

MARIA ALICE SOARES CONSALTER

**SISTEMA INTEGRADO LAVOURA – PECUÁRIA E COMPACTAÇÃO EM
LATOSSOLO BRUNO**

CURITIBA

1998

MARIA ALICE SOARES CONSALTER

**SISTEMA INTEGRADO LAVOURA-PECUÁRIA
E COMPACTAÇÃO EM LATOSSOLO BRUNO**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Luiz de Paula Souza

CURITIBA
1998



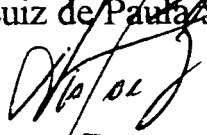
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-CIÊNCIA DO SOLO
C.P. 2959, FONE 041-350-5648, FAX 041-2523689 CURITIBA PR 80.035-050
E-mail: pgcisolo@agrarias.ufpr.br

PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **MARIA ALICE SOARES CONSALTER**, com o título: **"Sistema integrado lavoura-pecuária e compactação em latossolo bruno"** para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de Parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Dissertação - conceito **"A"** completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 30 de novembro de 1998.


Prof. Dr. Marcos Luiz de Paula Souza, Presidente.


Engo. Agro. M.Sc. Nestor Bragagnollo, Iº Examinador.


Prof. Dr. Anibal de Moraes, IIº Examinador.

DEUS !

“Daí - me Senhor coragem e força para que possa mostrar – me digno de haver sido criado a Vossa imagem”.

Gibran K. Gibran

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Marcos Luiz de Paula Souza pelos ensinamentos constantes, apoio decisivo e orientação segura.

Ao Professor Dr. Aníbal de Moraes pela co-orientação e auxílio na condução do trabalho.

Ao Itacir Sandini pelo auxílio na execução dos trabalhos de campo.

À Cooperativa Agrária Mista Entre Rios e a FAPA - Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária pelo apoio material concedido durante a execução deste projeto.

À CAPES - Coordenadoria de Apoio e Aperfeiçoamento de Ensino pela bolsa de estudo concedida durante o curso de mestrado.

À Maria Figueiredo Soares pelo exemplo de vida que nos passou.

Ao Álvaro Consalter pelo apoio incondicional.

A todos os professores, aos funcionários da Biblioteca do Setor de Ciência Agrárias, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 SISTEMA INTEGRADO LAVOURA - PECUÁRIA.....	11
2.2 A COMPACTAÇÃO EM ESTUDOS DE MANEJO DE SOLO.....	14
2.3 CONCEITOS.....	14
2.4 IMPORTÂNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO.....	15
2.5 A COMPACTAÇÃO E AS PROPRIEDADES FÍSICAS.....	16
2.6 INFLUÊNCIA DO PISOTEIO ANIMAL NA COMPACTAÇÃO DO SOLO	21
2.7 MEDIDAS DE COMPACTAÇÃO.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA.....	27
3.1.1 Clima.....	27
3.1.2 Solo.....	27
3.2 HISTÓRICO DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E DURAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	29
3.3. ÁREA EXPERIMENTAL.....	31
3.4. COLETA E DETERMINAÇÃO DAS AMOSTRAGENS DO SOLO.....	33
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	36
3.6 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS.....	37

3.6.1 Densidade do solo.....	37
3.6.2 Densidade de partículas.....	37
3.6.3 Umidade Gravimétrica.....	38
3.6.4 Porosidade Total.....	38
3.6.5 Determinação da Resistência à Penetração no solo.....	38
3.7 CARACTERIZAÇÃO DOS PERÍODOS DE AMOSTRAGENS.....	41
3.8 Utilização da Pastagem.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1 RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM SUCESSÃO À PASTAGEM.....	46
4.2 RESPOSTA ANIMAL.....	48
4.3 AS PROPRIEDADES FÍSICAS E A COMPACTAÇÃO DO SOLO.....	52
4.3.1 Relação entre Índice de cone (Kgf/cm ²) e Umidade gravimétrica (%).....	56
4.3.2 Relação entre Densidade do solo (g/cm ³ e Umidade gravimétrica (%).....	63
4.3.3 Variação temporal de Densidade do solo (g/cm ³) e Índice de cone (Kgf/cm ²) com Umidade gravimétrica padronizada a 42 %.....	69
5 CONCLUSÃO.....	72
ANEXO.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

LISTA DE QUADROS

1. RESULTADO DA ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO DO PIQUETE 9, ÁREA EXPERIMENTAL DO TRABALHO NO ANO DE 1995.....28
2. RESUMO DO HISTÓRICO DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....30
3. PRODUTIVIDADE DA SOJA DO CAMPO 12 E PIQUETE 9 DA FAPA, SAFRA 97/98.....46
4. GANHO DE PESO MÉDIO DIÁRIO, EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES NÍVEIS DE OFERTA DE FORRAGEM PASTAGEM, DE AVEIA BRANCA, AZEVÉM, TREVO BRANCO, TREVO VERMELHO, NO PERÍODO DE JULHO A NOVEMBRO DE 1997.....49
5. GANHO DE PESO MÉDIO (kg/ha) EM UMA PASTAGEM ASSOCIADA DE AVEIA BRANCA, AZEVÉM, TREVO BRANCO, TREVO VERMELHO, SUBMETIDA A TRÊS ALTURAS DE PASTEJO, NO PERÍODO DE JULHO A NOVEMBRO DE 1997.....50

LISTA DE FIGURAS

1. CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL, CAMPO 12 DA FAPA DA COOPERATIVA AGRÁRIA MISTA ENTRE RIOS, GUARAPUAVA-PR.....	32
2. ÁREA TOTAL DO PIQUETE 9, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DAS 20 UNIDADES AMOSTRAIS E PONTOS DE COLETA DO SOLO.....	34
3. VISTA PARCIAL DA ÁREA DO EXPERIMENTO.....	35
4. MODELO DE PENETRÔMETRO UTILIZADO NO EXPERIMENTO.....	40
5. VISTA DA ÁREA APÓS A SAÍDA DO GADO.....	42
6. VISTA DA ÁREA APÓS A SAÍDA DO GADO.....	42
7. VISTA DA ÁREA NO LOCAL DE CONCENTRAÇÃO DO GADO.....	43
7. VISTA DA ÁREA NO LOCAL DE CONCENTRAÇÃO DO GADO.....	43
8. RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA DOS 80 PONTOS, DURANTE OS 4 PERÍODOS DE COLETA NA PROFUNDIDADE DE 0 - 5 CM.....	53
9. RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA DOS 80 PONTOS, DURANTE OS 4 PERÍODOS DE COLETA NA PROFUNDIDADE DE 5 - 10 CM.....	53
10. RELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE DO SOLO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA DOS 80 PONTOS, DURANTE OS 4 PERÍODOS DE COLETA NA PROFUNDIDADE DE 0 - 5 CM.....	54

11.RELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE DO SOLO E A UMIDADE GRAVIMÉ- TRICA DOS 80 PONTOS, DURANTE OS 4 PERÍODOS DE COLETA NA PROFUNDIDADE DE 5 – 10 CM.....	54
12.RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 0 (JULHO), NA PROFUNDIDADE DE 0 – 5CM.....	59
13.RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 0 (JULHO/97), NA PROFUNDIDADE DE 5 – 10 CM.....	59
14.RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 60 (SETEMBRO/97), NA PROFUNDIDADE DE 0 – 5 CM.....	60
15. RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 60 (SETEMBRO/97), NA PROFUNDIDADE DE 5 – 10 CM.....	60
16.RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 120 (NOVEMBRO/97), NA PROFUNDIDADE DE 0 – 5 CM.....	61
17.RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 120 (NOVEMBRO/97), NA PROFUNDIDADE DE 5-10 CM.....	61
18.RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 300 (MAIO/98), NA PROFUNDIDADE DE 0 - 5 CM.....	62
19. RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 300 (MAIO/98), NA PROFUNDIDADE DE 5 -10 CM.....	62
20.RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DO SOLO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 0 (JULHO/97), NA PROFUNDIDADE DE 0 - 5 CM.....	65

21.RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DO SOLO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 300 (JULHO/98), NA PROFUNDIDADE DE 5 - 10 CM.....	65
22.RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DO SOLO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 60 (SETEMBRO/97), NA PROFUNDIDADE DE 0 - 5 CM.....	66
23.RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DO SOLO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 60 (SETEMBRO/97), NA PROFUNDIDADE DE 5 - 10	66
24.RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DO SOLO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 120 (NOVEMBRO/97), NA PROFUNDIDADE DE 0 - 5 CM.....	67
25.RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DO SOLO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 120 (NOVEMBRO/97), NA PROFUNDIDADE 5 -10 CM.....	67
26.RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DO SOLO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, NO PERÍODO 300 (MAIO/98), NA PROFUNDIDADE DE 0 - 5 CM.....	68
27.RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE CONE E UMIDADE GRAVIMÉTRICA NO PERÍODO 300 (MAIO/98), NA PROFUNDIDADE DE 5 - 10 CM.....	68
28. VARIAÇÃO TEMPORAL DO ÍNDICE DE CONE NA PROFUNDIDADE DE 0 - 5 CM E UMIDADE GRAVIMÉTRICA CORRIGIDA PARA 42 %.....	71
29. VARIAÇÃO TEMPORAL DO ÍNDICE DE CONE NA PROFUNDIDADE DE 5- 10 CM E UMIDADE GRAVIMÉTRICA CORRIGIDA PARA 42 %.....	71

RESUMO

No Estado do Paraná, onde a implantação do sistema integrado lavoura - pecuária vem apresentando um crescimento expressivo, foi avaliado o comportamento da compactação do solo, em consequência da adoção desta prática de manejo. O estudo foi desenvolvido durante o período de 1997 a 1998, na Cooperativa Agrária Mista Entre Rios, no município de Guarapuava, PR. e se constituiu na formação de pastagens durante o inverno e plantio da cultura da soja, no verão, em sistema de plantio direto. O solo é classificado como LATOSSOLO BRUNO ÁLICO EPIEUTRÓFICO textura muito argilosa relevo suave ondulado fase vegetação campo natural. Foram coletadas amostras de solo em 20 (vinte) unidades amostrais, em 2 (duas) profundidades, durante 4 (quatro) períodos de amostragens, caracterizados como Período 0 - antes do pastejo; Período 60 - o gado há 60 dias na área; Período 120 - o gado há 120 dias na área e Período 300 - após a colheita da cultura da soja. As propriedades físicas foram submetidas à análise de Regressão Linear simples, para detectar a tendência de cada variável analisada, ao longo dos períodos e profundidades amostrados. Os dados nos permitem inferir que não foram constatadas diferenças com magnitude suficiente, para caracterizar a presença de camadas compactadas, ou Índice de cone crítico, impeditivos ao crescimento radicular.

ABSTRACT

In the State of Parana, where the implement of the integrated system of plants and animal farming has shown a significant growth, the level of soil compacting was evaluated, in consequence to the adoption of this management practice. The study was developed between 1997 and 1998, at the Cooperativa Agraria Mista Entre Rios, in the city of Guarapuava, PR. It was mainly the formation of pasture during winter, and the growing of soy beans, in the summer, in the system of direct planting. The soil is classified as LATOSSOLO BRUNO ALICO EPIEUTROFICO, with a very sandy texture, smooth undulated relief, natural field vegetation phase. Soil samples were collected from 20 (twenty) sample units, at 2 (two) depths, during 4 (four) periods of sampling, named as Period 0, before grazing; Period 60, the cattle after 60 days in the area; Period 120, the cattle after 120 days in the area, and Period 300, after the harvesting of the soy bean culture. The physical properties were subjected to analyses of simple Linear Regression, to detect the tendency of each analyzed variable, throughout the sampled periods and depths. The data let us infer that no differences with sufficient magnitudes were verified, to characterize the presence of compacted layers, or a critic cone number, impeding the root growth.

SISTEMA INTEGRADO LAVOURA – PECUÁRIA E COMPACTAÇÃO EM LATOSSOLO BRUNO

1 INTRODUÇÃO

Nos países onde a pesquisa agrícola reconheceu a necessidade de estudar a propriedade rural dentro de um sistema integrado lavoura - pecuária, tem-se obtidos importantes avanços no sentido de mudar os rumos de uma agricultura predatória para uma agricultura conservacionista.

A pecuária de corte integrada com sistemas agrícolas vem apresentando um crescimento expressivo nos últimos anos, principalmente através da terminação de animais em pastagens cultivadas de inverno.

Para MORAES et al. (1995), esta é uma realidade presente no Sul do Brasil e que vem se expandindo ao longo dos últimos anos por todas as regiões agrícolas em rotação com lavouras de milho e soja nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Os resultados das pastagens cultivadas ou perenes na rotação com culturas de grãos tem sido avaliados e comprovados nas mais variadas condições ambientais. Vários estudos tem destacado o efeito das pastagens no aumento da permeabilidade e capacidade de retenção de água no solo, decorrente principalmente dos efeitos das raízes das gramíneas forrageiras sobre a estrutura do solo com conseqüente aumento da resistência à erosão. Também tem sido demonstrado, que a propriedade que melhor identifica o estado de degradação física

do solo, e o seu comportamento frente as diferentes modalidades do manejo é a compactação.

Quando as culturas de grãos, com manejo adequado, entram em rotação com pastagens corretamente utilizadas com animais, a matéria orgânica do solo se renova, a estrutura física do solo melhora e o espaço vital aumenta. Este sistema de produção é um instrumento importante e pode assegurar a estabilidade da propriedade agrícola.

Ao associar a exploração animal em áreas agrícolas cultivadas por meio do sistema plantio direto, acredita-se que a entrada dos animais cause compactação ou outra alteração, que possa comprometer o rendimento das culturas em sucessão à pastagem.

Este experimento integra um programa de pesquisa e teve como objetivo específico avaliar o comportamento da compactação do solo, devido ao pisoteio animal, em consequência da adoção da prática de manejo integração lavoura - pecuária, na Região de Guarapuava, Estado do Paraná, bem como fornecer subsídios científicos para embasar tecnicamente a adoção deste sistema para a mesma.

O grande desafio é encontrar para as rotações recomendadas o manejo adequado de acordo com cada situação. A aceitação dos sistemas, seja envolvendo a criação animal ou não, sempre terá que contemplar limitações de ordem tecnológica, de mercado e agrônômica, para serem satisfatoriamente adotados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SISTEMA INTEGRADO LAVOURA - PECUÁRIA

A inclusão de pastagens nas áreas agrícolas pode ser uma ferramenta útil na recuperação das áreas degradadas, bem como meio para garantir a sustentabilidade deste sistema. Um dos benefícios desta integração lavoura - pecuária no subtropico brasileiro é a utilização de áreas agrícolas com forrageiras temperadas como azevém, aveias, trevo branco, trevo vesiculoso e cornichão no período frio do ano, formando um sistema de produção de forragem suplementar às gramíneas de estação quente. Isto representa uma solução à pecuária para este período crítico do ano, constituindo-se numa alternativa de utilização destas áreas pelos agricultores. (MORAES et al. 1995).

Segundo SCHEREINER (1991), pastagens suplementares de inverno podem ser usadas em rotação com lavouras de verão, o que permite não só o aproveitamento da terra durante todo o ano, como também o barateamento do custo de sua formação, uma vez que o residual de fertilidade deixado pela lavoura pode permitir uma redução nos custos de produção.

Esse sistema tem particular interesse para o Estado do Paraná, onde é comum a atividade agricultura e pecuária, na mesma propriedade ou vizinhança.

COIMBRA, et al. (1996), ao avaliarem o efeito do impacto do animal no solo de áreas de plantio direto envolvidas na integração lavoura - pecuária mostraram que os efeitos negativos do pisoteio são rapidamente revertidos após o cultivo da lavoura de verão, no caso pelo plantio do milho.

A pastagem utilizada apenas no período de inverno era composta de azevém, aveia, trevo branco, trevo vermelho e foram utilizadas 3 intensidades de pastejo, definidas por diferentes ofertas de forragem (5, 10, 15% do peso vivo).

Quanto ao manejo das pastagens, para terminação de bovinos, segundo MARASCHIN (1987), deve-se observar a relação entre ganho/animal x ganho/área, uma vez que busca-se o ganho de peso num curto espaço de tempo para obtenção de um produto animal comercializável.

Esse manejo também favorecerá a manutenção de uma boa cobertura vegetal, que servirá de proteção ao solo, minimizando os efeitos do pisoteio em áreas que serão ocupadas por culturas de verão em plantio direto.

ELTZ et al. (1989), avaliando o efeito de 5 sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um LATOSSOLO BRUNO ÁLICO, na Região de Guarapuava, onde este foi cultivado por 6 anos e meio , com rotação soja - trigo-soja - cevada e 1 ano com a rotação adubação verde de ervilhaca seguida de milho no verão, concluíram que o sistema plantio direto produziu cerca de 22% a mais de grãos, do que o plantio no sistema convencional, no período analisado.

DERPSCH (1989), em um experimento no município de Guarapuava, verificou que os rendimentos de trigo foram significativamente maiores, quando o trigo foi alternado com tremoço no inverno e soja no verão (3,08 t/ha) do que na seqüência trigo-soja (2,6 t/ha), o que significou um aumento de 16 % no rendimento.

SANTOS e PEREIRA (1994), ao avaliar, no município de Guarapuava, durante 1984 a 1989, o efeito das leguminosas ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e tremçoço (*Lupinus* sp.), sobre a cultura do milho, em sistemas de rotação de culturas, verificou que a planta do milho, quando submetida a diferentes restevras de leguminosas de inverno, mostrou efeitos significativos quanto ao rendimento de grãos. O rendimento médio obtido do plantio do milho após ervilhaca e milho após tremçoço foi de 7.431 Kg/ha e 6.894 Kg/ha, respectivamente.

SANTOS et al. (1995), em estudos desenvolvidos num LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO do Rio Grande do Sul, observaram que o rendimento da soja, no plantio direto, após aveia branca e soja após cevada, foi de 3.179 Kg/ha e 2.993 Kg/ha respectivamente.

SANTOS et al. (1997), estudando os efeitos de culturas de inverno e de sistemas de rotação de culturas sobre as características da soja, no município de Guarapuava - PR. , nos períodos de 1984 a 1989 e 1990 a 1993, demonstraram que o rendimento da soja, após o cultivo de aveia branca, no período de 1984 a 1989 foi de 2.639 Kg/ha, e no período de 1990 a 1993 em três sistemas de plantio, onde a soja foi semeada após a aveia branca foi de 3.409 Kg/ha.

2.2. A COMPACTAÇÃO EM ESTUDOS DE USO E MANEJO DE SOLO

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 o solo é submetido a diferentes sistemas de manejo em relação ao seu estado natural. MACHADO e BRUM (1978); (VIEIRA e MUZILLI, 1984); (SILVA et al. 1986).

2.3 CONCEITOS

RANNEY et al. (1955), em trabalhos de revisão, descrevem dois tipos principais de formação de camadas compactadas. O primeiro refere-se às camadas compactadas de derivação genética, que resultam de uma ação lenta e contínua dos processos pedogenéticos, formando-se, ao final, horizontes de impedimento à penetração de raízes e água. O segundo tipo se prende às de origem induzida, onde o horizonte de impedimento é aparentemente, o resultado de uma força aplicada à superfície do solo.

Qualquer que seja, a natureza de formação da camada compactada, o efeito final resulta num aumento de densidade do solo, pela diminuição do espaço poroso. Esta é a definição de compactação apresentada por BEKKER (1961).

Neste trabalho a compacidade relativa aos processos pedogenéticos é denominada "camada adensada", e a compacidade devida ao uso e manejo do solo "camada compactada". (GROHMANN, 1972).

Compactação, para BAVER et al. (1973), é o aumento da densidade do solo como resultado de cargas ou pressões aplicadas, e também é definida como o processo que causa alteração do volume do solo pela aplicação momentânea de uma alta carga, (BRADFORD e GUPTA, 1986). Portanto, a compactação do solo é a alteração no arranjo das partículas, tornando-o mais denso, (SILVA et al. 1986).

2.4 IMPORTÂNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Existem diversas limitações para as plantas cultivadas que ocasionam um crescimento deficiente do sistema radicular e entre elas podem ser citadas: danos causados por insetos e moléstias, deficiências nutricionais, acidez do solo, drenagem insuficiente, baixa taxa de oxigênio, imprópria temperatura do solo, compactação do solo e dilaceramento radicular.

Dentre estas limitações, a compactação do solo, toma muitas vezes dimensões sérias porque, causando restrição ao crescimento e desenvolvimento radicular acarreta sérios problemas que afetam diretamente ou indiretamente a produção de plantas.

Segundo PREVEDELO (1996), a compactação afeta todos os processos de transportes ocorrentes no solo (aeração; condutividade do solo ao ar, à água, ao calor; infiltração e redistribuição), além dos processos de transformações químicas e biológicas, de impedimentos mecânicos na emergência de plântulas e desenvolvimento de raízes. Com isso a compactação pode comprometer severamente a produção agrícola.

De acordo com BACCHI (1976), a compactação do solo, associada a outros aspectos de manejo e as características do solo como um meio poroso não elástico, passou a desempenhar um papel importante como um dos fatores limitantes da produção na agricultura.

A compactação do solo está intimamente relacionada com as propriedades físicas, químicas e biológicas que reconhecidamente são importantes ao desenvolvimento das plantas. A compactação determina, de certa maneira, as relações entre ar, água e temperatura que influenciam a germinação, a emergência das plântulas, o crescimento radicular e, praticamente todas as fases do desenvolvimento da planta, (CAMARGO, 1983).

2.5 A COMPACTAÇÃO E AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

As características físicas do solo são modificadas de acordo com o tipo de manejo e intensidade de mobilização mecânica do mesmo. Algumas mudanças ocorrem mais rapidamente, podendo ser até mesmo consequência de uma simples prática de preparo e outras, apenas com um manejo contínuo poderão ser mensuráveis. As relações de massa e volume do solo na camada arável, variam a cada revolvimento, já os processos de deterioração física são mais lentos, porém mais graves e aceleram a erosão hídrica.

A porosidade do solo é diretamente influenciada pela densidade. Os macroporos são os primeiros e mais afetados pelo processo de compactação. Aumentos na densidade refletem-se diretamente na macroporosidade, (BERTOL, 1989).

Dentre as propriedades físicas sujeitas à alterações, pela presença dos animais, as relativas ao espaço poroso, merecem atenção, pois é o local onde ocorrem os principais fenômenos que regulam o crescimento das plantas, (CARVALHO, 1976).

Considerando-se que, o local onde se processam praticamente todos os fenômenos vitais que regulam o crescimento de plantas é o espaço poroso do solo, uma redução neste estará, conseqüentemente, reduzindo também a permeabilidade, interferindo no movimento da água e de ar e diminuindo a quantidade de nutrientes que chega à raiz através do fluxo de massa.

CARVALHO (1976), afirma também que as alterações na porosidade que interferem negativamente no crescimento de plantas, dependem de cada solo em particular, associado a cada tipo de cultura.

O efeito isolado dos fatores limitantes ao crescimento de plantas, como o impedimento físico à penetração de raízes, baixa taxa de difusão de oxigênio, alterações no fluxo de água como modificações no teor de água disponível e na disponibilidade de nutriente, é de difícil avaliação devido à interação entre eles.

PHYLLIPS e KIRKHAN (1962), discutindo sobre a dificuldade em separar cada efeito, afirmam que o conteúdo de água no solo, aeração e impedimento físico parecem ser os principais responsáveis pelo mau crescimento de plantas em solos compactados.

ROBERTSON e ERICKSON (1978), em uma pesquisa, em IOWA, nos Estados Unidos, sobre o efeito da densidade no crescimento das raízes e produção da lavoura de milho, demonstrou que o crescimento das raízes do milho baixou muito quando os valores de densidade eram superiores que $1,3 \text{ g/cm}^3$.

ROBERTSON e ERICKSON (1978), em outra pesquisa em Michigan, nos Estados Unidos, demonstraram que em um solo areno-argiloso, na linha da cerca, do experimento, o solo continha 18 % a mais de espaço total de poros, 15,5 % a mais de espaço de ar de poros (não capilar) e estava bem menos compactado. Os valores de densidade do solo na linha da cerca tiveram uma média de $1,11 \text{ g/cm}^3$, enquanto que do campo cultivado foi de $1,48 \text{ g/cm}^3$.

No trabalho de CINTRA e MIELNICZUK (1983), em LATOSSOLO ROXO, ficou demonstrado que o sistema radicular da soja não era capaz de se desenvolver através de uma camada de solo com densidade do solo superior a $1,3 \text{ g/cm}^3$.

CORREIA e REICHARDT (1995), afirmam que uma relação importante no estudo da compactação do solo, é a densidade global, que é na realidade, sua medida quantitativa mais direta e está inversamente relacionada com a porcentagem de poros por unidade de volume de solo. Quanto maior for a densidade global, menor a porcentagem de poros e mais compactado é o solo.

As mudanças de densidade e resistência do solo são funções do seu conteúdo de umidade. O solo úmido compacta mais facilmente que os secos.

Os solos de mesma densidade tem menor resistência quando seu conteúdo de umidade é alto em relação ao mesmo solo com menos umidade.

Afirmam também que uma das condições que tendem a maximizar a compactação é o solo estar com o teor de água inadequado para as operações. O solo argiloso com umidade muito elevada torna-se plástico, e com a excessiva compressão causada por equipamento ou por pisoteio animal há um aumento da densidade global.

A resistência do solo também aumenta a medida que a compactação aumenta, seja qual for o conteúdo de umidade, (BOWEN e KRATKY (1985).

