n.2, p.289-98, 1999.

DADALTO, G. G. **Alterações em características físicas e químicas de solos cultivados com pastagens em áreas de caatinga hipoxerófila no município de Sebastião Laranjeiras, Bahia**. Viçosa, 1983. 89p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa.

DANIEL, L. A., CARVALHO, J. F., JUNQUEIRA, G. S. Avaliação de camadas de solo compactado: Efeito de diferentes sistemas de preparo e cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXIV, Campinas. **Anais...** Campinas, UNICAMP, 1994.

DALLA ROSA, A. Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo – Solo Santo Ângelo (Latossolo Roxo distrófico). Porto Alegre, 1981. 136p. Dissertação (Solo e Nutrição de Plantas). – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DE MARIA, I. C., CASTRO, O. M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.4, p.471-77, 1993.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do "Campus experimental de Ilha Solteira".** Piracicaba: Departamento de Solos, Geologia e Fertilidade ESALQ/USP, 1980. p.11-31.

DERPSCH, R. Importância da cobertura do solo e do preparo conservacionista. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1, SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO NO PLANALTO, 3, 1984, Passo Fundo. **Resumos**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 1984. p.153-66.

DERPSCH, R., SIDIRAS, N., ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.o, p.253-63, 1986.

DORAN, J. W., PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J. W., COLEMAN, D. C., BEZDICEK, D. F., STEWART, B. A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, 1994. (Special publication, 35).

DOUGLAS, J. T., GOSS, M. J., HILL, D. Measurements of pores characteristics in a clay soil under ploughing and direct drilling, including use of a radiactive tracer (144ce) technique. **Soil Tillage Research** , v1, n.1, p.11-8, 1980.

ELTZ, F. L. F., PEIXOTO, R. T. G., JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, n.2, p.259-67, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço nacional de levantamento e conservação dos solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. n.p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1999. 412p.

unesp

• FERNÁNDEZ, B. M., WILKINSON, G. E. Effect of crop culture on the infiltration of water into a chesmut. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.29, n.6, p.752-84, 1965.

FERNANDES, B. et al. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Tipic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.3, p.329-33, 1983.

FELINTO, D. S. J., FERNANDEZ, M. B. Determinação de escoamento superficial em três solos do brejo Paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 9, 1979, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFP, 1979. p.78.

FREE, G. R., BROWING, G. M. **Relative infiltration and related physical characteristics of certain soils.** Whashington, D.C.: USDA Tech Bull., 1940. 729 p.

FREITAS, P. L. et al. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.157-70, 2000.

GAVANDE, S. A. **Física de suelos:** princípios y aplicaciones. 3. ed. México: Limusa, 1976. 351p.

GENT Jr., J. A et al. Impact of harvesting and site preparation on physical properties of piedmont forest soil. **Soil Science Society of America Journal,** v.48, p.173-7,1984.

GOMES, A. S., PATELLA, J. F., PAULETTO, E. A. Efeitos de sistemas e tempo de cultivo sobre a estrutura de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, n.1, p.17-21, 1978.

GONZALEZ, M. A., GAVANDE, S. A. Propriedades de algunos suelos dedicados al cultivo de la caña de azucar em Costa Rica. **Revista Interamericana de Ciências Agrícolas, Agricultura Técnica**, v.19, n.2, p.235-45, 1969.

unesp

GUEDES, L. V. M. WILES, T. L., VEDOATO, R. A. Ensaio de longo prazo com comparações entre plantio direto, preparo mínimo e plantio convencional. In: I Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, **Anais...**, CNPSo. Londrina, 1979. P.59-65.

GYAMPOH, A. A. **Highlights on soil erosion, management and land capability studies in Ghana.** In: SOIL AND WATER CONSERVATION TRAINING COURSE/WORKSHOP, 1., Ibadan, 1976. Ibadan, Iita, 1976, 13p.

HAYNES, R. J. Influence of soil management practice on the orchard agroecosystem. **Agro. Ecosystem**, v.6, p.3-32, 1980.

HENDERSON, C. W. L. Using a penetrometer to predict the effects of soil compaction on the growth and yield of wheat on uniform, sandy soil. **Australian Journal Agricultural Research**, v.40, p.497-508, 1989.

HERNANI, L. C., KURIHARA, C. H., SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.1, p.145-54, 1999.

