

DUVÍLIO ALDO OMETTO
Engenheiro Agrônomo

INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SOLO
NO TRABALHO DO ARADO E NO
COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA

Tese de doutoramento apresentada à
Escola Superior de Agricultura "Luiz
de Queiroz", da Universidade
de São Paulo.

C. F. Ametly

ÍNDICE

1- INTRODUÇÃO	1
2- REVISÃO DA LITERATURA	8
3- MATERIAL E MÉTODOS	11
MATERIAL	11
MÉTODOS	14
4- RESULTADOS OBTIDOS	20
5- INTERPRETAÇÃO ESTATÍSTICA	28
6- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	33
7- CONCLUSÕES	38
8- RESUMO	44
9- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	45

1. INTRODUÇÃO

D. Almetty

Um dos fatores mais importantes que afetam as condições em que a aradura se realiza é a umidade do solo. Ela é que determina a ocasião oportuna para o trabalho do terreno. Assim, pois, quando vai se iniciar o preparo do solo, o teor de umidade presente, se favorável ou não à prática da aradura é observado. Também o coeficiente de resistência do solo fica na dependência direta desse fator, exigindo para o arado um esforço tratório de menor ou maior valor.

Conseqüentemente, no estudo da dinâmica do arado o conhecimento desse coeficiente é de grande importância, pois, com os dados obtidos, pode-se examinar o grau de resistência dos solos. Permite também, que se calculem os esforços de tração exigidos, o rendimento da máquina e ainda o número de órgãos ativos do arado.

Justificando a importância desse fator (umidade) nos trabalhos de preparo do solo, nos dispuzemos em registrar o seu efeito. Os inúmeros ensaios realizados nesse sentido, não fazem menção dos teores de umidade do solo trabalhado, baseando-se em geral em solos secos e úmidos.

Com esse nosso ensaio, então, procuramos colher dados para poder abordar a questão. Para isso, conduzimos nossas observações em dois tipos de solos, operando em terrenos com vários teores de umidade, e com dois tipos de arados, o de discos e o de aiveca,

Foram assim registrados os esforços de tração exigidos para os arados, os coeficientes de resistência do solo, os teores de umidade favoráveis ao trabalho, bem como o comportamento dos respectivos arados.

Foi nossa preocupação manter constante os outros fatores que intervêm na aradura, ficando assim a umidade do solo como o único variável. O ensaio decorreu, portanto, dentro dessas condições preliminarmente estabelecidas.

Graças à cooperação que contamos, não obstante dificuldades surgidas, conseguimos chegar aos resultados aqui indicados, e dentro de nossas possibilidades, esperamos que êsse trabalho possa ser de alguma utilidade no campo agrônômico.

Queremos deixar aqui registrados os nossos melhores agradecimentos ao Prof. Dr. Hugo de Almeida Leme, pela sugestão e orientação do trabalho; ao Dr. Frederico Pimentel Gomes pelas sugestões e análise estatística dos resultados; ao Prof. Dr. Guido Ranzani pela execução das análises de terras e outras valiosas sugestões; e a todos que, de qualquer forma, nos auxiliaram, o nosso profundo reconhecimento.

1.1. Generalidades.

1.1.1. Aradura.

A aradura é a operação agrícola básica, pois, de sua boa execução depende a obtenção de um solo adequado para o desenvolvimento das diversas culturas. Já os antigos romanos tinham as suas teorias sobre ela, sendo ainda hodiernamente objeto de estudos e considerações por parte dos técnicos. Em consequência das operações de cultivo, o solo fica no fim do ano agrícola infestado de erva má, duro e acamado, sendo então imprescindível a lavra do terreno.

Tal é o valor dessa prática que se chega a dizer: pode-se remediar uma falta de adubação com bom preparo do solo, podendo com isso o agricultor produzir mais alimentos pa

ra a sobrevivência do homem.