Segundo CORRÊA (1982), um LATOSSOLO AMARELO textura muito argilosa do Estado do Amazonas é mais susceptível à compactação quando apresenta umidade superior ao limite de plasticidade (40% a 42%) , visto que as partículas de argila são orientadas mais facilmente, aumentando a densidade do solo, e conseqüentemente, reduzindo a macroporosidade.

O incremento da densidade está em função da carga ou força aplicada e ao conteúdo de água. A densidade do solo, sob uma carga constante de compactação, aumenta progressivamente com o incremento do conteúdo de água, até um ponto máximo, para depois diminuir com maiores adições de água. Este ponto máximo é denominado conteúdo ótimo de água para compactação. (BAVER et al. 1972).

ADUR (1990), em LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO com 4,47 % de matéria orgânica demonstrou que a umidade ótima para compactação esteve na faixa de 34 a 36 % de umidade gravimétrica, em respostas a diferentes níveis de energia de compactação aplicadas e concluiu que, ao se utilizar os valores de densidade global e de resistência à penetração, como parâmetros para estabelecer o estado de compactação de um solo, deverão estar sempre, associados aos valores de umidade do solo que eles foram obtidos.

BELTRAME et al. (1981), ao avaliar a influência da umidade e densidade na resistência do solo, concluíram que a densidade do solo tem maior influência do que a umidade na resistência à penetração do solo. Quando variou a umidade do solo, houve variação em sentido contrário na resistência à penetração, pois o teor

de umidade intervém modificando a coesão entre as partículas do solo, que é maior no solo seco e decresce a medida em que o teor de água aumenta provocando a separação das partículas. Para uma mudança na densidade, ocorreu mudança no mesmo sentido de resistência à penetração.

SILVA et al (1986), utilizando a relação densidade do solo versus umidade, sob uma energia específica, concluiu que a densidade do solo aumentou com a umidade até atingir um ponto máximo. Posteriormente, novas adições de água acarretaram uma diminuição na densidade do solo.

DALLA ROSA (1981), mediu a taxa constante de infiltração de água em 3 camadas de um LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO, cultivado durante 15 anos, convencionalmente com trigo e soja e verificou que, à superfície do solo, a taxa foi de 48 mm/h, sobre a camada compactada foi de 8 mm/h e abaixo da camada compactada foi de 192 mm/h.

Segundo CABEDA (1986), a taxa de infiltração de água no solo é talvez isoladamente, a característica que melhor reflete as condições físicas gerais do solo, sua qualidade e estabilidade estrutural.

2.6 INFLUÊNCIA DO PISOTEIO ANIMAL NA COMPACTAÇÃO DO SOLO

A superfície do solo serve de apoio às patas dos animais no seu deslocamento de pastejo. A pressão exercida pelos cascos, nas superlotações, promove a compactação do terreno e altera suas propriedades físicas. Seu efeito atinge uma camada variável de solo de 7 a 15 cm, reduzindo a macroporosidade e dificultando a penetração de água no terreno. (VICENT- CHANDLER e SILVA, 1960).

Segundo BLAZER (1966), a presença do animal sobre a pastagem impõe taxas diferentes de produção de matéria seca, devido aos efeitos de compactação do solo, desfolhação desuniforme e pisoteio.

O efeito na compactação do solo é diferente segundo a espécie e categoria de animal utilizado em pastejo.

MURPHY et al. (1995). ao analisar os efeitos do pastoreio do gado, após duas estações de pastoreio (1989 -1990) , por meio da densidade do solo, numa pastagem mista em Vermont, USA, concluíram que o uso exclusivo de ovinos nas pastagem apresentou um efeito menor na compactação do solo ($D_s = 1,12 \text{ g/m}^3$) em relação ao pastejo com bovinos ($D_s = 1,37 \text{ g/m}^3$), e o pastejo misto com ambas espécies de animais ($D_s = 1,27 \text{ g/cm}^3$), resultou num efeito intermediário.

PRIMAVESI (1986), afirma que em solo argiloso, quando úmido, a compactação é pior que em solo arenoso e que as diferentes pressões por pisoteio se fazem sentir de 12 a 18 cm de profundidade. Afirma também, que as pressões exercidas por um bovino de 400 Kg ou um ovino de 60 Kg de peso vivo são respectivamente, de 3,5 e 2,1 Kgf/cm^2 , enquanto que para um trator de esteira variam de 0,21 a 0,56 Kgf/cm^2 .

PINZÓN e AMÉZQUITA (1991), em estudo sobre compactação de solo argiloso por pisoteio animal na região Amazônica da Colômbia, demonstraram que em geral, o pisoteio dos animais compacta o solo nos primeiros 15 cm, ocasionando uma severa diminuição do movimento interno da água, um aumento da densidade aparente, e isto traz como consequência uma diminuição da porosidade e câmbios desfavoráveis na relação solo - água - ar , que afetam o desenvolvimento das raízes das plantas e sua produtividade.

A densidade do solo é normalmente alterada pela pressão mecânica exercida sobre ele (BAVER et al. 1973), a qual pode ser influenciada pelo pisoteio animal. (BERTOL e SANTOS , 1995).

A pressão pelo pisoteio dos animais ocasiona alterações na densidade aparente e porosidade do solo, especialmente entre 3 a 6 cm de profundidade. (BERTOL, et al. 1997).

TANNER e MAMARIL (1959), em uma pastagem instalada em solo argiloso em Ashlan, Winsconsin, USA. verificaram que o tráfego de animais causava sérios problemas de compactação e demonstraram que a compactação produzida pelo tráfego animal estende-se, pelo menos, a 8 pol. (20 cm) de profundidade.

Para as condições tropicais, (VICENTE-CHANDLER e SILVA, (1960), estudando o efeito do pisoteio em dois LATOSSOLOS, verificaram que a compactação do solo não atingiu profundidades superiores a 3 pol. (7,5 cm).

Em um LATOSSOLO AMARELO da Amazônia, CORREA e REICHARDT; (1995), avaliaram uma pastagem com *Brachiaria humidicula* em pastejo por 4, 6 e 10 anos e floresta , concluíram que houve uma tendência em aumentar a densidade global e a resistência à penetração com o passar dos anos de pastejo.

Os resultados da densidade global, resistência à penetração e umidade do solo, para a superfície, foram de 0,92 g/cm³, 11,35 Kgf/cm² e 45,7 % respectivamente, enquanto que em subsuperfície apenas na área de floresta houve diferenças significativas.

2.7 MEDIDAS DE COMPACTAÇÃO DO SOLO

É difícil medir com precisão o estado de compactação de um solo, que pode ser considerada em termos de densidade, porosidade, infiltração de água e resistência ao penetrômetro.

Quanto aos parâmetros que podem ser utilizados na caracterização de uma camada adensada ou compactada, RANNEY et al. (1955), sugerem medidas quantitativas, como densidade do solo, distribuição dos poros por tamanho, permeabilidade ou condutividade hidráulica e resistência à penetração.

OLIVEIRA et al. (1968), consideram os seguintes parâmetros na ordem de importância: coeficiente de permeabilidade (condutividade hidráulica saturada), macroporosidade, microporosidade, percentagem de saturação (umidade de saturação), peso específico aparente (densidade do solo), método direto com o uso de plantas para avaliação da penetração de raízes e porosidade total.

O efeito da resistência do solo foi constatado por CINTRA (1980), em experimento em casa de vegetação, ao encontrar pouca penetração de raízes de soja, trigo, tremoço, cevada e colza quando o solo apresentou valores de resistência ao penetrômetro superiores a 12 Kgf/cm² com a umidade do solo na capacidade de campo.

TAYLOR e BURNETT (1964), observaram que as raízes de várias espécies de plantas não penetravam no solo argilo-arenoso, na capacidade de campo, quando a resistência do solo à penetração era entre 13,3 a 13,6 Kgf/cm².

Muitas pesquisas têm indicado correlação entre a resistência do solo à penetração e o desenvolvimento das raízes.

TAYLOR et al. (1966), demonstraram que mais de 60 % das raízes penetraram no solo quando a resistência do solo à penetração foi de 2,3 Kgf/cm², porém a porcentagem de raízes decresceu para 35 % quando a resistência do solo à penetração foi de 4,5 Kgf/cm².

HENSATH e MAZURATH (1974), ao avaliar o crescimento da muda de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), em solo areno-argiloso, em várias situações de compactação e teor de água, concluíram que a resistência à penetração, por meio do penetrômetro, é uma função da densidade e do teor de água neste. Isto evidencia que, não se pode avaliar o estado de compactação de um solo somente pelo uso deste aparelho, pois um solo seco pode apresentar grande resistência à penetração, e no entanto, não estar compactado.

A densidade do solo varia de menos de 1,0 g/cm³ até valores maiores que 1,70 g/cm³, com pequena amplitude de variação (CASSEL e BAVER (1975), enquanto o I.C. - Índice de Cone varia desde 0 até 9,0 Mpa ou 0 a 90 Kgf/cm², indicando que a resistência medida com o penetrômetro apresenta maior sensibilidade aos efeitos da compactação, (CASSEL, 1982).

EAVIS (1972), ao estudar as condições físicas de um solo areno-argiloso, que afetam o crescimento da raiz da muda de ervilha, (*Pisum sativum* L.), concluiu que a

resistência à penetração ou Índice de cone tem relação direta com a densidade do solo e inversa com conteúdo de água.

A dependência das medidas de Índice de Cone em relação ao conteúdo de água aumenta proporcionalmente com a elevação nos valores de densidade do solo (VOORHESS, 1983) . Isto porque, com o aumento da densidade, há um aumento proporcional na resistência ao cisalhamento do solo, devido a maior fricção entre as partículas. Assim, quando o conteúdo de água diminui, a coesão aumenta e o efeito lubrificante da água diminui. (CASSEL et al. 1978).

A umidade é um dos fatores dominantes que influencia na leitura do penetrômetro (VIANA, 1988 ; ADUR, 1990), por mais que não exista uma relação simples entre a leitura e o conteúdo de água (BAVER, 1972). Existe um rápido aumento da resistência com a diminuição da umidade pelo aumento das forças entre as partículas durante o processo de secagem do solo.

Entre as diversas metodologias para avaliar a resistência mecânica, a mais prática, econômica e versátil, e também mais discutida e criticada, é a utilização de penetrômetros de cone.

Os resultados de resistência à penetração são expressos por meio do Índice de Cone (IC), o qual estabelece uma relação entre a força necessária para penetrar um cone e a área basal do cone (BRADFORD, et al. 1976).

Segundo WHITELEY (1981), o penetrômetro é uma maneira rápida e fácil de medir a resistência à penetração a várias profundidades e muito usado para relacionar fatores de resistência do solo à elongação radicular.

ADUR (1990), concluiu que o penetrômetro apresentou limitações para caracterizar o estado de compactação de um LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO

do Paraná quando este se encontrava abaixo da umidade ótima para compactação.

Segundo CAMARGO (1984), para o uso do penetrômetro é necessário observar alguns itens de alerta para evitar problemas:

- a) a umidade do solo pode mascarar diferenças de densidade;
- b) a resistência ao penetrômetro é influenciada pela textura;
- c) sua utilidade na medida da compactação do solo é limitada a medidas feitas para o mesmo solo à mesma umidade;
- d) a maioria dos penetrômetros tem diâmetro maior do que as porções das raízes que estão se alongando;
- e) a ponta das raízes têm camadas de mucilagens que reduzem o coeficiente de fricção na superfície de contato com o solo, comparado ao do penetrômetro;
- f) a raiz deforma facilmente enquanto a ponta do penetrômetro é rígida; deve-se tomar cuidado ao usar o penetrômetro em solos pedregosos; e
- g) penetrômetros diferentes, em solos iguais, dão medidas diferentes de resistência ao solo.

BENGHOUGH e MULLINS (1990), analisaram as vantagens e desvantagens dos vários procedimentos experimentais e concluíram que a penetrometria ainda é o método mais conveniente para estimar a resistência ao crescimento radicular, apesar de suas limitações.

As diversas variáveis que compõem o problema da compactação, tem sido estudadas isoladamente ou em conjunto e seus efeitos não puderam ainda ser avaliados de uma maneira integrada. Podemos afirmar que, diferentes solos terão diferentes fatores como limitantes. Assim, os problemas relacionados à compactação devem ser estudados para cada situação particular.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

O experimento foi desenvolvido no município de Guarapuava, na Colônia Vitória, área pertencente a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA, da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda, situado no 3º Planalto Paranaense, Região Sudeste do Estado do Paraná, com Altitude 1.095 m, Latitude 25° 33' S., Longitude 51° 29' W,

3.1.1 CLIMA

O clima da região, segundo classificação de Köppen é Cfb (MAACK, 1981), caracterizado como clima temperado, com médias de temperatura no mês mais frio, inferiores a 18° C. As médias dos meses mais quentes ficam abaixo de 22° C. Não apresenta estação seca definida e há ocorrência de geadas severas e freqüentes.

A precipitação anual varia de 1400 a 1800 mm e os meses de abril e maio são os mais secos.

Predominam sob este tipo climático, solo com coloração mais amarelado ou brunado, ácido e rico em matéria orgânica.

3.1.2 SOLO

O solo foi classificado como LATOSSOLO BRUNO ÁLICO EPIEUTRÓFICO textura muito argilosa relevo suave ondulado fase vegetação campo subtropical.

O resultado da análise química do solo, no ano de 1995, do Piquete 9, pertencente ao Campo 12 da FAPA, Entre Rios, Guarapuava, PR. é apresentado no quadro 1.

Quadro 1. Resultado da análise química do solo do Piquete 9, área experimental do trabalho, no ano de 1995.

Profundidade (cm)	pH CaCl ²	AL ⁺³	H+Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	S	T	P mg/dm ³	C g/dm ³	V %
.....												
(0-5)	5,1	0,0	7,2	7,03	3,5	1,2	0,05	15,79	23,45	21,6	42,7	67,5
(5-10)	4,7	0,4	9,02	4,9	2,9	0,38	0,02	14,39	23,41	7,3	-	61,3

Fonte: FAPA - Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária.

3.2. HISTÓRICO DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E DURAÇÃO DO EXPERIMENTO

A área experimental vem sendo utilizada com o sistema plantio direto por mais de 10 anos, sendo que no verão são cultivados o milho, *Zea mays*, ou soja, *Glycine max* e no inverno, utiliza-se a rotação com cereais de inverno e nabo forrageiro.

O experimento foi conduzido no período de 05/1997 a 05/1998).

Após a colheita do milho, utilizado para silagem, em abril de 1997, foi semeada em maio de 1997 a pastagem de inverno, constituída pelas seguintes espécies: Aveia branca, *Avena sativa L.*, cultivar ER-89104, Azevém, *Lolium multiflorum L.*, Trevo branco, *Trifolium repens L.* e Trevo vermelho, *Trifolium pratense L.*

No anexo 1 é apresentada a relação dos insumos, defensivos e operações utilizados no plantio das forrageiras no Piquete 9 da área experimental.

No verão (Nov/1997) a área foi cultivada com soja, cultivar BR 16, no sistema plantio direto, para compor a rotação de cultura com as espécies forrageiras. No anexo 2 é apresentada a relação dos insumos, defensivos e operações utilizados para a formação da lavoura de soja, no Piquete 9.

A colheita da soja ocorreu em Maio/1998.

O resumo do histórico de utilização da área experimental é apresentado no quadro 2.

Quadro 2. Resumo do histórico de utilização da área experimental.

ANO	ESTAÇÃO - INVERNO	ESTAÇÃO - VERÃO
1985	Centeio e Aveia branca	Soja
1996	¹ Centeio e ² Aveia branca	⁶ Milho para silagem
1997	Aveia branca, ³ Azevém, ⁴ Trevo branco e Trevo vermelho.	⁷ Soja
1998	Aveia branca, Azevém, Trevo branco e ⁵ Trevo vermelho.	Milho para silagem

Fonte: FAPA – Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária

Legenda:

- ¹Centeio - *Secale cereale* L.
²Aveia branca - *Avena sativa* L.
³Azevém - *Lolium multiflorum* Lam.
⁴Trevo branco - *Trifolium repens* L.
⁵Trevo vermelho - *Trifolium pratense* L.
⁶Milho - *Zea mays* L.
⁷Soja - *Glycine max* L..

3.3 ÁREA EXPERIMENTAL

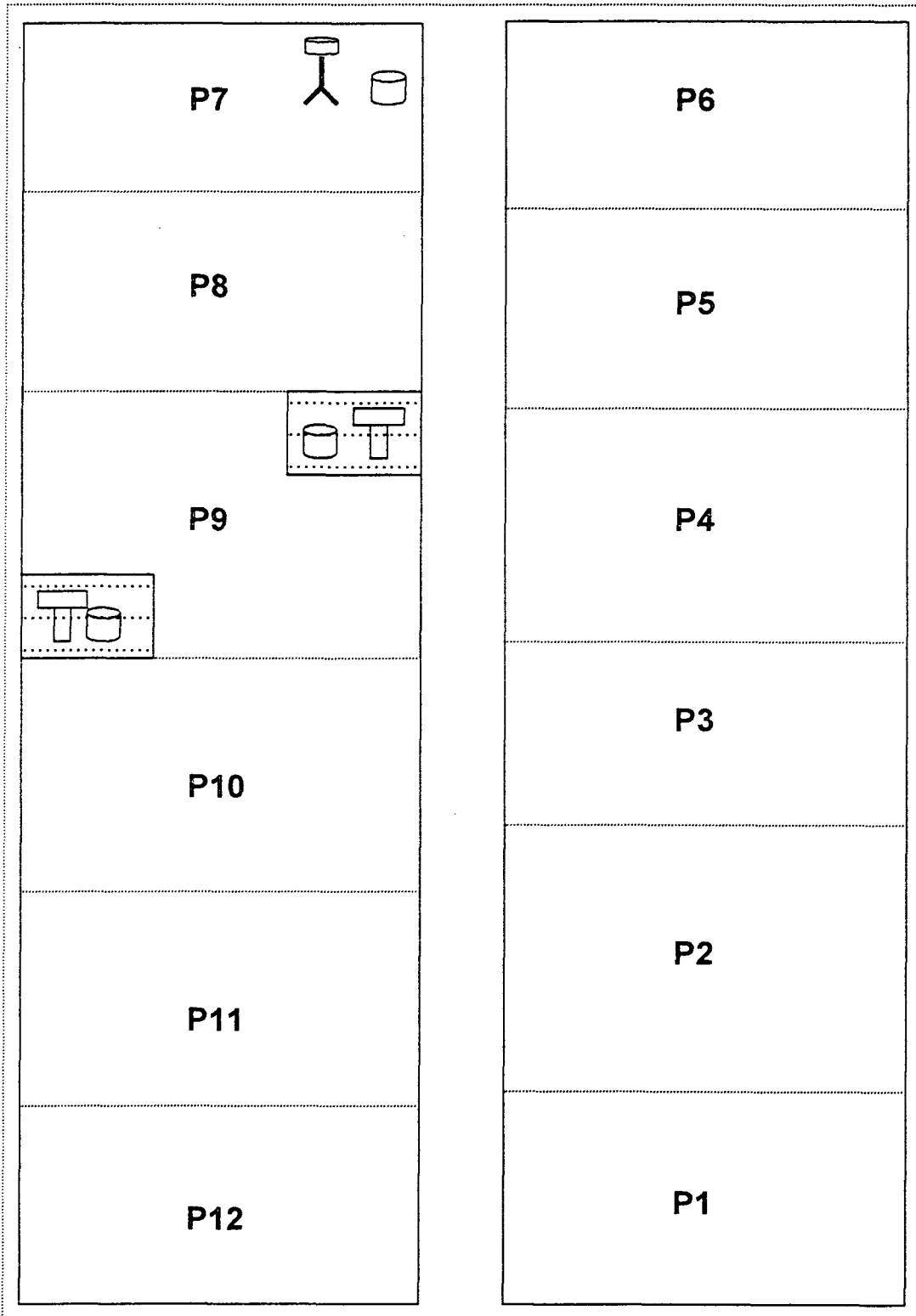
A área total de pesquisa da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, Colônia Vitória, distrito de Entre Rios, no município de Guarapuava-PR, denominada Campo 12 possui 12,91 ha, é dividida em 12 piquetes, tendo cada piquete, uma área variando de 0,8 ha a 1,2 ha.

As divisões entre os piquetes foram feitas com cerca eletrificada, mantendo-se um corredor interno, para que fosse possível efetuar o manejo dos animais.

O local onde foi conduzido o experimento é denominado Piquete 9, possui 155 m de comprimento e 68 m de largura, com uma área total de 10.540 m² ou 1,054 ha.

O croqui do Campo 12, onde está inserido o Piquete 9, área experimental, pode ser observado na figura 1.

Figura 1. Croqui da área experimental, Campo 12 da FAPA, da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios, Guarapuava, PR.



Legenda :

Cerca elétrica —————
 Cerca arame farpado
 Bebedouro

Cocho
 Caixa d'água
 Área de concentração

3.4 COLETA E DETERMINAÇÃO DAS AMOSTRAGENS DO SOLO

O experimento foi conduzido no decorrer de Maio/1997 a Maio/1998, e as amostras foram coletadas com anéis de metal de 25,4 cm³, cravados no solo, após efetuar a limpeza superficial da área, em 4 (quatro) períodos de amostragens, denominados de Período 0, 60, 120 e 300 dias nos meses de Julho/97, Setembro/97, Novembro/97 e Maio/98, respectivamente, e em 2 (duas) profundidades, sendo a primeira de 0 a 5 cm e a segunda de 5 a 10 cm.

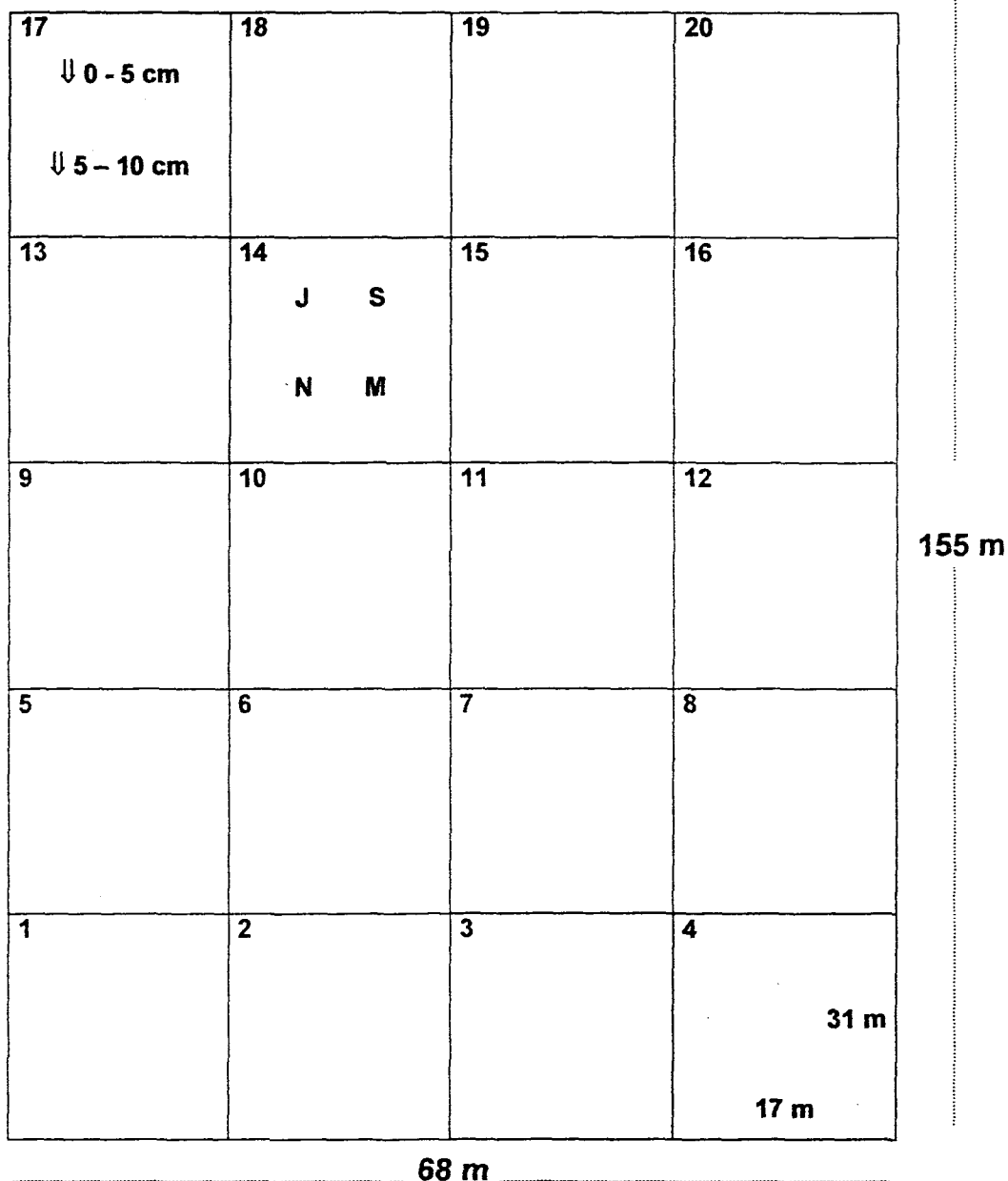
Foram coletadas, durante o decorrer do experimento, nas 20 (vinte) unidades amostrais, um total de 160 (cento e sessenta) amostras de solo, isto é 80 (oitenta) para cada profundidade.