HILL, R. L., HORTON, R., CRUSE, R. M. Tillage effects on soil water retention and pore size distribution of two Mollisols. **Soil Science Society of Journal**, v.49, p.1264-70, 1985.

HILLEL, D. **Solo e água:** fenômeno e princípios fisicos. Trad. pelo convênio UFRGS-USAID/Wisconsin. Porto Alegre: UFRS, 1970. 231 p.

HILLEL, D. **Soil and Water:** physical principles and processes. New York: Academic Press, 1971. 288 p.

HOLTAN, H. N., QUIRKPATRICK, M. H. Rainfall, infiltration and hydraulics of flow in runoff computation. **Transaction of the American Groph.**, v.31, p.771-9, 1969.

HUE, N. V., CRADDOCK, G. R., ADAMS, F. Effects of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. **Soil Science Society of Journal**, v.50, p.28-34, 1986.

IKE, L. F. Soil and crop responses to different tillage practices in a ferruginous soil in the Nigerian savana. **Soil & Tillage Research**, v.6, p.261-72, 1986.

JENNINGS, G. O. et al. Evaluatings the effect of puddling on infiltration using the Green and Ampt equation. **Trasactions of the ASAE**, v.31, n.3, p.761-8, 1988.

JORGE, J. A., CAMARGO, O. A., VALADARES, J. M. A. S. Condições físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.237-40, l991.

JUCKSCH, I. **Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro**. Viçosa, 1987. 37p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.

JUO, A. S. R., LAL, R. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical propeties of an alfisol in western Nigeria. **Plant soil**, v.47, p.567-84, 1979.

KERTZMANN, F. F. Modificações na estrutura e no comportamento de um Latossolo Roxo provocadas pela compactação. São Paulo, 1996. 153. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KIEHL, E. J., KINJO, T., MARCOS, Z. Z. **Características e interpretação das propriedades do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Solos e Geologia, 1972. 119p.

KLEIN, V. A. et al. Avaliação de escarificadores e resposta da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.2, p.307-11, 1995.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

KLEIN, V. A., BOLLER, W. Avaliação de diferentes métodos de manejos do solo e métodos de semeadura em área sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.25, p.395-8, 1995.

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.45-5411, 1998.

KLEPKER, D., ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.3, p.395-401, 1995.

KLUTE, A. Tillage effects on the hidraulic properties of soil. **Soil Science Society America Journal**, v.44, p.29-43, 1982.

KOSTIAKOV, A. N. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity for studying it from a dinamic point of view purposes of amelioration. **Trans. 6th Comm. Soc. Soil Sci.**, Part. A, p.17-21, 1932.

LAMARCA, C. C. **Rastrojos sobre el suelo**: una introducción a la cero labranza. Santiago do Chile: Editorial Universitaria, 1992. 301p.

LAL, R. **Role of mulching techniques in tropical soil and water management**. Ibadan, International Institute of Tropical Agriculture. 37p. (Technical Bulletin, 1) 1974.

LAL, R., DE VLEESCHANWER, D., MALAFA NGANJE, R. Changes in properties of a newly cleared tropical alfisol as affected by mulching. **Soil Science Society of Journal**, v.44, p.827-33, 1980.

LAUREN, J. G. et al. Variability of satured hydraulic conductivity in a glossaquic haplardalf with macropores. **Soil Science**, v.145, p.20-28, 1988.

unesp

LEITE, J. A., MEDINA, F. B. Efeito dos sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um latossolo amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.19, p.1417-22, 1984.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica de água no solo**. Piracicaba: o autor, 1995. 497p.

LONGO, R. M. **Modificações em parâmetros físicos e químicos de Latossolos argilosos decorrentes da substituição da floresta amazônica e do cerrado por pastagens**. Campinas, 1999. 102p. Dissertação (Água e Solo) – Universidade Estadual de Campinas.

LOPES, A. S. **Solos sob "cerrado" – características, propriedades e manejo**. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fósforo. Instituto Internacional da Potassa, 162p. 1983.

LORIMER, M. S., DOUGLAS, L. A. Effect of management practice on properties of a victorian red brown earth. I. Soil physical properties. **Australian of Soil Research**. v.33, p.851-7, 1995.

MACEDO, J. R. et al. Variabilidade de características físicas, químicas e físico-hídricas em solo Podzólico Vermelho-Amarelo de Seropédica, RJ. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.12, p.2043-53, 1998.

MACHADO, J. A., BRUM, A. C. R. Efeitos de sistemas de cultivos em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.2, n.2, p.81-3, 1978.

