



Guia *do* *usuário*

PENETRÔMETRO DE IMPACTO

RUBISMAR STOLF

JOSÉ FERNANDES

VICTÓRIO LAERTE FURLANI NETO

MODELO IAA/PLANALSUCAR-STOLF

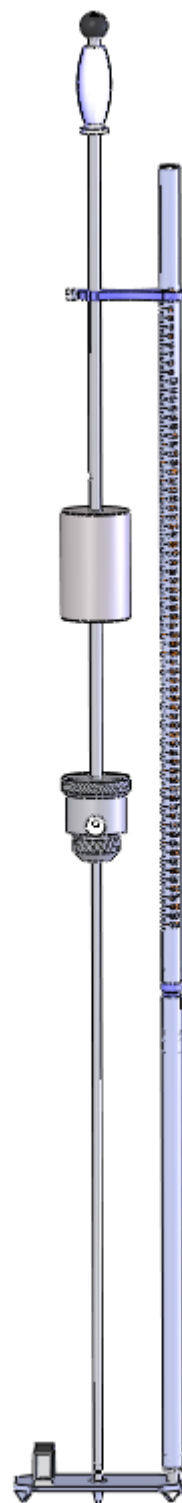
KAMAQ - Máquinas e Implementos Agrícolas

Via Industrial, 550 - Distrito Industrial - Cx.Postal 101

CEP. 13.602-030 - Araras - SP

Tel. (19) 3541-3022 - FAX (19) 3541-5418

www.kamaq.com.br - kamaq@kamaq.com.br



IDENTIFICAÇÃO

PRODUTO _____

SÉRIE/

NÚMERO _____

NOTA FISCAL N° _____ **DATA** ____/____/____

EMPRESA/

FAZENDA _____

PROPRIETÁRIO _____

CIDADE _____ **UF** _____

REVENDA _____

ANOTAÇÕES _____

PARABÉNS

É com grande satisfação que congratulamos mais um cliente KAMAQ que se prepara para usar um de nossos produtos.

Acompanhe os passos deste manual e você terá um aproveitamento integral da potencialidade do equipamento.

A KAMAQ produz e desenvolve roçadeiras desde 1972, conhecida pelo seu pioneirismo em diversos aperfeiçoamentos como giro livre, transmissão direta com embreagem para roçadeiras duplas, sistema de corte horário e anti-horário, também para roçadeiras duplas e torre dupla entre outros mais, produzindo sempre equipamentos de alta tecnologia.

Por estas e muitas outras razões acreditamos que você ficará plenamente satisfeito com a aquisição de mais um equipamento com a marca KAMAQ.

Além das informações contidas neste manual, você pode contar sempre com a rede de apoio técnico KAMAQ.

O nosso muito obrigado.

Via Industrial 550 - Distrito Industrial - Araras/SP

CEP 13602-030

www.kamaq.com.br - kamaq@kamaq.com.br

pabx 19 3541-3022

fax 19 3541-5418

Setembro/2004

RECOMENDAÇÃO PARA USO DO PENETRÔMETRO DE IMPACTO

Modelo IAA / Planalsucar - Stolf

* Rubismar STOLF

** José FERNANDES

*** Victório FURLANI NETO

INTRODUÇÃO

A Seção de Operações Agrícolas IAA/PLANALSUCAR, através de sua Coordenadoria Regional Sul, vem estudando uma modificação nos penetrógrafos convencionais, visando simplificá-los, numa tentativa de generalizar seu uso no meio canavieiro.

O aparelho tem a finalidade de medir a resistência do solo à penetração. Como esse valor varia conforme a umidade do solo, o mesmo não serve para avaliar em termos absolutos se um dado solo está ou não compactado, e esse problema ocorre com qualquer tipo de penetrômetro. Mas, admitindo-se que determinado terreno necessite de preparo do solo, é possível, através da curva obtida, determinar até que profundidade deve-se preparar o solo para diminuir a compactação ou quebrar zonas adensadas.

CARACTERÍSTICAS DO PENETRÔMETRO CONVENCIONAL

O penetrômetro convencional constitui-se de uma haste com um cone na extremidade inferior. Tanto a es-

(*) Este trabalho foi publicado na Revista STAB - açúcar, álcool e subprodutos, vol 1, nº 3, edição de janeiro/fevereiro de 1983.

* Eng^o Agr^o, Dr., Coordenadoria Regional Sul do PLANALSUCAR.

