**A SUBSOLAGEM NO CONTROLE DA COMPACTAÇÃO DO
SOLO NA CANA-SOCA (*Saccharum spp*) VARIEDADE CB 41-76
E SEUS EFEITOS NO RENDIMENTO AGRÍCOLA E NO
SISTEMA RADICULAR**

JOSÉ FERNANDES

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. KLAUS REICHARDT

Tese Apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do grau de
Mestre em Solos e Nutrição de
Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro, 1979

*À minha esposa Clara,
Ao meu filho Cesar Domingos,*

*por entenderem minhas preocupações
durante algum tempo,*

DEDICO

A G R A D E C I M E N T O S

- Ao professor *Dr. Klaus Reichardt*, pelo apoio e orientação na elaboração deste trabalho.
- Ao professor *Dr. Humberto de Campos* e à *Eng^a Agr^a Lucila Olivetto Maranhão*, pelas sugestões e contribuições nos aspectos da estatística.
- Aos *Eng^{os} Agr^{os} Daniel Camposilvan* e *Victório Laerte Furlani Neto* pela valiosa colaboração durante todo o andamento dos trabalhos de campo.
- A *Direção do CENA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Piracicaba-SP*, por permitir o uso do laboratório nas análises de densidade do solo.
- A *Diretoria da Usina Tamoio*, em particular ao *Eng^o Agr^o Renato Agujara* pela contribuição sob a forma de material e mão de obra para a consecussão do trabalho.
- As bibliotecárias da Coordenadoria Regional Sul do Planalsucar, *Ana Maria Zaia Gheller* e *Sueli Aparecida Metzker*, pela ajuda e orientação na revisão bibliográfica.
- A senhorita *Angela Maria Moraes* pela dedicação nos serviços de datilografia.
- Ao *Eng^o Agr^o Dr. Gilberto Miller Azzi*, como chefe, incentivador e amigo, com minhas homenagens.

I N D I C E

	Página
1. RESUMO	01
2. INTRODUÇÃO	02
3. REVISÃO DE LITERATURA	04
3.1. Compactação do solo	04
3.2. Descompactação do solo	08
3.3. Relação solo — sistema radicular	09
3.4. Efeitos da compactação do solo no sistema ra- dicular de algumas culturas	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Área do Experimento	21
4.1.1. Localização	21
4.1.2. Condições climáticas regionais	22
4.1.3. Topografia	22
4.1.4. Solo	22
4.2. Variedade da cana	22
4.3. Cana-Planta	27
4.3.1. Preparo do solo	27
4.3.2. Plantio e tratos culturais	27
4.3.3. Primeiro corte — Produção	28
4.3.4. Transporte da cana-planta	31
4.4. Delineamento experimental	31
4.4.1. Tratamentos	31
4.4.1.1. Tratamentos de compactação .	32
4.4.1.2. Tratamentos de descompacta- ção	32
4.4.2. Repetições	32
4.4.3. Parcelas	32
4.4.4. Esquema de Campo	33

	Página
4.4.5. Análises estatísticas	33
4.5. Veículo compactador do solo	36
4.5.1. Características do veículo	36
4.5.2. Distribuição da carga	36
4.6. Implemento descompactador	38
4.7. Preparo da área para o experimento	38
4.8. Processos operacionais de campo	38
4.8.1. Canaletas para amostragem do solo ...	38
4.8.1.1. Trincheiras	41
4.8.2. Compactação do solo	41
4.8.2.1. Obtenção da umidade ão solo.	41
4.8.2.2. Amostragens para as densida- des de compactação	43
4.8.2.3. Obtenção das amostras	43
4.8.3. Descompactação do solo	44
4.8.3.1. Amostragens para as densida- des após descompactação	44
4.8.3.2. Obtenção das amostras	44
4.9. Análises das densidades das amostras	44
4.10. Colheita do experimento	47
4.10.1. Análises tecnológicas	47
4.10.2. Corte	47
4.10.3. Contagem da população	47
4.10.4. Pesagem das produções	48
4.11. Estudo do sistema radicular	48
4.11.1. Amostragem	48
4.11.2. Dimensão e número de amostras	49
4.11.3. Preparo e pesagem das amostras	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1. Produção da cana-planta	51
5.2. Efeito da compactação do solo	51

Página

5.2.1. Umidade no solo	51
5.2.2. Densidade após compactação	52
5.3. Efeitos da subsolagem na densidade do solo .	59
5.4. Efeitos na produção de cana	81
5.4.1. População de colmos	81
5.4.2. Pesos dos colmos	89
5.4.3. Rendimentos agrícolas	93
5.5. Análise tecnológica	97
5.6. Sistema Radicular	101
6. CONCLUSÕES	149
6.1. Compactação do solo	149
6.2. Subsolagem	150
6.3. Sistema Radicular	150
6.4. Produção de cana	151
7. SUMMARY	152
8. LITERATURA CITADA	153

1. RESUMO

Em Latossol Vermelho Escuro-fase argilosa, com a Var. CB41-76 de 2º corte, foram realizadas operações de compactação do solo usando veículo de transporte de cana, passando 1, 2 e 3 vezes na mesma faixa. Em seguida foram feitas subsolagens em ambos os lados das linhas de cana, distantes 30, 50 e 70 cm em relação ao centro do sulco e a 25 cm de profundidade, através de implemento com asas na extremidade inferior da haste. Foram constatados efeitos cumulativos de compactação nas áreas com 2 e 3 passadas do veículo. Os resultados mostraram, como mais convenientes à soqueira da cana-de-açúcar, a subsolagem feita a 30 e 50 cm, nos tratamentos com 1 e 2 passadas. Nas áreas em que o veículo passou 3 vezes não houve nenhum efeito para as 3 distâncias das subsolagens.

Ambos os tratamentos de compactação e de subsolagens não mostraram efeitos significativos no peso total das raízes. Apenas pequenas diferenças foram verificadas na distribuição do sistema radicular nos perfis do solo.

2. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a destacada posição de maior produtor mundial de cana-de-açúcar.

Segundo informa o Relatório Anual do PLANALSUCAR (1977), a área total com cana naquele ano aproximou-se - de 2,2 milhões de hectares.

Desse total, o Estado de São Paulo participou com quase um milhão de hectares plantados com a cana-de-açúcar, equivalente portanto, a quase metade da área canavieira do país.

Estudo realizado por CARVALHÔ & GRAÇA (1976), com base em levantamentos das áreas próprias de 72 usinas do Estado de São Paulo, compreendendo os 4 ciclos agrícolas consecutivos de 1972/73 a 1975/76 revelaram rendimentos médios de 94,2 t/ha de cana para o 1º corte e de 67,5, 54,5 e 40,4 t/ha para as soqueiras de 2º, 3º e 4º corte, respectivamente. Houve, portanto, uma redução média de 24,5% no rendimento agrícola de cada corte em relação à produtividade do corte

anterior. O trabalho permite observar que a nível de sub-regiões, onde são constatadas variações nos rendimentos agrícolas em relação à média geral, as quedas verificadas entre os vários cortes guardam equivalentes proporções em termos percentuais. Os autores ressaltam a conveniência de melhores atenções ao comportamento das canas-socas, porquanto representam quase 60% da produção agrícola do Estado.

Tal consideração deixa evidente a maior responsabilidade das soqueiras pelos baixos rendimentos agrícolas de nossa cultura, decorrentes de fatores influentes nesse estágio da cultura e que não têm sido contornados através dos tratos culturais mais adequados.

Observadas as modalidades operacionais de corte, carregamento e transporte da cana, pode-se constatar a introdução de máquinas e veículos com capacidades de trabalho cada vez maiores, nos últimos anos.

Sua passagem nas áreas de cultivo tem sido responsável pela compactação do solo e suas consequências sobre o mau desempenho do sistema radicular da cana-de-açúcar.

O manejo do solo como trato cultural das soqueiras tem consistido basicamente em uma operação de subsolagem realizada na entrelinha, utilizando implemento com haste lisa.

Como resultado, a cultura não encontra as mais adequadas condições físicas no solo para o melhor desenvolvimento vegetativo.

Mais recentemente, algumas empresas têm empregado o subsolador em ambos os lados da linha de cana, mas sem os necessários parâmetros experimentais.

Este trabalho foi elaborado objetivando informações em condições de campo, sobre o comportamento da cana-de-açúcar, cujo sistema radicular tenha se desenvolvido em solo submetido a diferentes intensidades de compactação por veículo de transporte, seguida da subsolagem a 3 distâncias da linha de cana com subsolador alado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Compactação do Solo

GILL (1959) define a compactação do solo como o resultado do movimento de aproximação das partículas por força externas.

Para HARRIS (1971) uma alteração na condição de compactação de solo é o resultado de uma mudança no volume desse solo, causada por forças mecânicas. O autor considera que o solo deve ser descrito em termos de um esqueleto de partículas sólidas de dimensões variáveis, circundadas por espaços, os quais devem conter substâncias líquidas ou gasosas. Quando submetido o solo a uma carga aplicada, capaz de causar uma mudança no seu volume, quatro tipos de ocorrência se verificarão: a) uma compressão nas partículas sólidas; b) uma compressão dos líquidos e gases contidos nos poros ; c) uma mudança nos teores de líquidos e gases nos poros e d) um rearranjo das partículas sólidas. Em termos dimensionais, essa mudança de volume é função de vários fatores ,

destacando-se o tipo do solo, tamanho e distribuição das partículas, tipos das argilas, teores de umidade, etc.

Os pesquisadores concordam em que as medidas dos esforços causados por uma roda em movimento sobre uma superfície como o solo, constituem tarefa bastante difícil, devido às interferências de vários fatores influenciando nos cálculos teóricos.

Segundo COHRON (1971), algumas das primeiras medições sobre a distribuição das forças provocadas pela roda de um veículo na massa do solo foram obtidas por Vander Berg et alii, em 1956. Eles utilizaram um trator com roda de pneumático, tracionando um arado, em solo arenoso, cujos resultados são mostrados na Figura abaixo.

FORCES CAUSING SOIL COMPACTION

Equal vertical stress lines under the rear tractor tire in a dense soil placed on pavement. (Vanden Berg, et al., 1957)

Mas Zelenio em 1950, citado por GILL (1968), estudando a distribuição das forças de compressão sobre uma superfície formada por partículas não cimentadas, apresentou a Figura esquemática apresentada a seguir, segundo a qual, os valores máximos de compressão formam nos perfis do solo um triângulo, cujos laterais obedecem um ângulo de 45° ; valores em escala decrescente se expandem para fora da projeção da base que provoca a compressão.

A, Idealized nature of arching; B, vertical stress distribution for an idealized granular material. (Zelenin (515).)

O autor considera que, para o solo como um meio bastante desuniforme, os efeitos da compactação por forças externas são diferentes para cada condição, tanto do preparo do solo como da superfície compactante.

TAYLOR & BURNETT (1963) submeteram 4 parcelas de solo limo-arenoso à irrigação até a capacidade de campo. Em seguida provocou a compactação de 2 parcelas por um trator de pneus passando 2 vezes na mesma faixa. Após 4 dias foi repetido o processo de compactação. Seis meses após foram retiradas amostras do solo e avaliadas as densidades, sendo constatado que, de 1,61 as parcelas passaram para 1,79 g/cm³.

GROHMANN & QUEIROZ NETO (1966), em condições de laboratório, provocaram compactações a diversos níveis, obtendo os valores apresentados no quadro a seguir.

Solo	Densidade Aparente	Porosidade Total	Água % em volume	Poros livres
Latossol Roxo	1,32	55,7	35,2	20,5
	1,38	53,7	36,9	16,8
	1,50	49,7	40,7	9,0
	1,23	58,7	39,4	19,3
	1,36	54,4	43,4	11,0
	1,49	50,0	46,7	3,3
Pod. Verm. Amarelo-orto	1,25	52,8	26,1	26,7
	1,32	50,2	25,4	24,8
	1,42	46,5	28,1	18,4
	1,04	60,8	30,0	30,8
	1,28	51,7	37,1	14,6
	1,40	47,2	41,1	6,1

MOBERLY (1969), estudou também a redução dos poros livres de um solo submetido à compactação, obtendo a seguinte proporção entre as densidades aparentes e as porcentagens de macroporos até 20 cm de profundidade:

Tratamentos	Densidade (g/cm ³)	Macro-poros (%)
Não Subsolado	1,52	10,9
Subsolado a 40 cm	1,45	14,2
Subsolado a 60 cm	1,41	18,2

Em 1959, também citados por GILL (1968) Soheme et alii estudaram a distribuição da porosidade de um solo - submetido a uma carga de 12,5 kg/cm², obtendo como resultado,

uma figura cujo ponto de máxima compactação e consequente maior redução do índice de porosidade, situou-se no encontro das 2 linhas descendo segundo um ângulo de 45° a partir dos bordos da superfície compactante. Nesse ponto a porosidade foi reduzida de 49,9% a 33%.

A mesma figura, desta vez contendo valores em termos de densidade relativa do solo, é apresentada por Chancellor et alii, em 1962, conforme citação de LARSON & ALLMARAS (1971). As linhas unindo os pontos de igual valor formam a Figura abaixo.

-Lines of equal bulk density (g cm⁻³) caused by a rigid plunger. (Chancellor et al., 1962.)

3.2. Descompactação do Solo

Como descompactação do solo entende-se, logicamente a redução da densidade relativa, através do aumento do volume. Fatores contrários ao da compactação deverão ocorrer, isto é, aumento da proporção dos macroporos, descompressão da fase líquida e um rearranjo das partículas e/ou agregados do solo.

GILL (1968), ilustra uma ferramenta com asas na extremidade inferior da haste e comenta sua atividade operacional que a tornam um implemento adequado à descompactação

do solo como trato cultural. Os recursos oferecidos pelo conjunto máquina-implemento, permitem a melhor posição quanto à inclinação das asas para a adequada execução do trabalho, de vez que esta é função de vários fatores, destacando-se a velocidade da máquina e o ângulo de ação das asas.

3.3. Relação Solo — Sistema Radicular

Segundo *TROUSE (1971)*, as raízes de algumas plantas podem crescer até 12 cm por dia, em condições ideais; alongamentos de 5 cm por dia não são excepcionais para muitas culturas.

HUMBERT (1974), afirma que já foram registrados crescimentos das raízes de cana-de-açúcar até 8 cm por dia. São também desse autor duas considerações de fundamental importância: a) o sistema radicular se adapta às características do meio ambiente; b) o volume das raízes, seu peso e seu comprimento, não caracterizam de forma completa a capacidade do sistema radicular para absorver a umidade e os nutrientes. Cita ainda, informações de pesquisadores de Maurício, Formosa e Barbados, segundo os quais, "não há necessariamente uma correlação entre a relação cana - raízes e o rendimento e capacidade das diferentes variedades" e que, "em solos férteis, uma quantidade relativamente menor de raízes é requerida para a produção da parte aérea".

Sobre a distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar, Lee et alii, em 1926, citados por *Van DILLEWIJN (1952)*, concluíram que mais de 85% em peso estão acima de 50 cm quando no estágio de cana-planta irrigada.

INFORZATO & ALVAREZ (1957), encontraram 75,6% das raízes da Var. Co290 nos 50 cm superficiais para cana-planta em terra roxa de Araraquara-SP.

Em Latossol Vermelho Escuro de Araras-SP, *SOUZA (1976)*, estudou o comportamento do sistema radicular da cana-planta, Var. CB41-76 mantido através de irrigação a 3

níveis mínimos de água no solo, sendo 25%, 50% e 75% da capacidade de campo, além do tratamento testemunha, que permaneceu sob condições naturais, sem irrigação. Os resultados na data do corte, aos 18 meses, revelaram concentrações de 63,8%, 62,0%, 64,1% e 60,0%, respectivamente para os 4 tratamentos, nos 40 cm da camada superior do solo. Esses valores somaram 83,2%, 82,0%, 83,2% e 75,2% até 60 cm de profundidade nos mesmos tratamentos.

Pesquisas realizadas por Evans em 1936, em Maurício, conforme citação de HUMBERT (1974), mostraram que aproximadamente 70% dos pêlos radiculares se localizam nos primeiros 33 cm da superfície e que quase 90% estão distribuídos a uma "distância maior que 33 cm" do pé da planta.

Com referência à cana-soca, citando vários pesquisadores e o próprio autor, HUMBERT (1974), afirmou que o sistema radicular é "menos bem desenvolvido" que o da cana-planta.

Segundo Humbert, Yamasaki e Evans, citados por HUMBERT (1974), as raízes da cana cortada permanecem ativas "por um considerável período", enquanto são gradualmente substituídas pelas raízes da nova brotação.