De acôrdo com SMITH (18) e GAROLA (6), a aradura visa dentre outros os seguintes objetivos:

- a) Aumentar a superfície de terra exposta à ação dos agentes atmosféricos.
- b) Desagregar e afofar o solo, obtendo-se uma camada mais profunda e com estrutura mais adequada.
- c) Incorporar a matéria orgânica pelo interrio da vegetação natural, conseguindo a formação de uma verdadeira esponja superficial para a conservação da umidade.
- d) Destruir as ervas daninhas.
- e) Permitir maior retenção de águas das chuvas.
- f) Melhorar as condições de aeração.
- g) Controlar as várias moléstias, destruindo insetos, ovos, etc.

Por conseguinte, como demonstram os efeitos a ela atribuídas é a aradura fundamental para o desenvolvimento de um ambiente adequado ao cultivo de plantas, aumentando-se com isso a produtividade.

1.1.2. Arado.

O arado constitui uma das mais importantes máquinas usadas na agricultura. Apesar de milenar é ainda implemento indispensável ao preparo do solo.

Os povos antigos atribuíam a sua invenção às divindades. Assim, Ceres e Minerva eram apontadas pelos gregos, enquanto os egípcios ~~fazem~~ menção a Osiris. O primitivo, era constituído por um tronco de árvore bifurcado, o qual apesar de bastante rudimentar já se prestava para o trabalho da terra. Com o decorrer dos tempos, êsse tôsko arado foi

se transformando, evoluindo.

Destacaram-se no estudo desta insubstituível máquina agrícola vários experimentadores, dentre eles DOMBASLE, JEFFERSON, LAMBRUSCHINI, RIDOLFI, etc. (CONTI 3, NERLI 12), durante o século XIX, época fecunda na evolução das máquinas agrícolas.

Disso resultou um notável impulso no desenvolvimento do arado, aperfeiçoando-se cada vez mais, aparecendo então com largo emprêgo o arado de aiveca. O corpo dêsse arado (órgão ativo) é constituído de sêga ou facão, rêlha e aiveca. A camada de terra é cortada verticalmente pela sêga, horizontalmente pela rêlha, enquanto a aiveca promove a inversão da leiva. A secção de leiva cortada é aproximadamente retangular, variando com a sua largura e altura. A rêlha é a parte do arado que mais esforço absorve, com 50% do total exigido para a aradura (CONTI, 3).

O arado de aiveca empregado satisfatòriamente até o início do século XX foi, em parte, substituído por um outro tipo, o arado de discos. Êste, resultante da evolução do antigo arado de aiveca, apresenta como órgão ativo uma calota esférica que, substituindo a sêga, rêlha e aiveca, gira pelo efeito de seu movimento ao longo do sulco durante o trabalho do arado. O seu funcionamento difere, portanto, fundamentalmente do arado de aiveca, pois, enquanto êste penetra por sucção no solo, o arado de discos tem a penetração dependente do pêsso da máquina e da ação rodante e cortadora dos discos (LEME, (9).

O advento dessa nova máquina aratória ocasionou uma revolução no preparo do solo, sendo que atualmente não só no Brasil, como em outros países, o arado de discos é largamente empregado, entretanto isso não significa que o também evolui-

do arado de aiveca tenha sido preterido.

A escolha, portanto, de um dêles fica na dependência de vários fatores, tais como: condições topográficas do terreno, natureza do solo, cobertura vegetativa, etc., havendo para cada caso um tipo que se adaptará melhor. O rendimento de cada tipo de arado, pelos motivos expostos, irá depender das condições locais, não se podendo generalizar a superioridade de um sobre outro.

Com a finalidade de observar o comportamento desses dois tipos de arados citados, realizamos um ensaio em dois tipos de solos distintos (arenoso e argiloso), tendo-se como fator variável, o teor de umidade do solo.

Para as condições locais do experimento chegamos a resultados que nos deram dados para opinar a respeito da eficiência dos arados empregados.