MACHADO, J. A., SOUZA, D. M. P., BRUM, A. C. R. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, n.3, p.187-9, 1981.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

MACHADO, M. I. C. S., BRAUNER, J. L., VIANNA, A. C. T. Formas de fósforo na camada arável de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.3, p.331-6, 1993.

MARSHALL, W. T. **Os solos agrícolas.** São Paulo: Forense-Universitária / EDUSP, 1975. 327p.

MELO, V. F., SILVA, J. R. C. Propriedades físicas de um Latossolo Amarelo álico, em áreas sob cultivo e vegetação natural de cerrado. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Viçosa, **Anais...**v.3,p.1890-2, 1995.

MELLO, L. M. M. **Efeitos de tipos de preparos sobre características do solo e da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merril)**. Botucatu, 1987. 102p. Dissertação (Solo e Nutrição de Plantas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

MELLO FILHO, J. F., SILVA, J. R. C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.2, p.291-7, 1993.

MENDONÇA, E. S., ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.2, p.295-303, 1994.

MEROTTO, A., MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strenght. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.23, p.197-202, 1999.

MILLAR, A. A., GOMES, D. C. F. Determinação das propriedades hidráulicas de solos aluviais através de descargas de drenos subterrâneos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, n.2, p.90-4, 1978.

MILLAR, C. E., TURK, L.M., FOTH, H. D. **Fundamentos de la ciencia del suelo**. 3. ed. México: Continental, p. 83-111, 1975.

MIRANDA, J. **Caracterização da solução do solo e das propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes coberturas vegetais**. Viçosa, 1993. 65p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

MORAES, W. V. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de cultivo**. Lavras, 1984. 207p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

MORETTI, J. F., MANFRINATO, H. A. Determinação da capacidade de infiltração do solo para fins de irrigação por aspersão. **Anais da Escola Superior Agricultura "Luiz de Queiroz",** v.22, p.38-52, 1988.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.1, p.95-102, 1983.

NASCIMENTO, V. M., MELO, W. J. Efeito da rotação de culturas sobre o teor de matéria orgânica de um solo sob vegetação de cerrado. **Científica**, v.12, p.27-31, 1981.

ONOFIUK, O. E. Spatial and temporal variability of some soils physical properties following tillage of a Nigerian Paleustalf. **Soil Till Res.**, v.12, p.285-98, 1988.

OLIVEIRA, L. B. Estudo do sistema solo-água-planta em solos do nordeste. **Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Nordeste,** v.14, p.30-2, 1977.

OLIVEIRA, E. F., et al. **Efeito do sistema de preparo do solo nas suas características físicas e químicas e no rendimento de trigo e soja em Latossolo Roxo. I. Resultados obtidos de 1982 a 1988.** Cascavel, OCEPAR, 1990. 54p. (Resultados de pesquisa, 4).

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

OTHMER, H. DIEKKRUGER, B., KUTILEK, M. Bimodal porosity and unsaturated hydraulic conductivity. **Soil Science**, v.52, p.139-50, 1991.

PARR, J. F., BERTRAND, P. Water infiltration into soils. **Adv. in Agronomy**, v.12, p.311-42, 1960.

PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba, Potafos – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 160p.

PEÑA, Y. A., GOMES, A. S., SOUZA, R. O. Influência de diferentes sistemas de cultivo nas propriedades fisicas de um solo de várzea cultivado com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.3, p.517-23, 1996.

PERRAZO NETO, J. **Efeito da cobertura vegetal nas propriedades físicas de um solo Podzólico de Areia-PB.** Areia, 1979. 76p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

PERINI, M. et al. Efeito da compactação do solo sobre o desenvolvimento radicular da soja (*Glycine max, L.*) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...**Lavras: SBEA/UFLA, p.319-21.

PETTER, R. L. Desenvolvimento radicular da soja em função da compactação do solo, conteúdo de água e fertilidade em Latossolo. Santa Maria, 1990. 144p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Santa Maria.

PHILLIP, J. R. The theory of infiltration: the influence of the initial moisture contents. **Soil Science,** v.84, n.4, p.329-39, 1978.

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

unesp

RANDO, E. M. **Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional**. Lavras, 1981. 161p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

RAVES , P. R.; COOPER, R. L. Análise de redistribuição de água visando a condutividade hidráulica do solo. **Energia Nuclear e Agricultura**, v.1, n.2, p.108-22,1960.