Nos locais, onde foram retiradas as amostras, também foram feitas 160 (cento e sessenta) determinações com o penetrômetro, para avaliar a resistência à penetração, por meio do Índice de Cone, nas 2 (duas) profundidades e nos 4 (quatro) Períodos de amostragens.

Em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, vedados para transporte até o laboratório de Física da Universidade Federal do Paraná, onde foram realizadas as determinações analíticas, para caracterização do solo.

A área total do piquete 9, distribuição espacial, temporal das unidades amostrais, pontos de coleta de solo, bem como, a vista parcial da área experimental, estão nas figuras 2 e 3, respectivamente.

Figura 2. Área total do piquete 9, distribuição espacial e temporal das 20 Unidades amostrais e pontos coleta de solo.



Legenda:

Períodos de Coleta: J - Jul/97 S-Set/97 N-Nov/97 M-Maio/98

Área da Unidade Amostral: Comprimento=31 m

Largura:=17 m

Área total =527 m²

Área do Piquete 9: Comprimento = 155 m

Largura = 68 m

Área Total = 10.540 m²



Figura 3. Vista parcial da área do experimento em Junho de 1997.

3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O modelo experimental escolhido se constitui em um estudo observacional, com 20 Unidades amostrais, caracterizadas ao longo do tempo, (Maio/97 a Maio/98), num total de 300 (trezentos dias), com 4 (quatro) Períodos de Amostragens distintos (Julho/97, Setembro/97, Novembro/97 e Maio/98), denominados de Período 0, 60, 120 e 300 dias, respectivamente, nas profundidades de 0 - 5 e 5 - 10 cm.

Na área experimental, cada unidade amostral possui 31 m de comprimento e 17 m de largura, perfazendo um total de 527 m², onde foram coletadas as amostras de solo, para análises de laboratório.

As análises físicas determinadas foram: Densidade de solo, Densidade de partículas, Porosidade e Umidade do solo.

Em cada unidade amostral, durante os 4 (quatro) Períodos de Amostragens, também foi efetuada a determinação do Índice de Cone.

As propriedades do solo foram submetidas a tratamento de análise de Regressão Linear simples, com posterior agrupamento em estratos crescentes de 3 % de Umidade gravimétrica e determinação das médias aritméticas.

Foram calculadas as equações de regressão que representam as relações entre as propriedades físicas e foram utilizadas para detectar a tendência de cada variável analisada, ao longo do tempo, denominados de Períodos.

Posteriormente, foram feitos estudos das correlações entre as variáveis e submetidos à análise estatística.

3.6 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS

As determinações analíticas de laboratório, para caracterização das propriedades físicas do solo foram efetuadas durante o período de Julho/1997 a Maio/1998, seguindo as recomendações do Manual de Métodos de Análise de solo, (EMBRAPA, 1997).

3.6.1 Densidade do solo (Ds)

Princípio - Coleta de amostras de solo com estrutura indeformada através de um anel de aço de bordas cortantes. (EMBRAPA, 1997).

O volume do anel coletor é de 25,4 cm³.

Densidade do solo (g/cm³) = a / b

a = peso da amostra seca a 105⁰ C

b = volume da proveta

3.6.2 Densidade de Partículas (Dp)

Princípio - Determinação do volume de álcool necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico, contendo solo seco em estufa. (EMBRAPA, 1997).

Densidade de partículas (g/cm³) = a / 50 – b

a = peso da amostra seca a 105⁰ C

b = volume de álcool gasto

3.6.3 Determinação da Umidade Gravimétrica (Ug%)

Princípio – Determinação do teor de umidade presente na amostra de solo, transportada em embalagem impermeável e vedada.

$$\text{Umidade Gravimétrica (Ug \%)} = 100 (a - b) / b$$

a = peso da amostra úmida (g)

b = peso da amostra seca (g)

3.6.4 Porosidade Total (Pt)

Princípio – Determina o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar.

$$\text{Porosidade total} = 100 (a - b) / a$$

a = Densidade de partículas

b = Densidade do solo

3.6.5 Determinação da Resistência à Penetração no solo

Para determinar a resistência à penetração, expressa por meio do Índice de Cone, foram feitas 160 (cento e sessenta) determinações com o Penetrômetro, em 2 profundidades sendo a primeira de 0 a 5 cm e a segunda de 5 a 10 cm, durante o período das 4 amostragens, no local onde foram retiradas as amostras de solo.

Os dados de Índice de cone representam a média de 3 (três) determinações por profundidade, em cada unidade amostral.

No cálculo da resistência à penetração, os valores brutos obtidos no campo foram transformados em resistência à penetração por meio da equação abaixo, obtida na calibração de fábrica do penetrômetro:

$$IC = 0,0855 + 0,0559 \times (Ld) \text{ onde:}$$

IC - Índice de cone (Kgf/cm²)

Ld – Leitura direta obtida ao campo em 0,01mm.

Para determinação do IC - Índice de Cone foi utilizado o penetrômetro da SOLOTEST, ref. S-210 de fabricação brasileira (Figura 4). O aparelho é composto de dupla maçaneta, 4 hastes de 15" com 3 divisões, um anel dinamométrico, uma ponta cônica removível e o relógio comparador do anel com trava. O equipamento mede a força aplicada por unidade de área seccional (esforço) necessário para introdução no solo. A capacidade máxima de leitura do equipamento é de 100 Kgf/cm². A área basal do cone é de 6,33 cm².

Os procedimentos para utilização do uso desse tipo de penetrômetro estão demonstrados no anexo 3.

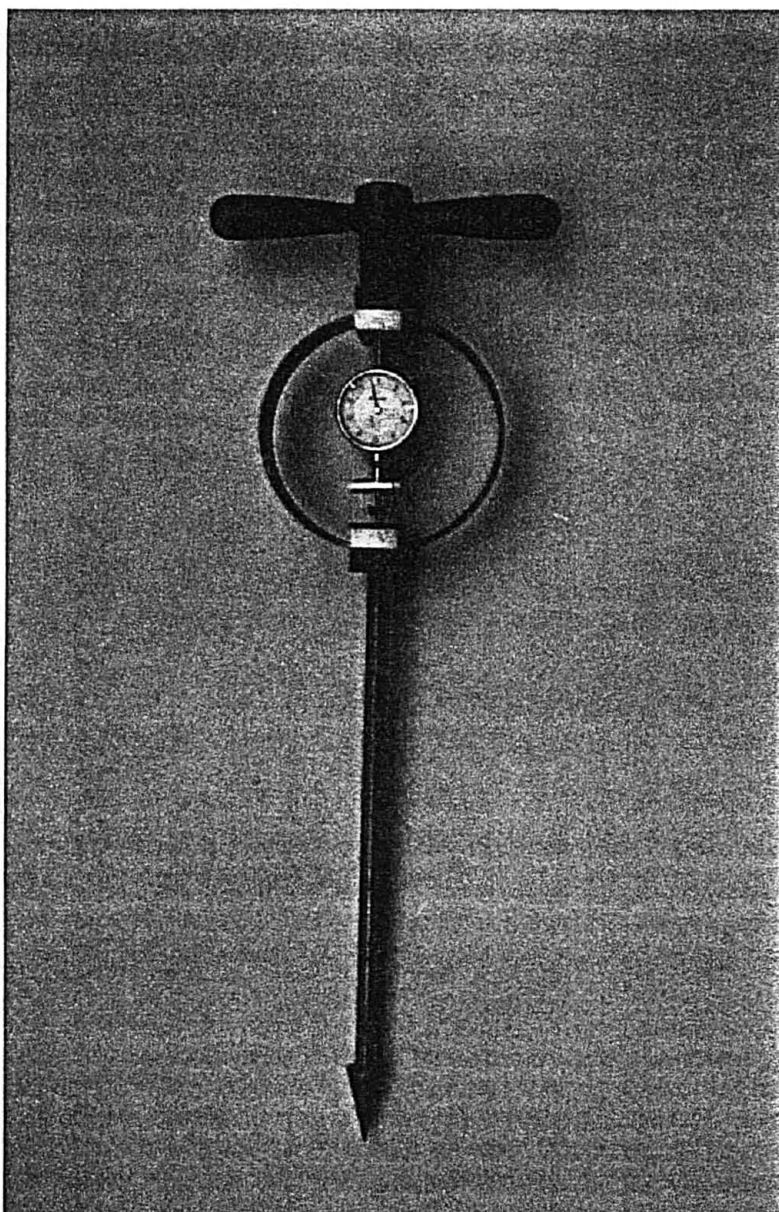


Figura 4. Modelo de Penetrômetro utilizado no experimento.

3.7 CARACTERIZAÇÃO DOS PERÍODOS DE AMOSTRAGENS

A primeira amostragem ocorreu em Julho/1997, após ter sido colhido o milho utilizado para silagem, após ter sido semeada a pastagem hiberna (Maio/97), mas antes do início do pastejo do gado.

O período de utilização da pastagem iniciou-se em Julho/1997, a partir do momento em que existia uma disponibilidade de Matéria Seca, em torno de 2.000 Kg//MS/ha.

A segunda amostragem foi efetuada em setembro de 1997, quando os animais já estavam há 60 dias na área.

O final do pastejo ocorreu em novembro/1997, após o gado ter permanecido na área por um período de 120 dias, com uma carga animal de 4,2 U.A/ha.

Após a retirada do gado da área foi efetuada a terceira amostragem (Novembro/1997), época que antecedeu o plantio da cultura da soja.

A quarta amostragem foi efetuada em maio/1998, após a colheita da soja.

Resumo da caracterização dos Períodos das Amostragens.

- a) **1º Período - 0 dias** - Antes de iniciar o pastejo animal, em Julho/97.
- b) **2º Período - 60 dias** - Durante o pastejo animal, quando os animais já estavam na área há 60 dias, em Setembro de 1997.
- c) **3º Período -120 dias** - No final do pastejo, após o gado ter permanecido na área por um período de 120 dias, mas antes do plantio da cultura da soja, em Novembro de 1997.
- d) **4º Período - 300 dias** - Após a colheita da soja, em Maio de 1998.

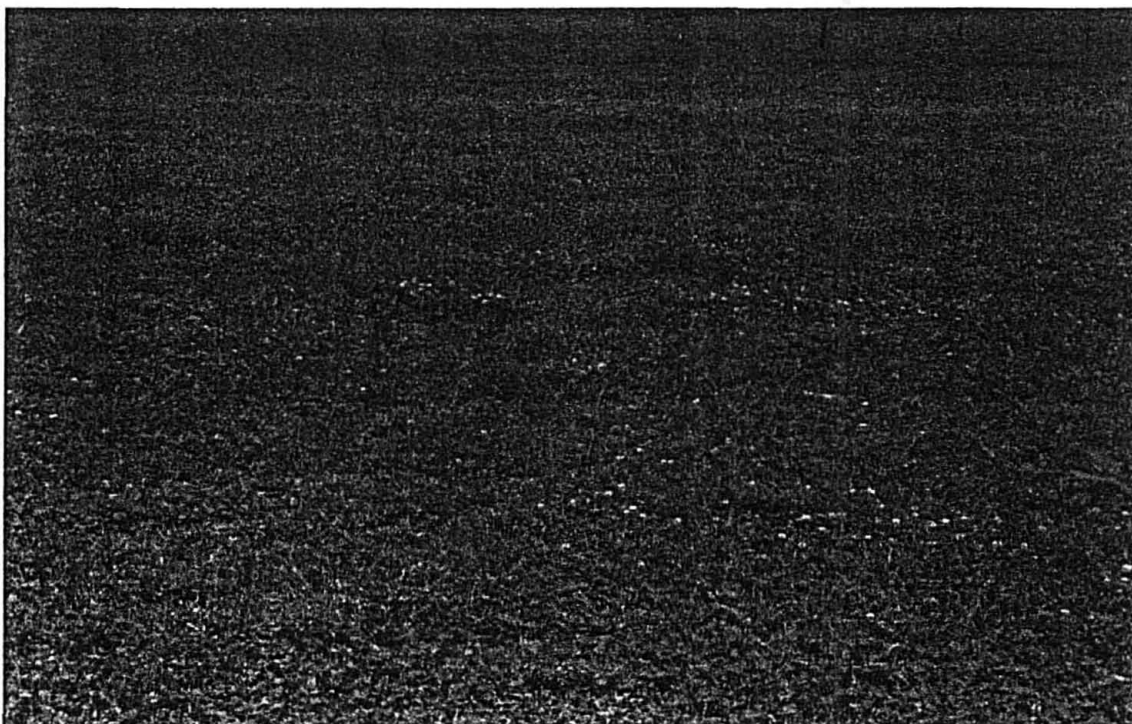


Figura 5. Vista da área após a saída do gado.



Figura 6. Vista da área após a saída do gado.



Figura 7. Vista da área no local de concentração do gado



Figura 8. Vista da área no local de concentração do gado

3.8 UTILIZAÇÃO DA PASTAGEM

O período de utilização da pastagem iniciou-se em Julho/1997, a partir do momento em que existia uma disponibilidade de Matéria Seca , em torno de 2.000 Kg//MS/ha.

O método de pastejo utilizado foi o contínuo, com carga animal variável, sendo utilizada a prática “put and take” descrita por MOTT e LUCAS (1952). Nesta técnica o número de animais é variável em função da disponibilidade de forragem.

Foram utilizados 2 (dois) tipos de animais experimentais: animais “testers”, que são aqueles que permanecem na parcela experimental ao longo de todo o período de pastejo e se possível, durante todo o experimento e animais “reguladores”, são os que entram e saem da parcela experimental de acordo com a variação na disponibilidade de forragem, regulando a oferta de matéria seca, (BLASER, 1966).

Foram utilizados 5 novilhos “testers” no piquete, animais inteiros (não castrados) da raça Charoles e 5 animais reguladores mestiços. Os animais foram identificados com brincos plásticos numerados e a eles fornecidos água e sal mineral

A cada 4 (quatro) semanas eram feitas as pesagens dos animais, que por um jejum prévio (enxugo), de 12 horas com restrição de água e alimento.

Durante o experimento os animais permaneceram na área por um período de 120 (cento e vinte) dias e a carga animal utilizada foi de 4,2 UA/ha. (1 UA = 450 Kg de PV).

Os ganhos médios diários (GMD) foram obtidos periodicamente subtraindo o peso final de cada novilho “tester” do seu peso inicial, em cada período avaliado.

Após obter o ganho médio de peso individual, este foi multiplicado pelo número de animais e dividido pela área do piquete. O resultado foi padronizado para unidade hectare obtendo-se o ganho por hectare (G/ha).

A avaliação da disponibilidade de matéria seca foi realizada utilizando-se o método do disco, aplicando a metodologia desenvolvida e avaliada por BARCELLOS (1990).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM SUCESSÃO À PASTAGEM

A produção da soja, obtida na área experimental foi de 2.596 Kg/ha. O quadro 3 apresenta os dados experimentais do Programa desenvolvido, nos 12 piquetes da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, onde está inserido o piquete 9.

Quadro 3. Produtividade da soja do Campo 12 e do Piquete 9, da FAPA, SAFRA 1997/98.

PIQUETE	DIMENSÃO			PRODUTIVIDADE (Kg/ha)
	COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)	ÁREA (m ²)	
1	71,0	40	2840,0	2799
4	43,0	71,5	3074,5	2386
9	49,9	90,8	4530,9	2596
12	48,0	94,5	4536,0	2700
2	57,0	95	5415,0	2516
6	43,7	81,8	3574,7	2470
7	52,5	53,5	2808,8	2784
11	50,0	95,2	4760,0	2427
3	79,0	56,5	4463,5	2545
5	50,0	81,8	4090,0	2534
8	57,8	90,6	5236,7	2504
10	50,0	94,8	4740,0	2461
MÉDIA				2560

Fonte: FAPA - Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária.

Se compararmos o resultado de produtividade do piquete 9, (2.596 Kg/ha), verificamos que é superior à média global, dos 12 (doze) piquetes da área experimental, (2.560 Kg/ha), no Campo 12, da FAPA., o mesmo acontecendo em relação a média de produtividade obtida nos últimos 5 (cinco) anos, no Estado do Paraná, que também é de 2.560 Kg/ha.

BRASIL (1998), mostra que a produtividade média da soja, após rotação com pastagens associadas de inverno, tanto em piquete pastejado e não pastejado, no Campo 12 da FAPA, Guarapuava, PR. foi de 2.700 Kg/ha.

A relação dos insumos, defensivos e operações utilizados no plantio das forrageiras e para a formação da lavoura de soja, no piquete 9, estão nos anexos 1 e 2, respectivamente.

4.2 RESPOSTA ANIMAL

Segundo MARASCHIM et al. (1987), quanto ao manejo das pastagens, para terminação de bovinos, deve-se observar a relação entre a oferta de forragem com o ganho/animal X ganho/área, uma vez que busca-se o ganho de peso num curto espaço de tempo para obtenção de um produto animal comercializável.

A oferta de forragem é definida por MARASCHIN e MOTT, (1989), como Kg de matéria seca/100 Kg de peso vivo/dia.

MOOT (1984), cita que um grande número de experimentos sugerem que a faixa de disponibilidade de forragem requerida para o máximo desempenho animal, situa-se entre 1.200 a 1.600 Kg de MS/ha de forragem presente e de 4 a 6 Kg de MS/100 Kg de peso vivo de oferta. Quando a disponibilidade de forragem estiver abaixo destes níveis, então o consumo pode ser reduzido com uma conseqüente redução no desempenho animal.

Estes dados divergem de MORAES (1991), o qual demonstra que o máximo Ganho Médio Diário (GMD) foi alcançado com uma oferta de MS de 12,4 Kg de MS por 100 Kg PV/dia e com um resíduo médio de MS de 2.132 Kg/ha presente na pastagem.

Durante este período, (Julho a Novembro/97), os animais obtiveram um ganho de peso médio diário de 1,098 Kg/dia/animal, e uma média de 675 Kg/ha, conforme quadros 4 e 5, respectivamente.

Quadro 4 . Ganho de peso médio diário em função dos diferentes níveis de oferta de forragem pastagem de Aveia branca, Azevém, Trevo branco, Trevo vermelho, no período de Julho a Novembro/97.

ALTURA DO DISCO (cm)	GANHO DE PESO (Kg/animal/dia)				MÉDIO
	09/08/97	09/09/97	03/10/97	12/11/97	
7	1,080	0,722	1,589	1,004	1,098
14	1,297	1,080	1,779	0,958	1,227
21	1,346	1,306	1,731	0,918	1,272
MÉDIA	1,241	1,036	1,700	0,960	1,199

FONTE: FAPA - Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária.

Pelos dados do quadro 4, observa-se que o alto ganho de peso (1,098 Kg/animal/dia), se equívale aos ganhos de animais confinados na região, demonstrando que a alta qualidade da forragem aproxima o animal de seu potencial de ganho de peso.

Estes resultados estão na faixa obtida por QUADROS e MARASCHIN (1987), que obtiveram valores de 0,705 Kg a 1,018 Kg/animal/dia, onde era mantida uma pressão de pastejo de 6 % do peso vivo.

BRASIL (1998), na avaliação em misturas de espécies de estação fria, sob níveis de ofertas de 5, 10 e 15 % de matéria seca (Kg MS/100 Kg de PV), em experimento desenvolvido em Guarapuava – PR. demonstra ganhos de peso médios diários de 1,145, 1,149 e 1,232, respectivamente.

Quanto ao ganho de peso vivo (PV) por área (Kg/ha), conforme demonstrado no quadro 5, obteve-se 675 Kg/ha, dados considerados satisfatórios, o que fica evidente que, em condições de solo com boa fertilidade e com pastagens de boa qualidade como aveia branca, azevém, trevo branco e trevo vermelho, bem manejados, é possível obter-se elevados rendimentos por área, no período de inverno.

Quadro 5. Ganho de peso médio (Kg/ha) em uma pastagem associada de Aveia branca, Azevém, Trevo branco, Trevo vermelho, submetida a três alturas de pastejo, no período de Julho a Novembro de 1997.

ALTURA DO DISCO (cm)	PERÍODO				TOTAL GP/Kg/ha
	09/08/97	09/09/97	03/10/97	12/11/97	TOTAL
7	264	81	149	181	675
14	290	126	158	174	748
21	252	114	110	136	612
MÉDIA	269	107	139	164	678

FONTE: FAPA - Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária.

BRASIL, (1998), na avaliação em misturas de espécies de estação fria, com centeio, aveia branca e azevém, sob níveis de ofertas de matéria seca (Kg MS/100 Kg de PV), em experimento desenvolvido em Guarapuava - PR, demonstra ganhos de peso vivo/ha de 701,2, 505, e 403,3 nos níveis de oferta 5; 10 e 15 % do peso vivo, respectivamente.

MORAES (1991), em pastagens de trevo branco e azevém conseguiu ganhos de PV/ha de - 44 Kg; 150 Kg; 246 Kg e 212 Kg para pressões de pastejo de 5,0; 9,2; 10,9 e 14,7 % de Peso vivo respectivamente, durante o inverno no Rio Grande do Sul.

Durante a primavera obteve ganhos de 210 Kg; 285 Kg; 393 Kg e 294 Kg quando as pressões de pastejo eram de 4,4; 7,1; 10,1 e 13,5 % de peso vivo, respectivamente, em pastagem de trevo branco , azevém e pangola.

Segundo MORAES (1991), fica evidente que, em condições de solo com boa fertilidade e com pastagens de boa qualidade como azevém e trevo branco, bem manejados, é possível obter-se elevados rendimentos por área, mesmo no período de inverno. Contudo, não se deve esquecer as condições climáticas, as quais devem permitir bom acúmulo de matéria seca das forrageiras possibilitando o seu uso no início de junho.

É importante lembrar que os ganhos de peso/ha, no Estado do Paraná, estão próximos aos 90 Kg/ha/ano, o que nos demonstra que a região está perdendo grande potencial de produção de carne a pasto.

Deve-se ressaltar que a carga animal comumente utilizada no Estado do Paraná está próxima de 0,5 U.A/ha e a densidade (cab/ha), no município de Guarapuava é de 1,28 UA/ha. (Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, (1998).

4.3 AS PROPRIEDADES FÍSICAS E A COMPACTAÇÃO DO SOLO

Os dados obtidos em campo de Densidade do solo (D_s), Densidade de Partículas (D_p), Umidade ($U \%$), Porosidade ($P \%$), resultantes dos 160 (cento e sessenta) pontos iniciais de coleta, bem como os Índices de Cone (IC), 160 (cento e sessenta), nas profundidades de 0 - 5 e 5 -10 cm, são apresentados nos anexos 4, 5, 6, 7, 8, respectivamente.

Considerando que a Densidade do solo e a Resistência à penetração são parâmetros que refletem com alta significância o estado de compactação e degradação do solo, desde que o tratamento dos dados seja adequado, considerando os valores médios por estratos de umidade (ROA, 1992), as variáveis Índice de cone, Densidade e Umidade gravimétrica foram correlacionadas, por meio de Regressões Lineares Simples.

Os dados obtidos a campo, dos 80 (oitenta) pontos, amostrados durante os 4 (quatro) Períodos, nas 2 (duas) profundidades, estão nos anexos 9 e 10, respectivamente, e compõem as figuras 8, 9, 10 e 11.

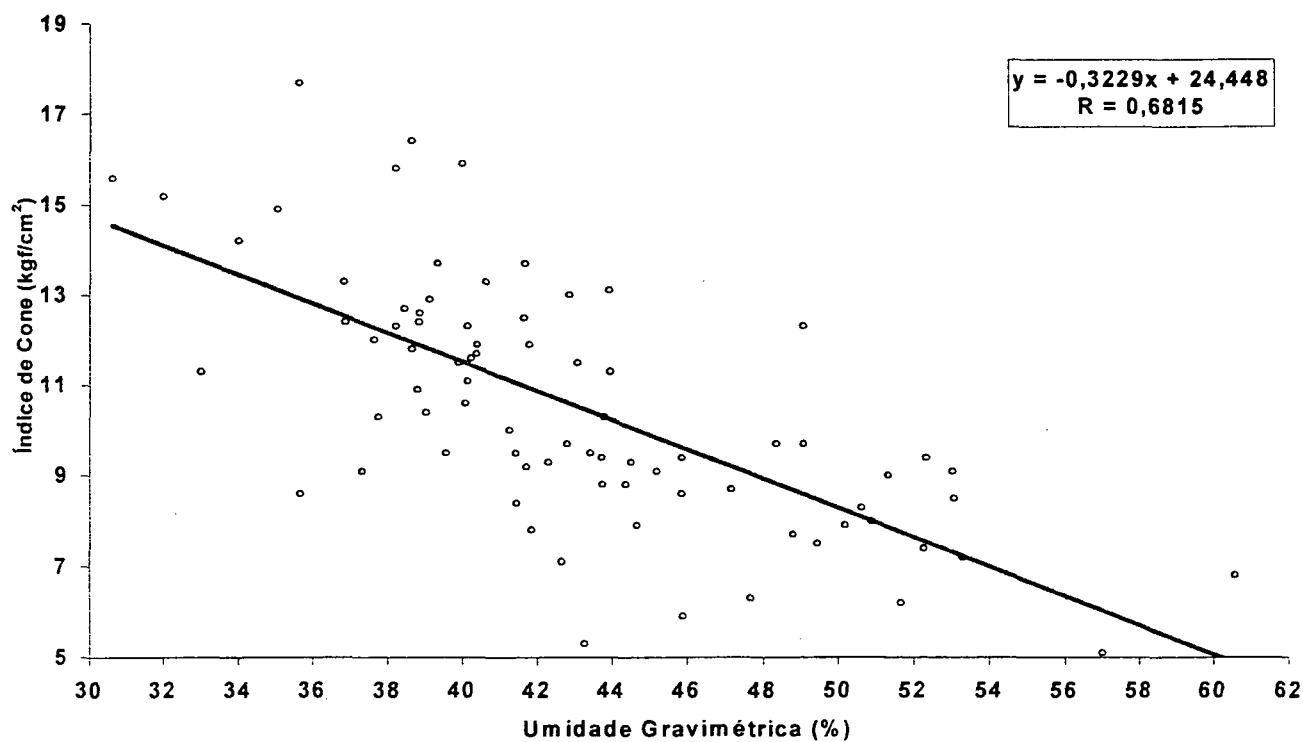


Figura 8. Relação entre o Índice de cone e Umidade gravimétrica dos 80 pontos, durante os 4 períodos de coleta, na profundidade de 0- 5 cm.