Analisaremos, pois, no capítulo correspondente, o trabalho de ambos os arados sob influência do teor de umidade do solo. Contudo, a priori, podemos afirmar que os dois tipos de arados são indispensáveis para um preparo racional do solo.

1.1.3. Coeficiente de resistência.

No trabalho das máquinas agrícolas o solo oferece resistência à sua ação. Tomando-se por base o arado, verifica-se que o solo pela sua coesão impõe uma resistência à passagem do seu órgão ativo.

As máquinas aratórias têm por finalidades construir a melhor estrutura adequada à vida das plantas e um arranjo que favoreça a retenção de ar e água. Portanto, o solo passa por vários estados de resistência, e sob o ponto de

vista dinâmico é interessante conhecer o estado mais favorável para a economia do trabalho mecânico, sendo que desde o século XIX êsse assunto vem sendo objeto de estudo. A resistência experimentada pelo arado era avaliada pela tenacidade do solo, sendo que esta fica na dependência da coesão do solo considerado (BALLU, 1).

O coeficiente de resistência de um solo à aradura é definido como a força necessária para a abertura de um sulco de secção transversal unitária, com o arado, e comumente expresso em kg/dm^2 (BARAÑO, 2, RÓSTON, 17). Assim, se o coeficiente de resistência de um solo é, por exemplo, 60, isso mostra que serão precisos 60 $\text{kg}/\text{fôrça}$ para se fazer um sulco de 1 dm^2 de secção transversal.

O conhecimento dêsse coeficiente é de grande interesse para o cálculo de tração exigida pelo arado e ao seu rendimento. Baseado na importância dêsse coeficiente, RINGELMANN (16) fêz uma classificação de solos agrícolas, a qual é a seguinte:

<u>Solos</u>	<u>Coeficiente de Resistência</u>		
Terra de mata	até	30	kg/dm^2
Terra solta	"	30-40	" "
Terra média	"	40-60	" "
Terra tendendo a compacta	"	60-80	" "
Terra compacta	"	80-100	" "
Terra muito compacta	mais de	100	" "

Afora êsse coeficiente, outros foram propostos. Assim, em 1932, Castelli indica como coeficiente de resistência o trabalho em kgm absorvidos para remover 1 m^3 de terra (BARAÑO, 2).

D. H. M. T. T. T.

Em nosso ensaio foram registrados para as condições locais do experimento, os vários coeficientes de resistência do solo em função do teor da umidade presente, os quais serão esplanados no capítulo em que trata dos resultados obtidos. Todavia, podemos antecipar que a variação do coeficiente ocorreu entre 40 a 75 kg/dm², sendo que a nossa preocupação foi - **procurar** evitar a influência de outros fatores na determinação do valor do coeficiente.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Dentre os principais trabalhos consultados relativos ao assunto tratado encontram-se os seguintes:

1881 - RINGELMANN (16) aparece como um dos primeiros investigadores no trabalho da máquina sob o ponto de vista dinâmico, tendo feito a partir de 1881 inúmeros ensaios relativos a tipos de arado, tipos de solo, coeficiente de resistência, etc. Quanto à umidade, êle apenas indica: "o solo continha umidade suficiente para permitir o preparo", não dando maiores detalhes a respeito do teor de umidade.

1919 - TORRES (20) mostra a grande importância da época no preparo do solo. "Êsse momento não é outro senão aquê- le em que o solo oferece um grau de umidade ideal, mostrando que êle está em sazão", apontando o teor de 20-23% de umidade, porém não especifica os tipos de solo.

1921 - PUTTEMANS (14) tece as seguintes considera- ções a respeito da influência da umidade: "não é conveniente revirar o solo quando êle está muito úmido ou muito sêco". Em ambos os casos, o coeficiente de resistência é maior, não for- necendo maiores pormenores.