3.4. Efeitos da compactação do solo no sistema radicular de algumas culturas.

HUMBERT (1974), afirma que em solos compactados com aeração limitada, o sistema radicular mostra-se praticamente desprovido de ramificações secundárias. O autor menciona que nos latossolos pouco úmicos do Havaí, representando 40% dos campos com cana-de-açúcar, observaram-se raízes deformadas ou distribuição restringida quando cultivadas sob condições de densidade do solo abaixo de 1,02; sob densidade 1,25 são observados danos nas radículas; reduzida a quantidade das raízes e distorsão das radículas com 1,36; seriamente comprometida a penetração no solo com densidade 1,46.

VEIHMEYER & HENDRICKSON (1948), submeteram a esforços de compactação, em condições de laboratório, 6 tipos de solo contendo diferentes composições granulométricas, a fim de testarem a capacidade de penetração das raízes do girassol. Os resultados mostraram que os solos argilosos são mais compactáveis que os arenosos. Em solo argiloso, contendo 25% de areia, 26% de limo e 49% de argila, compactado até densidade 1,46 não foram encontradas raízes, enquanto que em solo arenoso, com 72% de areia total, 17% de limo e 11% de argila, sob densidade 1,56, as raízes conseguiram penetrar.

MARTINEZ & LUGO-LOPEZ (1953) em Porto Rico, estudaram os efeitos da subsolagem combinada com a aplicação de fertilizantes em cana-planta. O subsolador foi regulado para penetrar até 76 cm no solo. A área foi proveniente de pastagem como cultura anterior ao plantio da cana. Como resultado, os tratamentos subsolados ou não, que receberam os fertilizantes em superfície, inclusive a testemunha, produziram a média de 10.376 kg/ha de açúcar, enquanto que, os tratamentos que receberam metade dos adubos em superfície e metade em profundidade, juntamente com a subsolagem, a produção média foi de 11.995 kg/ha de açúcar. Quanto à influência sobre a infiltração da água no solo, os índices foram de 5,6 e 0,5 polegadas por hora, respectivamente nos tratamentos subsolados e as testemunhas sem subsolagem.

WIERSUM (1957), elaborou um experimento visando observar a capacidade das raízes de penetrarem em substratos contendo poros de diferentes diâmetros. Para tanto foi levada em conta também a rigidez dos poros, admitindo-se que, sob as condições de campo, as raízes podem deslocar as partículas. A rigidez dos poros foi conseguida através de areia com partículas de diâmetros conhecidos e uniformes, depositados em tubos longos e de diâmetros adequados para não movimentação interna do substrato. O autor constatou que o diâmetro dos poros é fator limitante para a penetração das raízes de diâmetro superior. Como consequência, torna-se difícil julgar entre a resistência mecânica encontrada pelas raízes ao seu crescimento e outras condições, como excesso de

umidade, insuficiente aeração do solo, etc.

GILL (1959), considera que a compactação do solo ocorre quando este se encontra em condições susceptíveis a tal processo, destacando-se: a) quando o solo está solto e toda pequena força resultará na redução do volume; b) quando o solo está úmido e a força compressiva é baixa, pequenos esforços levarão o solo de novo à compressão e rachaduras; c) como aspecto importante deve ser considerado o fato de que a profundidade de compactação aumenta na medida em que sejam maiores as forças compactantes aplicadas; d) a repetição das passagens das cargas resulta em maior compactação. Ainda na opinião do autor a compactação afeta o crescimento das plantas nos aspectos seguintes: 1) reduzindo as porcentagens dos macroporos, com redução da capacidade de infiltração da água nos perfis do solo; 2) a redução no volume dos macroporos diminui as trocas gasosas na massa do solo, com prejuízo no suprimento de oxigênio às raízes; 3) certos elementos como o Fe e o Mn podem passar às formas reduzidas em meio pobre de oxigênio tornando-se tóxicas às raízes, tornando difícil sua correção.

ZIMMERMAN & KARDOS (1961), estudaram o crescimento das raízes da soja e da grama do Sudão em solos argilosos e arenosos, sob condições naturais e artificiais de compactação. Os resultados mostraram que as raízes da gramínea penetraram mais prontamente no solo compactado. Ambas as culturas apresentaram uma correlação inversa entre os valores das densidades dos solos e os pesos das raízes que neles penetraram. Nos solos argilosos a penetração ficou virtualmente excluída na densidade de 1,8, enquanto que nos solos arenosos aquela condição foi encontrada nas densidades de 1,9 e 2,0.

RICHARDS *et alii* (1960) usaram 7 tipos de solo contendo diferentes composições granulométricas, submetendo-os ao esforço de compactação sob 3 níveis de umidade. Os autores concluíram que, a estrutura do solo está associada com a aeração e os fatores de disponibilidade de água para a

ambientação das raízes. A resistência do solo à compactação e os índices de condutividade dos solos compactados parecem ser os fatores que merecem cuidadosas avaliações.

GILL (1961), considera errôneas as opiniões de alguns pesquisadores quando enfatizam a capacidade das raízes de penetrarem em meios compactados. Referindo-se às conclusões de Pfeffer, em 1956, segundo as quais, as raízes podem desenvolver esforços correspondentes a 26 e 6 atmosferas, respectivamente nas direções axial e lateral, o autor comenta - que tais circunstâncias provocam enrugamentos e torções nas raízes, com severas anormalidades anatômicas. Tais efeitos têm reflexos nos fenômenos fisiológicos, já prejudicados pelas deficiências nos níveis de oxigênio.

VOMOCIL & FLOCKER (1961), consideram o solo como um "pacote" de tubos capilares, cujos tamanhos ficam em função dos tamanhos dos poros. Quando o solo é comprimido, a distribuição dos tamanhos do poro sofre grandes variações bem como, a porosidade total. Portanto, essa variável serve como um sensível indicador da compactação. Como o movimento da água no solo depende do índice de capilaridade, obviamente a permeabilidade do solo aos fluídos é de fundamental importância para o crescimento das plantas. Segundo os autores, a interação entre o solo como um complexo químico, físico e microbiológico e as exigências vitais das plantas, não é condição simples. Em sua opinião, a demanda pelas plantas quanto ao solo como um meio físico, varia com a espécie, idade, etc. Como exemplo os autores apresentam algumas culturas e respectivos valores mínimos de porosidade, abaixo dos quais ocorrem apreciáveis reduções nas produções. Entre elas está a cana-de-açúcar com valores entre 9 e 10%.

GROHMANN & ARRUDA (1961), realizaram durante - 12 anos, um estudo com diferentes modalidades operacionais de preparo do solo e suas influências na estrutura dos agregados da terra-roxa-ligítima. Os resultados revelaram que, no tratamento com 2 arações, os agregados apresentaram um diâmetro médio de 0,54 milímetros, enquanto que, nos tratamentos com

somente uma aração com arado de aivecas e com o preparo do solo unicamente com a enxada manual, os diâmetros mediram respectivamente 0,70 e 0,95 milímetros. Os autores concluem que a terra-roxa-ligítima conta com características excepcionais de estrutura, podendo ser prejudicadas pelo uso intensivo do arado no preparo para o plantio.

TROUSE & HUMBERT (1961), informam que os rendimentos de 132,6 t de cana e 11,25 t de açúcar por hectare mantidos como médias durante vários anos consecutivos, caíram respectivamente, para 90 t e 8,85 t por hectare, após 2 anos consecutivos de colheita mecanizada no Hawai. Uma área com 3 cortes mecanizados, tiveram seus rendimentos baixados para 56 t de cana e 5,85 t de açúcar por hectare. Nas regiões - chuvosas os danos causados pela compactação são mais severos que naquelas onde se torna necessária a irrigação. Aqui a irrigação é interrompida a fim de provocar o amadurecimento da cana e com isso a colheita é realizada com solo seco. Os autores estabeleceram uma série de experimentos, visando estudar o comportamento das raízes da cana em solos com diferentes densidades. Os resultados revelaram que o sistema radicular mostrou restrições no crescimento a partir de densidades ao redor de 1,20 para o latossolo pouco húmico; até 1,25 a distribuição de raízes foi razoavelmente satisfatória, mas apresentando deformações; a densidade de 1,46 reduziu seriamente a penetração das raízes. Para os vários tipos de solo, o aumento da densidade de 1,04 para 1,55, resultou na redução de 50% do volume inicial de poros na massa do solo.

MEREDITH & PATRICK Jr. (1961), estudaram também os efeitos de diferentes níveis de compactação artificial sobre a penetração das raízes e as propriedades físicas de 3 solos com texturas médias, em área de baixada de Louisiana, de forma a permanecer a umidade constante ao nível de 50% durante 6 meses e mantido o cuidado para que a proporção de ar não caísse abaixo de 10% em todos os tratamentos. Os autores verificaram que os maiores aumentos nos valores de densidade, ocorreram nos primeiros esforços de compactação; os macroporos mostraram-se extremamente sensíveis à compactação; na medida em que eram elevados os índices das densidades -

(1,65 a 1,70) todos os poros não capilares eram destruídos. A permeabilidade à água tendeu a zero sob o esforço compactante de 15 lb/pol³ do solo. Quanto à capacidade de penetração das raízes, houve uma correlação direta com os níveis de poros não capilares para os 3 tipos de solo.

TAYLOR & BURNETT (1963), relatam 2 experimentos instalados em 1959 e 1961, visando estudar o comportamento do sistema radicular de várias culturas em solo arenoso, compactado artificialmente. Foram usados tratores de pneumáticos, sendo feitas 4 passadas com trator de 3.840 kg e 2 passadas com trator pesando 5.500 kg, respectivamente nos 2 trabalhos. O mais alto índice de densidade, com 1,88 g/cm³, foi encontrado na camada do solo entre 10 e 15 cm de profundidade em ambos os experimentos. Embora tenha havido boa uniformidade na germinação, as plantas do algodoeiro, nas parcelas não descompactadas, começaram a morrer após algumas semanas. No tratamento sem operações de preparo do solo, após a compactação houve acentuada redução no peso de raízes, em relação aos tratamentos preparados para o plantio.

PASSIOURA & LEEPER (1963), comentam os problemas da doença ocorrida na aveia, conhecida como "mancha parada", quando cultivada em solos arenosos e turfosos, de pH entre 6,5 e 8,0. As razões têm sido apontadas como sendo a oxidação biológica do Mn a MnO₂, uma forma insolúvel no solo, portanto, não disponível às plantas. Mas outros solos neutros, a despeito dos seus baixos teores não mostram as mesmas deficiências de Mn, especialmente os solos orgânicos. Como consequência, foi sugerida a compactação como a causa. Nesse sentido um experimento foi instalado em vaso, mantidos tratamentos dentro e fora da casa de vegetação. Dois solos arenosos foram estudados, ambos com pH 7,4 variando as densidades entre 0,85 e 1,50. As produções nos vasos mantidos em estufa, foram para a variedade de Algeria (sensível), de 0,49 g de grãos por vaso no solo descompactado, e de 2,3 g nos solos compactados. A variedade Palestina (tolerante à deficiência do Mn) produziu 9,1 g e 1,3 g de grãos, respectivamente no solo compactado e não compactado. Também os pesos de

matéria seca foram bem elevados quando as plantas foram cultivadas em solos com maiores densidades. Os autores supõem que as próprias raízes sejam capazes de agir através da "redução de contato", análoga à "troca de contato", como ocorre com os cátions em geral. Sendo maior a área de contato das raízes com as partículas do solo em condição de maior densidade, esta poderá ser a melhor explicação.

MONTEITH & BANATH (1965), procuraram determinar entre a densidade do solo, a porosidade até 50 cm de tensão de água e a resistência medida pelo penetrômetro, a melhor avaliação da condição física do solo sob baixa tensão de umidade, para o crescimento das raízes da cana-de-açúcar. Três tipos de solo com diferentes densidades foram estudados, sendo um limo-arenoso com 1,16 a 1,48; um limoso com 1,15 a 1,73 e um limo-argiloso com 1,16 a 1,76, como valores mínimos e máximos, respectivamente, além de 2 densidades intermediárias cada solo. As medidas das densidades foram obtidas por pesagem e, em seguida, através do penetrômetro, obtendo a tabela com os valores correspondentes. Toletes da variedade Triton foram tratados termicamente e plantados. Os resultados em termos de pesos e de distribuição das raízes no solo, mostraram diferenças altamente significativas em favor das menores densidades nos 3 tipos de solo. As restrições ao crescimento das raízes foram visíveis nas densidades de 1,38 no solo limo-arenoso; 1,52 no limo-argiloso e de 1,50 no solo limoso. Por outro lado, os autores concluíram pela possibilidade de ser usado o penetrômetro na obtenção da densidade do solo, desde que, mantido um valor padrão para a tensão de água.

GROHMANN & QUEIROZ NETO (1966), utilizando um aparelho compactador manual, estudaram os efeitos da compactação nas características físicas verificadas em amostras de latossolo roxo e de podzólico vermelho-amarelo-orto, sob diferentes índices de densidade. Foi avaliada também a capacidade de penetração das raízes do arroz nas várias condições do solo. O latossolo roxo como densidade inicial de 0,98, recebeu compactações até 1,59, enquanto que no podzólico

vermelho-amarelo-orto variou até 1,48, com os mesmos esforços compactantes. Os resultados revelaram que houve impedimento físico ao desenvolvimento das raízes do arroz quando as densidades aparentes atingiram valores superiores a 1,42 no 1a tossolo roxo e a 1,38 no podzólico vermelho-amarelo-orto.

TROUSE Jr. (1967), desenvolveu um trabalho com vários tipos de solo no Hawai, compreendendo 4 grandes grupos e submetendo-os a 6 estágios de compactação, visando estudar o comportamento da cana-de-açúcar em cada condição. Os resultados mostraram, como termos médios para todos os tratamentos, que: a) a proliferação das raízes se tornou comprometida quando a densidade ultrapassou 1,20; b) sob densidades acima de 1,40 as raízes mostraram deformações nos tecidos celulares do cortex; c) a partir da densidade 1,20, houve decréscimo no peso e no volume de raízes; d) o alongamento das raízes mostrou-se reduzido quando a densidade atingiu 1,20. Quanto à influência da porosidade do solo sobre o comportamento do sistema radicular, o autor conclui que numa determinação empírica, a proliferação das raízes estará definitivamente reduzida, embora ainda satisfatória para o suprimento da planta, quando o volume de macroporos decresce a valores entre 15 e 25%; sob condições de 5 a 15% de macroporos, as raízes terão sua multiplicação deficiente e insuficiente para a produção agrícola; abaixo de 5%, poucas raízes terão condições de se desenvolverem.

OLIVEIRA et alii (1968), realizaram estudos sobre o processo de adensamento dos solos de tabuleiro do Nordeste do Brasil, concluindo ser uma consequência da migração dos coloides minerais e orgânicos para os perfís inferiores, provocada pelas práticas agrícolas superficiais. A obstrução dos macroporos resulta na redução da permeabilidade do solo. Os autores sugerem a aração de sub-superfície com a finalidade de destruir a camada densa, propiciando maior volume de solo às raízes.

MOBERLY (1969), estudou os efeitos da subsola-gem em soqueiras, instalando experimentos em 11 locais, de

forma a abranger diferentes condições de solo e estágios da cultura da cana. Foram usados implementos subsoladores de hastes convencionais retas. As operações de subsolagem foram feitas no centro das entrelinhas, atingindo profundidades variáveis de 30,5 cm (12") a 61,00 cm (24"). Os resultados mostraram que, dos 11 locais estudados, 3 apresentaram menores rendimentos agrícolas, enquanto 7, sem influência sobre a testemunha e em apenas um local, a produção foi significativamente positiva. Para os estudos das densidades e porosidade, as amostras foram retiradas de um ponto intermediário entre a linha de cana e o centro da entrelinha, em apenas um dos campos, pelo método do ciclindro e o martelo. Os autores informam não terem encontrado nenhum efeito favorável com referência à aeração do solo e enraizamento mais profundo, mas sugerem a possibilidade de danos ao sistema radicular pelo implemento.

SHULKA & RAVALO (1976), realizaram em Porto Rico estudos sobre a compactação provocada no solo por veículos de transporte. Foram estudados 4 áreas de solo argiloso, com 65% de argila em média. O peso carregado pelo veículo utilizado no experimento, era de "umas 9 toneladas". Foram medidas as resistências do solo à penetração com o "penetrometro gravador", em 6 profundidades de 7,62 cm (3") até 45,72 cm (18"), a cada 3 polegadas. Como não foi observado variação nos teores de água nos diversos tratamentos de um mesmo tipo de solo, os resultados não permitiram avaliar qual dos fatores entre a umidade e a composição granulométrica, mais contribuiu para as diferenças de compactação. Os autores concluíram que: a) em todos os campos houve uma compactação significativa até 30,48 cm (12"); b) uma compactação significativa não implica necessariamente um grau de compactação que retarde o crescimento das raízes da cana; c) todavia, afeta o movimento do ar e da água, e pode reduzir o rendimento agrícola.