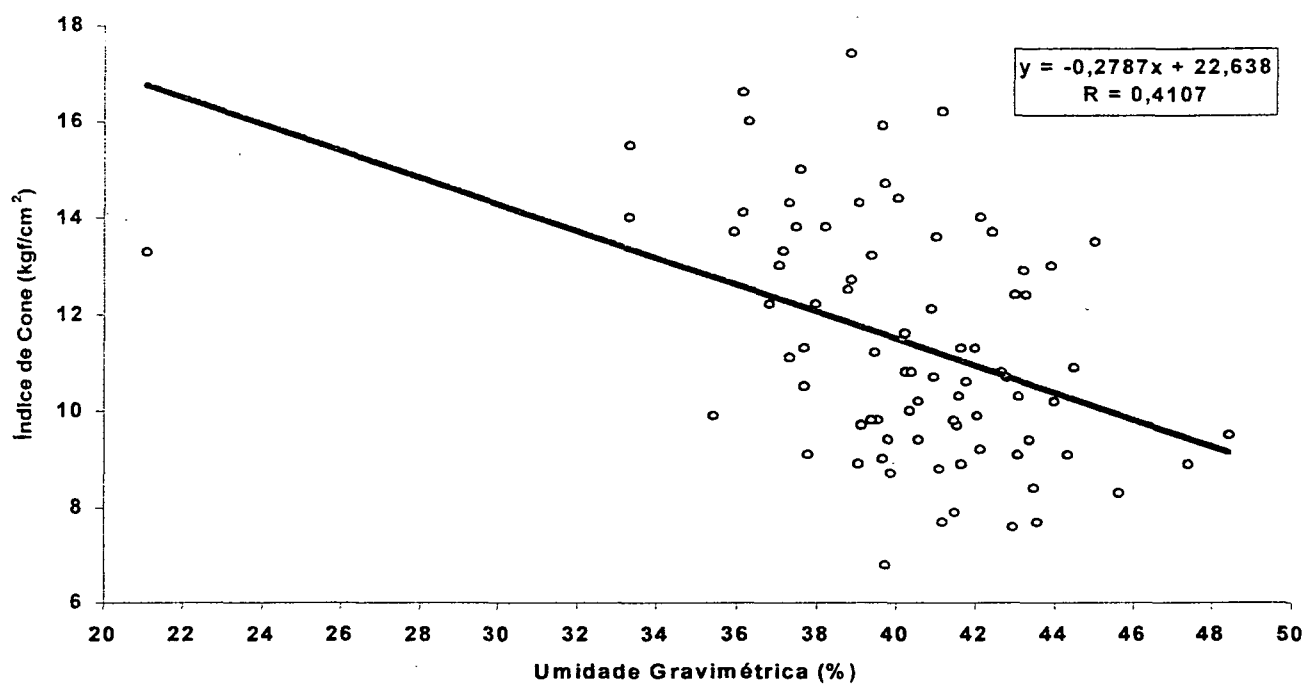


Figura 9. Relação entre o Índice de cone e Umidade gravimétrica dos 80 pontos, durante os 4 períodos de coleta, na profundidade de 5-10 cm.

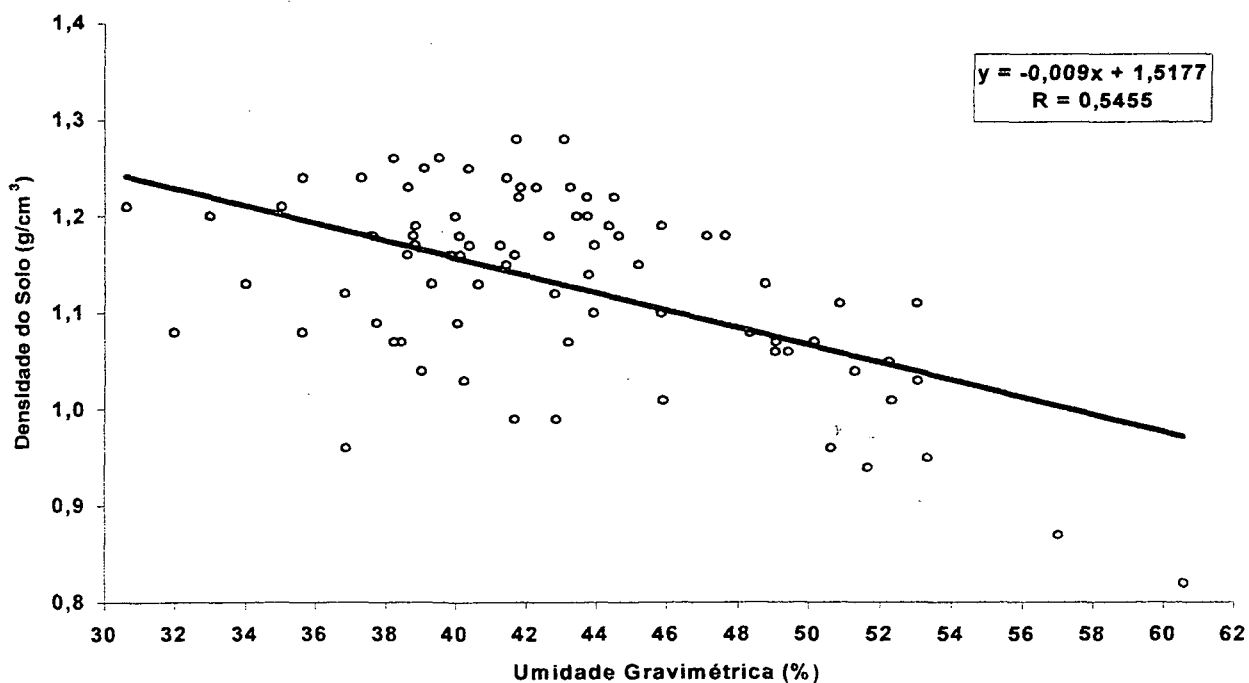


Figura 10 . Relação entre a Densidade do solo e Umidade gravimétrica dos 80 pontos, durante os 4 períodos de coleta, na profundidade de 0- 5 cm.

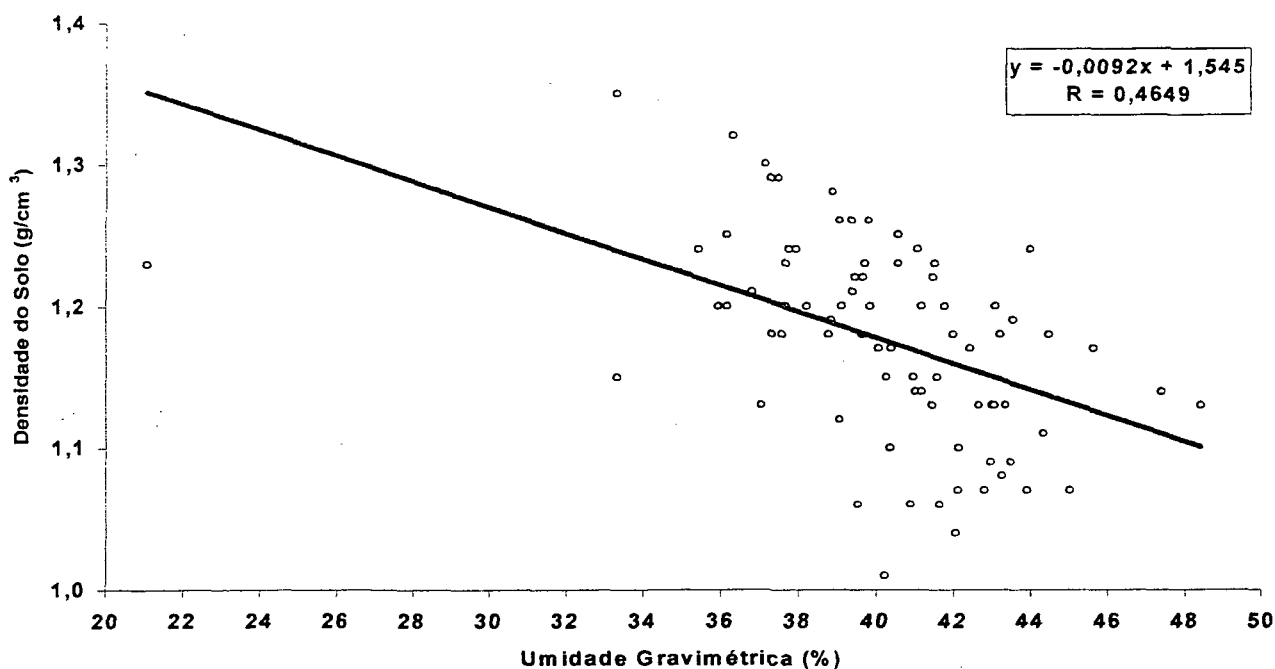


Figura 11. Relação entre a Densidade do solo e Umidade gravimétrica dos 80 pontos, durante os 4 período de coleta, na profundidade de 5- 10 cm.

A análise das figuras evidencia a dispersão dos pontos confirmada por meio das equações de regressão.

Estes dados sugerem que o solo se apresenta muito desuniforme sob o ponto de vista de compactação, o que não corresponde às observações de campo, onde morfologicamente as camadas são muito semelhantes.

Sob condições de campo, com uma variabilidade natural muito grande (CASSEL e NELSON, 1979), afirmam que nem sempre é possível obter boas correlações entre Índice de cone, Umidade e Densidade do solo.

VIANA (1998), em LATOSSOLO BRUNO encontrou valores de Umidade no ponto crítico para a compactação, na profundidade de 0 – 10 cm, em experimento de laboratório, na faixa média de 26,8 a 31,8 %, dados significativamente inferiores aos encontrados neste experimento. Na camada de 0 - 5 cm, o valor mínimo foi de 30,62 e o máximo 60,58 % e na camada de 5 - 10 cm, o mínimo de 33,33 e máximo 48,43 %.

Seria interessante investigar para este tipo de solo, os altos valores de retenção de umidade, obtidos em nível de campo, durante todos os períodos de amostragens, embora já saibamos, por meio da literatura, que, quando o solo é manejado sob plantio direto, em função de sua maior cobertura, ocorrem menores oscilações térmicas e maior retenção de umidade.

4.3.1 Relação entre Índice de cone (K_{cf}/cm^2) e Umidade gravimétrica (%)

Considerando que a variação de umidade tem influência direta, tanto na gênese destas camadas, como no momento da determinação das propriedades físicas do solo (BAVER et al. ,1972); (VIANA, 1988); (ADUR, 1990), buscou-se um tratamento dos dados que refletisse o estado médio da compactação, tendo na umidade, o principal fator de referência, devido a sua importância na compactação do solo.

Portanto, os dados foram agrupados em estratos crescentes de 3 % de Umidade gravimétrica, na faixa de 30,62 a 60,58 %, na profundidade de 0-5 cm e 33,33 a 48,43 % na profundidade de 5-10 cm, o que corresponde aos valores encontrados em campo.

Em relação aos dados obtidos de Índice de cone, durante todos os períodos de amostragem, nas 2 profundidades, ficou demonstrado que a resistência do solo à penetração aumentou com a diminuição da umidade, confirmando os dados encontrados por (HENSATH e MAZURATH, (1974) , ADUR, (1990), e BELTRAME et al. (1991).

Este fato ocorre porque o teor de umidade intervém modificando a coesão entre as partículas do solo, que é maior no solo seco e decresce à medida em que o teor de água aumenta, provocando separação entre elas.

O solo ofereceu sempre maior resistência à penetração quando se apresentou com menor umidade, portanto, como era de se esperar, os valores médios de Índice de cone foram de 13,16 Kgf/cm^2 a 39,5 % de Umidade gravimétrica, (0 - 5 cm) e 14,13 Kgf/cm^2 a 40,25 % (5 - 10 cm), respectivamente.

Esta tendência é demonstrada, por meio das figuras 12 a 19.

Segundo VIANA (1988), a resistência à penetração média para um LATOSSOLO BRUNO, considerando a umidade no ponto crítico para a compactação (29,4 %) , na camada de (0 - 10 cm) é de 20 Kgf/cm², divergindo dos dados obtidos neste experimento, onde para o menor teor médio de umidade obtido (30,62 %) , próximo ao encontrado por VIANA, obteve-se um Índice de cone de 9,1 Kgf/cm² .

A resistência ao penetrômetro ou Índice de cone variou em média de 7,8 Kgf/cm² a 13,16 Kgf/cm², correspondendo a 49,30 % e 39,55 % de Umidade gravimétrica, respectivamente, na profundidade de 0 - 5 cm e 9,10 Kgf/cm² a 14,13 Kgf/cm², correspondendo a 41,61 % e 40,25 % de Umidade gravimétrica, respectivamente, na profundidade de 5 -10 cm.

DALLA ROSA, (1981), em camada compactada de um LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO com preparo de 1 (uma) aração com disco mais 2 (duas) gradagens leves, obteve um Índice de cone igual a 22,47 Kgf/cm² na umidade gravimétrica de 30,42 %.

NESMITH et al. (1987), também encontraram valores críticos de Índice de cone próximos ou excedendo 2,0 MPa ou 20 Kgf/cm², para a cultura da soja.

Comparando os dados obtidos, com os dados destes dois últimos autores, verificamos que estes estão muito acima dos valores médios obtidos neste experimento, não caracterizando compactação do solo ou índices restritivos á penetração radicular.

Considerando que CINTRA e MIELNICZUCK (1983), observaram que na resistência média superior a 11 Kgf/cm² ocorrem reduções de até 50 % do sistema radicular da soja e trigo, demonstramos que, com os dados obtidos, na área experimental, após a saída do gado e antes do plantio da cultura da soja (Período 120 / novembro/97) o Índice de cone médio foi de 9,13 Kgf/cm² (0 - 5 cm) e 9,10 Kgf/cm² (5 -10 cm), não caracterizando restrição ao desenvolvimento radicular.

Os dados agrupados de Umidade gravimétrica, Densidade do solo e Índice de cone, nas 2 (duas) profundidades, durante os 4 (quatro) períodos amostrados estão nos anexos 12 a 15.

Os dados médios das variáveis estudadas nos períodos e profundidades amostrados estão nos anexos 16 a 19.

Os coeficientes de correlação, determinação, valores de a e b, e análise de variância, das variáveis analisadas, estão no anexo 11.

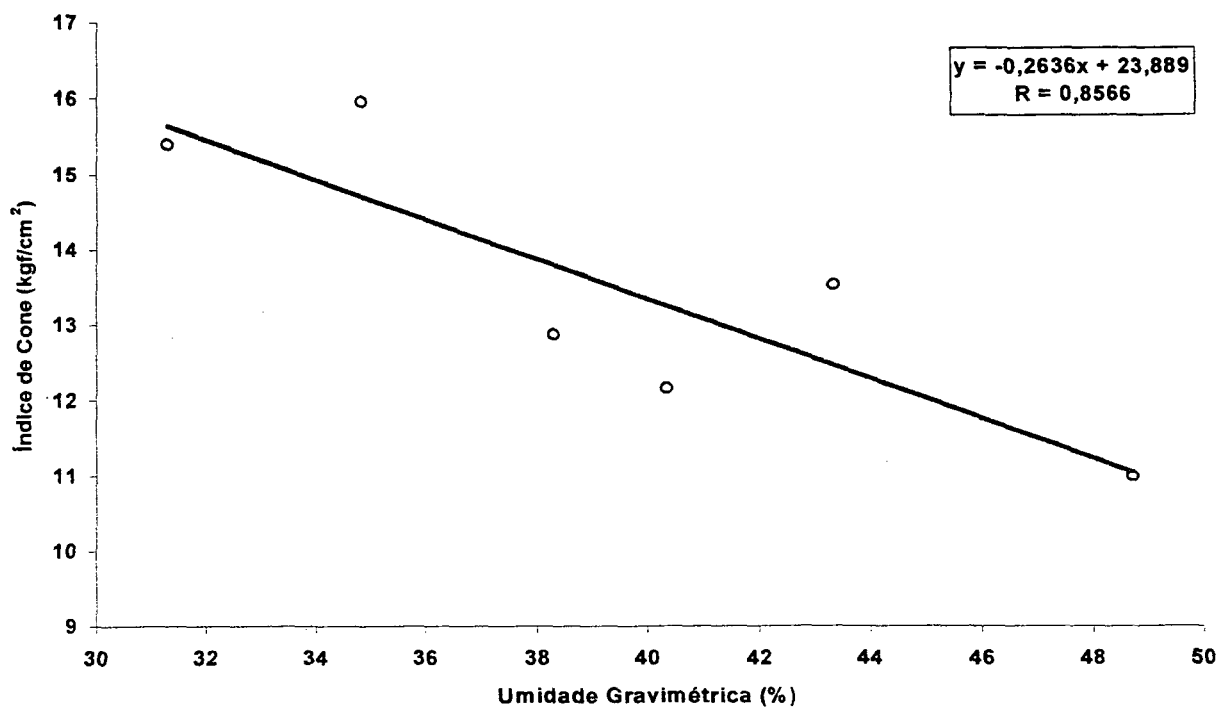


Figura 12. Relação entre Índice de Cone e Umidade gravimétrica, no período 0 (julho/97) na profundidade de 0-5 cm.

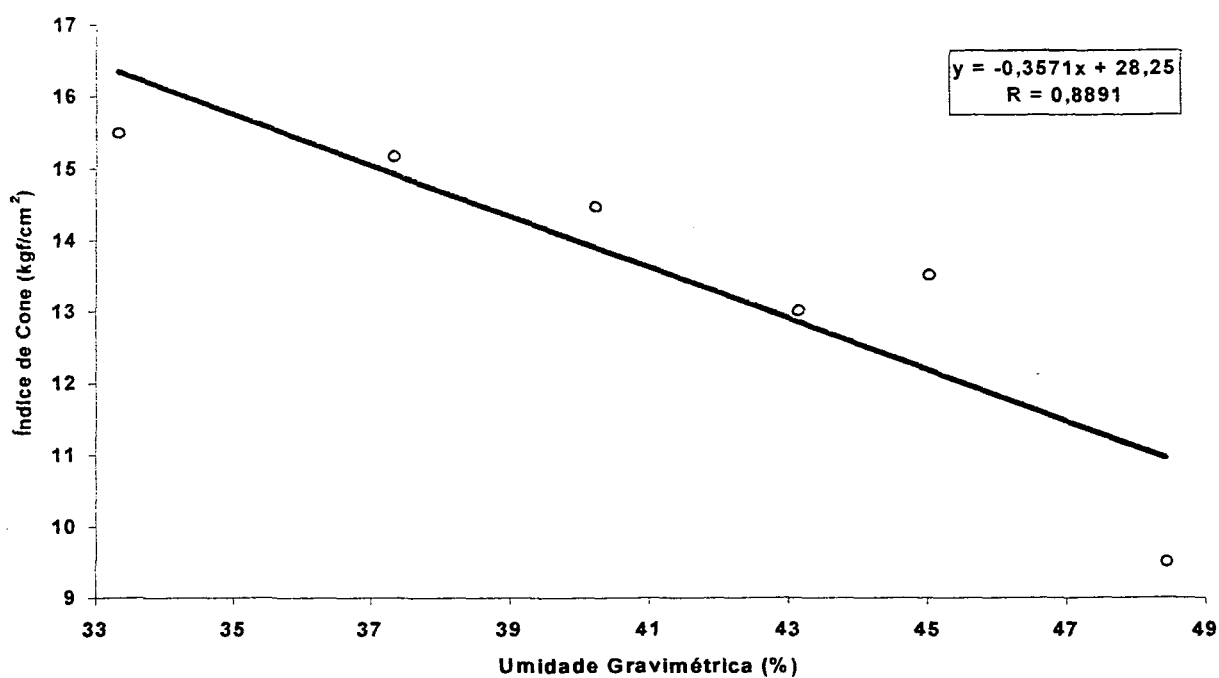


Figura 13. Relação entre Índice de Cone e Umidade gravimétrica, no período 0 (julho/97), na profundidade de 5-10 cm.

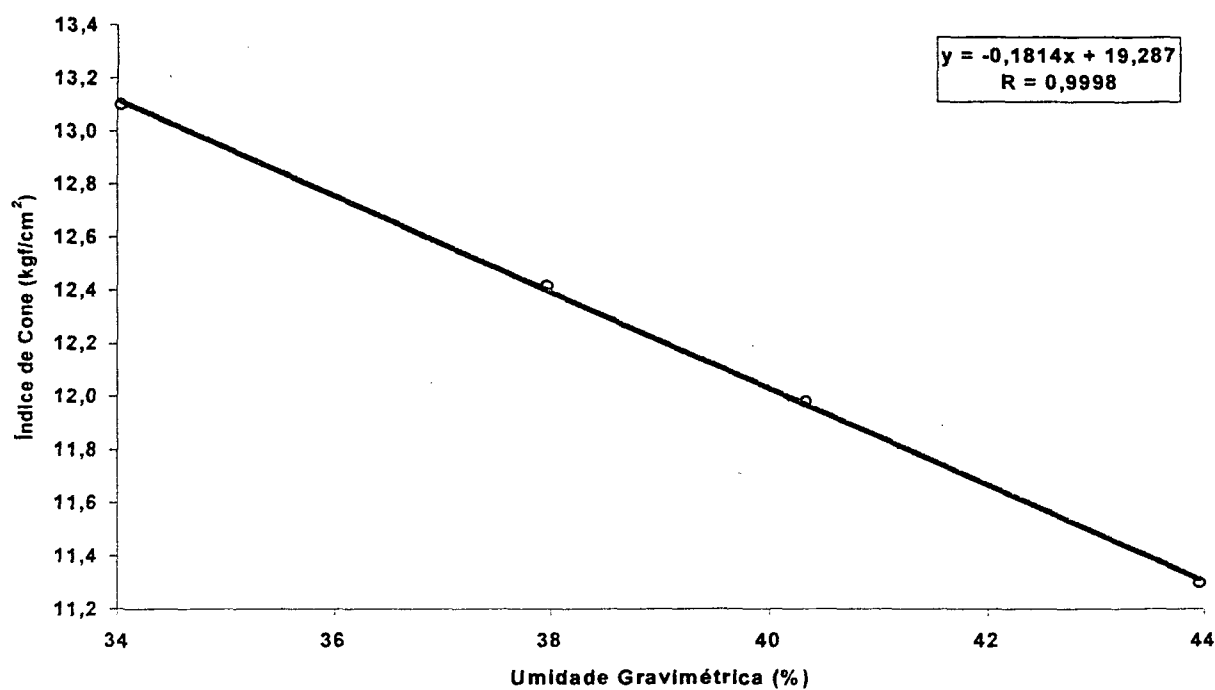


Figura 14. Relação entre Índice de Cone e Umidade gravimétrica, no período 60 (setembro/97), na profundidade de 0-5 cm.

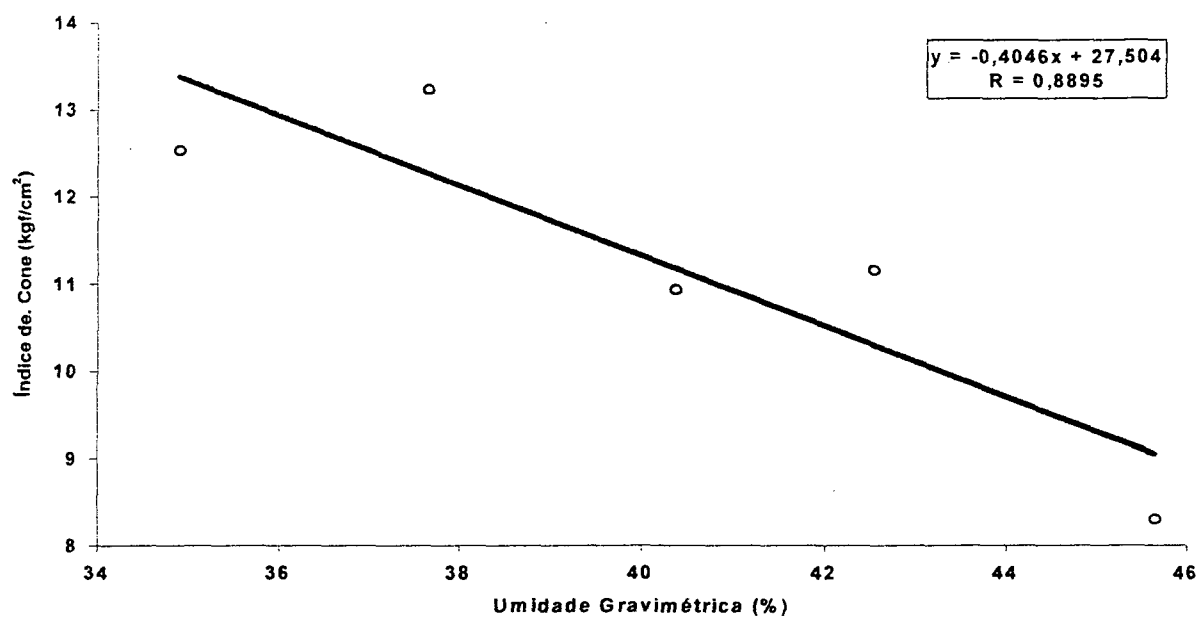


Figura 15. Relação entre Índice de Cone e Umidade gravimétrica, no período 60 (setembro/97), na profundidade de 5-10 cm.