** Eng^o Agr^o, M.Sc., Seção de Operações Agrícolas Superintendência Geral do PLANALSUCAR.

*** Eng^o Agr^o, Seção de Operações Agrícolas, Coordenadoria Regional Sul do PLANALSUCAR.

peçura da haste como as dimensões do cone, foram padronizadas pela American Society of Agricultural Engineers. Na extremidade superior possui um dinamômetro para se fazer a leitura de força de resistência do solo à penetração ou registrá-la em gráfico (penetrógrafo), à medida que o operador força o conjunto contra o solo.

MODIFICAÇÃO INTRODUZIDA NO PENETRÓGRAFO

O dinamômetro e o registrador foram substituídos por um peso de curso constante para provocar a penetração da haste no solo através de impactos.

A Figura 1 representa esquematicamente o penetrômetro de impacto desenvolvido.

À medida que o penetrômetro atinge camadas mais adensadas, a penetração por impacto é menor, possibilitando assim a localização dessas zonas no perfil. A leitura da penetração é feita na própria haste que é graduada em centímetros.

O aparelho tem as seguintes características:

. Peso que provoca o impacto: 4 kg.

. Curso de queda livre: 400 mm.

. Cone: ângulo sólido 30°, área da base 0,2 pol² (12,8 mm de diâmetro).

. Diâmetro da haste que penetra no solo: 9,5 mm.

Tanto o diâmetro da haste como as dimensões do cone, são as mesmas do penetrógrafo convencional, padronizado pela ASAE.