YANG (1977) mediu a compactação provocada no solo pela colhedora mecanizada e por um veículo de transporte com 6 t de cana, passando 2,4 e 6 vezes na mesma faixa. Fo

ram utilizados 2 tipos de solo limoso , contendo respectivamente 22%, 42%, 36% e 20%, 52%, 28% de areia, limo e argila. O trabalho foi feito em condições de solo úmido e solo seco. As densidades iniciais dos 2 solos eram de 1,42 e 1,53, respectivamente para os solos com menor e maior teores de argila. Os resultados evidenciaram maior susceptibilidade do solo menos argiloso aos efeitos da compactação, passando suas densidades de 1,42 para 1,58, 1,74 e 1,78, na condição úmida e de 1,42 para 1,55, 1,69 e 1,70 na condição seca, medidas nos 10 cm superiores do solo. Em ambos os solos e nas 2 condições de umidade, as densidades se tornaram equivalentes entre 1,5 e 1,6, na profundidade aproximada de 35 cm, inclusive no tratamento testemunha não compactado. Quanto à influência na porosidade, a porcentagem caiu no solo menos argiloso de 46,5% para 33% e 34%, nas condições de solo úmido e solo seco; no padrão mais argiloso, as reduções foram de 43% para 36% e 37,5% respectivamente. Os rendimentos agrícolas são mostrados no Quadro abaixo, em t/ha de cana.

Solo	Nº de Passos	Umidade	
		úmido	seco
28% argila	2	39,4	62,5
	4	34,6	58,9
	6	30,3	57,7
36% argila	2	57,5	56,8
	4	53,0	54,3
	6	46,4	52,1

CASAGRANDE & GODOY (1975), trabalhando em latossol roxo modal, estudaram 3 processos de cultivo mecanizado em cana de 2º corte: a) usando uma grade com 24 discos de 24 polegadas; b) aplicando um cultivador de enxada que aprofundou até 10-15 cm e c) utilizando um subsolador com uma haste

no centro da entrelinha, trabalhando a 40-45 cm de profundidade e mais 4 discos com a finalidade de desmanchar os torrões deixados pelo subsolador. Cada tratamento recebeu 2 níveis de adubação, sendo 413 e 826 kg/ha da fórmula 10-7-14 (N, P_2O_5 e K_2O), além do tratamento testemunha sem adubo. Os adubos foram colocados em superfície nos tratamentos a e b e a 10 cm de profundidade no tratamento c. Os resultados mostraram diferenças significativas para as dosagens de fertilizantes mas não deferiram para as modalidades operacionais de cultivo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área do Experimento

4.1.1. Localização

O trabalho experimental foi instalado em área de plantio da Usina Tamoio, onde o cultivo da cana-de-açúcar acha-se implantado há várias décadas, sob os processos convencionais de operações agrícolas.

A sede da Empresa, tendo por ordenadas geográficas os parâmetros compreendidos por 21° 47' LAT S e 48° 10' LONG W, localiza-se no Município de Araraquara, Estado de São Paulo, numa ALT de 750 m.

O município faz parte de uma região canavieira com 110.000 ha de cultivo com a cana-de-açúcar, abrangendo 8 indústrias açucareiras, conforme levantamento de 1977 pelo PLANALSUCAR, não divulgado.

4.1.2. Condições Climáticas Regionais

Durante o período compreendido pelo experimento, as chuvas verificadas na sede da Usina Tamoio , próxima da área, constam das tabelas 1 e 2.

4.1.3. Topografia

Situada em região alta e levemente ondulada , com declividade de 3%, a área do experimento confere ótimas condições para total mecanização das práticas agrícolas.

4.1.4. Solo

O experimento se localiza em área de Latossol Vermelho Escuro-fase argilosa.

Trabalho realizado por RUGAI & ORLANDO Fº (1973), baseado em levantamento para a safra de 1972/73, informa que 71,77% da área com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, se assentava em solos pertencentes ao grande grupo Latossol.

A tabela 3 revela a composição granulométrica a cada 15 cm de profundidade, até 90 cm segundo a Escala U.S.D.A. -

Para as análises da composição química, foram retiradas amostras representando os 45 cm superficiais do solo, separadamente nas faixas com as linhas de cana e no centro das entrelinhas, com vistas ao conhecimento sobre os resíduos de adubação da cana-planta, cujos resultados constam da tabela 4.

4.2. Variedade da Cana

A escolha da variedade recaiu sobre a CB41-76,

TABELA 1 - Chuvas verificadas durante o ano de 1975 em m/m.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
01 - 13,3	04 - 3,6	01 - 0,4	09 - 36,9	06 - 12,2	04 - 1,5	03 - 12,5	- 0 -	23 - 3,0	02 - 0,8	01 - 10,0	01 - 1,3
13,3	05 - 9,0	10 - 26,7	10 - 17,1	12,2	1,5	16 2,1		26 - 12,7	03 - 21,7	02 - 13,0	03 - 8,7
	06 - 14,7	15 - 4,1	11 - 2,6			17 5,1		27 - 7,3	05 - 8,9	06 - 33,5	05 - 2,9
	07 - 31,3	21 - 109,2	15 - 16,2			19,7		29 - 12,5	07 - 19,6	09 - 1,5	06 - 6,7
	08 - 38,1	24 - 20,2	72,8					30 - 46,0	11 - 2,9	17 - 14,5	09 - 102,3
	09 - 55,2	30 - 14,4						81,5	15 - 5,2	20 - 39,0	12 - 9,8
	13 - 2,3	175,0							16 - 1,2	21 - 27,0	13 - 20,2
	17 - 2,6								17 - 3,7	23 - 4,5	17 - 2,5
	19 - 24,4								18 - 16,2	25 - 61,5	18 - 2,5
	20 - 7,1								30 - 5,7	28 - 12,5	23 - 8,0
	21 - 12,4								85,9	29 - 21,0	25 - 31,5
	22 - 43,1									30 - 18,0	26 - 53,1
	23 - 6,4									256,0	27 - 2,0
	24 - 0,9										29 - 54,9
	26 - 27,6										31 - 12,4
	27 - 14,3										318,8
	28 - 2,2										
	295,2										

TABELA 3 - Composição granulométrica do solo em diferentes profundidades.

Profundidades (cm)	A R E I A							
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	Areia total	Limo	Argila
0-15	0,2	0,7	2,2	5,5	2,3	10,9	17,9	71,2
15-30	0,2	0,5	1,7	4,7	2,1	9,2	14,8	76,0
30-45	0,1	0,3	1,3	4,8	1,7	8,2	15,5	76,3
45-60	0,1	0,4	1,4	4,6	1,9	8,4	15,3	76,3
60-90	0,1	0,4	1,4	4,9	2,2	9,0	13,5	77,5

TABELA 4 - Composição química do solo, nas faixas dos sulcos e nas entrelinhas; à profundidade de 0 a 45 cm. Médias de 4 repetições.

Locais	pH em H ₂ O	C%	µg/ml T.F.S.A.		e. mg/100 ml de T.F.S.A.				V%
			P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	H _{total}	
Sulcos	5,10	2,09	4,5	103	4,15	1,30	0,32	9,85	31,87
Entrelinhas	5,35	2,28	2,5	90	4,05	1,85	0,27	9,10	39,92

por representar cerca de 32,5% da área cultivada no Estado de São Paulo, segundo PLANALSUCAR (1976).

4.3. Cana-Planta

Os aspectos vegetativos referentes à sanidade e ao porte da cultura, mostraram-se satisfatórios para a finalidade do experimento elaborado.

Para efeito de avaliações sobre alguns parâmetros previstos para a cana-soca, foram obtidos os valores também da produção do primeiro corte, segundo metodologia discutida no item 4.3.3.

4.3.1. Preparo do Solo

Após duas operações cruzadas com a chamada "grade pesada" com 16 discos de 30 polegadas, pesando 4.100 kg, de tração por trator de esteira, destinada à destruição do remanecente do último corte, a área permaneceu nesse condição por 30 dias.

Seguiram-se as operações propriamente ditas de preparo do solo, constantes de uma aração com arado de discos a 25-30 cm de profundidade e uma gradeação superficial - de nivelamento do terreno.

Precedendo o plantio, a área recebeu nova gradeação leve, cuja finalidade principal consistiu na eliminação das ervas daninhas germinadas.

4.3.2. Plantio e Tratos Culturais

O plantio da quadra em que se localizou o experimento, foi feito no final de Fev/74 dentro portanto, do período chamado de "Cana de 18 meses".

O espaçamento de sulcação foi de 1,40 m e a adubação de plantio constou de 500 kg/ha da fórmula 5-25-20 aplicados diretamente nos sulcos.

Como mudas, foram distribuídas 2 canas, cruzadas, para divisão em toletes nos sulcos, totalizando 7 a 8 t/ha.

Para o controle das ervas daninhas, foi empregado herbicida nas dosagens e modalidades convencionais.

Em maio, foi realizada uma operação mecanizada com cultivador de discos, chegando terra à linha de cana.

A complementação da adubação nitrogenada foi feita em agosto, com 250 kg/ha de Sulfato de Amônio a 20% de N.

4.3.3. Primeiro Corte — Produção

O corte da cana-planta foi realizado manualmente com cana queimada em 16/10/1975, tendo-se o cuidado de serem retiradas amostras de cana antes da queima para as análises tecnológicas, cujos resultados constam da tabela 5. Essas análises foram feitas nos próprios laboratórios da Usina Tamoio, segundo MEADE (1967).

Para as avaliações da produção, foram casualizadas 12 cargas de veículos convencionais de transporte, abrangendo a área com o experimento. Medidos os comprimentos das leiras com ruas que continham a carga de cada veículo, foram obtidas as produções das parcelas ou repetições. As pesagens dos veículos foram feitas na balança de recebimento de cana, no pátio da usina.

A contagem da população de colmos foi providenciada durante a operação de corte manual. Agindo de maneira que as amostragens abrangessem a área prevista, eram casualizados pontos de trabalho e recomendados aos operários os necessários cuidados durante o corte na área então demarcada. Foram tomadas parcelas de 30 metros com 4 ruas, somando 168m²

TABELA 5 - Análises tecnológicas obtidas em amostras de 10 colmos, na data do corte da cana-planta - com 19 meses.

Repetição	Brix	Pol da Cana	Pureza
1	18,78	16,79	89,40
2	18,51	16,47	88,98
3	18,45	16,42	89,00
4	18,53	16,75	90,39
5	17,96	15,98	88,97
6	18,58	16,54	89,02
7	18,12	15,87	87,58
8	17,88	16,04	89,71

TABELA 6 - Produção da cana-planta, a partir de parcelas com 168 m².

Repetição	Hectare	Colmos	
	Toneladas	Nº p/metro de sulco	Peso kg
1	111,19	10,7	1,455
2	119,76	11,3	1,479
3	115,12	10,9	1,482
4	112,74	11,1	1,426
5	112,02	10,9	1,435
6	124,64	11,5	1,517
7	120,59	11,7	1,447
8	110,48	10,7	1,450
9	110,83	10,8	1,439
10	112,26	11,0	1,432
11	121,55	11,8	1,443
12	116,19	11,6	1,404
Média	115,61	11,17	1,451
s ($\bar{m}$)	1,40	0,10	0,010
C.V. %	4,21	3,58	2,069

cada repetição.

A tabela 6 apresenta os parâmetros referentes às pesagens obtidas da cana-planta.

4.3.4. Transporte da Cana-Planta

A entrada de qualquer veículo mesmo para amostragens, só foi permitida depois de cortadas as canas de toda a área previamente escolhida.

Após devidamente localizadas e demarcadas as faixas que conteriam os tratamentos e as bordaduras, foi o tráfego dos veículos orientado para percorrerem somente nestas últimas, evitando interferência na área do experimento - por efeito de compactação.

Apenas o trator com a carregadeira entrou sobre a área útil, por ser considerada desprezível sua compactação no solo, sob o ponto de vista prático.

4.4. Delineamento Experimental

Ante o interesse em desenvolver o trabalho sobre a cultura em regime de campo, usando um veículo e respectiva carga representativa do transporte convencional, optou-se pela disposição dos tratamentos de compactação em faixas.

O delineamento utilizado foi o de parcelas subdivididas, sendo as parcelas dispostas em blocos casualizados, com 4 tratamentos (compactação) e 4 sub-tratamentos (descompactação), com 3 repetições, conforme segue:

4.4.1. Tratamentos

Foram 16 os tratamentos, sendo 4 de compactação e 4 de subsolagem, assim distribuídos:

4.4.1.1. Tratamentos de Compactação

- A - Testemunha (não compactada)
- B - uma passada do veículo
- C - duas passadas do veículo
- D - três passadas do veículo

4.4.1.2. Tratamentos de Descompactação

- T - Testemunha
- 1 - 30 cm do centro do sulco
- 2 - 50 cm do centro do sulco
- 3 - 70 cm do centro do sulco (centro da entrelinha)

Equivale dizer que as 2 hastes do implemento , guardaram as distâncias respectivamente de 60 cm, 100 cm e 140 cm, para os tratamentos 1, 2 e 3 nas operações de descompactação do solo.

4.4.2. Repetições

Foram planejadas e realizadas 3 repetições para cada tratamento, num total de 48 parcelas.

4.4.3. Parcelas

Cada parcela constou de 5 linhas de cana. As 3 ruas centrais foram consideradas úteis, ficando as 2 linhas externas de cada parcela como bordadura.

Com 30 m de comprimento nas linhas de cana, reundaram nas seguintes áreas por parcela:

Área útil	-	126 m ²
Bordaduras	-	84 m ²
Área total	-	210 m ²

A tabela 7 contém os tratamentos com as repetições e respectivas parcelas.

4.4.4. Esquema de Campo

As operações de compactação realizadas em nível, em obediência ao plantio, abrangeram todo o comprimento das ruas de cana, entre 2 carreadores.

Cada faixa contendo um tratamento de compactação contou com 10 linhas de cana, de forma que as 2 ruas danificadas durante o transporte da cana cortada, recaíram sobre as bordaduras externas da faixa.

Deixando as bordaduras de cabeceiras, foram de marcadas as parcelas com 30 metros de comprimento e caminhamento de 3 metros de largura, suficientes para as manobras do trator de pneumático com o implemento para os tratamentos de subsolagem.

A figura 1 mostra o mapeamento do campo.

4.4.5. Análises Estatísticas

Os dados foram analisados segundo o esquema seguinte:

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	G.L.
BLOCOS	2
COMPACTAÇÃO	3
RESÍDUO (a)	6
DESCOMPACTAÇÃO	3
COMPACTAÇÃO x DESCOMPACTAÇÃO	9
RESÍDUO (b)	24
TOTAL	47

TABELA 7 - Mapa do experimento com os tratamentos e respectivas parcelas.

Passadas	Tratamentos		Parcelas		
			Rep. I	Rep. II	Rep. III
Test.	(T)	0	9	25	33
	(1)	30	1	17	41
	(2)	50	2	18	34
	(3)	70	10	26	42
1	(T)	0	7	23	39
	(1)	30	15	31	47
	(2)	50	8	32	40
	(3)	70	16	24	48
2	(T)	0	13	21	37
	(1)	30	5	29	45
	(2)	50	6	22	38
	(3)	70	14	30	46
3	(T)	0	11	27	35
	(1)	30	3	19	43
	(2)	50	4	20	36
	(3)	70	12	28	44

FIG. 1 - Esquema de campo com as 3 repetições e respectivos tratamentos de compactação e subsolagem.

4.5. Veículo compactador do solo

Em se tratando de um trabalho a ser desenvolvido de forma a reproduzir o que ocorre no próprio campo, o veículo utilizado na tarefa de compactação do solo deveria oferecer as mesmas características do veículo convencional - de transporte de cana e desempenhar idênticas funções na área em cultivo.

Obviamente os aspectos mais importantes deveriam ser representados pelos rodados dianteiro e traseiro, bem como sua carga em movimento.

Assim sendo, o caminhão carregado com cana com um só eixo traseiro, foi substituído por outro caminhão, também com um só eixo no rodado traseiro, transportando areia.

4.5.1. Características do veículo

Caminhão marca Ford F7, diesel, modelo basculante, série 1975, com pneumáticos de dimensões originais e pressões internas adequadas ao trabalho. A figura 2 mostra as medidas do rodado traseiro do caminhão convencional utilizado.