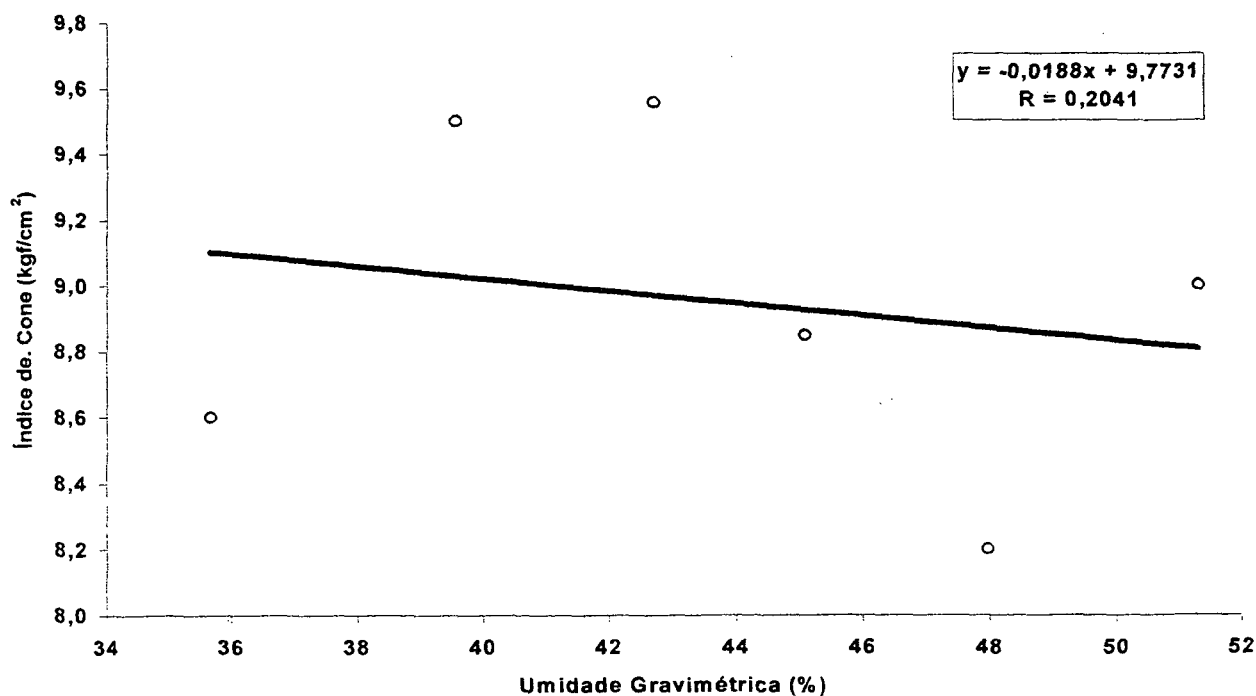


Figura 16. Relação entre Índice de cone e Umidade gravimétrica, no período 120 (novembro/97), na profundidade de 0-5 cm.

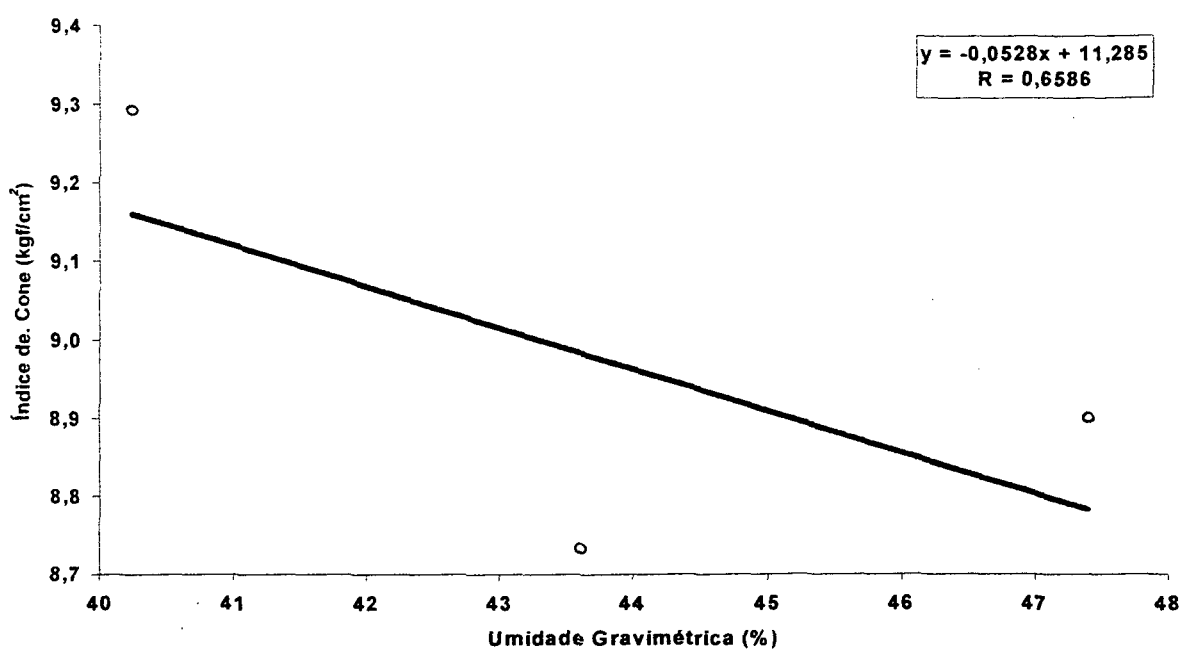


Figura 17. Relação entre Índice de cone e Umidade gravimétrica, no período 120 (novembro/97) na profundidade de 5-10 cm.

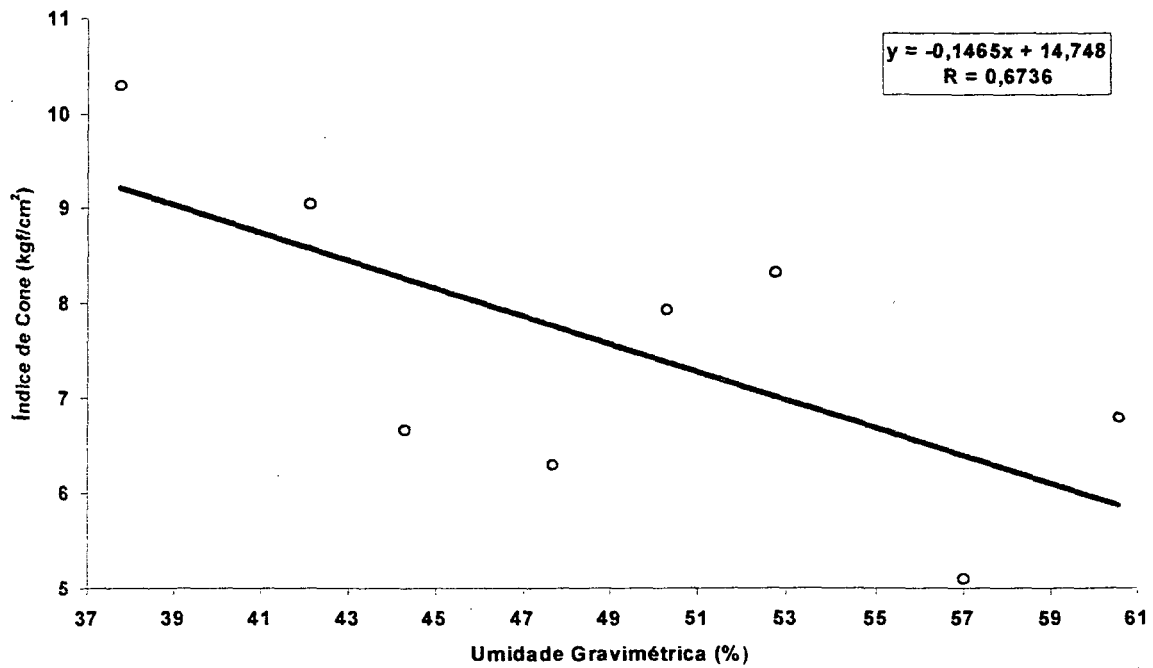


Figura 18. Relação entre Índice de Cone e Umidade gravimétrica, no período 300 (maio/98), na profundidade de 0-5 cm.

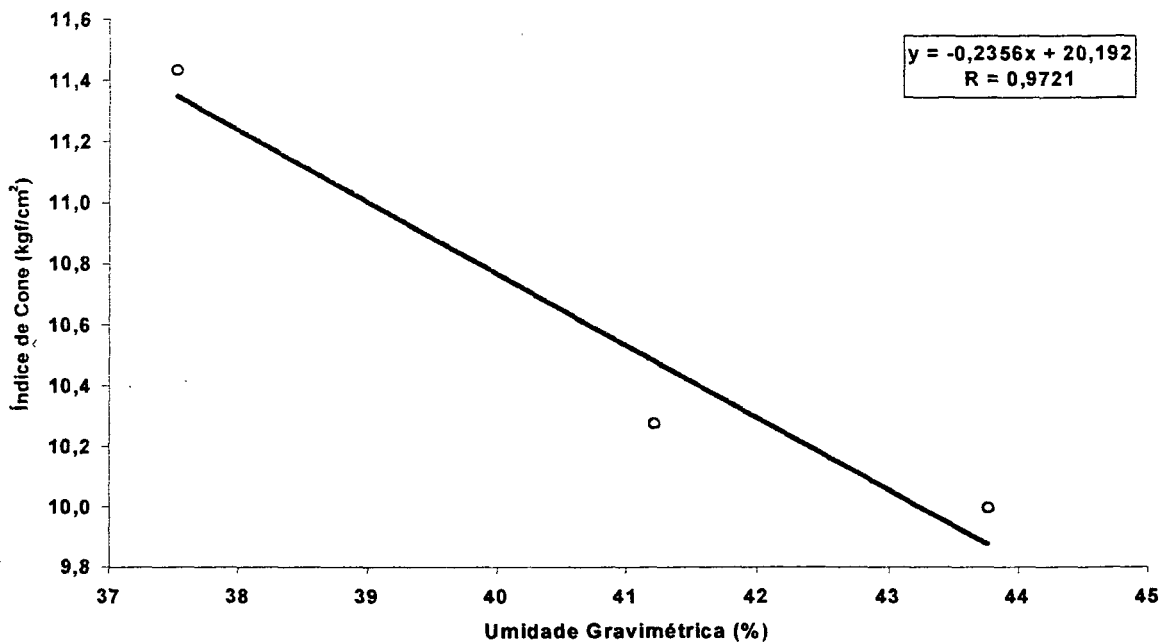


Figura 19. Relação entre Índice de Cone e Umidade gravimétrica, no período 300 (maio/98), na profundidade de 5-10 cm.

4.3.2 Relação entre Densidade do solo (g/cm^3) e Umidade gravimétrica (%)

Em relação a Densidade do solo (g/cm^3) versus Umidade gravimétrica (%), de um modo geral, a literatura afirma que a densidade aumenta com a umidade até atingir um máximo. Posteriormente, novas adições de água acarretam uma diminuição na densidade do solo, (SILVA, 1986).

Nas condições deste experimento, a densidade do solo teve um comportamento distinto, a medida que aumentou a Umidade gravimétrica diminuiu a Densidade do solo. Esta tendência é confirmada por ROA, (1992), que demonstrou uma alta correlação ($r = -0,95$) entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica, em um LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO.

Verificamos que a tendência da densidade em diminuir com o acréscimo de umidade é confirmada por ADUR, (1990), onde afirma que, mesmo sem aplicação de energia, o solo apresentou variação na sua densidade global de acordo com o conteúdo de água, caracterizando a existência de variação natural no seu estado de compactação.

CORREIA e REICHARDT (1995), afirmam que uma relação importante no estudo da compactação do solo é a densidade global, que é na realidade, sua medida quantitativa mais direta. Quanto maior for a densidade global, menor a porcentagem de poros e mais compactado é o solo.

Os resultados médios de Densidade do solo, obtidos no presente estudo, variaram de $1,06 \text{ g/cm}^3$ a $1,19 \text{ g/cm}^3$ correspondendo a 49,30 e 43,87 % de Umidade gravimétrica (0-5 cm) e $1,16 \text{ g/cm}^3$ a $1,19 \text{ g/cm}^3$ correspondendo a 40,25 % e 39,41 % (5-10 cm) de Umidade gravimétrica.

Segundo VIANA (1988), a umidade ótima ou umidade no ponto crítico para a compactação para o LATOSSOLO BRUNO, na camada de 5 - 10 cm é de 29,4 %, alcançando uma densidade máxima de $1,5 \text{ g/cm}^3$. O dado médio, de maior densidade encontrado, foi de $1,19 \text{ g/cm}^3$ correspondendo a uma umidade de 43,87 %, demonstrando a diferença entre os dados obtidos em condições de laboratório e de campo.

Os resultados de pesquisa, comparando métodos de preparo do solo (plantio convencional, escarificação e plantio direto), sumarizados por DERPSCH et al. (1992), indicam que em LATOSSOLOS ROXOS com Densidade inferior a $1,20 \text{ g/cm}^3$, problemas no desenvolvimento radicular não são prováveis. Somente com Densidade superior a $1,25 \text{ g/cm}^3$ seria possível haver dificuldades de crescimento das raízes.

No trabalho de CINTRA e MIELNICZUK, (1983), também em LATOSSOLO ROXO, ficou demonstrado que o sistema radicular da soja não era capaz de se desenvolver através de uma camada de solo com Densidade superior a $1,30 \text{ g/cm}^3$.

Os dados obtidos, no presente estudo, durante os 4 (quatro) períodos, nas profundidades amostradas não caracterizam tendência à compactação, não sendo limitantes ao desenvolvimento da cultura da soja.

As correlações entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica estão demonstradas nas figuras 20 a 28.

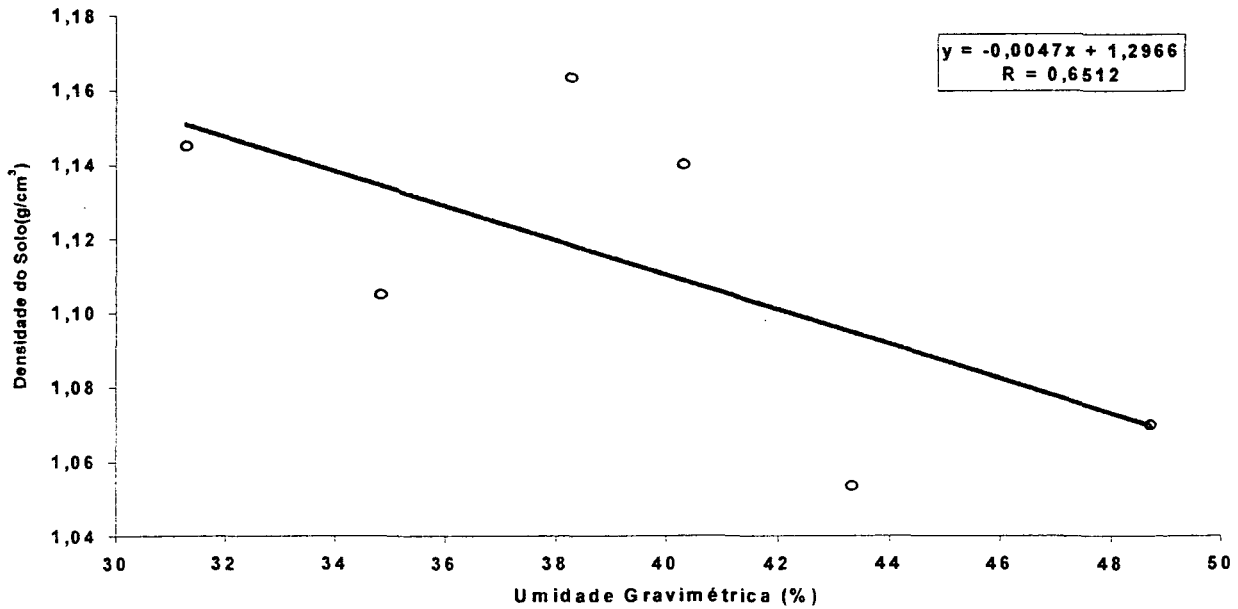


Figura 20. Relação entre Densidade de solo e Umidade gravimétrica, no período 0 (julho/97), na profundidade de 0-5 cm.

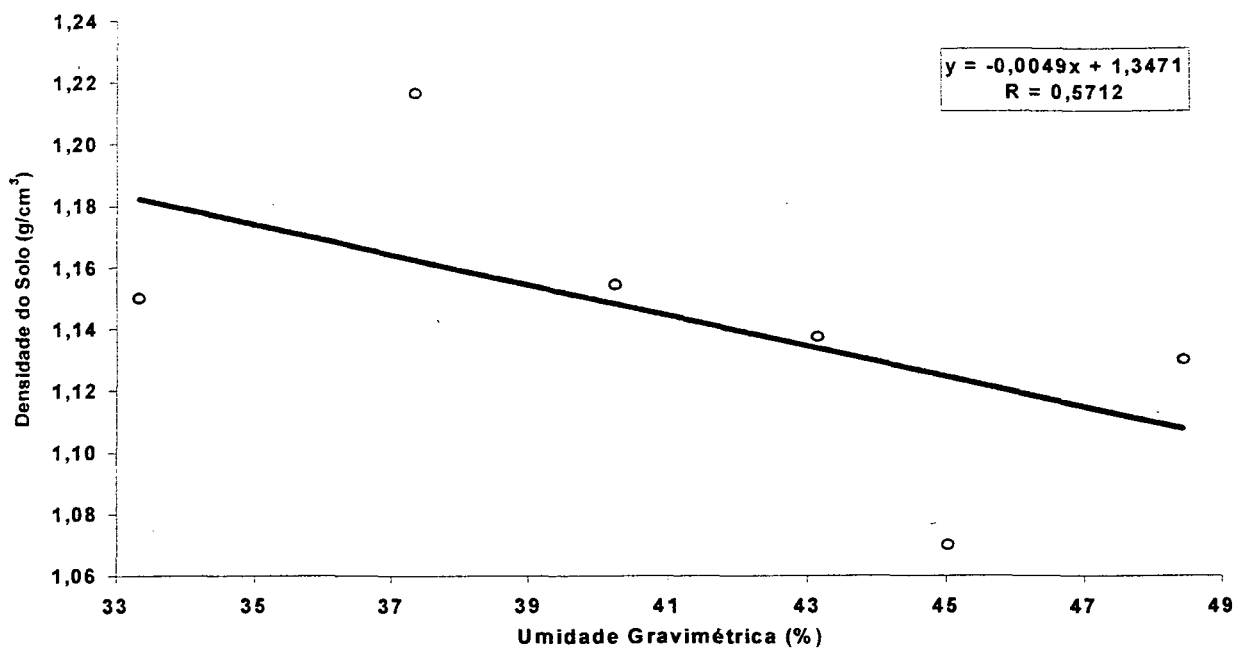


Figura 21. Relação entre Densidade de solo e Umidade, no período 0 (julho/97), na profundidade de 5-10 cm.

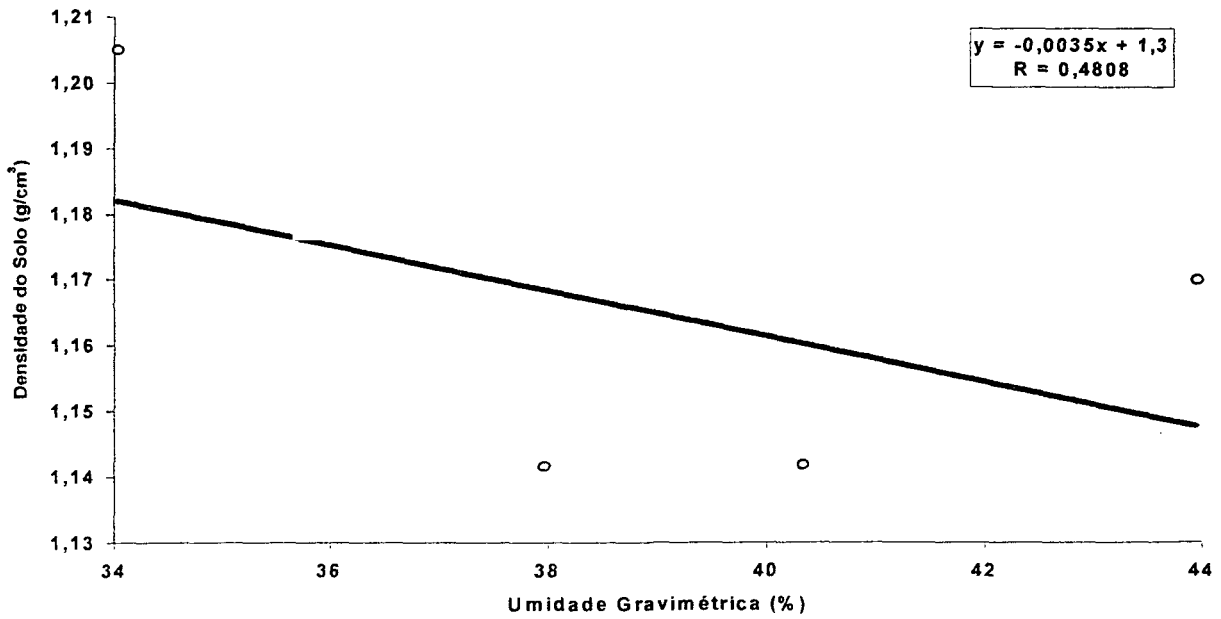


Figura 22. Relação entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica, no período 60 (setembro/97), na profundidade de 0-5 cm.

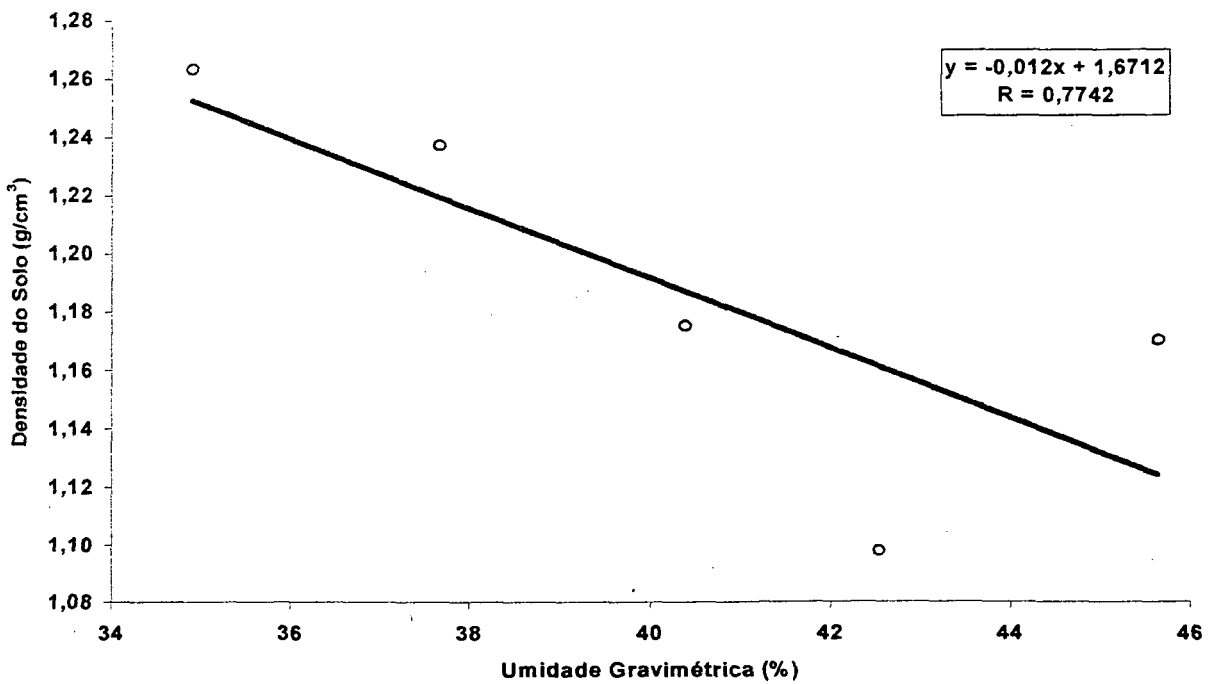


Figura 23. Relação entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica, no período 60 (setembro/97) na profundidade de 5-10 cm.