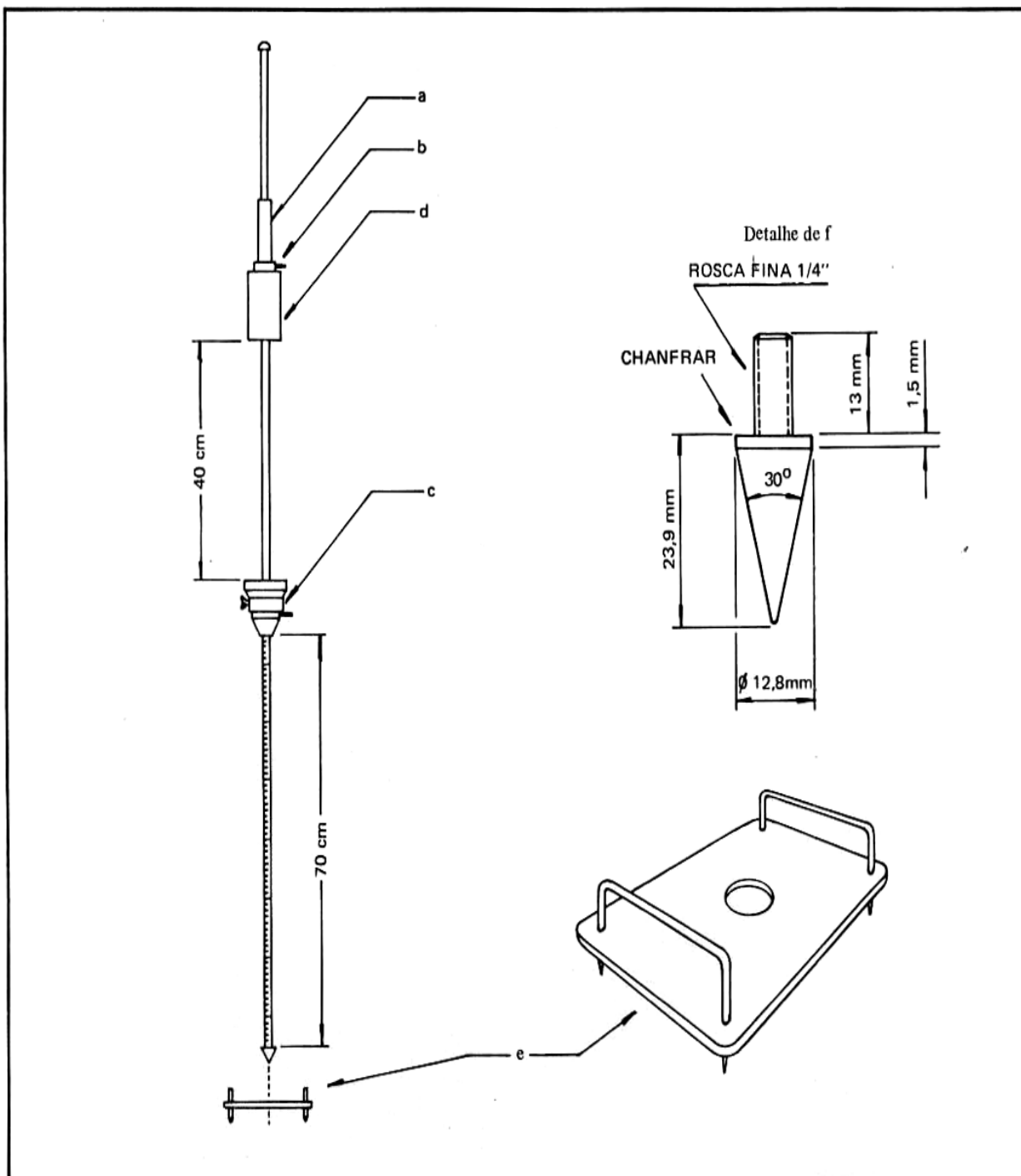


FIGURA 1. Penetrômetro de impacto. a) luva móvel para o operador manter o aparelho na vertical sem interferir na força resultante durante a penetração da haste; b) e c) limitadores superior e inferior; d) peso que provoca o impacto; e) chapa para ser fixada na superfície do solo, dando o nível de referência da leitura de profundidade.

VANTAGENS EM RELAÇÃO AO MÉTODO CONVENCIONAL

O penetrógrafo convencional apresenta os seguintes problemas:

a) o dinamômetro é caro, exige calibração, podendo sofrer alterações com o uso;

b) os resultados para as mesmas condições de solo variam de operador para operador;

c) se o solo oferecer uma resistência muito grande, o operador não consegue fazer penetrar a haste de uma maneira contínua, dificultando o levantamento e prejudicando os resultados. E os penetrógrafos de

velocidade constante, onde esses problemas são contornados, são pesados e caríssimos.

Em contrapartida, o novo método:

- dispensa o dinamômetro e o registrador, tornando seu custo irrisório em relação ao convencional;
- não exige calibração, já que a massa do peso, o curso em queda livre e a aceleração da gravidade não variam;
- os resultados independem do operador;
- resulta num conjunto leve (cerca de 6 kg) e robusto.

EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO

A Tabela I apresenta o formulário utilizado no campo para amostrar quatro locais de um talhão de quin-

to corte da Usina Ester (LVA textura média). Na primeira coluna de cada repetição anota-se a variação de profundidade, enquanto que na segunda coluna, o número de impactos realizados para provocar a penetração correspondente. A terceira coluna é calculada no escritório, dividindo-se o número de impactos pela correspondente variação de profundidade em centímetros, e multiplicando-se pelo valor 10. Por exemplo, se com dois impactos o aparelho penetrou de 23 a 29 cm, o valor calculado seria:

$$\frac{2}{29 - 23} \times 10 = \frac{20}{6} = 3,3 \text{ impactos/dm}$$

TABELA I. Formulário de levantamento de campo. Primeira e segunda colunas, dados de leitura de campo. Terceira coluna, valores calculados expressos em impactos/dm.

Primeira			Segunda			Terceira			Quarta		
Profundidade (cm)	Nº de impactos	Valores calculados	Profundidade (cm)	Nº de impactos	Valores calculados	Profundidade (cm)	Nº de impactos	Valores calculados	Profundidade (cm)	Nº de impactos	Valores calculados
0-9	1	1,11	0-14	1	0,71	0-17	1	0,59	0-13	1	0,43
9-13	2	5,00	14-19,5	2	3,64	17-26	2	2,22	23-28	2	4,00
13-17,5	2	4,44	19,5-23,5	2	5,00	26-31	2	4,00	28-32,5	2	4,44
17,5-23	2	3,64	23,5-27,5	2	5,00	31-37	2	3,33	32,5-37	2	4,44
23-29	2	3,33	27,5-31	2	5,71	37-43,5	2	3,08	37-41	2	5,00
29-35	2	3,33	31-35	2	5,00	43,5-51	2	2,67	41-46,5	2	3,64
35-41	2	3,33	35-40	2	4,00	51-59	2	2,50	46,5-52	2	3,64
41-52,5	2	1,74	40-46,5	2	3,08				52-59,5	2	2,67
52,5-60,5	2	2,50	46,5-54	2	2,67						
			54-60	2	3,33						

Local: Usina Esther, setor Caixa D'Água, solo LVA (47 / areia, 40 / argila). Talhão 10 (13/07/81).