4.5.2. Distribuição da carga

O veículo com carga de areia apresentou peso total de 14.785 kg, distribuídos 2.514 kg no rodado dianteiro e 12.271 kg sobre o eixo traseiro.

Segundo FURLANI NETO *et alii* (1978), um veículo com semelhantes medidas no rodado traseiro, sobre o qual recaíram 12.335 kg como parte da carga total, apresentou uma pressão na superfície do solo de $5,06 \text{ kg/cm}^2$.

FIG. 2 - Medidas do rodado trazeiro de um caminhão convencional de transporte de cana.

4.6. Implemento Descompactador

Para as operações de descompactação do solo foi preparado um implemento de hastes que se convencionou chamar de subsolador alado. Conforme mostra a figura 3, em cada haste foram aplicados 2 pares de pequenas asas, com a finalidade de proporcionar mais adequado trabalho na área a ser ocupada pelo novo sistema radicular.

Como a subsolagem atingiria a profundidade de 25 cm, o primeiro par de asas foi aplicado na extremidade inferior da haste e o segundo a 12,5 cm de profundidade.

4.7. Preparo da área para o experimento

Uma vez retirada toda a produção, foi providenciada a limpeza do palhiço restante. Para tanto, com o auxílio de enxadas, o palhiço foi enleirado nas faixas reservadas para a passagem dos veículos de transporte durante a retirada da cana colhida.

Dessa forma as faixas onde se localizaram os tratamentos permaneceram com as condições físicas do solo sob as quais se desenvolveram as plantas durante o ciclo do primeiro corte.

4.8. Processos operacionais de campo

4.8.1. Canaletas para amostragem do solo

De chapa de alumínio com 4 mm de espessura, foram confeccionadas canaletas com a forma e dimensões mostradas na figura 4.

Os bordos tornados cortantes facilitaram a penetração no solo através de pressão lenta e constante, objetivando amostras indeformadas (monolitos).

FIG. 3 - Subsolador alado utilizado na descompactação das soqueiras. Medidas em cm.

FIG. 4 - Esquema da canaleta utilizada nas amostragens do solo. Medidas em cm.

A superposição de 2 canaletas em 2,5 cm no sentido vertical permitiu as medidas sucessivas cada 5 cm do perfil do solo.

Cada canaleta continha na face posterior as indicações de sua respectiva posição na trincheira.

4.8.1.1. Trincheiras

Definido que seriam analisadas as densidades - aparentes nos perfis do solo até à profundidade de 90 cm e retiradas amostras em 3 locais equidistantes, isto é, no centro da linha de cana, a 35 cm e 70 cm (esta última na entrelinha), cada trincheira foi aberta com dimensões suficientes para o fácil trabalho manual dos dispositivos de amostragem.

4.8.2. Compactação do solo

Como os dois pneumáticos trazeiros em cada lado do veículo contaram com a largura de 60 cm na faixa de apoio no solo e o espaço medido nos centros dos 2 pares de pneus resultou em 1,80 m, (figura 2) esses valores levaram à opção pela compactação em área total, como uma forma de ser conseguida uniformidade no trabalho.

4.8.2.1. Obtenção da umidade no solo

Antes de serem executadas as operações de compactação, foram retiradas amostras do solo, em número de 8 repetições, para conhecimento dos níveis de umidade do solo. As amostras foram colhidas à profundidade de 45 cm, sendo uniformizadas e retirada uma alíquota para a avaliação da umidade que foi realizada pelo método convencional da estufa a 110°C por 48 horas. A tabela 8 contém os teores encontrados.

TABELA 8 - Umidade no solo até 45 cm de profundidade, obtidas no ato das operações de compactação.

Amostras	Teores
1a.	31,68
2a.	31,99
3a.	32,60
4a.	31,14
5a.	32,53
6a.	32,16
7a.	31,94
8a.	32,84
Soma	256,88
Média	32,11

4.8.2.2. Amostragens para as densidades de compactação

As amostras para conhecimento da compactação - causada pelo veículo de transporte foram retiradas após as subdivisões da área em parcelas.

4.8.2.3. Obtenção das Amostras

Para a penetração das canaletas no solo de forma a não provocar deformações na condição estrutural do solo, foi utilizado um macaco hidráulico de manejo manual. Sua parte trazeira apoiou-se em uma base suficientemente resistente (vigota 16x6 cm), encostada verticalmente na parede posterior da trincheira.

Entre a canaleta e a parte anterior do macaco, um dispositivo de madeira (caibro) serviu ao mesmo tempo de apoio e distribuição do esforço de impulsão contra a primeira, ao longo do seu comprimento.

Movimentos lentos e compassados provocaram a penetração da canaleta no solo, cuja regularidade e precisão dependeram apenas dos cuidados operacionais.

Uma vez retirada, cada canaleta foi devidamente limpa e colocada em um saco plástico com dimensões pouco superiores à da própria amostra, de forma a ser fechado com a menor quantidade possível de ar internamente.

As canaletas assim preparadas e etiquetadas permaneceram à sombra e protegidas por período de 20 dias, para a melhor uniformidade possível da umidade, que afeta a determinação da densidade do solo, feita neste estudo pela técnica da atenuação da radiação gama, descrita adiante.

Foram retiradas 72 canaletas de 12 trincheiras.

4.8.3. Descompactação do solo

O subsolador alado, descrito no item 4.6. foi aplicado logo após retiradas as amostras para as análises da compactação. Um trator de pneumático com suspensão hidráulica de 3 pontos, tracionou o implemento agindo à profundidade de 25 cm e em ambos os lados da linha.

4.8.3.1. Amostragens para as densidades após descompactação

A segunda série de amostragens para a avaliação das condições físicas do solo, sob as quais se desenvolveram as raízes, foi executada logo após o corte da cana-soca.

Nesse caso, as trincheiras foram abertas dentro da respectiva parcela de forma a abranger a linha central e a entrelinha do lado direito.

Tendo sido programadas 3 repetições também para ambos os tratamentos de compactação e de subsolagem, foram retiradas 288 canaletas de 48 trincheiras.

4.8.3.2. Obtenção das Amostras

O método de obtenção das amostras foi o mesmo seguido para a compactação.

4.9. Análises das densidades das amostras

As análises de densidade do solo das amostras foram realizadas pelo método de atenuação de raios gama, em colaboração com o Centro de Energia Nuclear na Agricultura, de Piracicaba, Estado de São Paulo.

Como fonte de raios gama foi utilizado o ^{137}Cs , obtendo-se a densidade do solo segundo metodologia descrita por FERRAZ (1974) e obedecendo a técnica seguinte:

A - Preparo das Canaletas

Levadas para a sala de análise, as 2 canaletas correspondentes a cada local amostrados foram retiradas das embalagens e assinalados a cada 5 cm, os pontos a serem atravessados pelo feixe de raios gama.

B - Obtenção da leitura

Devidamente preparados os instrumentos e antes de ser iniciada a análise de cada amostra, foi feita uma leitura I_0 , utilizando uma canaleta sem solo para avaliar a absorção de raios gama pelo metal da canaleta.

Em seguida era medida a canaleta contendo o solo, focalizando cada ponto previamente demarcado.

A canaleta era posicionada de maneira que o feixe de radioatividade atingia o ponto intermediário da altura, isto é, 3,5 cm.

Para cada leitura foi definido o tempo de 30 segundos.

O Anexo I mostra o modelo utilizado para as anotações dessas leituras e de outros parâmetros a serem abordados.

C - Espessura da amostra

Após essas leituras, foram obtidas as medidas correspondentes à espessura da camada do solo em cada um dos pontos analisados. Essa espessura, que constitui fator importante no cálculo da massa sólida atravessada pelos raios gama, pode sofrer alterações durante a operação de amostragem de solo, pelo fechamento ou abertura das paredes da canaleta.

D - Teores de água no solo das canaletas

A água contida no solo também constitui fator de absorção da radiação gama utilizada nas medidas de densidade do solo. Por isso foram retiradas de cada canaleta, 2 líquotas de solo para a avaliação da umidade. Tais avaliações foram feitas pelo método tradicional da estufa a 110°C por 48 horas. Os valores eram anotados também no anexo I.

Cálculos da densidade do solo

De posse das informações contidas no anexo I, a densidade do solo em cada ponto analisado foi obtida através da expressão abaixo, considerada desprezível a absorção pelo ar contido no solo:

$$d.s. = \frac{\ln \left(\frac{I_0}{I} \right)}{(\mu_s + \mu_a \cdot U) \cdot X} = \frac{\ln \left(\frac{I_0}{I} \right)}{(0,0726 + 0,0846 \cdot U) \cdot X}$$

sendo:

- ds = densidade do solo (g. cm⁻³)
- I₀ = leitura da calha sem o solo (contagens por minuto, cpm)
- I = leitura da calha com o solo (contagens por minuto, cpm)
- μ_s = coeficiente de absorção do solo ao ¹³⁷Cs = 0,0726 (cm² . g⁻¹)
- μ_a = coeficiente de absorção da água ao ¹³⁷Cs = 0,0846 (cm² . g⁻¹)
- U = umidade do solo em (g/g)
- X = espessura da amostra no ponto da leitura (cm)
- ln = logaritmo neperiano

Para cada ponto analisado, levou-se em conta - como teor de água, a média dos valores obtidos para as 2

alíquotas da respectiva canaleta.

Transportados os resultados para a coluna das Densidades, no anexo I, obteve-se a compactação verificada - nos vários pontos do perfil do solo para cada posicionamento de 2 canaletas correspondentes.

4.10. Colheita do experimento

4.10.1. Análises tecnológicas

Antecedendo a colheita, foram retiradas amostras de colmos para as análises tecnológicas. De cada parcela foram colhidas 10 canas, cortadas em linha contínua na rua central e enviadas para o laboratório da Usina, para obtenção dos valores de Brix, Polarização e Pureza.

4.10.2. Corte

Em 07/10/76, o experimento foi queimado na parte da manhã para o corte manual.

Durante a operação de corte foram tomadas as providências com vistas aos necessários cuidados com as 3 ruas centrais das parcelas.

4.10.3. Contagem da população

Foram obtidas contagens dos colmos produzidos ao longo dos 30 metros das 3 linhas centrais. A esses valores foram acrescentados os 10 colmos retirados para as análises tecnológicas.

4.10.4. Pesagem das produções

Reunidos os colmos em montes de 100 unidades - mais a fração final, foram obtidas as pesagens parciais, utilizando-se um dinamômetro marca Chatillon, com capacidade para 500 kg e acionado pela própria carregadeira, usada convencionalmente no carregamento dos veículos de transporte da cana. Aos valores encontrados foram acrescentados os pesos das 10 canas enviadas ao laboratório para as análises tecnológicas.

4.11. Estudo do sistema radicular

Objetivando estudar o comportamento do sistema radicular da cana-de-açúcar sob os diferentes tratamentos, foram feitas amostragens dos perfis do solo.

Esse trabalho foi executado em uma só repetição do experimento, tendo sido escolhidas as 16 parcelas da repetição central.

4.11.1. Amostragem

Após retiradas as amostras dos perfis do solo para a 2a. série de análises sobre a descompactação, as trincheiras foram aproveitadas para os trabalhos de amostragens destinadas aos estudos do sistema radicular.

Para isso, cada trincheira foi redimensionada de forma a permitir a retirada de amostras em uma faixa de 1,40 m, abrangendo a linha de cana e a metade da entrelinha de cada lado, até à profundidade de 1,00 m.

4.11.2. Dimensão e número de amostras

Cada amostra constituiu-se de um cubo com 20 cm de lado. Foram portanto 35 amostras de 8 litros de terra para cada trincheira, somando 560 amostras retiradas, com $4,48 \text{ m}^3$ de terra.

A figura 5 representa uma trincheira previamente demarcada para a amostragem do solo contendo as raízes.

4.11.3. Preparo e pesagem das amostras

Na medida em que eram retiradas, as amostras foram etiquetadas e transportadas para a Estação Experimental, em Araras-SP.

Dentro do período de 24 horas foram passadas - uma a uma para baldes com capacidade de 60 litros e submetidas a uma breve imersão em água para que as raízes se libertassem da terra.

Em seguida, foi transferido o material para uma peneira de malhas 0,5 cm com 80 cm de diâmetros e arame nº 22 em aço. Submetido à lavagem em água sob queda natural, ficou fácil a separação da parte estranha às raízes.

Estas receberam um secamento prévio ao ar livre antes de serem embaladas em sacos de papel e levadas à estufa.

Sob a temperatura de 110°C por 48 horas, as embalagens foram pesadas em balanças de precisão e calculados os pesos líquidos das raízes de cada amostra.

FIG. 5 - Dimensões da trincheira para retiradas das amostras contendo as raízes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Produção da cana-planta

A produção do 1º corte, anterior à instalação do experimento, consta da tabela 6, cujos resultados revelam satisfatória regularidade da área. As análises tecnológicas são mostradas na tabela 5.

5.2. Efeito da compactação do solo

5.2.1. Umidade no solo

No ato das operações de compactação, o solo apresentava 32,11% como teor de umidade até a profundidade de 45 cm, conforme mostra a tabela 8.

5.2.2. Densidade após compactação

A tabela 9 apresenta as medidas das densidades do solo após as operações de compactação, e as figuras 6, 7, 8 e 9 mostram as representações gráficas das densidades nos 3 planos amostrados, isto é, na projeção do centro do sulco, a 35 cm e a 70 cm deste. Este último plano coincidindo com o centro da entrelinha.

Do tratamento testemunha não compactado, o solo na projeção do sulco permaneceu com densidades próximas de 1,0 de maneira uniforme, através de todo o perfil até a profundidade de 90 cm. Esse comportamento permite admitir que as próprias raízes da cana, nos 2 ciclos agrícolas, provavelmente contribuíram para a manutenção dessa condição física do solo.

Pela amostragem a 35 cm a partir do centro do sulco, correspondendo portanto, a 20-25 cm afastados da linha da soqueira, nota-se um adensamento do solo, com ponto máximo a 25 cm de profundidade. Provavelmente trata-se da percolação das menores partículas a partir das camadas superiores. Enquanto isso, no centro da entrelinha esse adensamento se mostra mais caracterizado, alcançando densidade 1,2. Na profundidade de 40-45 cm as densidades do solo tenderam a ser equivalentes nos 3 planos amostrados, permanecendo entre 1,0 e 1,1.

As pesquisas realizadas por OLIVEIRA *et alii* (1968), levaram a essas conclusões sobre o adensamento dos solos de tabuleiros do Nordeste, após contínuos ciclos culturais.

O tratamento com 1 passada do veículo em área total, apresentou semelhantes condições de densidade ao longo dos 3 perfis amostrados até à profundidade de 90 cm. Cumpre observar os pontos de máxima compactação, localizados entre 30 e 35 cm do nível do solo, cujas densidades alcançaram índices de 1,20 no centro do sulco, ultrapassando 1,26 na entrelinha. O retorno dos índices de densidades aos valores

TABELA 9 -Medidas das densidades do solo a cada 5 cm de profundidade e em 3 posições em relação aos sulcos, após as operações de compactação. Médias de 3 repetições.

Profundidade (cm)	Testemunha			1 passada			2 passadas			3 passadas		
	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm
05	1,11	0,98	1,09	1,18	1,11	1,10	1,07	1,02	1,36	1,00	1,13	1,31
10	1,05	1,08	1,15	1,16	1,16	1,21	1,08	1,12	1,33	1,03	1,20	1,32
15	1,05	1,15	1,11	1,15	1,18	1,22	1,13	1,18	1,32	1,04	1,21	1,34
20	1,04	1,12	1,20	1,22	1,18	1,22	1,14	1,23	1,25	1,13	1,23	1,37
25	1,01	1,12	1,20	1,19	1,26	1,26	1,19	1,25	1,22	1,11	1,31	1,30
30	1,04	1,12	1,17	1,21	1,19	1,28	1,23	1,26	1,22	1,16	1,29	1,30
35	1,02	1,10	1,11	1,19	1,21	1,27	1,22	1,24	1,21	1,18	1,30	1,27
40	1,02	1,07	1,13	1,23	1,24	1,23	1,22	1,24	1,15	1,21	1,32	1,22
45	1,02	1,07	1,04	1,23	1,23	1,23	1,20	1,19	1,11	1,22	1,30	1,19
50	1,00	1,01	1,07	1,14	1,14	1,14	1,11	1,13	1,12	1,11	1,20	1,17
55	1,00	1,02	1,08	1,15	1,16	1,08	1,07	1,07	1,08	1,10	1,16	1,09
60	1,03	1,00	1,09	1,08	1,08	1,13	1,08	1,02	1,06	1,05	1,15	1,06
65	1,00	1,05	1,09	1,09	1,08	1,10	1,07	1,01	1,08	1,08	1,11	1,06
70	1,00	1,01	1,06	1,08	1,06	1,08	1,06	1,00	1,08	1,06	1,08	0,99
75	0,97	1,05	1,04	1,00	1,09	1,11	1,02	1,04	1,02	1,06	1,15	1,06
80	0,90	1,01	1,02	1,00	1,05	1,07	1,00	1,07	0,98	1,05	1,07	1,05
85	0,94	1,02	1,03	1,03	1,08	1,01	1,03	1,08	1,00	1,04	0,98	1,07
90	0,95	1,01	1,02	1,04	1,01	1,00	1,00	1,09	1,04	1,00	0,95	1,06

FIG. 6 - Representação das densidades do solo nos 3 planos do perfil até 90 cm de profundidade, na área não compactada.