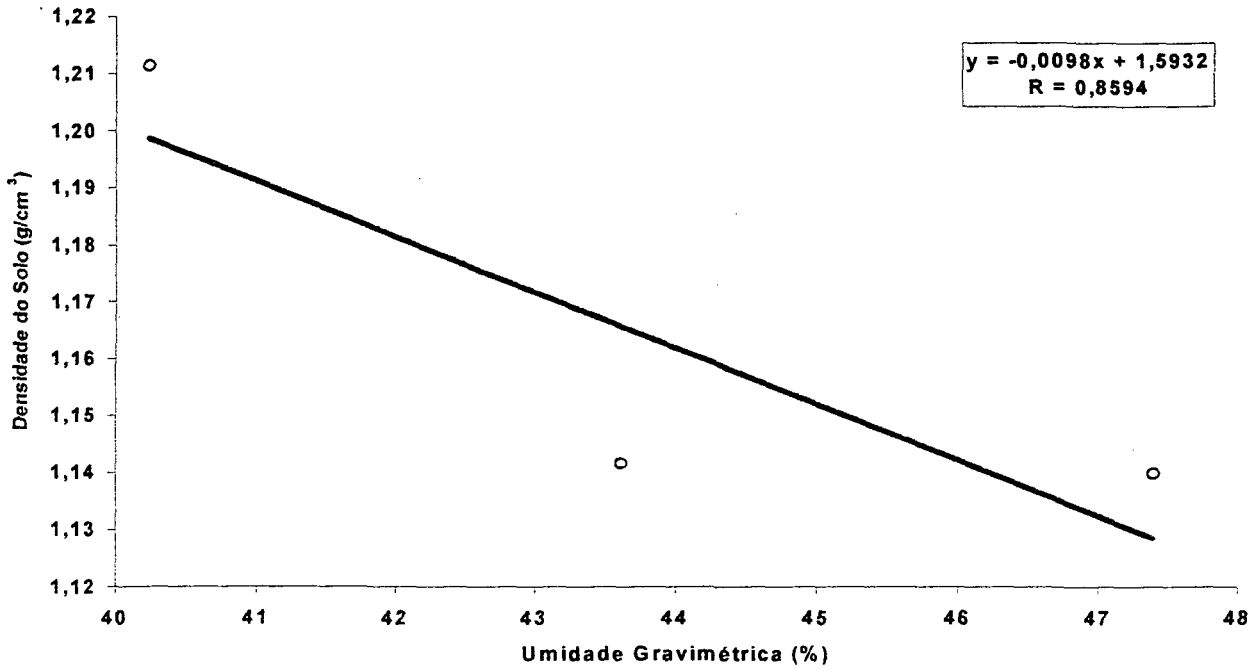


Figura 24. Relação entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica, no Período 120 (novembro/97), na profundidade de 0-5 cm.

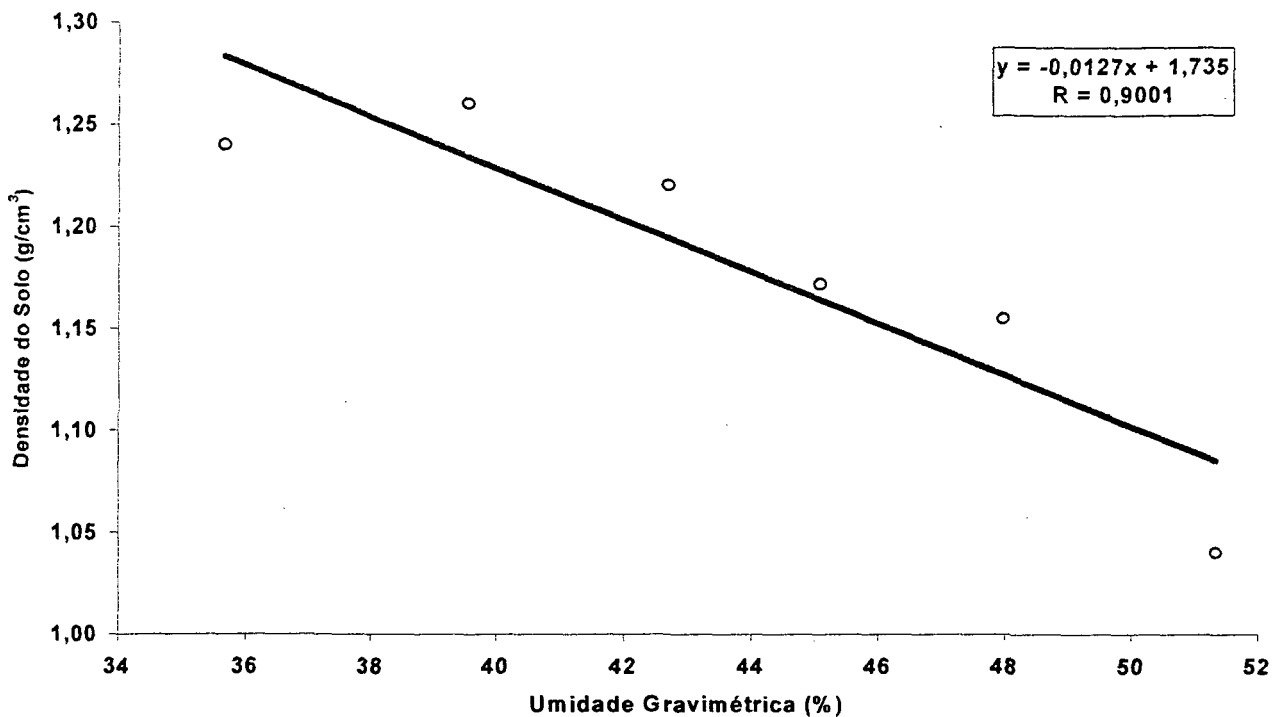


Figura 25 . Relação entre Densidade do solo e Umidade Gravimétrica, No período 120 (novembro/97), na profundidade de 5-10 cm.

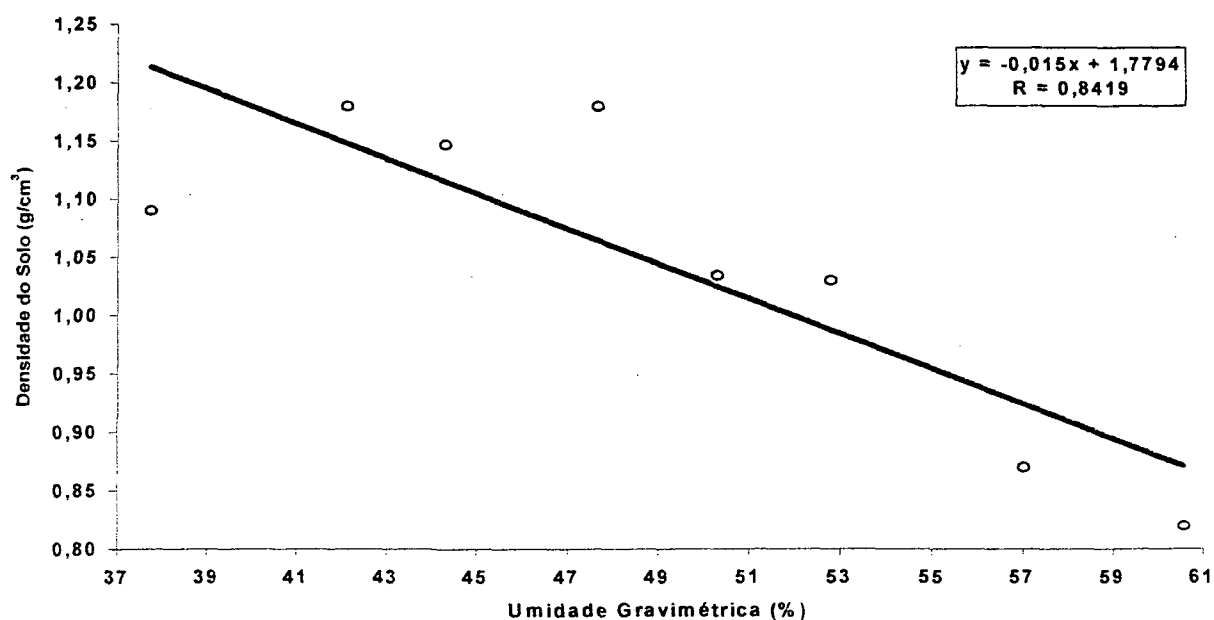


Figura 26. Relação entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica, no período 300 (maio/98), na profundidade de 0-5 cm.

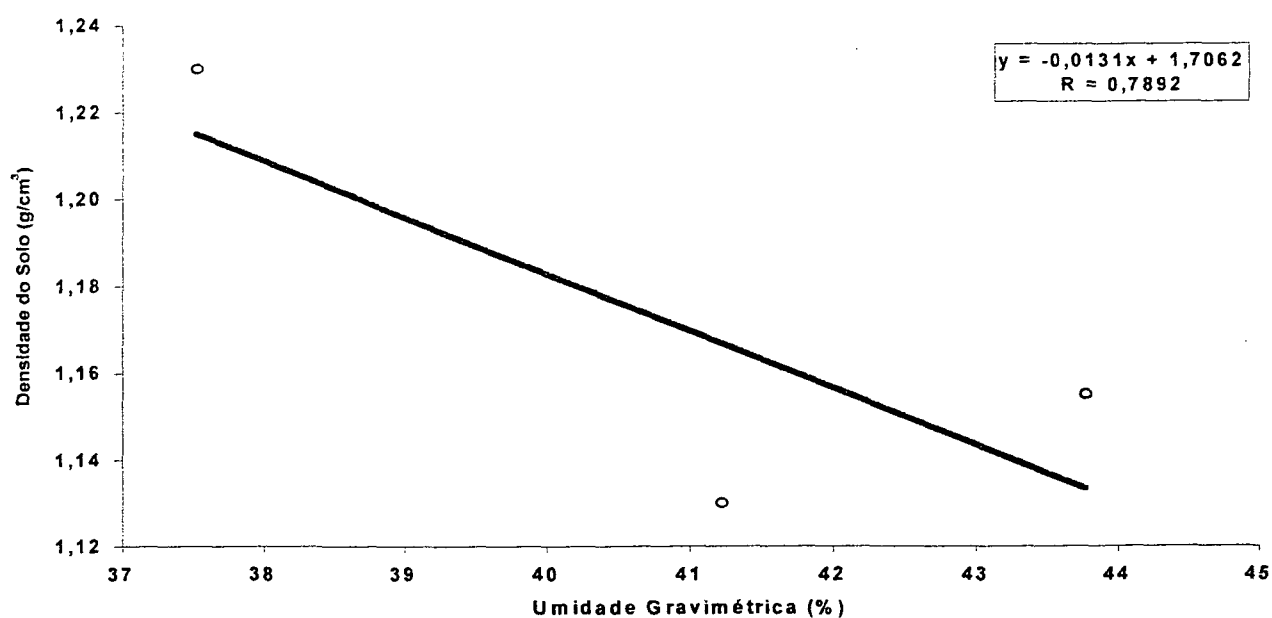


Figura 27. Relação entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica, no período 300 (maio/98), na profundidade de 5-10 cm.

4.3.3 Variação temporal de Densidade do solo (g/cm^3) e Índice de cone (kgf/cm^2), com Umidade gravimétrica padronizada a 42 %.

As mudanças de densidade e resistência do solo são funções do seu conteúdo de umidade, (CORREIA e REICHARDT, 1995) e ao se utilizar os valores de densidade do solo e de resistência à penetração, como parâmetros para estabelecer o estado de compactação de um solo, deverão estar sempre, associados aos valores de umidade a que foram obtidos (ADUR, 1990).

Segundo CASSEL (1982), a dependência do Índice de cone em relação a umidade dificulta a operacionalização das amostragens e, idealmente, as amostragens devem ser feitas com umidade próxima à capacidade de campo.

A resistência à penetração varia muito mais com o conteúdo de umidade do solo do que com a densidade. Um solo com a mesma densidade, apresentará índices de resistência à penetração diferentes, se os conteúdos de umidade forem diferentes. Portanto, sua utilidade fica limitada a medida feita para o mesmo solo à mesma umidade, (ADUR, 1990).

A calibração do Índice de cone e da Densidade do solo, em função da Umidade é necessária para tornar possível a comparação dos valores, restringindo os efeitos intervenientes que possam ocorrer, apesar das dúvidas existentes, quanto a melhor maneira de proceder esta calibração.

No caso específico deste experimento, a correção dos valores de Índice de cone, Densidade do solo, em relação a um valor padrão de umidade gravimétrica facilitou a compreensão do comportamento das variáveis sobre a compactação do solo, durante a seqüência das amostragens realizadas no campo.

O Índice de cone teve uma variação temporal decrescente, variando de 12,8 a 8,6 Kgf/cm² (0 - 5 cm) e 13,3 a 10,3 Kgf/cm² (5 -10 cm).

Por meio dos resultados obtidos, verifica-se que nos Períodos 60 e 120, nos quais houve o pisoteio do gado, ocorreu redução do Índice de cone, de 11,7 Kgf/cm² a 9,0 Kgf/cm², evidenciando que o efeito do pisoteio, na carga animal utilizada (4,2 U.A/ha) não foi suficiente para causar compactação do solo.

Estes resultados, no (Período 60 - Set/97) foram de 11,7 Kgf/cm² (0-5 cm) e 10,5 Kgf/cm² (5-10 cm) , são considerados resistências médias (10 a 20 Kgf/cm²) e, no (Período 120 - Nov/97), de 9,0 kgf/cm² (0 -5 cm) e 9,1 Kgf/cm² (5-10 cm) considerados resistências baixas (<10 Kgf/cm²). (SOIL SURVEY MANUAL, 1993).

Após a colheita da soja (Período 300 - Maio/98), o Índice de cone é de 8,6 Kgf/cm² (0-5 cm) e 10,3 Kgf/cm², valores insuficientes para reduzir a produtividade da soja.

A Densidade do solo teve uma variação temporal crescente, de 1,10 g/cm³ a 1,20 g/cm³ (0 - 5 cm) e de 1,14 g/cm³ a 1,18 g/cm³ (5 - 10 cm). Após a colheita da soja houve um decréscimo atingindo 1,15 g/cm³ (0 - 5 cm) e 1,16 g/cm³ (5 - 10 cm). Apresentou uma tendência a aumentar quando área permaneceu com o pisoteio do gado, passando de 1,15 g/cm³ a 1,20 g/cm³ (0-5 cm) e de 1,17 g/cm³ a 1,18 g/cm³ (5 -10 cm), mas não atingiu valores que caracterizassem um solo compactado, capaz de limitar o desenvolvimento da cultura subsequente ao pastejo.

BOWEM (1985), sugeriu valores críticos generalizados de densidade, para solo na capacidade de campo, com uma variação de 1,55 g/cm³ para solo de textura argilosa até 1,85 g/cm³ , para solo de textura arenosa. Os dados estão demonstrados nos gráficos 28 e 29.

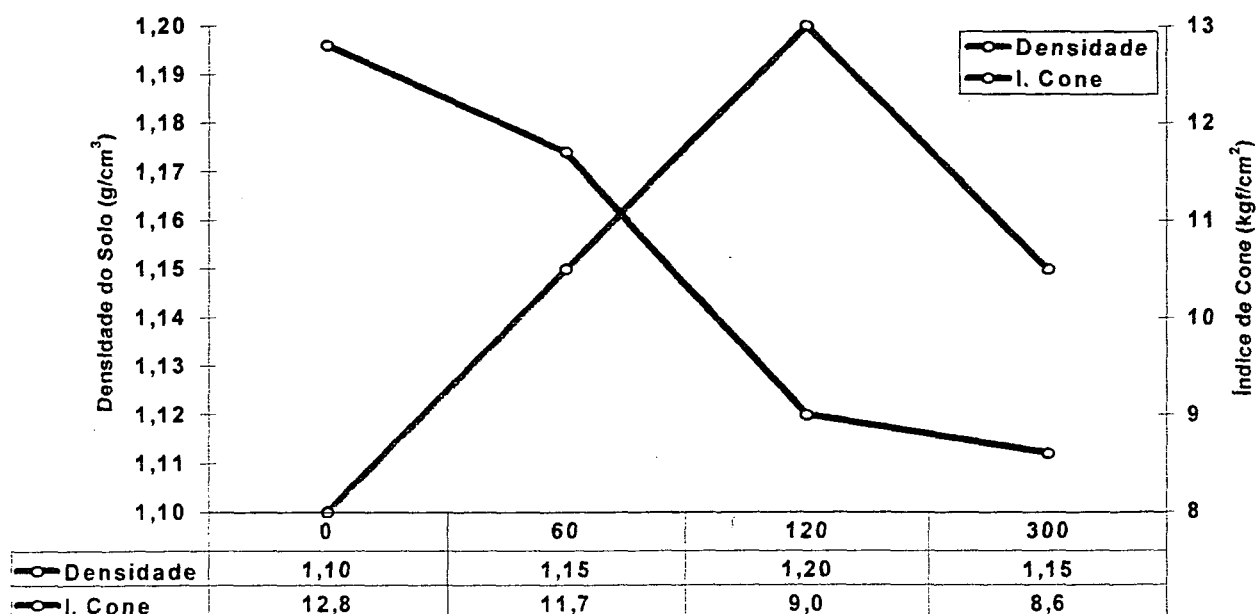


Fig. 28. Variação temporal da Densidade do solo e Índice de cone na profundidade de 0-5 cm com Umidade gravimétrica corrigida para 42 %.

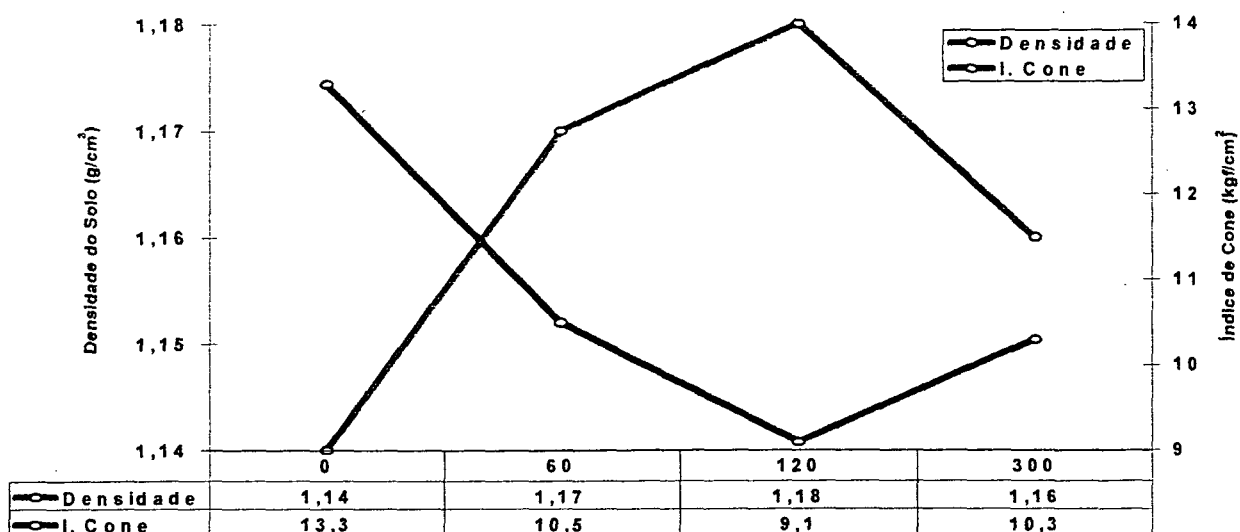


Fig. 29. Variação temporal da Densidade do solo e Índice de cone na profundidade de 5-10 cm com Umidade gravimétrica corrigida para 42%.

5 CONCLUSÃO

Com a metodologia adotada e os resultados obtidos, nas condições em que foi realizado o experimento, sugerem as seguintes conclusões:

1 - A produtividade da soja não foi afetada pela entrada dos animais, demonstrando que pode-se pastejar no inverno, áreas destinadas à lavoura de verão, em plantio direto, sem o comprometimento das culturas subseqüentes e problemas de compactação.

2 - Os altos valores obtidos para ganho médio diário e ganho de peso vivo por hectare, durante o período de julho a novembro, considerado de perdas de peso de animais em pastagens nativas da região de Guarapuava, aumentam o interesse nas misturas utilizadas (Aveia branca, Azevém, Trevo branco e Trevo vermelho), como componentes de sistema de produção animal e recomendam a intensificação de avaliações com estas misturas.

3 - Os ganhos de peso médios diários e por hectare demonstram o potencial das espécies forrageiras de inverno, justificando a importância do sistema de integração Lavoura - Pecuária, o qual permite a terminação de animais em áreas onde anteriormente, no inverno eram plantadas com culturas de baixa remuneração ou com cobertura para o plantio direto.

4 - Na comparação dos valores do Índice de cone e Densidade do solo, para um conteúdo padrão de Umidade gravimétrica (42 %), nas profundidades estudadas (0-5 cm e 5-10 cm), durante os 4 (quatro) períodos, não foram constatadas diferenças, com suficiente magnitude, para caracterizar a presença de camadas compactadas, na área em estudo.

5 – O conhecimento do comportamento das variáveis Índice de cone e Densidade do solo, relacionadas com a umidade, como parâmetros para avaliar a compactação do solo, são importantes para entender a potencialidade e limitações do sistema Integração Lavoura - Pecuária, no LATOSSOLO BRUNO ÁLICO, analisado em Guarapuava.

ANEXOS

**ANEXO 1. RELAÇÃO DOS INSUMOS, DEFENSIVOS E OPERAÇÕES
UTILIZADOS NO PLANTIO DAS FORRAGEIRAS, NO PIQUETE 9.**

1. INSUMO	Kg ou L/ha
1.1 FERTILIZANTE	
05-25-25	312
Uréia	185
1.2 SEMENTE	
AVEIA	70
AZEVÉM	15
TREVO BRANCO	02
TREVO VERMELHO	05
1.3 DEFENSIVOS	
DIPTEREX	01
1.4 OPERAÇÕES	
	H/ha
SEMEADURA	01
APLI. DE URÉIA	02
APLI. DE INSETICIDA	01
1.5 OUTROS	
VERMÍFUGO	0,032
SAL MINERAL	30

Fonte: FAPA - Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária - 1997

**ANEXO 2. RELAÇÃO DOS INSUMOS, DEFENSIVOS E OPERAÇÕES
UTILIZADOS PARA A FORMAÇÃO DA LAVOURA DE SOJA,
NO PIQUETE 9.**

1. INSUMO	Kg ou L/ha
1.2 FERTILIZANTE	
00-25-25	200
1.3 SEMENTE	
SOJA BR 16	100
1.4 DEFENSIVOS	
ZAAP	03
BASAGRAN	0,8
COBRA	0,3
PIVOT	0,3
SELECT	0,35
DIMILIN	0,08
ASSIST	1,5
1.5 OPERAÇÕES	
SEMEADURA	01
HERBICIDA	03
COLHEITA	01

Fonte: FAPA - Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária - 1997

ANEXO 3. RECOMENDAÇÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO USO DO PENETRÔMETRO - SOLOTEST – REF. S - 210.

É utilizado para determinar a resistência à compressão do solo, resistência triaxial de solo, penetração com materiais betuminosos, etc. Sua função é medir a força aplicada em materiais para determinar a capacidade de resistir a cargas variáveis aplicadas sobre esses materiais. É usado no campo ou no laboratório, sendo o seu uso muito amplo. A medida obtida no aparelho corresponde a resistência no local ensaiado.

Sua utilização como taxa admissível demandará a aplicação de um coeficiente de segurança a critério do projetista da fundação.

É composto de dupla maçaneta (guidão), 4 hastes de 15” com 3 divisões, um anel dinamométrico capacidade 100 Kgf, uma ponta cônica removível, três luvas de emenda, certificado de aferição, gráfico do anel.

O relógio comparador do anel possui uma trava para possibilitar ao operador uma leitura mais precisa (após a leitura apertando-se o botão abaixo do mostrador o ponteiro voltará ao zero inicial); acondicionado em estojo.

ZERAÇÃO DO PENETRÔMETRO

Após a montagem, certificar que as luvas, junções e relógio comparador estejam bem seguros, em seguida coloca-se o aparelho na posição de uso e “zerar” o relógio comparador.

OPERAÇÃO

Com o terreno Já limpo, o aparelho na posição vertical, relógio comparador zerado fazer um esforço de compressão a fim de que a ponteira cônica penetre toda no solo. Fazer a leitura e ler o gráfico (curva de calibração do anel), à carga máxima de peneração. A resistência de penetração é obtida dividindo-se a carga de penetração pela ÁREA DE BASE DO CONE -0 28,4 mm=1,119 sq in=6,33 cm.

SEGURANÇA DO RELÓGIO

O relógio sendo um instrumento sensível e de alta precisão, deve ser protegido contra choques, quedas, umidade, manuseio irregular ou indelicado. Nunca deverá ser imergido em água, nem usado em tempo chuvoso e seu transporte deverá ser feito com proteção.

CALIBRAÇÃO E RECALIBRAÇÃO

O anel dinamométrico é fornecido pela SOLOTEST numerado e com certificado oficial de aferição. Em caso de perda a empresa fornece cópia, bastando citar esse número. Depois de constante uso deverá ser calibrado.

Nota: Em regiões de alta consistência ou compacidade, quando o cone não chega a penetrar inteiro e a carga estiver próximo do limite do anel dinamométrico a resistência poderá ser obtida multiplicando por um fator o quanto do cone penetrado.

A leitura mais fracionada por ser inevitável os erros.

Ex: Se penetrar apenas meio cone, multiplicar por 4.

Se penetrar apenas um quarto do cone, multiplicar por 16.

ANEXO 4. VALORES DE DENSIDADE DO SOLO (g/cm³) CALCULADOS, AO LONGO DO PERÍODO EXPERIMENTAL, NO PIQUETE 9.