REICHARDT, K., et al. **Spatial variability of physical properties of a tropical soil**: 1-geometric properties, BT-004, Piracicaba: CENA, 1976.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas, Fundação Cargill, 1985. 466p.

REICHERT, J. M., VEIGA, M., CABEDA, M. S. V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, n.3, p.289-98, 1992.

REICOSKY, D. C. et al. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. **Journal Soil Water Conservation**, v.50, p.253-61, 1995.

REYNOLDS, W. D., ELRICK, D. E. In situ measurement of field-saturated hidraulic conductivity, sorptivity, and the α-parameters using the Guelph permeameter. **Soil Science**, v.140, p. 292-302, 1985.

REYNOLDS, W. D., ELRICK, D. E. A method for simultaneous in situ measurement in the vadore zone of field - saturated hidraulic conductivity, sorptivity, and the conductivity pressure head relationship. **Ground Water Monit.** , v.6, p. 84-95, 1986.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.4, p.713-21, 1998.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

RICHARDS, L. A. **Physical condition of water in soil.** Academic Press, New York: Academic Press, p.128-52, 1965. (Agronomy Monograph, 0, pt.1.).

ROBBINS, C. G., VOSS, R. D. Phosphorus and potassium stratifiction in conservation tillage systems. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.46, p.298-300, 1991.

ROTH, C. H., MEYER, B. Infiltrabilidade de um Latossolo Roxo distrófico durante o período vegetativo da soja sob o preparo convencional, escarificação e plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., Curitiba. 1988. **Programa e Resumos**. Campinas, SBCS, 1988. p.101-2.

SAEG, Sistema para análises estatísticas, **versão 5.0**, Universidade Federal de Viçosa-MG. Fundação Arthur Bernades, 1993.

SANCHEZ, P. A. **Suelos del trópicos**: características y manejo. San José: IICA, 1981. 634p.

SARVASI, F. O. C. **Dinâmica da água, erosão hídrica e produtividade das culturas em função do preparo do solo**. Piracicaba, 1994. 147p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

SAUER, T. J., CLOTHIER, B. E., DANIEL, T. C. Surface measurements of the hydraulic properties of a tilled and untilled soil. **Soil & Tillage Research**, v.15, p.359-69, 1990.

SHANHOLTZ, V. O., LILLARD, J. H. Tillage system effects on water use efficiency. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.24, p.186-9, 1969.

SHARMA, M. L., UEHARA, G. Influence of soil structure on water relations in low humic Latosols: II. Water movement. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.32, p.770-4, 1968.

unesp

SHULL, H. Influence of installation depth on infiltration from unbuffered cylindre infiltrometers. **Soil Science,** v.97, p.279-82, 1988.

SIDIRAS, N., HENKLAIN, J. C., DERPSCH, P. **Comparação de três métodos de preparo do solo em relação a algumas propriedades físicas, perdas de solo e água e a produtividade da soja e trigo em Latossolo Roxo Distrófico.** Londrina: IAPAR., 1982. 38p. (Boletim Técnico, 54).

SIDIRAS, N., DERPSCH, R., MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento de soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.1, p.103-6, 1983.

SIDIRAS, N., VIEIRA, M. J. Comportamento de um Latossolo Roxo Distrófico compactado pelas rodas do trator na semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.2, p.1285-93, 1984.

SIDIRAS, N. VIEIRA, S. R., ROTH, C. H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, n.2, p.265-8, 1984.

SIDIRAS, N., PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, n.2, p.249-54, 1985.

SILVA, C. L., KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.32, n.2, p.213-20, 1997.

SILVA, C. L., KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da infiltração de água em solos sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.32, n.7, p.1149-58, 1998.

SILVEIRA, M. S. et al. Efeito do sistema de preparo na densidade do solo (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26. Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro: EMBRAPA: SBCS, 1997.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

SMITH, R. E. The infiltration envelope: results from a theoretical infiltrometer. **Journal of Hydrology**, v.17, p.1-22, 1972.

SOUSA, D. M. G., CARVALHO, L. J. C. B., MIRANDA, L. N. Correção da acidez do solo. In: GOEDERT, W. J. **Solos dos Cerrados**. São Paulo, Nobel, 422p. 1985.

STOLZY, L. H., BARLEY, K. P. Mechanical resistance encountered by root entering compacted soils. **Soil Science**, v.105, p.297-301, 1968.