FIG. 7 - Representação das densidades do solo nos 3 planos do perfil até 90 cm de profundidade, após a compactação da área com 1 passada do veículo.

FIG. 8 - Representação das densidades do solo nos 3 planos do perfil até 90 cm de profundidade, após a compactação da área com 2 passadas do veículo.

FIG. 9 - Representação das densidades do solo nos 3 planos do perfil até 90 cm de profundidade, após a compactação da área com 3 passadas do veículo.

próximos de 1,1, ocorreu aos 50-55 cm de profundidade.

Quanto ao tratamento com 2 passadas, apresentou características peculiares. Provavelmente, fatores devem ter influído na parte superficial do solo amostrado, já que nos 2 perfís correspondentes ao centro do sulco e a 35 cm deste, as linhas seguem a mesma trajetória através do perfil do solo, até alcançarem o ponto de máxima densidade, a 35 cm da superfície. Esse ponto é comum para os 3 planos, com índices entre 1,22 e 1,26. Também nesse tratamento o retorno dos índices de densidade aos valores próximos de 1,10 ocorreu aos 50 cm da superfície.

O tratamento com 3 passadas mostrou-se bastante coerente com o comportamento esperado, em relação aos efeitos da compactação. Enquanto a faixa correspondente à projeção do sulco mostrou uma tendência a resistir aos esforços de compactação exercida pelo veículo, os índices de densidade foram mais acentuados na medida em que se afastou na direção da entrelinha. O ponto de maior compactação continuou ainda entre 35 e 40 cm, como nos demais tratamentos compactados, embora alcançando densidade 1,3, pouco mais alto que aqueles. Também o retorno às densidades próximas de 1,1 verificou-se a 55 cm de profundidade.

De acordo com as observações de Zelenin, citado por GILL (1968) e de Chancellor et alii, citados por LARSON & ALLMARAS (1971), o rodado do veículo utilizado, assentando-se numa faixa de 60 cm de largura, deveria apresentar o ponto de máxima compactação a 30 cm de profundidade. As figuras 7, 8 e 9 mostram essas localizações entre 35 e 40 cm abaixo da superfície. Esses valores podem ser considerados concordantes, mormente levando-se em conta também o exposto por GILL (1959), segundo o qual, "a profundidade de compactção aumenta na medida em que sejam maiores as forças compactantes aplicadas". Os valores crescentes da densidade do solo com o número de passadas, está também de acordo com a afirmação de GILL (1959) de que, "a repetição das passagens das cargas resulta em maior compactação".

5.3. Efeitos da subsolagem na densidade do solo

As medidas das densidades do solo após as operações de compactação, constam das tabelas 10, 11, 12 e 13, respectivamente para os tratamentos com 0, 1, 2 e 3 passadas do veículo.

Essas medidas foram obtidas 12 meses após as operações de compactação, imprimindo seus efeitos sobre o comportamento do sistema radicular durante todo o ciclo agrícola. Os resultados são representados pelas figuras 10 a 25.

Confrontando as figuras 6 e 10, isto é, ambos representando as parcelas não compactadas e também não subsoladas, observa-se que, durante o ciclo da cana houve visível adensamento das camadas superiores nos 3 planos analisados, com ligeiro destaque para a parte mais superficial do solo. Os pontos máximos de adensamento ficaram entre 15 e 20 cm de profundidade, elevando-se os índices de densidade para 1,20 na projeção do sulco e 1,25 para os planos mais próximos da entrelinha.

As operações de subsolagem a 30 e 50 cm distantes do centro do sulco favoreceram visivelmente a faixa de solo próxima da linha de cana, conforme se observa nas figuras 11 e 12. Quanto ao tratamento subsolado a 70 cm, mostrado na figura 13, parece não haver favorecido igualmente a faixa contendo a soqueira, porquanto, as densidades da entrelinha permaneceram nos valores iniciais, próximos de 1,30.

Nas parcelas compactadas com uma passada do veículo mostram como primeira característica, a elevação das densidades nas camadas superficiais do solo, alcançando valores acima de 1,30. Por outro lado, é de se notar que nas estreitas faixas correspondentes às passagens do subsolador, os índices de densidade foram reduzidos a valores próximos de 1,00 a 1,10. Esses valores se elevaram novamente logo abaixo da área de atividade (25 cm) do implemento. Pode-se observar que, na parcela não subsolada as densidades são equivalentes nos 3 planos amostrados; a parcela subsolada a 30 cm

TABELA 10 - Medidas das densidades do solo até 95 cm de profundidade e em 3 locais em relação ao centro do sulco, obtidas no tratamento não compactado e que receberam subsolagem a diferentes posições nas entrelinhas da cana. Médias de 3 repetições.

Profun- didade (cm)	Não Subsulado			Subsulado a 30 cm			Subsulado a 50 cm			Subsulado a 70 cm		
	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm
05	1,18	1,14	1,19	1,04	1,14	1,27	1,00	1,15	1,30	1,05	1,25	1,17
10	1,20	1,24	1,16	1,02	1,20	1,27	1,11	1,18	1,33	1,10	1,22	1,30
15	1,22	1,26	1,25	1,24	1,13	1,30	1,11	1,23	1,30	1,13	1,22	1,29
20	1,24	1,29	1,27	1,23	1,15	1,32	1,11	1,27	1,23	1,27	1,23	1,25
25	1,20	1,23	1,30	1,24	1,28	1,32	1,21	1,24	1,23	1,27	1,15	1,20
30	1,16	1,23	1,28	1,24	1,20	1,22	1,21	1,25	1,19	1,17	1,17	1,25
35	1,15	1,15	1,20	1,24	1,29	1,22	1,17	1,23	1,17	1,11	1,16	1,15
40	1,10	1,13	1,20	1,22	1,26	1,19	1,17	1,13	1,08	1,08	1,15	1,16
45	1,08	1,13	1,16	1,17	1,28	1,13	1,17	1,13	1,07	1,07	1,08	1,10
50	1,10	1,13	1,16	1,13	1,16	1,10	1,04	1,11	1,10	1,07	1,04	1,09
55	1,04	1,11	1,13	1,11	1,17	1,14	1,09	1,06	1,06	1,09	1,04	1,05
60	1,07	1,13	1,10	1,10	1,15	1,08	1,06	1,08	1,11	1,10	1,07	1,06
65	1,06	1,12	1,09	1,11	1,11	1,07	1,03	1,06	1,06	1,09	1,04	1,03
70	1,05	1,09	1,10	1,06	1,09	1,06	1,06	1,08	1,08	1,09	1,06	1,04
75	1,03	1,13	1,11	1,08	1,08	1,05	1,08	1,07	1,01	1,09	1,07	0,97
80	1,03	1,05	1,06	1,08	1,11	1,03	1,02	1,01	1,03	1,04	1,04	1,03
85	1,04	1,08	1,05	1,06	1,12	1,00	1,00	1,03	1,03	1,08	1,00	1,03
90	1,06	1,03	1,06	1,05	1,10	1,03	1,03	1,06	1,04	1,00	1,05	1,02
95	1,02	1,07	1,05	1,04	1,08	1,04	1,04	1,04	1,02	1,00	1,00	1,04

TABELA 11 - Medidas das densidades de solo até 95 cm de profundidade e em 3 locais em relação aos centros dos sulcos, obtidas no tratamento compactado com uma passada do veículo e escompactado com subsolagens em 3 posições das entrelinhas. Médias de 3 repetições.

Profundidade (cm)	Não Subsolado			Subsolado a 30 cm			Subsolado a 50 cm			Subsolado a 70 cm		
	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm
05	1,27	1,24	1,27	1,03	1,15	1,26	1,22	1,22	1,16	1,20	1,33	1,20
10	1,14	1,29	1,23	1,12	1,09	1,31	1,21	1,31	1,15	1,27	1,31	1,25
15	1,24	1,29	1,33	1,09	1,05	1,24	1,21	1,27	1,17	1,30	1,34	1,27
20	1,26	1,27	1,26	1,23	1,04	1,26	1,21	1,30	1,18	1,32	1,29	1,19
25	1,21	1,24	1,19	1,17	1,16	1,27	1,19	1,30	1,23	1,25	1,28	1,23
30	1,18	1,19	1,17	1,26	1,25	1,19	1,24	1,26	1,21	1,23	1,21	1,19
35	1,17	1,18	1,10	1,25	1,25	1,20	1,23	1,23	1,17	1,19	1,18	1,18
40	1,12	1,13	1,15	1,17	1,19	1,16	1,17	1,19	1,15	1,19	1,15	1,16
45	1,09	1,15	1,09	1,17	1,16	1,12	1,15	1,13	1,10	1,15	1,09	1,16
50	1,19	1,10	1,09	1,08	1,14	1,07	1,10	1,10	1,11	1,09	1,13	1,09
55	1,13	1,08	1,04	1,10	1,14	1,14	1,13	1,10	1,09	1,08	1,10	1,11
60	1,15	1,07	1,05	1,08	1,09	1,10	1,10	1,08	1,07	1,08	1,06	1,10
65	1,10	1,09	1,05	1,09	1,10	1,13	1,07	1,04	1,06	1,06	1,04	1,08
70	1,07	1,05	1,10	1,10	1,10	1,07	1,07	1,05	1,09	1,11	1,12	1,06
75	1,06	1,00	1,02	1,12	1,10	1,10	1,07	1,06	1,05	1,07	1,11	1,18
80	1,08	1,00	1,02	1,06	1,11	1,07	1,06	1,03	1,05	1,07	1,10	1,07
85	1,07	1,01	1,02	1,05	1,13	1,11	1,02	1,05	1,10	1,06	1,10	1,07
90	1,07	1,03	0,99	1,04	1,05	1,05	1,08	1,08	1,03	1,07	1,02	1,04
95	1,07	0,99	1,01	1,05	1,05	1,07	0,99	1,00	1,04	1,02	1,07	1,05

TABELA 12 - Medidas das densidades do solo até 95 cm de profundidade e em 3 locais em relação aos centros dos sulcos, obtidas no tratamento compactado com 2 passadas do veículo e descompactado com subsolagens em 3 posições das entrelinhas. Médias de 3 repetições.

Profun- didade (cm)	Não Subsolado			Subsolado a 30 cm			Subsolado a 50 cm			Subsolado a 70 cm		
	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm	Sulco	35 cm	70 cm
05	1,13	1,27	1,39	1,13	1,15	1,27	1,28	1,12	1,29	1,35	1,39	1,18
10	1,37	1,35	1,32	1,15	1,14	1,30	1,36	1,12	1,19	1,35	1,36	1,22
15	1,35	1,33	1,28	1,06	1,14	1,29	1,37	1,20	1,27	1,33	1,39	1,22
20	1,32	1,33	1,30	1,29	1,15	1,24	1,36	1,26	1,31	1,29	1,35	1,29
25	1,29	1,31	1,29	1,20	1,15	1,25	1,34	1,26	1,19	1,29	1,30	1,27
30	1,22	1,23	1,23	1,20	1,12	1,25	1,29	1,26	1,19	1,25	1,28	1,26
35	1,19	1,24	1,22	1,22	1,14	1,22	1,24	1,24	1,20	1,22	1,21	1,17
40	1,19	1,22	1,19	1,14	1,26	1,17	1,19	1,21	1,11	1,19	1,18	1,18
45	1,12	1,19	1,11	1,16	1,20	1,20	1,16	1,14	1,13	1,15	1,15	1,12
50	1,12	1,09	1,08	1,12	1,12	1,10	1,17	1,11	1,08	1,15	1,16	1,13
55	1,10	1,14	1,04	1,13	1,10	1,09	1,07	1,14	1,09	1,07	1,08	1,09
60	1,11	1,09	1,06	1,13	1,11	1,07	1,07	1,11	1,05	1,12	1,09	1,12
65	1,05	1,12	1,07	1,12	1,08	1,02	1,08	1,04	1,08	1,10	1,06	1,11
70	1,07	1,06	1,06	1,05	1,10	1,07	1,01	1,08	1,14	1,08	1,07	1,09
75	1,06	1,11	1,09	1,10	1,02	1,08	1,07	1,07	1,08	1,05	1,06	1,08
80	1,05	1,06	1,07	1,05	1,08	1,05	1,05	1,07	1,08	1,06	1,04	1,06
85	1,04	1,06	1,06	1,05	1,03	1,05	1,05	1,04	1,08	1,06	1,04	1,05
90	1,07	1,04	1,05	1,06	1,02	1,03	1,04	1,07	1,07	1,07	1,04	1,04
95	1,09	1,07	1,04	1,01	1,01	1,05	1,05	1,04	1,09	1,05	1,05	1,04

TABELA 13 - Medidas das densidades do solo até 95 cm de profundidade e em 3 locais em relação aos centros dos sulcos, obtidas no tratamento de compactação com 3 passadas do veículo e descompactado com subsolagens em 3 posições das entrelinhas. Médias de 3 repetições.

Profun- didade (cm)	Não Subsolado				Subsolado a 30 cm				Subsolado a 50 cm				Subsolado a 70 cm			
	Sulco		35 cm		70 cm		Sulco		35 cm		70 cm		Sulco		35 cm	
05	1,34	1,37	1,43	1,07	1,30	1,26	1,29	1,21	1,42	1,44	1,28					
10	1,35	1,28	1,42	1,04	1,40	1,22	1,37	1,27	1,38	1,41	1,24					
15	1,37	1,27	1,39	1,04	1,28	1,22	1,36	1,26	1,42	1,41	1,27					
20	1,35	1,34	1,35	1,22	1,30	1,37	1,29	1,30	1,44	1,34	1,26					
25	1,31	1,31	1,29	1,30	1,32	1,24	1,28	1,25	1,40	1,35	1,28					
30	1,23	1,26	1,22	1,26	1,25	1,28	1,30	1,24	1,30	1,29	1,27					
35	1,21	1,20	1,21	1,24	1,20	1,24	1,26	1,27	1,28	1,25	1,25					
40	1,17	1,19	1,23	1,21	1,19	1,19	1,20	1,19	1,24	1,18	1,21					
45	1,13	1,09	1,11	1,18	1,15	1,19	1,18	1,16	1,19	1,18	1,19					
50	1,13	1,13	1,08	1,14	1,10	1,21	1,14	1,18	1,14	1,14	1,08					
55	1,11	1,15	1,10	1,18	1,06	1,17	1,12	1,14	1,05	1,11	1,06					
60	1,10	1,14	1,08	1,18	1,06	1,12	1,15	1,09	1,07	1,07	1,06					
65	1,10	1,10	1,06	1,13	1,09	1,08	1,10	1,10	1,01	1,09	1,07					
70	1,09	1,11	1,07	1,09	1,12	1,11	1,08	1,14	1,09	1,13	1,15					
75	1,07	1,10	1,05	1,07	1,13	1,13	1,07	1,11	1,04	1,10	1,07					
80	1,04	1,08	1,06	1,06	1,11	1,07	1,11	1,08	1,02	1,08	1,00					
85	1,05	1,08	1,07	1,06	1,08	1,12	1,07	1,04	1,01	1,06	1,04					
90	1,04	1,05	1,05	1,09	1,05	1,10	1,06	1,05	0,99	1,04	1,04					
95	1,02	1,05	1,06	1,08	1,10	1,06	1,07	1,06	1,00	1,01	1,06

FIG. 10 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 25, não compactada e não subsolada.

FIG. 11 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 17, não compactada e subsolada a 30 cm.

FIG. 12 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 18, não compactada e subsolada a 50 cm.

FIG. 13 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 26, não compactada e subsolada a 70 cm.

FIG. 14 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 23, compactada com 1 passada do veículo e não subsolada.

FIG. 15 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 31, compactada com 1 passada do veículo e subsolada a 30 cm.