Número da Amostra	Profundidade do solo (cm)	PERÍODOS			
		Jul/97	Set/97	Nov/97	Mai/98
1	0 – 5	1,24	0,96	1,24	1,09
	5 – 10	1,13	1,17	1,23	1,06
2	0 – 5	1,08	1,17	1,20	1,18
	5 – 10	1,06	1,21	1,09	1,20
3	0 – 5	1,16	1,17	1,19	1,01
	5 – 10	1,23	1,04	1,26	1,24
4	0 – 5	1,18	1,21	1,10	1,23
	5 – 10	1,20	1,18	1,23	1,24
5	0 – 5	1,15	1,18	1,13	1,07
	5 – 10	1,13	1,20	1,13	1,07
6	0 – 5	1,08	1,09	1,22	0,96
	5 – 10	1,12	1,06	1,11	1,13
7	0 – 5	1,16	1,16	1,15	0,87
	5 – 10	1,19	1,13	1,22	1,13
8	0 – 5	1,07	1,13	1,22	0,94
	5 – 10	1,21	1,29	1,20	1,01
9	0 – 5	1,06	1,18	1,04	1,03
	5 – 10	1,18	1,08	1,24	1,18
10	0 – 5	1,20	1,19	1,28	1,07
	5 – 10	1,22	1,29	1,22	1,15
11	0 – 5	1,10	1,23	1,18	1,01
	5 – 10	1,14	1,24	1,18	1,15
12	0 – 5	1,07	1,13	1,14	0,82
	5 – 10	1,07	1,10	1,06	1,20
13	0 – 5	1,26	0,99	1,23	1,11
	5 – 10	1,20	1,25	1,20	1,15
14	0 – 5	0,99	1,25	1,18	1,06
	5 – 10	1,17	1,18	1,26	1,17
15	0 – 5	1,03	1,12	1,23	0,95
	5 – 10	1,18	1,20	1,19	1,23
16	0 – 5	1,07	1,25	1,19	1,05
	5 – 10	1,14	1,28	1,09	1,10
17	0 – 5	1,21	1,04	1,26	1,12
	5 – 10	1,07	1,07	1,20	1,30
18	0 – 5	1,16	1,17	1,22	1,20
	5 – 10	1,17	1,24	1,14	1,13
19	0 – 5	1,08	1,20	1,28	1,24
	5 – 10	1,15	1,35	1,26	1,18
20	0 – 5	1,13	1,17	1,18	1,11
	5 – 10	1,32	1,25	1,23	1,23

ANEXO 5. VALORES DE DENSIDADE DE PARTÍCULAS (g/cm^3), CALCULADOS AO LONGO DO PERÍODO EXPERIMENTAL, NO PIQUETE 9.

Número da Amostra	Profundidade do solo (cm)	PERÍODOS			
		Jul/97	Set/97	Nov/97	Mai/98
1	0 – 5	2,74	2,38	2,74	2,63
	5 – 10	2,67	2,74	2,70	2,70
2	0 – 5	2,47	2,20	2,60	2,60
	5 – 10	2,60	2,56	2,50	2,67
3	0 – 5	2,47	2,50	2,56	2,53
	5 – 10	2,56	2,70	2,50	2,56
4	0 – 5	2,53	2,63	2,60	2,53
	5 – 10	2,56	2,74	2,44	2,70
5	0 – 5	2,53	2,53	2,53	2,38
	5 – 10	2,50	2,63	2,50	2,56
6	0 – 5	2,50	2,56	2,63	2,60
	5 – 10	2,47	2,53	2,53	2,56
7	0 – 5	2,56	2,38	2,50	2,67
	5 – 10	2,47	2,70	2,53	2,67
8	0 – 5	2,50	2,60	2,60	2,70
	5 – 10	2,53	2,74	2,63	2,60
9	0 – 5	2,47	2,63	2,63	2,50
	5 – 10	2,53	2,50	2,53	2,56
10	0 – 5	2,47	2,56	2,60	2,67
	5 – 10	2,60	2,70	2,53	2,90
11	0 – 5	2,53	2,60	2,60	2,60
	5 – 10	2,56	2,70	2,63	2,41
12	0 – 5	2,53	2,53	2,56	2,74
	5 – 10	2,50	2,67	2,67	2,70
13	0 – 5	2,50	2,53	2,63	2,56
	5 – 10	2,53	2,67	2,70	2,56
14	0 – 5	2,56	2,53	2,56	2,67
	5 – 10	2,56	2,67	2,70	2,70
15	0 – 5	2,56	2,67	2,53	2,53
	5 – 10	2,56	2,74	2,70	2,67
16	0 – 5	2,41	2,60	2,56	2,60
	5 – 10	2,47	2,82	2,63	2,70
17	0 – 5	2,63	2,35	2,60	2,56
	5 – 10	2,60	2,60	2,56	2,60
18	0 – 5	2,50	2,53	2,50	2,78
	5 – 10	2,70	2,60	2,60	2,70
19	0 – 5	2,63	2,70	2,60	2,70
	5 – 10	2,67	2,74	2,63	2,74
20	0 – 5	2,63	2,60	2,53	2,56
	5 – 10	2,67	2,70	2,63	2,63

ANEXO 6. VALORES DE UMIDADE GRAVIMÉTRICA (%) OBTIDOS AO LONGO DO PERÍODO EXPERIMENTAL, NO PIQUETE 9.

Número da Amostra	Profundidade do solo (cm)	PERÍODOS			
		Jul/97	Set/97	Nov/97	Mai/98
1	0 - 5	37,34	36,89	35,67	37,77
	5 - 10	48,43	45,64	39,74	41,64
2	0 - 5	48,00	43,96	43,42	47,67
	5 - 10	40,89	39,41	42,96	41,18
3	0 - 5	39,9	40,4	45,87	45,91
	5 - 10	39,74	42,05	39,81	41,08
4	0 - 5	38,8	35,06	45,88	43,27
	5 - 10	36,18	42,00	41,53	37,78
5	0 - 5	41,44	37,67	48,78	50,18
	5 - 10	43,01	43,09	43,36	42,8
6	0 - 5	35,64	40,07	41,8	50,62
	5 - 10	39,08	39,55	44,33	42,66
7	0 - 5	38,64	41,69	45,21	57,01
	5 - 10	38,87	37,06	41,48	41,46
8	0 - 5	43,22	40,63	44,52	51,67
	5 - 10	36,81	37,31	41,78	40,23
9	0 - 5	49,07	40,13	51,33	53,05
	5 - 10	43,21	43,27	43,99	44,48
10	0 - 5	40,00	38,87	43,08	49,08
	5 - 10	39,68	37,5	39,48	40,96
11	0 - 5	43,93	38,66	47,16	52,34
	5 - 10	41,03	35,44	39,67	40,27
12	0 - 5	38,46	39,93	43,79	60,58
	5 - 10	45,02	42,14	41,64	37,70
13	0 - 5	38,24	41,67	41,85	53,02
	5 - 10	38,24	40,57	39,87	41,58
14	0 - 5	42,86	40,38	44,67	49,44
	5 - 10	40,07	38,8	39,38	40,4
15	0 - 5	40,23	36,84	42,31	53,31
	5 - 10	37,6	35,95	43,56	37,7
16	0 - 5	38,24	39,12	44,37	52,26
	5 - 10	41,18	38,89	43,48	40,36
17	0 - 5	30,62	39,02	39,56	42,81
	5 - 10	43,91	42,12	39,14	37,16
18	0 - 5	40,14	38,85	43,73	43,75
	5 - 10	42,23	37,97	47,4	43,06
19	0 - 5	32,00	33,01	41,72	41,46
	5 - 10	33,33	33,33	39,06	37,33
20	0 - 5	34,03	41,28	42,67	50,89
	5 - 10	36,31	36,16	40,58	21,09

ANEXO 7. VALORES DE POROSIDADE (%) CALCULADOS AO LONGO DO PERÍODO EXPERIMENTAL, NO PIQUETE 9.

Número da Amostra	Profundidade do solo (cm)	PERÍODOS			
		Jul/97	Set/97	Nov/97	Mai/98
1	0 - 5	54,59	59,65	54,88	58,41
	5 - 10	57,63	57,18	54,55	60,81
2	0 - 5	56,15	46,62	53,92	54,53
	5 - 10	59,23	52,86	56,38	54,82
3	0 - 5	53,12	53,23	53,48	60,03
	5 - 10	52,09	61,54	49,76	51,79
4	0 - 5	53,5	53,92	57,71	51,48
	5 - 10	53,32	56,89	49,48	54,11
5	0 - 5	54,59	53,35	55,37	54,86
	5 - 10	54,96	54,52	54,96	58,39
6	0 - 5	56,69	57,47	53,47	63,17
	5 - 10	54,72	58,32	56,15	56,09
7	0 - 5	54,7	51,22	54,02	67,37
	5 - 10	52,01	58,34	51,64	57,63
8	0 - 5	57,01	56,35	53,01	65,04
	5 - 10	52,26	53,01	54,52	61,2
9	0 - 5	57,11	55,27	60,65	58,74
	5 - 10	53,35	56,69	50,86	54,09
10	0 - 5	51,37	53,78	50,74	59,69
	5 - 10	53,01	52,22	51,95	60,2
11	0 - 5	56,46	52,56	54,68	61,2
	5 - 10	55,47	53,97	55,12	52,13
12	0 - 5	57,55	55,21	55,47	70,11
	5 - 10	57,32	58,66	60,29	55,57
13	0 - 5	49,76	60,81	53,17	56,85
	5 - 10	52,41	53,05	55,43	55,32
14	0 - 5	61,31	50,7	53,94	60,29
	5 - 10	54,4	55,86	53,39	56,74
15	0 - 5	59,93	57,92	51,48	62,37
	5 - 10	54,09	56,03	55,86	53,79
16	0 - 5	55,56	51,95	53,63	59,68
	5 - 10	53,93	54,72	58,71	59,21
17	0 - 5	54,07	55,83	51,34	56,24
	5 - 10	58,92	58,62	53,32	49,83
18	0 - 5	53,7	53,97	51,02	56,91
	5 - 10	56,88	52,1	56,19	58,05
19	0 - 5	58,86	55,43	50,59	53,97
	5 - 10	57,04	50,85	52,13	56,89
20	0 - 5	56,91	54,83	53,35	56,85
	5 - 10	50,5	53,68	53,17	53,17

ANEXO 8. VALORES DE ÍNDICE DE CONE CALCULADOS EM Kgf/cm², AO LONGO DO PERÍODO EXPERIMENTAL, DO PIQUETE 9.

Número da Amostra	Profundidade do solo (cm)	PERÍODOS			
		Jul/97	Set/97	Nov/97	Mai/98
1	0 - 5	9,1	12,4	8,6	10,3
	5 - 10	9,5	8,3	6,8	11,3
2	0 - 5	9,7	11,3	9,5	6,3
	5 - 10	12,1	13,2	7,6	7,7
3	0 - 5	11,5	11,9	8,6	5,9
	5 - 10	14,7	9,9	9,4	8,8
4	0 - 5	10,9	14,9	9,4	5,3
	5 - 10	16,6	11,3	9,7	9,1
5	0 - 5	9,5	12,0	7,7	7,9
	5 - 10	12,4	10,3	9,4	10,7
6	0 - 5	17,7	10,6	11,9	8,3
	5 - 10	14,3	9,8	9,1	10,8
7	0 - 5	16,4	13,7	9,1	5,1
	5 - 10	17,4	13,0	7,9	9,8
8	0 - 5	14,5	13,3	9,3	6,2
	5 - 10	12,2	14,3	10,6	11,6
9	0 - 5	12,3	11,1	9,0	8,5
	5 - 10	12,9	12,4	10,2	10,9
10	0 - 5	15,9	12,6	11,5	9,7
	5 - 10	15,9	13,8	11,2	10,7
11	0 - 5	13,1	11,8	8,7	9,4
	5 - 10	13,6	9,9	9,0	10,8
12	0 - 5	12,7	13,7	10,3	6,8
	5 - 10	13,5	14,0	8,9	10,5
13	0 - 5	12,3	12,5	7,8	9,1
	5 - 10	13,8	9,4	8,7	10,3
14	0 - 5	13,0	11,7	7,9	7,5
	5 - 10	14,4	12,5	9,8	10,8
15	0 - 5	11,6	13,3	9,3	7,2
	5 - 10	15,0	13,7	7,7	11,3
16	0 - 5	15,8	12,9	8,8	7,4
	5 - 10	16,2	12,7	8,4	10,0
17	0 - 5	15,6	10,4	9,5	9,7
	5 - 10	13,0	9,2	9,7	13,3
18	0 - 5	12,3	12,4	9,4	8,8
	5 - 10	13,7	12,2	8,9	9,1
19	0 - 5	15,2	11,3	9,2	8,4
	5 - 10	15,5	14,0	8,9	11,1
20	0 - 5	14,2	10,0	7,1	8,0
	5 - 10	16,0	14,1	10,2	13,3

**ANEXO 9. DADOS OBTIDOS EM CAMPO, DOS 80 (OITENTA) PONTOS, DURANTE OS PERÍODOS AMOSTRADOS,
NA PROFUNDIDADE DE 0 – 5 cm.**

Amostra	Julho/97			Setembro/97			Novembro/97			Maio/98		
	UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)	UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)	UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)	UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)
1	37,34	1,24	9,1	36,89	0,96	12,4	35,67	1,24	8,6	37,77	1,09	10,3
2	48,36	1,08	9,7	43,96	1,17	11,3	43,42	1,20	9,5	47,67	1,18	6,3
3	39,90	1,16	11,5	40,40	1,17	11,9	45,87	1,19	8,6	45,91	1,01	5,9
4	38,80	1,18	10,9	35,06	1,21	14,9	45,88	1,10	9,4	43,27	1,23	5,3
5	41,44	1,15	9,5	37,67	1,18	12,0	48,78	1,13	7,7	50,18	1,07	7,9
6	35,64	1,08	17,7	40,07	1,09	10,6	41,80	1,22	11,9	50,62	0,96	8,3
7	38,64	1,16	16,4	41,69	1,16	13,7	45,21	1,15	9,1	57,01	0,87	5,1
8	43,22	1,07	14,5	40,63	1,13	13,3	44,52	1,22	9,3	51,67	0,94	6,2
9	49,07	1,06	12,3	40,13	1,18	11,1	51,33	1,04	9,0	53,05	1,03	8,5
10	40,00	1,20	15,9	38,87	1,19	12,6	43,08	1,28	11,5	49,08	1,07	9,7
11	43,93	1,10	13,1	38,66	1,23	11,8	47,16	1,18	8,7	52,34	1,01	9,4
12	38,46	1,07	12,7	39,33	1,13	13,7	43,79	1,14	10,3	60,58	0,82	6,8
13	38,24	1,26	12,3	41,67	0,99	12,5	41,85	1,23	7,8	53,02	1,11	9,1
14	42,86	0,99	13,0	40,38	1,25	11,7	44,67	1,18	7,9	49,44	1,06	7,5
15	40,23	1,03	11,6	36,84	1,12	13,3	42,31	1,23	9,3	53,31	0,95	7,2
16	38,24	1,07	15,8	39,12	1,25	12,9	44,37	1,19	8,8	52,26	1,05	7,4
17	30,62	1,21	15,6	39,02	1,04	10,4	39,56	1,26	9,5	42,81	1,12	9,7
18	40,14	1,16	12,3	38,85	1,17	12,4	43,73	1,22	9,4	43,75	1,20	8,8
19	32,00	1,08	15,2	33,01	1,20	11,3	41,72	1,28	9,2	41,46	1,24	8,4
20	34,03	1,13	14,2	41,28	1,17	10,0	42,67	1,18	7,1	50,89	1,11	8,0

**ANEXO 10. DADOS OBTIDOS EM CAMPO, DOS 80 (OITENTA) PONTOS, DURANTE OS PERÍODOS AMOSTRADOS ,
NA PROFUNDIDADE DE 5 - 10 cm.**

Amostra	Julho/97			Setembro/97			Novembro/97			Maio/98		
	UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)	UMIDADE (%)	D.SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)	UMIDADE (%)	D.SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)	UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)
1	48,43	1,13	9,5	45,64	1,17	8,3	39,74	1,23	6,8	41,64	1,06	11,3
2	40,89	1,06	12,1	39,41	1,21	13,2	42,96	1,09	7,6	41,18	1,20	7,7
3	39,74	1,23	14,7	42,05	1,04	9,9	39,81	1,26	9,4	41,08	1,24	8,8
4	36,18	1,20	16,6	42,00	1,18	11,3	41,53	1,23	9,7	37,78	1,24	9,1
5	43,01	1,13	12,4	43,09	1,20	10,3	43,36	1,13	9,4	42,80	1,07	10,7
6	39,08	1,12	14,3	39,55	1,06	9,8	44,33	1,11	9,1	42,66	1,13	10,8
7	38,87	1,19	17,4	37,06	1,13	13,0	41,48	1,22	7,9	41,46	1,13	9,8
8	36,81	1,21	12,2	37,31	1,29	14,3	41,78	1,20	10,6	40,23	1,01	11,6
9	43,21	1,18	12,9	43,27	1,08	12,4	43,99	1,24	10,2	44,48	1,18	10,9
10	39,68	1,22	15,9	37,50	1,29	13,8	39,48	1,22	11,2	40,96	1,15	10,7
11	41,03	1,14	13,6	35,44	1,24	9,9	39,67	1,18	9,0	40,27	1,15	10,8
12	45,02	1,07	13,5	42,14	1,10	14,0	41,64	1,06	8,9	37,70	1,20	10,5
13	38,24	1,20	13,8	40,57	1,25	9,4	39,87	1,20	8,7	41,58	1,15	10,3
14	40,07	1,17	14,4	38,80	1,18	12,5	39,38	1,26	9,8	40,40	1,17	10,8
15	37,60	1,18	15,0	35,95	1,20	13,7	43,56	1,19	7,7	37,70	1,23	11,3
16	41,18	1,14	16,2	38,89	1,28	12,7	43,48	1,09	8,4	40,36	1,10	10,0
17	43,91	1,07	13,0	42,12	1,07	9,2	39,14	1,20	9,7	37,16	1,30	13,3
18	42,43	1,17	13,7	37,97	1,24	12,2	47,40	1,14	8,9	43,06	1,13	9,1
19	33,33	1,15	15,5	33,33	1,35	14,0	39,06	1,26	8,9	37,33	1,18	11,1
20	36,31	1,32	16,0	36,16	1,25	14,1	40,58	1,23	10,2	37,50	1,23	13,3

Anexo 11. Coeficientes de correlação (r) , de determinação (r²) , valor de a, valor de b, e ANOVA, das variáveis analisadas, durante os 4 (quatro) períodos de amostragens , nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.

Variáveis	Coeficiente de correlação (r)	Coeficiente de determinação(r ²)	Valores de a	Valores de b	Erro Padrão	ANOVA
IC x U – Jul/97	0,85660171	0,73376649	-0,263573083	23,88868351	1,096346611	*
IC x U – Set/97	0,999784295	0,999568636	-0,18137515	19,2866972	0,104547141	**
IC x U – Nov/97	0,204087322	0,041651635	-0,018804947	9,773092123	1,985646378	n.s.
IC x U – Mai/98	0,673559728	0,453682708	-0,146498772	14,74789034	3,254883404	n.s.
DS x U – Jul/97	0,651226993	0,424096596	-0,004658182	1,296644232	0,108218401	n.s.
DS x U – Set/97	0,480770068	0,234439859	-0,00343513	0,004468798	0,175357588	n.s.
DS x U - Nov/97	0,900122659	0,810220801	-0,012668625	1,734992764	0,134969676	*
DS x U - Mai/98	0,841857005	0,708723217	-0,014987578	1,779444384	0,194536527	*

Variáveis	Coeficiente de De correlação (r)	Coeficiente de determinação (r ²)	Valor de a	Valor de b	Erro Padrão	ANOVA
IC x U – Jul/97	0,889093311	0,790486915	-0,357095334	28,25043484	3,819083896	*
IC x U – Set/97	0,88947666	0,791168728	-0,4045622394	27,50356404	4,847958021	*
IC x U – Nov/97	0,658625835	0,433787991	-0,052789177	11,28485296	2,644613884	n.s.
IC x U – Mai/98	0,972062716	0,944905925	-0,2356305	20,19233226	2,32818062	n.s.
DS x U – Jul/97	0,571222482	0,326295124	-0,004947001	1,34713388	0,147668657	n.s.
DS x U – Set/97	0,744202788	0,599359957	-0,011994915	1,671210285	0,228724922	n.s.
DS x U - Nov/97	0,859366471	0,738510731	-0,009799816	1,593164595	0,255701371	n.s.
DS x U - Mai/98	0,789222703	0,622872474	-0,013088376	1,706181414	0,416732452	n.s.

** = Significativo em nível de 1%

U = Unidade Gravimétrica

IC = Índice de Cone

DS = Densidade do Solo

n.s. = Não significativo

* = Significativo em nível de 5%

**ANEXO 12. DADOS AGRUPADOS POR ESTRATOS CRESCENTES DE
UMIDADE GRAVIMÉTRICA (%).**

Período 0 (Julho/97 - 0 - 5 cm)		
UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)
30,62	1,21	15,6
32,00	1,08	15,2
34,03	1,13	14,2
35,64	1,08	17,7
37,34	1,24	9,1
38,24	1,26	12,3
38,24	1,07	15,8
38,46	1,07	12,7
38,64	1,16	16,4
38,80	1,18	10,9
39,90	1,16	11,5
40,00	1,20	15,9
40,14	1,16	12,3
40,23	1,03	11,6
41,44	1,15	9,5
42,86	0,99	13,0
43,22	1,07	14,5
43,93	1,10	13,1
48,36	1,08	9,7
49,07	1,06	12,3

Intervalo	Umidade	Densidade	I. Cone
30 - 33	31,31	1,15	15,40
33 - 36	34,84	1,11	15,95
36 - 39	38,29	1,16	12,87
39 - 42	40,34	1,14	12,16
42 - 45	43,34	1,05	13,53
45 - 48			
48 - 51	48,72	1,07	11,00

Intervalo	Umidade	Densidade
30 - 33	31,31	1,15
33 - 36	34,84	1,11
36 - 39	38,29	1,16
39 - 42	40,34	1,14
42 - 45	43,34	1,05
48 - 51	48,72	1,07

Intervalo	Umidade	I. Cone
30 - 33	31,31	15,4
33 - 36	34,84	16,0
36 - 39	38,29	12,9
39 - 42	40,34	12,2
42 - 45	43,34	13,5
48 - 51	48,72	11,0

Período 0 (Julho/97 - 5 - 10 cm)		
UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)
33,33	1,15	15,5
36,18	1,20	16,6
36,31	1,32	16,0
36,81	1,21	12,2
37,60	1,18	15,0
38,24	1,20	13,8
38,87	1,19	17,4
39,08	1,12	14,3
39,68	1,22	15,9
39,74	1,23	14,7
40,07	1,17	14,4
40,89	1,06	12,1
41,03	1,14	13,6
41,18	1,14	16,2
42,43	1,17	13,7
43,01	1,13	12,4
43,21	1,18	12,9
43,91	1,07	13,0
45,02	1,07	13,5
48,43	1,13	9,5

Intervalo	Umidade	Densidade	I. Cone
33 - 36	33,33	1,15	15,50
36 - 39	37,34	1,22	15,17
39 - 42	40,24	1,15	14,46
42 - 45	43,14	1,14	13,00
45 - 48	45,02	1,07	13,50
48 - 51	48,43	1,13	9,50

Intervalo	Umidade	Densidade
33 - 36	33,33	1,15
36 - 39	37,34	1,22
39 - 42	40,24	1,15
42 - 45	43,14	1,14
45 - 48	45,02	1,07
48 - 51	48,43	1,13

Intervalo	Umidade	I. Cone
33 - 36	33,33	15,5
36 - 39	37,34	15,2
39 - 42	40,24	14,5
42 - 45	43,14	13,0
45 - 48	45,02	13,5
48 - 51	48,43	9,5

**ANEXO 13.: DADOS AGRUPADOS POR ESTRATOS CRESCENTES DE
UMIDADE GRAVIMÉTRICA (%).**

Periodo 60 (Setembro/97. 0 - 5cm)		
UMIDADE (%)	D.SOLO (g/cm³)	I. CONE (Kjf/cm²)
33,01	1,20	11,3
35,06	1,21	14,9
36,84	1,12	13,3
36,89	0,96	12,4
37,67	1,18	12,0
38,66	1,23	11,8
38,85	1,17	12,4
38,87	1,19	12,6
39,02	1,04	10,4
39,12	1,25	12,9
39,33	1,13	13,7
40,07	1,09	10,6
40,13	1,18	11,1
40,38	1,25	11,7
40,40	1,17	11,9
40,63	1,13	13,3
41,28	1,17	10,0
41,67	0,99	12,5
41,69	1,16	13,7
43,96	1,17	11,3

Intervalo	Umidade	Densidade	I. Cone
33 - 36	34,04	1,21	13,10
36 - 39	37,96	1,14	12,42
39 - 42	40,34	1,14	11,98
42 - 45	43,96	1,17	11,30

Intervalo	Umidade	Densidade
33 - 36	34,04	1,21
36 - 39	37,96	1,14
39 - 42	40,34	1,14
42 - 45	43,96	1,17

Intervalo	Umidade	I. Cone
33 - 36	34,04	13,1
36 - 39	37,96	12,4
39 - 42	40,34	12,0
42 - 45	43,96	11,3