Quanto maior esse valor, maior é a resistência oferecida pelo solo à penetração. A razão de multiplicar por 10 é apenas para não se obter valores muito pequenos (menos que 1), o que dificultaria a colocação em gráficos. A unidade do resultado é portanto: número de impactos/cm x 10 ou número de impactos/dm, isto é, corresponde ao número de impactos que seria necessário para perfurar 10 cm (ou 1 dm) de solo com a compactação equivalente à que ocorre na camada de 23 a 29 cm, ou como queira, à profundidade média de 26 cm. Se o valor obtido fosse maior, isso indicaria que essa camada de solo necessitaria de mais energia para ser rompida.

Analisando as repetições da Tabela I, verifica-se que os valores de número de impactos/dm diminui rapidamente após 40 cm de profundidade, indicando que a zona compactada atinge em média essa profundidade.

Como tirar a média de vários perfis

Um processo simples consiste em transportar os valores calculados da Tabela I para a Tabela II, tabulando os valores para intervalo de classe de profundidade de 2 cm. Tomando como exemplo a primeira repetição da Tabela I, o valor 1,11 impactos/dm correspondente à penetração de 0 a 9 cm, é repetido para os intervalos 0-2, 2-4, 4-6, 6-8 e 8-10 cm na Tabela II. Para o valor 5,00 impactos/dm correspondente à profundidade de 9 a 13 cm é repetido na Tabela II nos intervalos de 10-12 e 12-14 cm; e assim sucessivamente. Posteriormente, faz-se a média geral determinando os valores médios do perfil.

Para melhor interpretação, os resultados podem ser colocados em gráficos. A Figura 2(b) representa graficamente a média obtida na Tabela II.

TABELA II. Dados retabulados a partir da Tabela I, para cálculo da média.

Profundidade (cm)	Repetição				Média geral
	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta	
0-2	1,11	0,71	0,59	0,59	0,75
2-4	1,11	0,71	0,59	0,59	0,75
4-6	1,11	0,71	0,59	0,59	0,75
6-8	1,11	0,71	0,59	0,59	0,75
8-10	1,11	0,71	0,59	0,59	0,75
10-12	5,00	0,71	0,59	0,59	1,72
12-14	5,00	0,71	0,59	0,59	1,72
14-16	4,44	3,64	0,59	0,59	2,32
16-18	4,44	3,64	0,59	0,59	2,32
18-20	3,64	3,64	2,22	0,59	2,52
20-22	3,64	5,00	2,22	0,59	2,86
22-24	3,64	5,00	2,22	0,59	2,86
24-26	3,33	5,00	2,22	4,00	3,64
26-28	3,33	5,00	4,00	4,00	4,08
28-30	3,33	5,71	4,00	4,44	4,37
30-32	3,33	5,71	4,00	4,44	4,37
32-34	3,33	5,00	3,33	4,44	4,03
34-36	3,33	5,00	3,33	4,44	4,03
36-38	3,33	4,00	3,33	4,44	3,78
38-40	3,33	4,00	3,08	5,00	3,85
40-42	3,33	3,08	3,08	5,00	3,62
42-44	1,74	3,08	3,08	3,64	2,89
44-46	1,74	3,08	2,67	3,64	2,78
46-48	1,74	2,67	2,67	3,64	2,68
48-50	1,74	2,67	2,67	3,64	2,68
50-52	1,74	2,67	2,67	3,64	2,68
52-54	2,50	2,67	2,50	2,67	2,59
54-56	2,50	3,33	2,50	2,67	2,75
56-58	2,50	3,33	2,50	2,67	2,75
58-60	2,50	3,33	2,50	2,67	2,75

APLICAÇÃO E INTERPRETAÇÃO

A Figura 2(b) mostra os resultados de uma área de cana com cinco cortes, seis anos após o preparo. A Figura 2(a) indica os resultados de outra área de cana ao lado, com um corte com dois anos após o preparo do solo. Ambas situam-se no mesmo talhão e as medidas foram realizadas nas entrelinhas, no mesmo dia.

Pela Figura 2(b) verifica-se que a máxima resistência à penetração ocorre em média a 30 cm de profundi-

dade, com um valor de 4,4 impactos/dm, caindo bruscamente para cerca de 2,8 impactos/dm, abaixo de 41 cm. Como se trata de um LVA que não sofre grandes variações de textura em profundidade, é de se admitir que essa queda se deva ao fato de que o manejo dessa área não tenha causado efeitos pronunciados abaixo dessa profundidade, e o valor 2,8 seria a grosso modo, um parâmetro indicativo de que apenas as camadas com valores maiores, devem ser remanejadas para se aumentar a porosidade ou diminuir o adensamento. Se as medidas fossem realizadas em época com teores de umidade diferentes, os valores obtidos não seriam os mesmos, mas a forma da curva permaneceria e a interpretação seria idêntica.