FIG. 16 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 32, compactada com 1 passada do veículo e subsolada a 50 cm.

FIG. 17 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 24, compactada com 1 passada do veículo e subsolada a 70 cm.

FIG. 18 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 21, compactada com 2 passadas do veículo e não subsolada.

FIG. 19- Representação das densidades do solo nos 3 perfis ate 95 cm de profundidade, na parcela nº 29 , compactada com 2 passadas do veículo e subsolada a 30 cm.

FIG. 20 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 22, compactada com 2 passadas do veículo e subsolada a 50 cm.

FIG. 21 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 30, compactada com 2 passadas do veículo e subsolada a 70 cm.

FIG. 22 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 27, compactada com 3 passadas do veículo e não subsolada.

FIG. 23 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 19, compactada com 3 passadas do veículo e subsolada a 30 cm.

FIG. 24- Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 20, compactada com 3 passadas do veículo e subsolada a 50 cm.

FIG. 25 - Representação das densidades do solo nos 3 perfis até 95 cm de profundidade, na parcela nº 28, compactada com 3 passadas do veículo e subsolada a 70 cm.

baixou os índices de densidade na área da projeção da linha de cana e a 35 cm do centro do sulco; quando a subsolagem foi feita a 50 cm, a menor densidade do solo verificou-se na amostragem a 35 cm; enquanto que, na subsolagem realizada no centro da entrelinha, essa área mostrou-se menos compactada que a própria faixa com cana.

A partir de 25 cm de profundidade as linhas representativas das densidades seguiram paralelamente através dos perfís.

Os tratamentos com 2 passadas do veículo mostraram marcantes efeitos de compactação do solo. A parcela compactada e que não recebeu subsolagem (figura 18), teve seus índices de densidade elevados para valores até 1,39 na entrelinha, acompanhados de perto pelas densidades no centro do sulco e nas laterais da faixa de soqueiras. A condição de compactação acima de 1,20 permaneceu até à profundidade de 40-45 cm.

A subsolagem a 30 cm do centro do sulco (20 cm ao lado da linha de cana) mostra ter exercido eficaz benefício à faixa ocupada pela linha contendo a cana (35 cm cada lado, a partir do centro do sulco). Mas a subsolagem a 50 cm não conseguiu o mesmo efeito, mostrando sua atividade em favor da entrelinha, enquanto que a estreita faixa na projeção da linha de cana, apresentou os mais altos índices de compactação com densidades próximas de 1,30 até a profundidade de 30 cm.

Quanto à subsolagem a 70 cm, conforme mostra a figura 21, revela seus efeitos somente na entrelinha, onde os índices de densidade baixaram para valores ao redor de 1,20 até a profundidade de 20 cm, atingindo o ponto máximo de 1,26 aos 30 cm. Enquanto isso, a faixa de solo contendo a linha de cana, permaneceu com os mais altos níveis de compactação, cujas densidades próximas de 1,40 na superfície, baixaram lentamente nos perfís inferiores, para alcançarem 1,20 somente aos 35 cm de profundidade.

As compactações com 3 passadas do veículo estão

representadas nas figuras 22 a 25.

O tratamento testemunha não subsolado da figura 22, mostra um comportamento semelhante ao mesmo tratamento com 2 passadas da figura 18. Apenas difere quanto ao efeito acumulado, elevando as densidades das camadas mais superficiais, de 1,32 a 1,38 para 1,35 a 1,40 como termos médios. As reduções nos valores das densidades através dos perfis do solo foram equivalentes, alcançando 1,10 a 50-55 cm de profundidade.

O tratamento subsolado a 30 cm do centro do sulco, favoreceu visivelmente os 2 planos internos amostrados - (centro do sulco e 35 cm) porém, somente nos 15 cm superficiais porque, a partir daí, as densidades voltaram a aproximar-se de 1,30 m. O ponto de máxima compactação permaneceu entre 25-30 cm de profundidade, reduzindo-se esses valores para 1,10 aos 50 cm abaixo da superfície.

Quanto ao tratamento com subsolagem a 50 cm do centro do sulco, mostra efeitos pouco significativos apenas nos 10-15 cm superficiais do solo. Entre 25 e 35 cm as densidades permaneceram com valores médios ao redor de 1,30.

A subsolagem no centro da entrelinha mostrou coerência quanto à descompactação nesse plano, mas em nada contribuiu como subsolagem nos planos mais próximos da linha, onde as densidades mantiveram os valores médios de 1,40 como no tratamento não subsolado.

5.4. Efeitos na produção de cana

5.4.1. População de colmos

O número de colmos por metro linear de sulco é mostrado na tabela 14.

Foi feita a análise de variância cujos resultados estão na tabela 15.

TABELA 14 - Número de colmos por metro linear de sulco.

Passos	Trat.	Repetições			Soma	Média
		I	II	III		
0	0	10,03	10,01	10,02	30,06	10,02
	30	10,88	10,13	10,17	31,18	10,39
	50	9,51	10,07	9,89	29,47	9,82
	70	10,78	10,27	10,90	31,95	10,65
1	0	11,61	10,87	12,09	34,57	11,52
	30	12,34	13,20	12,40	37,94	12,65
	50	11,09	11,25	10,99	33,33	11,11
	70	10,78	11,78	11,96	34,52	11,51
2	0	10,95	10,32	12,29	33,56	11,19
	30	11,87	12,71	12,44	37,02	12,34
	50	10,97	11,17	10,75	32,89	10,96
	70	11,27	10,95	11,27	33,49	11,16
3	0	12,33	12,59	13,42	38,34	12,78
	30	12,62	12,05	12,81	37,48	12,49
	50	13,33	13,12	11,62	38,07	12,69
	70	11,78	11,40	11,64	34,82	11,61

Observa-se que houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade tanto para Compactação como para Subsolagem, assim como de 5% para a interação entre ambos.

Através do desdobramento da interação entre as 2 modalidades operacionais, conforme revela a tabela 16, constatou-se que, somente os tratamentos de compactação com 1 e 2 passadas, apresentaram efeitos significativos, ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto às operações de subsolagem, incluídos os tratamentos de compactação, observa-se que apenas o trabalho realizado a 70 cm (centro da entrelinha de cana) não apresentou significância. Entretanto, os tratamentos de subsolagem a 30 cm e a 50 cm, juntamente com a testemunha não subsolada, mostraram significância estatística ao nível de 1%.

Observando-se os quadros seguintes, com os resultados das médias para ambos os tratamentos, verifica-se que a população de colmos no sulco aumentou no sentido da testemunha, não compactada, para as compactações com 1, 2 e 3 passadas do veículo. Por outro lado, os tratamentos de subsolagem não apresentaram variações expressivas.

Compactação		Subsolagem	
T	10,22	0	11,38
1	11,70	30	11,97
2	11,41	50	11,15
3	12,39	70	11,23
s($\bar{m}$)	0,10	s($\bar{m}$)	0,16
d.m.s.	0,48	d.m.s.	0,61

Subsolagem	Compactação			
	T	1	2	3
0	10,02	11,52	11,19	12,78
30	10,39	12,65	12,34	12,49
50	9,82	11,11	10,96	12,69
70	10,65	11,51	11,16	11,61
s($\bar{m}$)	0,31			
d.m.s.	1,69			

A figura 26, com base nos valores médios de compactação contidos na tabela 17, permite uma avaliação do maior perfilhamento da soqueira nas áreas mais intensamente compactadas.

TABELA 16 - Desdobramentos da interação entre os tratamentos de Compactação e de Subsolação do Solo e sua influência na população de colmos por metro de sulco.

C. Variação	GL	SQ	QM	F
Efeito da Subsolação d. Test.	3	1,2369	0,4123	1,39
" " d. 1 pas.	3	3,9385	1,3128	4,41*
" " d. 2 pas.	3	3,5253	1,1751	3,95*
" " d. 3 pas.	3	2,5991	0,8664	2,91
Efeito da Compactação d. Test.	3	11,6025	3,8675	13,00**
" " d. 30 cm	3	10,0636	3,3545	11,28**
" " d. 50 cm	3	12,5042	4,1681	14,02**
" " d. 70 cm	3	1,6778	0,5593	1,88
Resíduo (b)	24	7,1373	0,2974	

TABELA 17 - Influência da compactação do solo (incluídas as subso-lagens) na população de colmos por metro de sulco. Médias das 3 repetições.

Subsol.	Test.	Nº de Passos		
		1	2	3
Test.	10,02	11,52	11,19	12,78
30	10,39	12,65	12,34	12,49
50	9,82	11,11	10,96	12,69
70	10,65	11,51	11,16	11,61
Soma	40,88	46,79	45,65	49,57
Média	10,22	11,70	11,41	12,39

FIG. 26 - Influência da compactação do solo na população de colmos por metro de sulco.

5.4.2. Pesos dos colmos

Os valores em termos de pesos por colmo são apresentados na tabela 18.

Os resultados da análise de variância constam da tabela 19, através dos quais se observa que houve significância estatística ao nível de 1% tanto para os tratamentos de compactação quanto de subsolagem e também para a interação entre ambos.

No quadro seguinte verifica-se que não houve efeito significativo para as operações de subsolagem dentro da testemunha não compactada. Todavia, os efeitos sobre os pesos do colmo se mostraram bastante acentuados no tratamento compactado com 1 passada do veículo, embora menos evidente nos tratamentos com 2 e 3 passadas.

Subsolagem	Compactação			
	T	1	2	3
0	1,163	0,944	0,965	0,851
30	1,220	0,972	0,989	0,887
50	1,205	1,118	1,041	0,854
70	1,137	1,117	1,074	0,925
s($\bar{m}$)	0,027			
d.m.s.	0,146			

Pela figura 27 verifica-se que, na testemunha não compactada, todas as subsolagens conduziram aos maiores valores de pesos por colmo, enquanto que, nos tratamentos compactados com 1 e 2 passadas do veículo, houve tendência linear de aumento de peso dos colmos, na medida em que se distânciou a subsolagem. Quanto à compactação com 3 passadas, não houve efeito das subsolagens e foram constantes os menores pesos por colmo.

TABELA 18 - Pesos por colmo nos diferentes tratamentos.

Passos	Trat.	Repetições			Soma	Média
		I	II	III		
Test.		1,103	1,128	1,258	3,489	1,163
		1,178	1,197	1,285	3,660	1,220
		1,294	1,151	1,169	3,614	1,205
		1,203	1,121	1,088	3,412	1,137
1		0,950	0,980	0,903	2,833	0,944
		1,031	0,985	0,900	2,916	0,972
		1,163	1,136	1,055	3,354	1,118
		1,180	1,090	1,082	3,352	1,117
2		0,962	0,935	0,997	2,894	0,965
		1,017	0,954	0,995	2,967	0,989
		1,049	1,020	1,054	3,123	1,041
		1,040	1,076	1,105	3,221	1,074
3		0,877	0,863	0,814	2,554	0,851
		0,884	0,916	0,860	2,660	0,887
		0,826	0,863	0,872	2,561	0,854
		0,838	0,979	0,958	2,775	0,925

FIG. 27 - Efeitos da condição de compactação de solo nos pesos dos colmos.

TABELA 19 - Análise de Variância para os pesos dos colmos.

C. Variação	GL.	SQ.	QM.	F
Blocos	2	0,0016	0,0008	
Compactação (C)	3	0,5502	0,1834	34,60**
Resíduo (a)	6	0,0319	0,0053	
Subsolagem (S)	3	0,0514	0,0171	7,77**
C x S	9	0,0716	0,0080	3,64**
Resíduo (b)	24	0,0534	0,0022	
Total	47	0,7601		

C.V. (a) = 7,08%

C.V. (b) = 4,56%

5.4.3. Rendimentos agrícolas

As produções de cana em toneladas por hectare são apresentadas na tabela 20. As análises de variância constam da tabela 21.

Pela análise de variância pode-se observar os efeitos aos níveis de 5% nos tratamentos de compactação e de 1% para as subsolagens. Esses efeitos são independentes porque não se constataram efeitos na interação de ambos os tratamentos.

O quadro que se segue, põe em evidência os efeitos da subsolagem no tratamento compactado com 1 passada do veículo. Apesar da baixa produção obtida na parcela não subsolada, o rendimento médio final desse tratamento equiparou-se com o do tratamento testemunha, não compactado. Esses resultados são ilustrados pela figura 28, elaborada a partir dos valores da tabela 20.

Compactação		Subsolagem	
T	86,17	0	78,94
1	86,48	30	86,17
2	82,87	50	83,00
3	77,67	70	85,11
s(m)	1,71		1,18
d.m.s.	8,38		4,62

TABELA 20 - Produções em toneladas de cana por hectare.

Compactação	Subsolagem	Repetições			Soma	Médias
		I	II	III		
Test.	0	79,0	80,6	90,1	249,7	83,23
	30	91,5	86,7	93,3	271,5	90,50
	50	87,9	82,8	82,7	253,4	84,47
	70	92,6	82,2	84,7	259,5	86,50
1 pas.	0	78,8	76,1	78,0	232,9	77,63
	30	90,9	92,9	79,7	263,5	87,83
	50	92,1	91,3	83,0	266,4	88,80
	70	90,9	91,7	92,4	275,0	91,67
2 pas.	0	75,3	69,0	87,5	231,8	77,27
	30	86,2	86,7	88,6	261,5	87,17
	50	82,1	81,3	80,9	244,3	81,43
	70	83,7	84,2	89,0	256,9	85,63
3 pas.	0	77,3	77,6	78,0	232,9	77,63
	30	79,7	78,9	78,7	237,3	79,10
	50	78,6	80,9	72,3	231,9	77,30
	70	70,5	79,8	79,7	229,9	76,63

FIG. 28- Representação das produções em toneladas de cana por hectare nos diferentes tratamentos.
Médias das 3 repetições.

TABELA 21 - Análise de Variância para as produções de cana em toneladas por hectare.

C. Variação	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	9,6338	4,8169	
Compactação (C)	3	603,7717	201,2572	5,74 *
Resíduo (a)	6	210,1995	35,0333	
Subsolagem (S)	3	365,7317	121,9106	7,23 **
C x S	9	251,0033	27,8893	1,65
Resíduo (b)	24	404,4400	16,8517	
Total	47	1.844,7800		

C.V. (a) = 7,11%

C.B. (b) = 4,93%

Entretanto, os efeitos das subsolagens decresceram nos tratamentos mais compactados, chegando a não mostrar nenhum efeito significativo em relação à testemunha não subsolada quando o veículo passou 3 vezes na área, conforme se pode observar no quadro que se segue:

Subsolagem	Compactação			
	T	1	2	3
0	83,23	77,63	77,27	77,63
30	90,50	87,83	87,16	79,10
50	84,47	88,80	81,43	77,30
70	86,50	91,67	85,63	76,63
s(̄m)	2,37			
d.m.s.	12,75			

A tabela 22, ilustrada pela figura 29, deixam evidentes as diferenças verificadas nos rendimentos agrícolas nos diferentes tratamentos de compactação, quando realizadas ou não as operações de subsolagem.

5.5. Análise tecnológica

Os resultados das análises de Brix, Polarização na Cana e Pureza, são apresentados na tabela 23.

Não parece ter havido influência dos diferentes tratamentos de solo sobre a qualidade do caldo da cana.

TABELA 22 - Produções de cana em toneladas por hectare nos Tratamentos de Compactação Com e Sem subsolagem posterior.

Compactação	Trat. sem Subsolagem	Tratamentos com Subsolagem				
		30 cm	50 cm	70 cm	Soma	Médias
Test.	83,23	90,50	84,47	86,50	261,47	87,15
1 pas.	77,63	87,83	88,80	91,67	268,30	89,43
2 pas.	77,27	87,17	81,43	85,63	254,23	84,74
3 pas.	77,63	79,10	77,30	76,63	233,03	77,67

FIG. 29 - Produção de cana nos tratamentos com (C) e sem (S) subsolagem, na área testemunha (não compactada) e nos tratamentos compactados.

TABELA 23 - Análises tecnológicas obtidas com amostras de 10 colmos. Resultados médios das 3 repetições.

Compactação	Subsolagem	Brix	Pol na Cana	Pureza
Test.	0	16,75	14,69	87,70
	30	16,62	14,61	87,91
	50	16,71	15,01	89,82
	70	16,69	14,49	89,51
1 pas.	0	16,78	15,22	90,70
	30	16,59	14,88	89,69
	50	16,69	15,12	90,59
	70	16,80	15,20	90,48
2 pas.	0	16,81	15,18	90,30
	30	16,68	14,87	89,15
	50	16,74	14,92	89,13
	70	16,85	15,21	90,27
3 pas.	0	16,92	15,28	90,31
	30	16,28	14,96	91,89
	50	15,96	14,55	91,16
	70	16,37	14,42	88,09

5.6. Sistema Radicular

A tabela 24 mostra o quadro geral das pesagens das raízes em gramas de matéria seca. Cada pesagem representa as raízes contidas em uma amostra formada por um cubo de terra medindo 20x20x20 cm (8 litros). Foram 35 amostras retiradas de cada trincheira, totalizando 560 amostras.