1923 - KRANICHI (8), durante 7 anos trabalhou em mais de 500 ensaios de tração de arados para a determinação do coe- ficiente de resistência. Citemos, por exemplo, um dêles:

<u>Solos</u>	<u>Coefficiente de Resistência</u> <u>em lb/pol²</u>
Solo areia	3
Areia-marga úmida	3-4
Areia-marga sêca	4-6
Argila-areia úmida	5-6
Argila-areia sêca	6-7
Argila-pesada sêca	9-10
Argila turfa pesada	10-11

Como se nota, não são mencionados os teores de umidade dos diversos tipos de solos trabalhados.

1925 - COUPAN (4) cita experiências feitas por Ringelmann sobre ensaios dinamométricos com arados em 1887, e de terminação do coeficiente de resistência. Na parte referente à umidade, apenas se refere à terra úmida, fresca e seca.

1942 - CONTI (3) aborda o problema da seguinte maneira: "Deve-se arar quando o solo se encontre em condições normais de umidade sendo má prática arar terras muito secas ou úmidas. Uma terra está no ponto de ser trabalhada, quando ela se esboroa pela passagem do arado e não gruda no mesmo". Admite que Ringelmann dá como o ótimo de umidade o teor de 15%, porém não menciona o tipo de solo.

O mesmo Conti em suas experiências para o estudo das melhores condições de trabalho dos arados e cálculos dos coeficientes de resistência, fez ensaios referentes à variação do teor de umidade, mas não especifica as porcentagens trabalhadas, apenas menciona: "solo bastante úmido e seco".

1945 - SMITH (18) faz as seguintes considerações: "a quantidade de umidade do solo influi no coeficiente de resistência dos solos. É ela que determina o momento em que se deve realizar o preparo. Quando a umidade é excessiva, o esforço tratório é tão grande como quando se ara em terra dura e seca".

1952 - JONES (7) também cita o esforço tratório exigido pelos arados, variando o coeficiente de resistência de 5 a 12 lb/pol² de secção, não apontando as condições.

1955 - BARAÑO (2) apresenta o seu ponto de vista, da seguinte maneira: "o agricultor fará a aradura da terra, tendo em conta o processo de "maturação" do solo que é necessário para plantar ou semear. Mas se durante o trabalho variar o teor da umidade, será conveniente realizar a aradura dentro de certos limites que a experiência do lavrador e a técnica recomenda". Portanto, não chega a mencionar êsses dados. Com relação ao coeficiente de resistência não relata os teores de umidade em que o solo foi trabalhado.

As demais fontes que nos servimos se restringem a divulgação de resultados que também não especificam os teores de umidade apresentados pelo solo, e os respectivos coeficientes de resistência.

3. MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL.

A - Solos.

No presente trabalho procurámos conduzir nossas observações em dois tipos de solos oferecendo grande contraste em suas propriedades físicas. Escolhemos assim uma terra arenosa clara e uma argilosa mais escura.

Terra argilosa: Situada na Fazenda Areião, de propriedade da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", defronte ao prédio onde funcionará a usina de açúcar do Instituto Zimotécnico.

A demarcação do terreno foi feita após limpeza com ceifadeira. A vegetação era constituída por diversas espécies botânicas: capim-fino (Panicum purpurascens, Raddi); capim-favorito (Panicum Teneriffae, R.Br.); capim-gordura (Melinis minutiflora, Beauv.); capim-papuan (Ichnanthus candicans, (Ness) Doell; picão (Bidens pilosus, L; amendoim-bravo (Euphorbia geniculata, Ort.; carrapicho (Cenchrus tribuloides, L.) e outros capins diversos, em menores porcentagens e não identificados.

O local se apresentava com uma pequena inclinação, sendo a aradura feita em sentido normal ao declive. Aguardamos chuvas suficientes para que o terreno no início da experimentação, apresentasse um elevado teor de umidade. Dias após, era iniciado o ensaio em virtude do terreno se encontrar em condições desejadas. Como já foi dito, a vegetação foi devidamente ceifada antes do início do experimento.