A variação da umidade, ao longo do perfil, pode interferir nos resultados, todavia como geralmente abaixo de 20 cm o gradiente é pequeno, não chega a comprometer os resultados.

A Figura 2(a) obtida no mesmo talhão, mostra que os preparos do solo em termos médios diminuíram a resistência do solo de 4,4 para 3,2 à profundidade de 30 cm.

A Figura 3 ilustra outro exemplo de aplicação, onde comparam as curvas médias obtidas nas entrelinhas do plantio de cana em cultivo mínimo e convencional, na época do primeiro corte.

Como as entrelinhas do plantio em cultivo mínimo, ao contrário do método de preparo convencional, não são trabalhadas, é de se esperar maiores valores de resistência à penetração, como se constata na Figura 3.

O método pode ser utilizado também após a colheita, para definir metodologia de tratos culturais de soqueira em áreas de colheita semimecanizada e mecanizada, onde o tráfego é mais intenso.

AMOSTRAGEM

A penetração é lida na própria haste do penetrômetro, que é graduada em centímetros. A Figura 4 ilustra a execução da leitura.

Como normalmente os primeiros centímetros do solo formam uma zona de maior distúrbio, é conveniente que a primeira leitura de profundidade, seja realizada após o primeiro impacto. As demais leituras são realizadas em seguida a um número de impactos que depende da compactação do solo, não sendo necessária a leitura com um número fixo de impactos. Os dois exemplos que se seguem, ilustram o que pode ocorrer:

Exemplo 1.

Profundidade (cm)	Impactos	Impactos/dm
0-4	1	2,5
4-10	1	1,7
10-14	2	5,0
14-17	2	6,7
17-19,5	3	12,0
19,5-22	4	16,0
22-25	2	6,7
25-28	1	3,3

Exemplo 2.

Profundidade (cm)	Impactos	Impactos/dm
0-10	1	1,0
10-13	1	3,3
13-18	1	2,0
18-23	2	4,0
23-26	2	6,7
25-30	1	2,0

O Exemplo 1 refere-se a um caso hipotético em que a resistência do solo aumentou drasticamente na camada de 17 a 22 cm. Como a penetração por impacto nessa faixa era muito pequena, a leitura só foi feita após

três impactos, quando o penetrômetro atingiu a profundidade de 19,5 cm, e, posteriormente, mais quatro impactos para se atingir a profundidade de 22 cm.

O Exemplo 2 ilustra a situação oposta em que a penetração por impacto era grande. Nesse caso, fez-se as leituras após cada impacto até 18 cm; aumentou-se para dois na camada mais dura de 18 a 26 cm, e diminuiu-se para um abaixo dessa profundidade.

Para um número fixo de impactos, a penetração sendo menor nas zonas mais adensadas, automaticamente o aparelho detalha mais o perfil (em camadas menos espessas) nessas zonas, detectando bem a ocorrência de pans.

Quando os primeiros centímetros do local a ser amostrado corresponderem a uma camada de terra solta, o simples apoio da ponta do penetrômetro pode fazer com que haja uma penetração, já que o conjunto não tem peso desprezível.

Assim, se pelo simples apoio o aparelho penetrar até 4 cm, e após o primeiro impacto atingir a profundidade de 8 cm, o cálculo não seria realizado considerando a camada de 0-8 cm, e sim de 4-8 cm. Portanto, teríamos:

Profundidade (cm)	Impactos	Impactos/dm
0-4	0	0,0
4-8	1	2,5

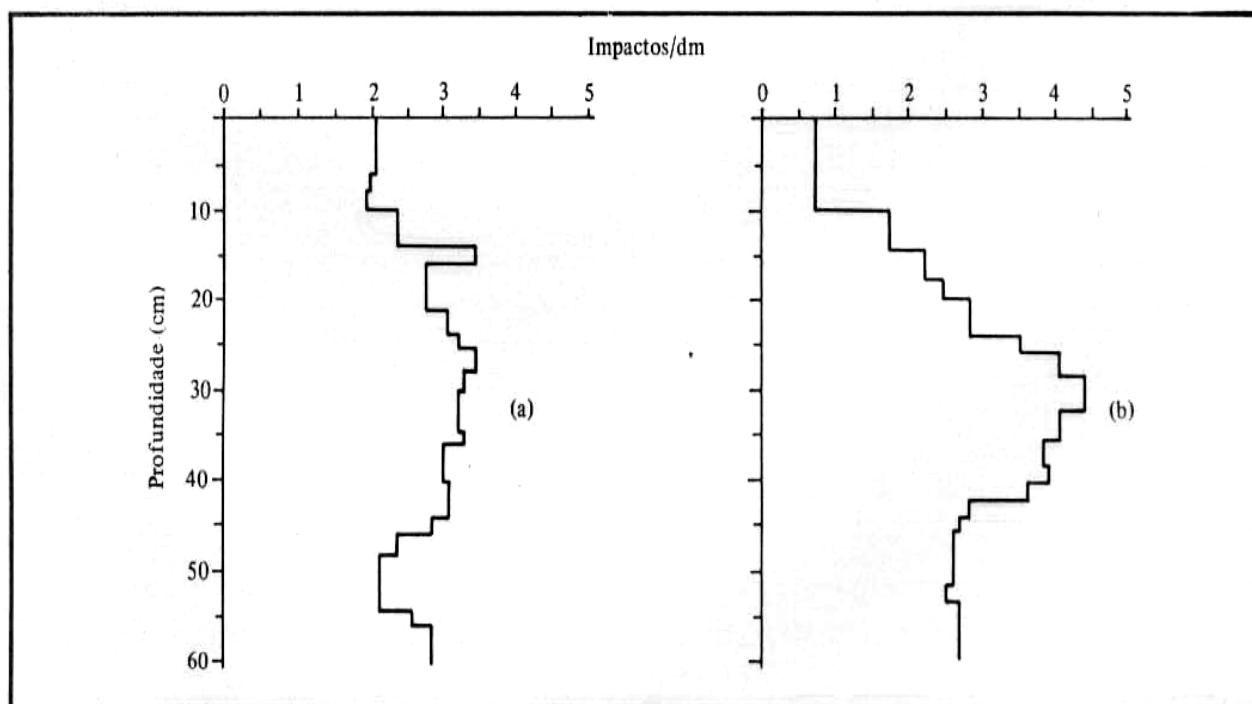


FIGURA 2. Resultados médios de quatro amostragens realizadas nas entrelinhas da cana-de-açúcar. a) após o primeiro corte; b) após o quinto corte.