Periodo 60 (Setembro/97. 5-10cm)		
UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm³)	I. CONE (Kgf/cm²)
33,33	1,35	14,0
35,44	1,24	9,9
35,95	1,20	13,7
36,16	1,25	14,1
37,06	1,13	13,0
37,31	1,29	14,3
37,50	1,29	13,8
37,97	1,24	12,2
38,80	1,18	12,5
38,89	1,28	12,7
39,41	1,21	13,2
39,55	1,06	9,8
40,57	1,25	9,4
42,00	1,18	11,3
42,05	1,04	9,9
42,12	1,07	9,2
42,14	1,10	14,0
43,09	1,20	10,3
43,27	1,08	12,4
45,64	1,17	8,3

Intervalo	Umidade	Densidade	I. Cone
33 - 36	34,91	1,26	12,53
36 - 39	37,67	1,24	13,23
39 - 42	40,38	1,18	10,93
42 - 45	42,53	1,10	11,16
45 - 48	45,64	1,17	8,30

Intervalo	Umidade	Densidade
33 - 36	34,91	1,26
36 - 39	37,67	1,24
39 - 42	40,38	1,18
42 - 45	42,53	1,10
45 - 48	45,64	1,17

Intervalo	Umidade	I. Cone
33 - 36	34,91	12,5
36 - 39	37,67	13,2
39 - 42	40,38	10,9
42 - 45	42,53	11,2
45 - 48	45,64	8,3

**ANEXO 14 : DADOS AGRUPADOS POR ESTRATOS CRESCENTES DE
UMIDADE GRAVIMÉTRICA (%).**

Período 120 (Novembro/97 0 - 5cm)		
UMIDADE (%)	D.SOLO (g/cm³)	I. CONE (Kgf/cm²)
35,67	1,24	8,6
39,56	1,26	9,5
41,72	1,28	9,2
41,80	1,22	11,9
41,85	1,23	7,8
42,31	1,23	9,3
42,67	1,18	7,1
43,08	1,28	11,5
43,42	1,20	9,5
43,73	1,22	9,4
43,79	1,14	10,3
44,37	1,19	8,8
44,52	1,22	9,3
44,67	1,18	7,9
45,21	1,15	9,1
45,87	1,19	8,6
45,88	1,10	9,4
47,16	1,18	8,7
48,78	1,13	7,7
51,33	1,04	9,0

Intervalo	Umidade	Densidade	I. Cone
35 - 38	35,67	1,24	8,60
38 - 41	39,56	1,26	9,50
41 - 44	42,71	1,22	9,56
44 - 47	45,09	1,17	8,85
47 - 50	47,97	1,16	8,20
50 - 53	51,33	1,04	9,00

Intervalo	Umidade	Densidade
35 - 38	35,67	1,24
38 - 41	39,56	1,26
41 - 44	42,71	1,22
44 - 47	45,09	1,17
47 - 50	47,97	1,16
50 - 53	51,33	1,04

Intervalo	Umidade	I. Cone
35 - 38	35,67	8,6
38 - 41	39,56	9,5
41 - 44	42,71	9,6
44 - 47	45,09	8,9
47 - 50	47,97	8,2
50 - 53	51,33	9,0

Período 120 (Novembro/97 5-10cm)		
UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm³)	I. CONE (Kgf/cm²)
39,06	1,26	8,9
39,14	1,20	9,7
39,38	1,26	9,8
39,48	1,22	11,2
39,67	1,18	9,0
39,74	1,23	6,8
39,81	1,26	9,4
39,87	1,20	8,7
40,58	1,23	10,2
41,48	1,22	7,9
41,53	1,23	9,7
41,64	1,06	8,9
41,78	1,20	10,6
42,96	1,09	7,6
43,36	1,13	9,4
43,48	1,09	8,4
43,56	1,19	7,7
43,99	1,24	10,2
44,33	1,11	9,1
47,40	1,14	8,9

Intervalo	Umidade	Densidade	I.Cone
39 - 42	40,24	1,21	9,29
42 - 45	43,61	1,14	8,73
45 - 48	47,40	1,14	8,90

Intervalo	Umidade	Densidade
39 - 42	40,24	1,21
42 - 45	43,61	1,14
45 - 48	47,40	1,14

Intervalo	Umidade	I. Cone
39 - 42	40,24	9,3
42 - 45	43,61	8,7
45 - 48	47,40	8,9

**ANEXO 15: DADOS AGRUPADOS POR ESTRATOS CRESCENTES DE
UMIDADE GRAVIMÉTRICA (%).**

Período 300 (Maio/98 - 0 - 5cm)		
UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)
37,77	1,09	10,3
41,46	1,24	8,4
42,81	1,12	9,7
43,27	1,23	5,3
43,75	1,20	8,8
45,91	1,01	5,9
47,67	1,18	6,3
49,08	1,07	9,7
49,44	1,06	7,5
50,18	1,07	7,9
50,62	0,96	8,3
50,89	1,11	8,0
51,67	0,94	6,2
52,26	1,05	7,4
52,34	1,01	9,4
53,02	1,11	9,1
53,05	1,03	8,5
53,31	0,95	7,2
57,01	0,87	5,1
60,58	0,82	6,8

Intervalo	Umidade	Densidade	I. Cone
37 - 40	37,77	1,09	10,30
40 - 43	42,14	1,18	9,05
43 - 46	44,31	1,15	6,67
46 - 49	47,67	1,18	6,30
49 - 52	50,31	1,04	7,93
52 - 55	52,80	1,03	8,32
55 - 58	57,01	0,87	5,10
58 - 61	60,58	0,82	6,80

Intervalo	Umidade	Densidade
37 - 40	37,77	1,09
40 - 43	42,14	1,18
43 - 46	44,31	1,15
46 - 49	47,67	1,18
49 - 52	50,31	1,04
52 - 55	52,80	1,03
55 - 58	57,01	0,87
58 - 61	60,58	0,82

Intervalo	Umidade	I. Cone
37 - 40	37,77	10,3
40 - 43	42,14	9,1
43 - 46	44,31	6,7
46 - 49	47,67	6,3
49 - 52	50,31	7,9
52 - 55	52,80	8,3
55 - 58	57,01	5,1
58 - 61	60,58	6,8

Período 300 (Maio/98 - 5 - 10cm)		
UMIDADE (%)	D. SOLO (g/cm ³)	I. CONE (Kgf/cm ²)
37,16	1,30	13,3
37,33	1,18	11,1
37,50	1,23	13,3
37,70	1,20	10,5
37,70	1,23	11,3
37,78	1,24	9,1
40,23	1,01	11,6
40,27	1,15	10,8
40,36	1,10	10,0
40,40	1,17	10,8
40,96	1,15	10,7
41,08	1,24	8,8
41,18	1,20	7,7
41,46	1,13	9,8
41,58	1,15	10,3
41,64	1,06	11,3
42,66	1,13	10,8
42,80	1,07	10,7
43,06	1,13	9,1

Intervalo	Umidade	Densidade	I. Cone
37 - 40	37,53	1,23	11,43
40 - 43	41,22	1,13	10,28
43 - 46	43,77	1,16	10,00

Intervalo	Umidade	Densidade
37 - 40	37,53	1,23
40 - 43	41,22	1,13
43 - 46	43,77	1,16

Intervalo	Umidade	I. Cone
37 - 40	37,53	11,4
40 - 43	41,22	10,3
43 - 46	43,77	10,0

**ANEXO 16. MÉDIAS DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS, NOS PERÍODOS E
PROFUNDIDADES AMOSTRADOS.**

Julho/97 – 0 a 5cm					
UMIDADE (%)		D. SOLO (g/cm ³)		I. CONE (Kgf/cm ²)	
Média	39,558	Média	1,124	Média	13,165
Erro Padrão	1,039	Erro Padrão	0,016	Erro Padrão	0,546
Mediana	39,350	Mediana	1,115	Mediana	12,850
Desvio Padrão	4,645	Desvio Padrão	0,072	Desvio Padrão	2,441
Variância	21,577	Variância	0,005	Variância	5,957
Mínimo	30,620	Mínimo	0,990	Mínimo	9,100
Máximo	49,070	Máximo	1,260	Máximo	17,700
Contagem	20,000	Contagem	20,000	Contagem	20,000

Julho/97 – 5 a 10cm					
UMIDADE (%)		D. SOLO (g/cm ³)		I. CONE (kjf/cm ²)	
Média	40,251	Média	1,164	Média	14,135
Erro Padrão	0,783	Erro Padrão	0,014	Erro Padrão	0,419
Mediana	39,905	Mediana	1,170	Mediana	14,050
Desvio Padrão	3,501	Desvio Padrão	0,062	Desvio Padrão	1,875
Variância	12,255	Variância	0,004	Variância	3,516
Mínimo	33,330	Mínimo	1,060	Mínimo	9,500
Máximo	48,430	Máximo	1,320	Máximo	17,400
Contagem	20,000	Contagem	20,000	Contagem	20,000

ANEXO 17. MÉDIAS DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS, NOS PERÍODOS E PROFUNDIDADES AMOSTRADOS.

Setembro/97 – 0 a 5cm					
UMIDADE (%)		D.SOLO (g/cm³)		I. CONE (Kgf/cm²)	
Média	39,177	Média	1,150	Média	12,190
Erro Padrão	0,550	Erro Padrão	0,018	Erro Padrão	0,276
Mediana	39,225	Mediana	1,170	Mediana	12,200
Desvio Padrão	2,461	Desvio Padrão	0,078	Desvio Padrão	1,236
Variância	6,055	Variância	0,006	Variância	1,528
Mínimo	33,010	Mínimo	0,960	Mínimo	10,000
Máximo	43,960	Máximo	1,250	Máximo	14,900
Contagem	20,000	Contagem	20,000	Contagem	20,000

Setembro/97 – 5 a 10cm					
UMIDADE (%)		D. SOLO (g/cm³)		I. CONE (Kgf/cm²)	
Média	39,413	Média	1,191	Média	11,900
Erro Padrão	0,705	Erro Padrão	0,020	Erro Padrão	0,436
Mediana	39,150	Mediana	1,200	Mediana	12,450
Desvio Padrão	3,151	Desvio Padrão	0,087	Desvio Padrão	1,951
Variância	9,929	Variância	0,008	Variância	3,807
Mínimo	33,330	Mínimo	1,040	Mínimo	8,300
Máximo	45,640	Máximo	1,350	Máximo	14,300
Contagem	20,000	Contagem	20,000	Contagem	20,000

**ANEXO 18. MÉDIAS DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS, NOS PERÍODOS E
PROFUNDIDADES AMOSTRADOS.**

Novembro/97 - 0 a 5cm					
UMIDADE (%)		D.SOLO (g/cm³)		I. CONE (Kgf/cm²)	
Média	43,870	Média	1,193	Média	9,130
Erro Padrão	0,735	Erro Padrão	0,013	Erro Padrão	0,259
Mediana	43,760	Mediana	1,195	Mediana	9,150
Desvio Padrão	3,287	Desvio Padrão	0,060	Desvio Padrão	1,158
Variância	10,803	Variância	0,004	Variância	1,340
Mínimo	35,670	Mínimo	1,040	Mínimo	7,100
Máximo	51,330	Máximo	1,280	Máximo	11,900
Contagem	20,000	Contagem	20,000	Contagem	20,000

Novembro/97 - 5 a 10cm					
UMIDADE (%)		D.SOLO (g/cm³)		I. CONE (Kgf/cm²)	
Média	41,612	Média	1,187	Média	9,105
Erro Padrão	0,501	Erro Padrão	0,014	Erro Padrão	0,242
Mediana	41,505	Mediana	1,200	Mediana	9,050
Desvio Padrão	2,242	Desvio Padrão	0,062	Desvio Padrão	1,081
Variância	5,028	Variância	0,004	Variância	1,168
Mínimo	39,060	Mínimo	1,060	Mínimo	6,800
Máximo	47,400	Máximo	1,260	Máximo	11,200
Contagem	20,000	Contagem	20,000	Contagem	20,000

ANEXO 19. MÉDIAS DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS, NOS PERÍODOS E PROFUNDIDADES AMOSTRADOS.

Maio/98 – 0 a 5cm					
UMIDADE (%)		D. SOLO (g/cm³)		I. CONE (Kgf/cm²)	
Média	49,305	Média	1,056	Média	7,790
Erro Padrão	1,232	Erro Padrão	0,025	Erro Padrão	0,338
Mediana	50,400	Mediana	1,065	Mediana	7,950
Desvio Padrão	5,512	Desvio Padrão	0,113	Desvio Padrão	1,512
Variância	30,381	Variância	0,013	Variância	2,286
Mínimo	37,770	Mínimo	0,820	Mínimo	5,100
Máximo	60,580	Máximo	1,240	Máximo	10,300
Contagem	20,000	Contagem	20,000	Contagem	20,000

Maio/98 – 5 a 10cm					
UMIDADE (%)		D. SOLO (g/cm³)		I. CONE (Kgf/cm²)	
Média	40,367	Média	1,163	Média	10,595
Erro Padrão	0,486	Erro Padrão	0,016	Erro Padrão	0,300
Mediana	40,680	Mediana	1,160	Mediana	10,750
Desvio Padrão	2,174	Desvio Padrão	0,070	Desvio Padrão	1,343
Variância	4,728	Variância	0,005	Variância	1,805
Mínimo	37,160	Mínimo	1,010	Mínimo	7,700
Máximo	44,480	Máximo	1,300	Máximo	13,300
Contagem	20,000	Contagem	20,000	Contagem	20,000

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADUR, A F. Comportamento de um LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO, textura argilosa, quando submetido a diferentes energias de compactação. Curitiba, 1990. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.**
- BACCHI, O. O. S. Efeitos da compactação sobre o sistema solo-planta em culturas de cana de açúcar. Piracicaba, 1976. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz ". 67p.**
- BAVER, L. ; GARDNER, W. H. ; GARDNER, W. R. Física del Suelos. México. Ed. Hispano – Americana. 529 p. 1973.**
- BECKKER, M. G. Mechanical properties of soil and problems of compaction. Trans. Asae. 4(2). p.231-238,1961.**
- BELTRAME, L. F. S. ; GONDIN, L. A P. ; TAYLOR, J. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas. v.5, p.145-149, 1981.**
- BENGOUGH, A G. ; MULLYINS, C. E. The resistence experienced by roots growing in a pressurised cell. A reappraisal. Plant and Soil. v.123, p.73-82, 1990.**

BERTOL, I. **Degradação física do solo sob a cultura do alho.** Revista Agropecuária Catarinense. Florianópolis, v.2, p.47-50, 1989.

BERTOL, I. **Erosão hídrica em CAMBISSOL HÚMICO DISTRÓFICO sob diferentes preparos de solo e rotação de culturas.** Revista Brasileira de Ciência de Solo, Campinas, v.18, p.267-271, 1994,

BERTOL, I. ; SANTOS, J.C.P. **Uso do solo e propriedades físico - hídricas no Planalto Catarinense.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.30, p.263-267, Fev.1995.

BERTOL, I. et al. **Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, p 1 -10, 1997.

BLAZER, R. R. **Efecto del animal sobre la pastura.** In: Empleo de los animales en las investigaciones sobre pasturas. IICA. Zona Sur. Osvaldo Paladines. 1966.

BOWEN, J. E. ; KRATKY, B. A . **Compactacion del suelo.** Agricultura de Las Americas. (6). p.10-14, 1985.

BRADFORD, J. M.; GUPTA, S. C. **Soil Compressibility.** In: Methods of Soil Analysis. 2 ed., Madison, American Soc. Agronomy. Part 1. Agronomy Series. n.9. 1976.

BRASIL, S. C .L. **Efeito do Pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema plantio direto.** Curitiba. 1998. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CABEDA, M. S. V. **Degradação física e erosão do solo.** I Simpósio de manejo de solo e plantio direto no Sul do Brasil. III Simpósio de Conservação de solo do Planalto. Anais. Passo fundo. RS. 1986.

CAMARGO, O. C. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas.** Fundação CARGILL. Campinas. 45 p. 1983.

CARVALHO, S. R. **Influência de dois sistemas de manejo de pastagens na compactação de uma TERRA ROXA ESTRUTURADA.** Piracicaba, 1976. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz " USP.

CASSEL, D. K. et al. **Subsoiling.** Crops and Soil Magazine. Madison, 32:7-10. 1982.

CASSEL, D. K. ; BAVER, A . **Spatial variability in soils below depth of tillage.** Bulk density and 15 atmosphere moisture percentage. Soil Science. Soc. Am. J. v.39, p.247-250. 1975.

CINTRA, F. L. D. ; **Caracterização do impedimento mecânico em LATOSSOLOS do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 1980. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CINTRA, F. L. D. ; MIELNICZUK, J. **Potencial de algumas espécies vegetais para recuperação de solos com propriedades físicas degradadas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.7, n.2. p.197-201, 1983.

CINTRA, F. L. D. ; MIELNICZUK, J. ; SCOPEL, I. **Caracterização do impedimento mecânico em um LATOSSOLO ROXO do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.7, n.2. p.323-327, 1983.

COIMBRA C. H. ; SOUZA, M. L. P. ; MORAES, A de. **Avaliação do efeito do impacto do animal no solo em áreas de plantio direto envolvidos na integração lavoura – pecuária.** Simpósio sobre avaliação de Pastagens com animais. P. 129-150. Maringá. 1997.

CORREA, J. C. **Limites de consistência de solo da Amazônia Central e sua importância agrícola.** Pesquisa Agropecuária. Brasília, v.17, n.6. p.917-921, Jun.1982.

CORRÊA, J. C.; REICHARDT, K. **Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um LATOSSOLO AMARELO da Amazônia Central.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.30, n.1 p.107-114, jan.1995

DALLA ROSA A. **Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo.** Porto Alegre, 1981.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) U.F.R.S. 136 p.

DERPSCH, R. **Importância da rotação de cultura e da adubação verde nos sistemas de produção trigo - soja no Sul do Brasil:** In: Simpósio Internacional sobre Plantio Direto em sistemas sustentáveis. p.58-74, 1993.

EAVIS, B. W. **Soil physical conditions affecting seedling root growth.** Plant and Soil. v.36, p.613-622, 1972.

ELTZ, F. L. F. ; PEIXOTO, R. T. G. ; JATER, F. **Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um LATOSSO BRUNO ÁLICO.** Revista Brasileira de Ciência de Solo, Campinas, v.13, p.259-267.1989.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná.** Curitiba. SUDESUL/IAPAR. v.2, 1984.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solos.** Rio de Janeiro, ed. 2 , 1997.

DEPARTMENT OF DIVISION STAFF. Estados Unidos. **Agriculture Soil Survey Manual.** p.181 –185. 473 p. Washington. 1993.

FEDERER, C. A ; TEMPAS, G. H. ; SCHMIDT, C. B. et al. **Pasture soil compaction by animal traffic.** Notes Agronomy Journal. 53(1), p.53-54, 1961.

GRADWELL, M. W. **Soil moisture deficiencies in puddled pasture.** New Zeland Journal Agronomy Research. v.9, p.127-136, 1966.

GROHMANN, F. **Compacidade.** Em Elementos de Pedologia. Coordenado por Antônio C. Moniz. Ed. Polígono. USP. São Paulo. p.93-99, 1972.

HENSATH, D. L. ; MAZURAK, A P. **Seedling growth of sorghum in clay-sand mixtures at various compactions and water contents.** Soil Science Society American Proceedings. v.38, p.387-390, 1974.

MACHADO, J. A ; BRUM, A C. R. **Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v.2, p.81-84, Maio/agosto. 1978.

MARASCHIN, G. E. ; FERREIRA, F. L. Q. **Desempenho animal em misturas de espécies forrageiras de estação fria.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília. V.5, p.535-541, Maio.1987.

MARASCHIN, G. E. ; MOTT, G. O . **Resposta de uma complexa mistura de pastagem tropical a diferentes sistemas de pastejo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 24:221-227. 1989.

MATA, V. J. D. de. **Relações entre as características físicas e os níveis de compactação de alguns latossolos paranenses.** Curitiba, 1988. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MORAES, A de. ; BRASIL, S. C. L. **Efeito do animal sobre as características do solo e a produção de forragens.** Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais, Maringá, Anais. p.129-149, 1997.

MORAES, A de. ; MARASCHIN, G. E. NABINGER, C. **Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável.** In: Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros, XXXII Reunião Anual da Soc. Bras. de Zootecnia, Brasília. D.F. p. 146-200, 1995.

MORAES, A de. **Culturas forrageiras de inverno.** In: Simpósio Brasileiro de Forrageiras e Pastagens, Campinas: C.B.N.A p.67-68. 1994.

MOTT, G. O ; LUCAS, H. L. **The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures.** In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, (6: 1952: Pennsylvania) Proceedings. Pennsylvania: State College Press, 1952. p. 1380-1385.

MURPHY, W. M. ; MENA BARRETO, A D.; DINDAL, D. L.; SILMAN, J. P. **Cattle and sheep grazing effects on soil organisms, fertility and compaction in a smooth-stalked meadowgrass-dominant white clover sward.** Grass and Forage Science. v.50, p.191-194, 1995.

NESMIT, D. S. **Soil compaction in double cropped wheat and soybean on a Ultisol.** Soil Science. Soc. Am. J. Madison, v.51, p.183-186, 1987..

OLIVEIRA, L.B. de. et al. **Caracterização de adensamento no subsolo de uma área de tabuleiro da Estação Experimental do Curado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Recife. V.13, p-207-214, 1968.

PHYLLIPS, R. E. ; KIRKHAN, D. **Mechanical impedance and corn seedling root growth.** Soil Science. Soc. Am. Proc. 26(4). p.319-322, 1962.

PINZÓN, A ; AMÉZQUITA E. **Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia.** Pasturas Tropicales, v.13, n.2, 1991.

PREVEDELLO, C. L. **Física do Solo com problemas resolvidos.** Ed. SAEAFS. Curitiba, 446 p. 1996.

PRIMAVESI, A M. **Manejo ecológico de pastagens:** Em regiões tropicais e subtropicais. Ed. Nobel., São Paulo, 1986.

QUADROS, F.L.F; MARASCHIN, G.E. **Desempenho animal em misturas de espécies forrageiras de estação fria.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.22, p.535-541, 1987.

RANNEY, W. A et al. **Current status of research in soil compaction.** Soil Science. Am. Proc.79 n.4, p.423-428, 1955.

ROA, M. A K. M. **Degradação e uso solo, aspectos fundiários e sócio - econômicos da microbacia do Rio Jacutinga - Tupãssi.** Paraná. Curitiba, 1992. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ROBERTSON, L. S. ; ERICKSON, A E. **Soil compaction: symptoms, causes, remedies.** Crops and Soils Magazine. January, 1978.

ROMERO, S. C. de. **Influência de dois sistemas de manejo de pastagens na compactação de uma terra roxa estruturada.** Piracicaba, 1976. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz “

SANTOS, H. P. dos. ; REIS, E. M. **Rotação de culturas x Efeitos de culturas de inverno e de soja na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo.** Revista Brasileira de Ciência de Solo, Campinas, v.13, p.295-302, 1989.

SANTOS, H. P. dos. ; TOMM, G. O ; LHAMBY, J. C. B. **Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.19, p. 449-454, 1995.

SANTOS, H. P. dos.; PEREIRA, L. R. **Rotação de culturas em Guarapuava. XIV. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas de inverno sobre algumas características agronômicas de milho, em plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.29, p.1691-169, 1994.

SANTOS, H. P. dos. ; LHAMBY, J. C. B. ; SANDINI, I. **Efeito de culturas de inverno e de sistemas de rotação de culturas sobre algumas características da soja.** Pesquisa Agropecuária Brasileira.; Brasília, v.32, p.1141-1146, 1997.

SCHREINER, H. G. **Características e rentabilidade da criação nos campos naturais do Paraná.** Curso de Atualização em Pastagens. Cascavel, Anais, p.109-140, 1991.

SILVA, A P.; LIBARDI, P. L. ; CAMARGO, O A **A influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v.10 p.91-95, 1986.

TANNER, C. ; MAMARIL, C. P. **Pasture soil compaction by animal traffic.** Journal Agronomy Reseach. v.51, p. 329-331, 1959.

TAYLOR, H. M. ; BURNETT, E. **Influence of soil strength on the root growth habitat of plants.** Soil Science, Baltimore, v.98, n.1 p.174-180, 1964.

TAYLOR, H. M. **Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soils materials.** Soil Science, Baltimore, v.102, p.18-22, 1966.

TORMENA, A T. **Resistência à penetração e porosidade em plantio direto influenciados por preparos, pré-implantação, calagem e tráfego.** Curitiba, 1991. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

VIANA, J. D. **Relações entre as características físicas e os níveis de compactação de alguns latossolos paranaenses.** Curitiba, 1988. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciência Agrária, Universidade Federal do Paraná.

VICENT-CHANDLER, J. ; SILVA, J. **Effects of nitrogen fertilization and grass species on soil physical condition in some tropical pastures.** Journal Agric. Porto Rico.Uni., v. 44, p. 77-86, 1960.

VIEIRA, M. J. ; MUZILLI, O **Características físicas de um LATOSSOLO VERMELHO - ESCURO sob diferentes sistemas de manejo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília. V.19, p.873-882. 1984.

WHITELEY, G. ; UTOMO, W. H.; DEXTER, A R. **A comparison of penetrometer pressures and the pressures exerted by roots.** Plant and Soil. v.61, p.351-364, 1981.