Nas tabelas 25 a 40 são representadas as trincheiras dos 16 tratamentos com as localizações das 35 amostras retiradas em ambos os lados da linha de soqueira e correspondentes às 2 repetições. Os valores em pesos das raízes referem-se à médias obtidas.

A tabela 41 mostra esses valores, permitindo uma avaliação em conjunto.

As figuras 30 a 45 representam esquematicamente as distribuições percentuais das raízes no sentido horizontal (a partir do centro do sulco até a entrelinha) e no sentido vertical (através dos perfis do solo) cada 20 cm até 100 cm de profundidade.

Pode-se notar que não se verificaram acentuadas diferenças em função dos vários tratamentos de compactação e de subsolagem.

As figuras 46 a 49 e 50 a 53 mostram esses mesmos comportamentos das raízes, com os efeitos acumulados nos vários pontos de referência em ambos os sentidos.

Essa forma de representação confirma a interpretação anterior, apenas podendo-se destacar que, nos tratamentos com 2 e 3 passadas do veículo, houve ligeira redução na proliferação das raízes nas primeiras camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.

A distribuição das raízes através do perfil do solo a cada 20 cm de profundidade é mostrada na tabela 42. Na última coluna é apresentada a concentração em porcentagem das raízes na camada superior até 40 cm de profundidade, cujos valores são transferidos para a figura 54.

Com base também nas informações contidas na tabela 25 a 40 foi preparada a tabela 43, contendo a distribuição do sistema radicular no sentido horizontal, a partir do centro do sulco até o centro da entrelinha (70 cm). Os valores da última coluna compõem a figura 55.

Ambas as representações gráficas permitem confirmar as conclusões anteriores quanto à pequena influência provocada pelas condições de densidade do solo na proliferação e distribuição das raízes, observadas nas circunstâncias do experimento.

Correlacionando esse aspecto referente ao volume das raízes com as produções obtidas nos diferentes tratamentos, vamos encontrar coerências com as observações encontradas em HUMBERT (1974).

Ainda sobre a atividade das raízes, HUMBERT (1974), TROUSE & HUMBERT (1961), MONTEITH & BANATH (1965) e TROUSE Jr. (1967), fazem referências a restrições quanto ao desempenho do sistema radicular da cana-de-açúcar em solos cujas densidades aparentes ultrapassem 1,2 a 1,25. Segundo esses pesquisadores, ainda que o sistema radicular mostre um volume aparente satisfatório, as raízes podem apresentar deformações durante o crescimento, além da deficiente proliferação das radículas.

TADELA 24- Quadro geral dos pesos das raízes, em gramas de matéria seca, obtidos nas 35 amostras de cada tratamento da 2a. repetição.

A M O S T R A S	Testemunha				1 Passada				2 Passadas				3 Passadas			
	Test.	30 cm	50 cm	70 cm	Test.	30 cm	50 cm	70 cm	Test.	30 cm	50 cm	70 cm	Test.	30 cm	50 cm	70 cm
	25	17	18	26	23	31	32	24	21	29	22	30	27	19	20	28
01	4,78	4,94	2,54	4,00	3,57	4,59	5,02	2,14	1,93	3,48	3,25	3,54	2,99	3,68	5,01	1,71
02	6,03	4,23	5,86	4,48	5,72	5,43	4,14	3,99	4,92	3,61	3,25	2,64	2,49	2,62	6,93	3,95
03	6,70	4,70	7,89	6,43	8,61	8,27	14,14	4,71	6,51	6,21	5,23	4,83	9,04	5,33	8,56	3,75
04	19,70	32,23	17,83	14,63	23,46	30,59	26,13	15,04	8,57	23,20	12,94	11,59	13,46	22,65	17,97	8,75
05	7,51	14,43	9,40	13,95	9,02	13,44	9,00	7,10	4,65	8,67	5,71	5,55	6,34	8,51	9,67	3,93
06	5,63	4,86	5,13	5,08	6,75	4,67	5,54	2,86	4,66	4,66	3,59	4,75	3,95	3,63	10,11	1,73
07	5,27	5,29	4,33	4,26	6,55	2,13	5,16	4,51	5,60	4,55	2,81	5,58	4,25	3,97	3,81	2,78
08	2,00	1,92	1,17	2,14	2,29	2,87	2,84	2,79	2,59	2,47	3,25	2,16	2,16	2,63	3,71	1,77
09	2,62	1,50	1,22	5,35	3,07	4,08	5,14	2,78	3,34	2,30	2,70	2,62	2,68	2,79	3,82	1,58
10	3,97	3,09	2,48	3,17	3,78	3,04	5,03	3,52	3,18	3,60	3,60	3,07	5,59	3,52	2,13	2,65
11	4,97	5,90	5,58	11,14	7,23	9,86	6,90	5,43	3,56	6,83	4,05	5,94	5,96	7,44	4,19	5,38
12	5,22	2,02	3,17	6,38	3,27	7,84	3,86	2,55	3,73	4,06	3,50	3,55	4,07	5,33	4,61	2,80
13	3,16	2,65	2,41	3,88	2,66	2,83	2,24	2,58	3,64	4,90	2,28	3,60	2,03	3,61	2,51	2,78
14	3,32	3,63	2,00	2,84	3,32	2,55	2,81	1,48	2,42	4,39	2,30	5,02	3,24	3,44	2,16	1,88
15	3,20	1,91	1,27	3,57	1,49	2,07	1,75	2,68	3,53	3,35	1,71	1,94	2,98	3,18	3,54	1,65
16	3,02	1,76	1,85	3,10	2,47	3,08	2,33	3,27	3,70	3,11	2,12	2,35	2,54	3,59	3,71	1,47
17	3,66	2,29	3,50	4,73	2,85	4,43	2,84	3,07	3,15	4,02	1,88	1,17	3,57	3,82	3,77	2,32
18	3,99	4,61	3,59	7,14	5,64	5,49	3,65	3,88	3,83	5,22	2,53	2,88	3,60	5,04	3,62	3,00
19	4,08	2,00	2,32	4,55	2,05	3,64	3,54	2,55	3,79	5,78	1,85	3,35	2,96	3,91	3,83	2,63
20	4,32	1,84	2,18	3,38	3,32	2,68	3,02	3,48	3,08	4,39	2,26	2,45	2,68	3,37	4,41	1,77
21	3,32	2,02	2,51	2,75	2,75	3,23	3,33	2,44	3,52	5,63	2,54	4,60	2,36	3,17	2,37	2,10
22	3,69	1,34	2,50	2,48	1,85	3,03	2,81	2,54	3,93	3,16	2,00	2,17	2,97	1,62	2,79	1,31
23	3,62	2,93	2,46	1,57	2,14	3,65	2,69	2,50	3,62	4,53	2,85	2,05	2,56	2,84	2,28	1,71
24	2,88	2,56	2,03	3,76	3,32	3,66	2,02	1,61	3,42	3,03	1,86	2,47	3,13	2,64	2,73	2,14
25	3,41	2,05	3,08	3,83	4,75	3,99	2,89	3,18	3,64	4,60	1,83	2,34	3,25	2,84	3,00	2,50
26	3,79	1,62	2,87	3,55	2,29	3,61	2,86	2,03	2,34	4,51	2,14	2,10	3,20	3,62	3,64	1,30
27	4,53	1,96	2,73	2,07	3,11	3,23	2,93	2,61	2,61	4,47	2,56	2,38	2,75	3,44	3,32	1,50
28	2,62	1,54	1,78	2,17	2,59	3,50	4,21	1,86	3,00	2,76	2,40	3,30	2,17	2,53	2,19	1,53
29	1,36	2,61	2,73	2,87	1,62	2,91	2,82	2,73	3,90	1,88	1,73	2,30	2,19	2,13	1,68	1,59
30	2,22	1,44	2,79	2,30	2,04	2,17	1,93	1,41	2,71	2,80	1,67	1,45	2,84	2,39	2,03	1,65
31	1,83	2,65	2,06	2,10	2,84	2,56	3,14	2,68	2,53	2,55	0,87	3,13	1,98	3,17	2,18	2,65
32	2,39	1,51	3,03	3,56	2,82	2,79	3,39	1,99	3,84	3,54	1,10	1,92	2,84	2,35	2,12	1,72
33	2,26	0,89	2,58	3,82	2,84	2,11	3,14	1,76	3,01	3,44	1,13	1,93	2,87	2,15	2,54	0,82
34	2,89	1,46	2,42	3,00	2,24	2,95	3,98	1,03	4,07	2,07	2,53	1,97	2,25	2,42	2,45	2,20
35	2,56	1,75	1,66	1,97	2,67	2,95	3,19	1,11	3,73	3,44	2,68	2,33	2,31	2,00	2,97	2,16

TAB. 25 - Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 25, não compactada e não subsolada. Valores médios de 2 repetições.

	10	30	50	70 cm	Gramas	%	Acumulada
1	9,85	7,10	5,83	5,52	28,30	39,3	-
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							

Gramas - 17,21 19,26
 % - 23,9 26,7
 50,6

Gramas - 72,03

16,55

19,01

23,0

23,0

23,0

23,0

23,0

23,0

TAB. 26 - Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 17, não compactada e subsolada a 30 cm. Valores médios de 2 repetições.

	70 cm										Gramas	%	Acumulada
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
1	16,11	9,56	4,54	5,11							35,32	52,4	-
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8	12,95	2,55	2,27	2,77							10,54	15,6	68,0
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15	2,30	2,14	1,80	1,96							8,20	12,2	80,2
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22	1,02	2,09	2,44	1,44							6,99	10,4	90,6
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29	0,75	1,77	1,65	2,18							6,35	9,4	100,0
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													

23,13 18,11

Gramas -

41,24

12,70 13,46

= 67,40

% -

34,3 26,9

18,8 20,0

61,2

TAB. 27 - Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 18, não compactada e subsolada a 50 cm. Valores médios de 2 repetições.

				10	30	50	70 cm	Gramas	%	Acumulada

TAB. 29 - Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 23, compactada com 1 passada do veículo e não subsolada. Valores médios de 2 repetições.

	10 30 50 70 cm										Gramas	%	Acumulada.
1	11,73	8,81	6,23	5,06	2,0						31,83	43,6	-
2													
3													
4													
5													
6	3,61	3,52	2,86	2,80							12,79	17,5	61,1
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15	2,82	2,46	2,39	2,12							9,79	13,4	74,5
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22	2,37	2,80	2,62	2,22							10,01	13,7	88,2
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29	1,41	2,84	2,14	2,14							8,53	11,7	99,9
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													

21,94 20,43

Gramas - 42,37 16,24 14,34 = 72,95

% - 30,1 28,0 22,3 19,6

58,1

TAB.30 - Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 31, compactada com 1 passada do veículo e subsoiada a 30 cm. Valores médios de 2 repetições.

		10		30		50		70 cm		Gramas	%	Acumulada					
2	3	15,29	4	10,85	5,08	3,36	17	20		34,58	40,6	-					
	4																
9	10	4,93	11	5,44	3,45	2,71	14	40		16,53	19,4	60,0					
	11																
15	16	12,74	18	4,03	2,88	2,65	21	60		12,30	14,4	74,4					
	17																
22	23	1,99	25	3,73	3,44	3,26	28	80		12,42	14,6	89,0					
	24																
29	30	1,40	32	2,53	2,56	2,93	35	100 cm		9,42	11,0	100,0					
	31																
		26,35		26,58													
		Gramas -		52,93		17,41		14,91		=							
		%		30,9		31,2		20,4		17,5							
				62,1													

TAB. 33 - Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 21, compactada com 2 passadas do veículo e não subsolada. Valores médios de 2 repetições.

	Profundidade (cm)										Gramas	%	Acumulada
	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190			
1	4,28	5,58	4,89	3,76							18,51	28,4	-
2													
3													
4													
5	1,78	3,45	3,69	2,50							11,42	17,5	45,9
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15	1,91	3,47	3,39	3,52							12,29	18,9	64,8
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22	1,82	2,88	3,11	3,46							11,27	17,3	82,1
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													

Gramas -	11,71	18,13	18,27	17,05	=	65,16
% -	29,84	27,8	28,0	26,2		
	18,0	45,8				

TAB. 35 - Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 22, compactada com 2 passadas do veiculo e subsolada a 50 cm. Valores médios de 2 repetições.

		10	30	50	70 cm	Gramas	%	Acumulada
1	2	6,47	5,47	3,42	3,03	18,39	36,5	-
3	9	12,02	3,55	2,49	2,77	10,83	21,5	58,0
15	16	1,26	1,92	2,19	2,12	7,49	14,9	72,9
22	23	0,91	2,00	2,71	2,20	7,82	15,5	88,4
29	30	0,55	1,00	2,10	2,20	5,85	11,6	100,00
		11,21	13,94					
		25,15	12,91	12,32	=	50,38		
		22,2	27,7	25,6	24,4			
		49,9						

TAB. 36 Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 30, compactada com 2 passadas do veículo e subsolada a 70 cm. Valores médios de 2 repetições.

		10	30	50	70 cm	Gramas	%	Acumulada
1	2	3	4	5	6	7		
				5,79	5,19	3,63	4,55	19,22
								33,5
8	9	10	11	12	13	14		
				2,97	3,31	3,11	3,59	12,98
								22,6
								56,1
15	16	17	18	19	20	21		
				1,44	2,26	2,40	3,27	9,37
								16,3
								72,4
22	23	24	25	26	27	28		
				1,17	2,28	2,21	2,73	8,39
								14,6
								87,0
29	30	31	32	33	34	35		
				0,96	2,51	1,71	2,31	7,49
								13,0
								100,00

12,33 15,55

Gramas - 27,88 13,12 16,45 = 57,45

% - 21,5 27,1 22,8 28,6

48,6

TAB. 37 - Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 27, compactada com 3 passadas do veículo e não subsolada. Valores médios de 2 repetições.

	10	30	50	70 cm	Gramas	%	Acumulada
1	6,73	7,69	3,22	3,62	21,26	33,7	-
2				2,0			
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9	2,98	4,83	2,35	2,70	12,86	20,4	54,1
10							
11							
12							
13							
14							
15	1,80	3,24	2,61	2,67	10,32	16,3	70,4
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22	1,62	3,16	2,67	2,57	10,02	15,9	86,3
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29	1,42	2,42	2,54	2,25	8,63	13,7	100,0
30							
31							
32							
33							
34							
35							

14,55 21,34

Gramas - 35,89 13,39 13,81 = 63,09

% - 23,1 33,8 21,2 21,9

56,9

TAB. 38 - Pesos das raízes em gramas de matéria seca e sua distribuição nos 2 planos (em profundidade até 100 cm e na entrelinha) na parcela nº 19, compactada com 3 passadas do veículo e subsolada a 30 cm. Valores médios de 2 repetições.

				10	30	50	70 cm	Gramas	%	Acumulada
1	2	3	4	5	6	7	20	12,29	29,7	-
8	9	10	11	12	13	14	40	9,15	22,1	51,8
15	16	17	18	19	20	21	60	7,46	18,0	69,8
22	23	24	25	26	27	28	80	6,07	14,7	84,5
29	30	31	32	33	34	35	100 cm	6,43	15,5	100,0
				9,70	12,48					
Gramas -				22,18	9,95	9,27	=	41,40		
%				23,4	30,1	24,0	22,4			
				53,5						

TABELA 41 - Quantidade de raiz, em peso de matéria seca, contida na amostra.

Compactação	Subsolagem	Nº Parcela	Gramas
Test.	0	25	72,03
	30	17	67,40
	50	18	61,42
	70	26	78,91
1 pas.	0	23	72,95
	30	31	85,25
	50	32	80,15
	70	24	56,92
2 pas.	0	21	65,16
	30	29	80,88
	50	22	50,38
	70	30	57,45
3 pas.	0	27	63,09
	30	19	41,40
	50	20	74,94
	70	28	71,17

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 30 - Distribuição percentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 25, não compactada e não subsolada.

FIG. 31 - Distribuição porcentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela n° 17, não compactada e subsolada a 30 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 32 - Distribuição porcentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 18, não compactada e subsolada a 50 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 33 - Distribuição percentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 26, não compactada e subsolada a 70 cm.