STOLF, R., FERNANDES, J., FURLANI NETO, V. L. Penetrômetro de impacto IAA/ PLANALSUCAR – STOLF, recomendações para seu uso. **STAB**, v.1, n.6, p.11-22, 1983.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.229-35, 1991.

TAYLOR, H. M. Effects of tillage-induced soil environmental changes on root growth. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Tillage for Greater Crop Production**. St Joseph, 1967. p.15-18. (ASAE Publication Proc. 162).

TESTA, V. M., TEIXEIRA, L. ª J., MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, n.1, p.107-14, 1992.

TOGNON, A. A., DEMATTÊ, J. A. M., MAZZA, J. A. Alterações nas propriedades químicas de Latossolos Roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.2, p.271-8, 1997

TORMENA, C. A., ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.3, p.333-9, 1996.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

VARGAS, L. K. Biomassa e atividade microbiana em sistemas de manejo do solo. Porto Alegre, 1997. 111p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Rio Grande Sul.

VEIGA, M., BASSIL, L., ROSSO, A. **Degradação do solo e da água**: manual de uso, manejo e conservação do solo e da água. 2. ed. Santa Catarina: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1994. 384p.

VERNA, T. R., TOGOOD, J. A. Infiltration rates into soils of the Edmont area and rainfall intensities. **Canadian Journal of Soil Science**, v.49, n.l, p.l03-9, 1969.

VIEIRA, M. J., COGO, N. P., CASSOL, E. A. Perdas por erosão em diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) merr.) em condições de chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, n.3, p.209-14, 1978.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no estado do Paraná**. Londrina, IAPAR, 1981. cap.2.p.19-32 (IAPAR, Circular, 23).

VIEIRA, M. J., MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.7, p.873-82, 1984.

VIEIRA, M. J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L., TORRADO, P. V., MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. cap. 8, p.163-79.

VIEIRA, S. R., REYNOLDS, W. D., TOPP, G. C. Spatial variability of hidraulic properties in a righly structured clay soil. In: WIERENGA, P. J., BACHALET, D. (EDS). **Validation of Flow and Transport Models for the Unsaturated zone**: Conference Proceedings. Las Cruces, NM, Department of Agronomy and Horticulture, New Mexico State University, 1988. p.471-83. (Research Report 88-55-

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

04) (CONFERENCE OF Validation of Flow and Transport Models for the Unsaturated zone, Ruidoso, Novo México, 1988).

VIONE, E. L. B. et. al. Fracionamento do fósforo em solo arenoso submetido aos sistemas de plantio direto e convencional. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., Lages, 1996. **Resumos expandidos**. Lages, NRS/SBCS, 1996. P.41-4.

WISCHMEIER, W. H. **Predicting rainfall-erosion losse from cropland east of the rocks mountains.** Washington: U. S. Department of Agriculture, 282 p., 1966.

WOORHEES, W. B., LINDSTROM, M. J. Soil compaction on conservation tillage in the northern corn belt. **Journal of Soil Water Conservation**, v.38, p.307-11, 1983.

ZAI, R., KACHANOSKI, R. G., VORONEY, R. P. Tillage effects on the spatial and temporal variations of soil water. **Soil Science Society American Journal**, v. 54, p.186-92, 1990.

ZINGG, A. W. The determination of infiltration-rates on small agricultural watersheds. Trans. **Transaction of the American Geophysical Union**, v.24, p.475-80, 1995.

Anexo 1. Análise granulometrica (g.kg), provenientes de 10 repetições para os sistemas e profundidades de estudo.

Manejo	Argila	Areia	Silte
	g.kg		
	0-0,10m		
Cerrado	650	230	120
Cultivo Mínimo	500	450	50
Plantio Direto	450	500	50
Seringueira	420	530	50
Pastagem	470	480	50
Convencional	470	490	40
	0,10-0,20m		
Cerrado	670	210	120
Cultivo Mínimo	550	400	50
Plantio Direto	500	450	50
Seringueira	450	510	40
Pastagem	380	570	50
Convencional	500	450	50
	0,20-0,40m		
Cerrado	710	160	130
Cultivo Mínimo	600	340	60
Plantio Direto	520	400	80
Seringueira	560	380	60
Pastagem	420	530	50
Convencional	560	400	40



CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO
AV. BRASIL, 56 - CAIXA POSTAL 31
15385-000 - ILHA SOLTEIRA - SP