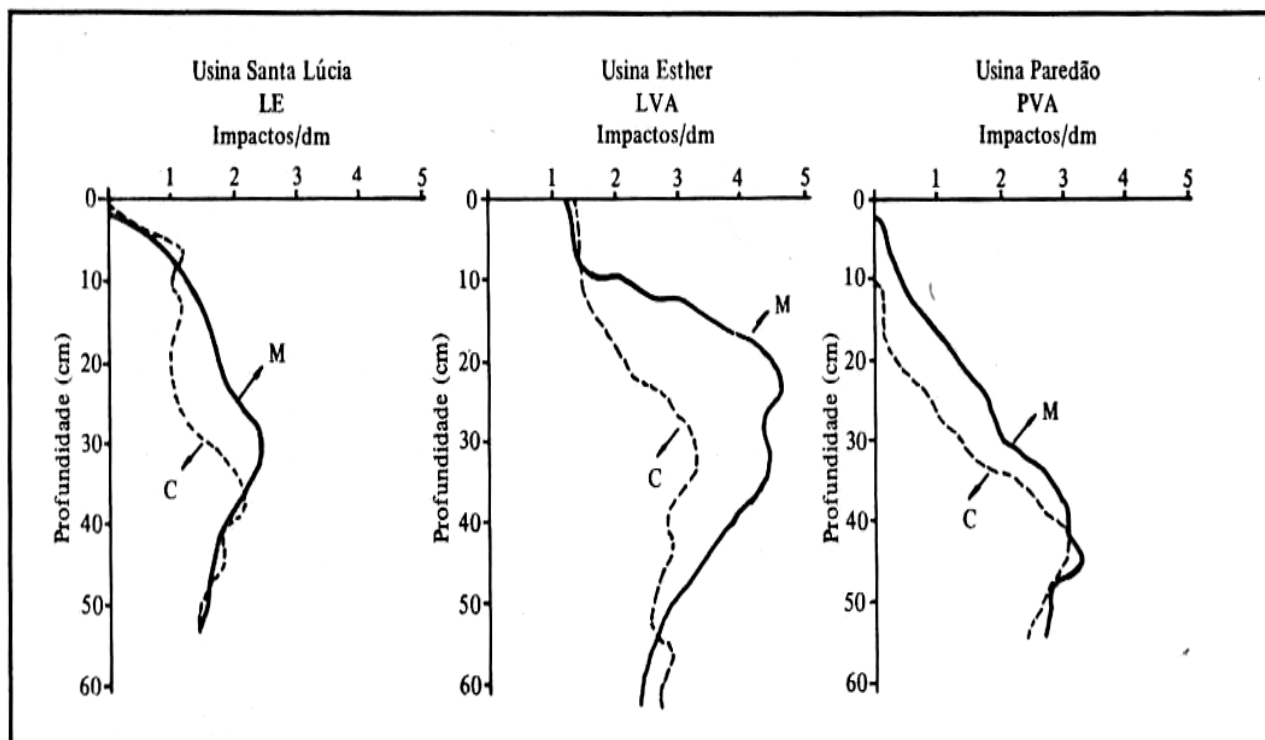


FIGURA 3. Representação gráfica de medidas realizadas na entrelinha do plantio do tratamento de preparo convencional (C) e de cultivo mínimo (M), na época do primeiro corte.

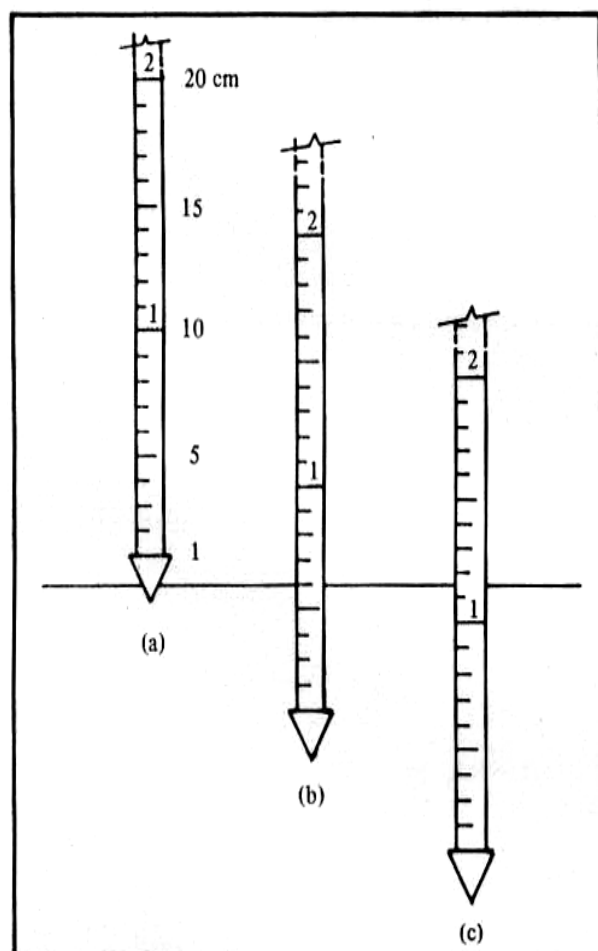


FIGURA 4. (a) Posição inicial; (b) Posição final da primeira leitura, correspondente à penetração de 0-6 cm; (c) Posição final da segunda leitura, correspondente à penetração de 6 a 11,5 cm.

Na realidade, o valor de impactos/dm de 0-4 cm não é zero, porém, a resistência do solo nessa camada é menor do que a resistência mínima necessária ao equilíbrio do aparelho na posição vertical, sendo um valor indeterminado, porém, próximo de zero. Admitir o valor zero é equivalente a fazer uma leitura de um peso de 0,1 kg, numa balança de precisão de 5 kg. O ponteiro não mexe, permanecendo praticamente no zero.

Quando se deseja estudar melhor um local para se observar detalhes, são feitas leituras de penetrações menores, podendo, se for o caso, diminuir a massa ou o curso do peso. Porém, estabeleceu-se aqui o curso (40 cm) e uma massa (4 kg) que resultasse em medidas expeditas para usar na grande prática.

Pretendendo-se estabelecer a profundidade média de preparo do solo para se definir um único manejo numa região considerada homogênea, 15 é o número de amostragens relativamente bom, independentemente do tamanho. Assim, se essa região tiver 50 ou 100 hectares, seriam feitas amostragens em 15 locais de maneira casual, cobrindo a região. Se a intenção for de trabalhar a nível de talhão para levantamento dos talhões mais compactados, deve-se estabelecer um número mínimo de cinco locais/talhão.