FIG. 34 - Distribuição porcentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 23, compactada com 1 passada e não subsolada.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 35 - Distribuição percentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 31, compactada com 1 passada e subsolada a 30 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

FIG. 36 - Distribuição porcentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 32, compactada com 1 passada e subsolada a 50 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 37 - Distribuição porcentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 24, compactada com 1 passada e subsolada a 70 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 38- Distribuição percentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 21, compactada com 2 passadas e não subsolada.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 39 - Distribuição percentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 29, compactada com 2 passadas e subsolada a 30 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 40 - Distribuição porcentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 22, compactada com 2 passadas e subsolada a 50 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

FIG. 41 - Distribuição porcentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 30, compactada com 2 passadas e subsolada a 70 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 42 - Distribuição percentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 27, compactada com 3 passadas e não subsolada.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

FIG. 43 - Distribuição percentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 19, compactada com 3 passadas e subsolada a 30 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 44 - Distribuição percentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 20, compactada com 3 passadas e subsolada a 50 cm.

Distribuição na direção do sulco para a entrelinha

Distribuição em profundidade

FIG. 45 - Distribuição porcentual do sistema radicular da cana-de-açúcar nos 2 sentidos (em profundidade e na direção do sulco para a entrelinha), na parcela nº 28, compactada com 3 passadas e subsolada a 70 cm.

FIG. 46 - Distribuição percentual acumulada das raízes no plano horizontal dos perfis do solo, na testemunha não subsolada e nas parcelas subsoladas, do tratamento sem compactação.

FIG. 47 - Distribuição porcentual acumulada das raízes no plano horizontal dos perfis do solo, na testemunha não subsolada e nas parcelas subsoladas, do tratamento compactado com 1 passada do veículo.

FIG. 48 - Distribuição porcentual acumulada das raízes no plano horizontal dos perfis do solo, na testemunha não subsolada e nas parcelas subsoladas, do tratamento compactado com 2 passadas do veículo.

FIG. 49 - Distribuição percentual acumulada das raízes no plano horizontal dos perfis do solo, na testemunha não subsolada e nas parcelas subsoladas, do tratamento compactado com 3 passadas do veículo.

FIG. 50 - Distribuição percentual acumulada das raízes até 100 cm de profundidade, na testemunha não compactada e nas parcelas subsoladas, do tratamento sem compactação.

FIG. 51 - Distribuição percentual acumulada das raízes até 100 cm de profundidade, na testemunha não compactada e nas parcelas subsoladas, do tratamento compactado com 1 passada do veículo.

FIG. 52 - Distribuição percentual acumulada das raízes até 100 cm de profundidade, na testemunha não compactada e nas parcelas subsoledas, do tratamento compactado com 2 passadas do veículo.

FIG. 53 - Distribuição percentual acumulada das raízes até 100 cm de profundidade, na testemunha não compactada e nas parcelas subsoladas, do tratamento compactado com 3 passadas do veículo.

TABELA 42 - Distribuição porcentual das raízes no perfil do solo, cada 20 cm de profundidade.

Compactação	Subsolagem	Profundidade em cm					Profund. 0 a 40 cm
		0 a 20	20 a 40	40 a 60	60 a 80	80 a 100	
Test.	0	39,3	17,5	17,8	14,6	10,8	56,8
	30	52,4	15,6	12,2	10,4	9,4	68,0
	50	43,1	14,7	14,0	14,2	14,0	57,8
	70	33,5	22,1	18,5	12,3	13,6	55,6
1 pas.	0	43,6	17,5	13,4	13,7	11,7	61,1
	30	40,6	19,4	14,4	14,6	11,0	60,0
	50	43,1	18,0	12,7	12,7	13,4	61,1
	70	35,4	18,6	18,8	14,3	12,9	54,0
2 pas.	0	28,4	17,5	18,9	17,3	17,9	45,9
	30	33,6	17,6	19,8	16,7	12,2	51,2
	50	36,5	21,5	14,9	15,5	11,6	58,0
	70	33,5	22,6	16,3	14,6	13,0	56,1
3 pas.	0	33,7	20,4	16,3	15,9	13,7	54,1
	30	29,7	22,1	18,0	14,7	15,5	51,8
	50	42,7	16,1	16,8	13,7	10,6	58,8
	70	36,2	20,1	18,3	13,7	11,7	56,3

FIG. 54 - Distribuição percentual das raízes nos 40 cm superficiais do solo.

TABELA 43 - Distribuição percentual das raízes em gramas de matéria seca a partir dos centros dos sulcos para as entrelinhas.

Compactação	Subsolagem	Distâncias a partir dos centros dos sulcos (cm)				
		0 a 10	10 a 30	30 a 50	50 a 70	0 a 30
Test.	0	23,9	26,7	26,4	23,0	50,6
	30	34,3	26,9	18,8	20,0	61,2
	50	26,9	31,2	23,6	18,3	58,1
	70	25,5	33,3	21,5	19,7	58,8
1 pas.	0	30,1	28,0	22,3	19,6	58,1
	30	30,9	31,2	20,4	17,5	62,1
	50	26,8	30,9	21,2	21,1	57,7
	70	27,7	27,7	23,3	21,3	55,4
2 pas.	0	18,0	27,8	28,0	26,2	45,8
	30	26,8	28,0	23,5	21,7	54,8
	50	22,2	27,7	25,6	24,4	49,9
	70	21,5	27,1	22,8	28,6	48,6
3 pas.	0	23,1	33,8	21,2	21,9	56,9
	30	23,4	30,1	24,0	22,4	53,5
	50	20,6	29,1	28,1	22,2	49,7
	70	28,3	29,5	21,6	20,6	57,8

FIG. 55 - Concentração percentual de raízes na faixa até 30 cm do centro do sulco para a entrelinha e 100 cm de profundidade.

6. CONCLUSÕES

Para as condições sob as quais se desenvolveu o experimento, considerados os diversos fatores influentes como decorrência de um trabalho em regime de campo, os resultatados obtidos permitem algumas conclusões e subsídios para novos trabalhos nos aspectos seguintes:

6.1. Compactação do solo

- A - Verificou-se efeito cumulativo de compactação do solo - quando passado o veículo 2 e 3 vezes na mesma faixa.
- B - As profundidades de máximos índices de densidade do solo variaram de 20 cm na testemunha não compactada para 30 cm, 30 cm e 35 cm, como termos médios, quando passado o veículo 1, 2 e 3 vezes, respectivamente.
- C - Os maiores índices de compactação foram observados nas entrelinhas, permitindo supor que a presença das raízes

contribuíram para as menores densidades do solo nas faixas ocupadas pela cana.

- D - Na data do corte da cana, 12 meses após as operações de compactação e subsolagem, os índices de densidade do solo se mostraram bem mais acentuados nas parcelas não subsoladas, constatando-se os valores médios de 1,25; 1,25; 1,35 e 1,40, respectivamente, na testemunha não compactada e nas parcelas com 1, 2 e 3 passadas.

6.2. Subsolagem

- A - O subsolador mostrou ter exercido sua influência descompactante em função da largura da faixa de atividade do implemento.
- B - A atividade de descompactação foi constatada também nas parcelas não compactadas pelo veículo.
- C - Os efeitos da subsolagem mativeram-se evidentes na forma de mais baixos índices de densidade nas faixas de atividade, até a data do corte da cana.
- D - Correlacionando-se as profundidades de 30-35 cm atingidas como pontos máximos de compactação pelo veículo, e os efeitos observados após as operações de descompactação, é de se concluir que o implemento subsolador deveria ter sido preparado para agir a uma profundidade não inferior a 35-40 cm.

6.3. Sistema Radicular

- A - As diferenças em peso das raízes não podem ser caracterizadas como sendo influenciadas pelos diferentes tratamentos de compactação do solo.
- B - Quanto à distribuição nos perfis do solo também foram observadas acentuadas diferenças entre as distâncias das operações de subsolagem, destacando-se apenas maior

dispersão das raízes em profundidade, na projeção das linhas de cana das subparcelas.

- C - Em termos médios as concentrações das raízes até 30 cm de profundidade variaram de 60 a 70% nas parcelas subsoladas, reduzindo-se para 54 a 65% nas parcelas testemunhas não subsolada.
- D - Na camada até 10 cm de profundidade as concentrações de raízes foram respectivamente, de 40 a 52% e de 30% a 45% nas áreas subsoladas e não subsoladas.

6.4. Produção de Cana

- 1 - As parcelas mais compactadas apresentaram maior população de colmos por metro de sulco. Esse fato foi observado logo após iniciada a brotação das soqueiras.
- 2 - Na data do corte porém, os pesos por colmo verificaram-se na ordem inversa do número de passadas do veículo.
- 3 - Esse comportamento resultou em maiores produções finais nos tratamentos com os mais baixos índices de compactação.

7. SUMMARY

Soil compaction operations were conducted in Dark Red Latossol clay phase soil, with CB41-76 variety - ratooning, using sugar cane transport vehicle, traveling 1, 2 and 3 times over the same area. Next, subsoiling was made on both sides of the sugarcane rows, at distances of 30, 50 and 70 cm from the center of furrows, and 25 cm deep, using implement with wings in the lower part of the rod. Compaction cumulative effects were observed in the areas with 2 and 3 passings of vehicles. The results showed that in treatments with 1 and 2 passings of the vehicle, subsoiling at distances of 30 and 50 cm from furrow center was the most beneficial - for the sugar cane ratoon. When the vehicle passed 3 times, there was no effect for the 3 subsoiling distances.

Both treatments of compaction and subsoiling - did not show significant effects on total root weight. Only small differences were noted in the distribution of the root system in the soil profiles.

8. LITERATURA CITADA

- BAVER, L.D., 1956. Physics soil. 3 rd. ed. New York , John Wiley.
- CARVALHO. L.C.C. e L.R. GRAÇA, 1976. Produtividade agrícola da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 88(4):35-59.
- CASAGRANDE, A.A. e O.P. GODOY, 1975. Cultivo mecânico e adubação na soqueira da cana-de-açúcar; efeito na planta. Científica. Jaboticabal, 3(1):95-106.
- COHRON, G.T., 1971. Forces causing soil compactions. In: BARNES, K.K., CARLETON, W.M., TAYLOR, H.M., THROCKMORTON, R.I. e VANDEN BERG, G.E. Org. Compaction of agricultural soil. Michigan, ASAE, p. 106-122.

FERRAZ, E.S. de B., 1974. Determinação simultânea de densidade e umidade de solos por atenuação de raios gama do ^{137}Cs e ^{241}Am . Piracicaba, ESALQ/USP, 120 p. (~~Tese de~~ Livre-Docência).

FURLANI NETO, V.L., J. FERNANDES e L.G. MIALHE, 1978. Características de veículos para o transporte da cana-de-açúcar. (Trabalho apresentado no 8. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Botucatu, SP.).

GILL, W.R., 1959. Soil compaction by traffic. Agric. Engng., 40:392-394, 400, 402.

GILL, W.R., 1961. Mechanical impedance of plants by compact soils. Transactions of the ASAE, 4:238-242.

GILL, W.R. e G.E. VANDEN BERG, 1968. Soil dynamics in tillage and traction. Washington, USDA. 511 p.

GROHMANN, F. e H.V. de ARRUDA, 1961. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da terra-roxa-ligítima. Bragantia. Campinas, 20(49):1203-1209.

GROHMANN, F. e J.P. QUEIROZ NETO, 1966. Efeito da compactação artificial de 2 solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes do arroz. Bragantia. Campinas, 25(38): 421-431.

HARRIS, W.L., 1971. The soil compaction process. In: BARNES, K.K., CARLETON, W.M., TAYLOR, H.M., THROCKMORTON, R. I. e VANDEN BERG, G.E., Org. Compaction of agricultural soils. Michigan, ASAE, p. 9-44.

HUMBERT, R.P., 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, Continental. 719 p.

- INFORZATO, R. e R. ALVAREZ, 1957. Distribuição do sistema -
radicular da cana-de-açúcar Var. Co290, em solo tipo ter-
ra-roxa-ligítima. Bragantia. Campinas, 16(1):1-13.
- LARSON, W.E. e R.R. ALLMARAS, 1971. Management factors and
natural forces as related to compaction. In: BARNES, K.
K., CARLETON, W.M., TAYLOR, H.M., THROCKMORTON, R.I. e
VANDEN BERG, G.E., Org. Compaction of agricultural soils,
Michigan, ASAE, p.367-427.
- MARTINEZ, M.B. e M.A. LUGOZ-LOPEZ, 1953. Influence of sub-
soil shattering and fertilization on sugarcane production
and soil infiltration capacity. Soil Science, 75(4):307-
315.
- MEADE, G.P., 1967. Manual del azúcar de caña. Barcelona ,
Montaner y Simon. 940 p.
- MEREDITH, H.L. e W.H. PATRICK Jr., 1961. Effects of soil
compaction on subsoil root penetration and physical pro-
perties of three soils in Louisiana. Agronomy Journal ,
53:163-167.
- MOBERLY, P.K., 1969. The effects on ratoon cane of subsoi-
ling in a number of soils in the sugar belt. S. Afr. -
Sugar J., 53(9):688-689,691,693.
- NICHOLS, M.L. e C.A. REAVES, 1955. Soil structure and consis-
tency in tillage implement design. Agric. Engng., 36(8):
517-522.
- MONTEITH, N.H. e C.L. BANATH, 1965. The effects of soil
strength on sugarcane root growth. Trop. Agr.. Trini-
dad, 42(4):293-296.

- OLIVEIRA, L.B., H.S.DANTAS, A.B. CAMPELO, S.J. GALVÃO e I.F. GOMES, 1968. Caracterização de adensamento no subsolo de uma área de "Tabuleiro" da Estação Experimental do Curado, Recife. Pesq. agropec. bras., 3:207-214.
- PASSIOURA, J.B. e G.W. LEEPER, 1963. Soil compacted and manganese deficiency. Nature, 200(4901):29-30.
- PLANALSUCAR, 1977. Relatório Anual; Estações Experimentais. Piracicaba. 100 p.
- RUGAI, S. e J. ORLANDO Fº, 1973. Cana-de-açúcar nos solos - do Estado de São Paulo. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 82(3):17-23.
- RICHARDS, S.J., L.V. WEEKS e J.E. WARNEKE, 1960. Compacted bulk density and hydraulic conductivity for indicating - the structural status of soils. Int. Congr. Soil Sci. Madison, (7):249-255.
- SHULKA, L.N. e E.J. RAVALO, 1976. Compactation del suelo en los campos de caña a causa de los carros de transporte. Sugar y Azucar, 71(8):50-52.
- SOUSA, J.A.G.C., 1976. Efeito da tensão da água do solo na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Limeira, FEL/UNICAMP. 163 p. (Tese de Doutorado).
- TAYLOR, H.M. e E. BURNETT, 1963. Influence of soil strength on the root-growth habits of plants. Soil Science, 98:174-180.
- TROUSE Jr., A.C., 1967. Effects of soil compression on the development of sugarcane roots. In: CONGR. INT. SOC. SUG. TECH., 12., Puerto Rico. Proceedings. p. 137-152.

- TROUSE Jr., A.C., 1971. Soil condiction as they affect - plant establishment, root development and yield. In: BAR NES, K.K., CARLETON, W.M., TAYLOR, H.M., THROCKMORTON, R. I. e VANDEN BERG, G.E., Org., Compaction of agricultural - soil. Michigan, ASAE, p. 225-276.
- TROUSE, Jr., A.C. e R.P. HUMBERT, 1961, Some effects of soil compaction on the development of sugarcane roots. Soil Science, 91(3):208-217.
- TROUSE Jr., A.C. e L.D. BAVER, 1965. Tillage problems in the Hawaiian sugar industry. III. Vehicular traffic and soil compaction; tech suppl to soils. Rept. Exp. Sta. HSPA.
- Van DILLEWIJN, C., 1952. Botany of sugarcane. Waltham, - Chronica Botanica. 371 p.
- VEIHMEYER, F.J. e A.H. HENDRICKSON, 1948. Soil density and root penetration. Soil Science, 65:487-493.
- VOMOCIL, J.A. e W.J. FLOCKER, 1961. Effect of soil compaction on storage and movement of soil air and water. Transactions of the ASAE, 4:242-246.
- WIERSUM, L.K., 1957. The relationship of the size and structural rigidity of pores to the penetration by roots. Plant and Soil, 9(1):75-85.
- YANG, S.J., 1977. Soil physical properties and the growth - of rotoons cane as influenced by mechanical harvesting. In: CONGR. INT. SOC. SUG. CANE TECH., 16., São Paulo. Proceedings. p. 835-847.
- ZIMMERMAN, R.P. e L.T. KARDOS, 1961. Effect of bulk density on rotoon growth. Soil Science, 91:280-288.