Para as áreas de reforma, não se verificam grandes diferenças entre as curvas levantadas na linha ou na entrelinha. Por comodidade sugere-se a utilização do centro da entrelinha para o levantamento, já que a superfície é

mais regular. Visando facilitar a leitura de profundidade, assenta-se uma chapa de ferro com um furo no centro, onde se coloca a ponta do penetrômetro para iniciar os trabalhos.

COMENTÁRIO GERAL

O estabelecimento de parâmetros que indiquem a necessidade de manejo do solo para melhorar suas características físicas, tais como densidade aparente, porosidade, condutividade hidráulica, tem sido um problema para o agricultor, em termos de extensão.

A utilização do parâmetro densidade do solo é mais visual, porém, sua aplicação prática encontra uma série de dificuldades: não é uma medida expedida em nível de campo e exige uma complementação de laboratório, possui baixa precisão, exigindo um número grande de repetições para a detecção de um fenômeno.

Ao contrário do que erroneamente se pensa, a densidade não é um parâmetro absoluto para determinar se um solo deve ou não ser descompactado. Assim, por exemplo, é possível que um solo argiloso com densidade $1,4 \text{ g/cm}^3$, apresente problemas de compactação e em outro arenoso, com $1,6 \text{ g/cm}^3$, isso não ocorra. Isso porque o primeiro solo (mais argiloso) possui um volume total mais alto de poros, porém, um volume relativamente baixo perdido de poros grandes, devido ao processo de compactação. Por outro lado, o segundo solo, apesar de apresentar um volume de vazios menores, estes ocorrem em poros maiores, devido ao alto teor de areia. Enquanto no primeiro são detectados problemas de drenagem e aeração, no segundo isso não acontece. Outro aspecto que pode aumentar a diferença de densidade aparente, é o fato de a densidade do material de origem ser maior em solo mais arenoso.

Então, sem associar ao parâmetro densidade aparente o volume total de poros e a distribuição de macro e microporos, não se pode estabelecer padrões, e a interpretação como no método do penetrômetro passa a ser relativa.

Por essas razões, o método proposto, apesar das imperfeições, passa a ser um instrumento a mais de trabalho para ser adotado a nível extensivo, pela simplicidade e facilidade de uso. Evidentemente que o conhecimento do solo e das práticas culturais, em termos de vivência de campo, é fundamental para a correta interpretação dos resultados.

Nos dias de hoje, tem sido comum empresas solicitarem pareceres de técnicos experientes a respeito de ma-

nejo de solos, em áreas que não têm tradição na cultura canavieira. Nessas visitas técnicas, normalmente de poucos dias, o aparelho pode constituir-se em ferramenta útil de decisão ao técnico.

TABELA III. Transformação da penetração (cm) em impactos/dm, quando se utiliza 1, 2, 3, 4 ou 5 impactos por leitura.

Penetração (cm)	Impactos/dm				
	Nº de impactos				
	1	2	3	4	5
0,5	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0
1,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
1,5	6,7	13,3	20,0	26,7	33,3
2,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
2,5	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0
3,0	3,3	6,7	10,0	13,3	16,7
3,5	2,9	5,7	8,6	11,4	14,3
4,0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5
4,5	2,2	4,4	6,7	8,9	11,1
5,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
5,5	1,8	3,6	5,5	7,3	9,1
6,0	1,7	3,3	5,0	6,7	8,3
6,5	1,5	3,1	4,6	6,2	7,7
7,0	1,4	2,9	4,3	5,7	7,1
7,5	1,3	2,7	4,0	5,3	6,7
8,0	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3
8,5	1,2	2,4	3,5	4,7	5,9
9,0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,6
9,5	1,1	2,1	3,2	4,2	5,3
10,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
10,5	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8
11,0	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5
11,5	0,9	1,7	2,6	3,5	4,3
12,0	0,8	1,7	2,5	3,3	4,2
12,5	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0
13,0	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8
13,5	0,7	1,5	2,2	3,0	3,7
14,0	0,7	1,4	2,1	2,9	3,6
14,5	0,7	1,4	2,1	2,8	3,4
15,0	0,7	1,3	2,0	2,7	3,3
15,5	0,6	1,3	1,9	2,6	3,2
16,0	0,6	1,3	1,9	2,5	3,1
16,5	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0
17,0	0,6	1,2	1,8	2,4	2,9
17,5	0,6	1,1	1,7	2,3	2,9
18,0	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8
18,5	0,5	1,1	1,6	2,2	2,7
19,0	0,5	1,1	1,6	2,1	2,6
19,5	0,5	1,0	1,5	2,1	2,6
20,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5

QUADRO 1. Ficha de Campo.

[illegible]