Terra arenosa: Êste terreno pertence à Secção de Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", e está localizado às proximidades do pomar da referida secção, em vertente do córrego Monte Olimpo.

D. Almetty

O local se apresentava, também, com uma pequena declividade, sendo que a aradura foi feita da maneira semelhante ao terreno argiloso, isto é, normal ao declive.

A vegetação existente era constituída de capim-fino (Panicum purpurascens, Raddi); capim-favorito (Panicum Tenerriffae, R.Br.); capim-gordura (Melinis minutiflora, Beauv.); capim-milhã (Paspalum griseum, Hack) e outros capins não identificados esparsamente distribuídos.

Nessa terra, quando ela apresentava porcentagem de umidade igual a 11,6 foi iniciado o nosso trabalho, sendo que a vegetação foi submetida a uma ceifa, como no caso anterior.

A análise granulométrica mostra que as terras utilizadas são respectivamente: Argilosa e Arenosa.

Análise Granulométrica dos Solos Trabalhados*

(Segundo RANZANI, 16)

Amostra nº 1 - Solo argiloso

Areia	39,0%
Limo	17,0%
Argila	44,0%

Amostra nº 2 - Solo arenoso

Areia	75,0%
Limo	4,0%
Argila	21,0%

* A análise foi realizada pelo Dr. Guido Ranzani.

B - Tipos de Arados.

Foi usado para o trabalho os dois tipos básicos de arados, o de aiveca e o de discos, os quais se apresentavam com as seguintes características:

Arado de discos - Foi escolhido um arado de três discos, de 24,5 pol, devidamente afiados, pesando 900 kg, de marca Cockshutt, com levantamento feito por meio de catraca. O arado é fabricado para o tipo do trator empregado.

Arado de aiveca - O arado de aiveca usado é de marca Allis-Chalmers, com 2 corpos, largura de corte de 60 cm, de 400 kg, tendo sido devidamente afiado e regulado. Periódicamente, os órgãos ativos dos arados eram afiados.

C - Trator.

O trator utilizado para o acionamento dos arados foi o Cockshutt "30", série 4B153, motor nº 329764, que, de conformidade com o teste de Nebraska (TRACTOR RED BOOK) tem as seguintes características: de armação "standard", com quatro velocidades para frente e uma a ré, com motor Buda, de quatro cilindros, com 1 650 r.p.m., de rodas pneumáticas. A sua potência máxima observada na polia equivale a 32,27 c.v. e a máxima corrigida na polia corresponde a 33,35 c.v. Com relação à potência na barra de tração, a máxima observada é de 27,55 c.v. e a máxima corrigida equivale a 28,80 c.v.

D - Dinamógrafo.

O dinamógrafo empregado é do tipo anelástico de Alfred J. Amsler e Co. Schafhouse-Suissa, tipo "cylinder explo- rateur" nº 242, com molas para variação até 5 000 kg, sendo que a mola por nós utilizada foi de 1 000 kg para maior sensi-

bilidade dos esforços exigidos. O aparêlho foi assentado sôbre uma plataforma de madeira aparafusada na armação posterior do trator. O cilindro do dinamógrafo era cheio com óleo SAE-10 tôda vez que se iniciava um ensaio, eliminando-se assim o ar contido no aparêlho. Os esforços tratórios foram registrados por uma agulha de prata num papel com óxido de zinco que gira sôbre um tambor movimentado manualmente. O dinamógrafo foi preliminarmente experimentado para determinação de sua sensibilidade e precisão.

MÉTODOS.

Foram utilizados dois tipos de arados, como já foi feito referência, em 5 ocasiões distintas, à que correspondiam diferentes teores de umidade. O número total de tratamentos foi, pois, de 10, cada um dos quais teve 4 repetições. O total de parcelas foi de 40, portanto.

A demarcação dos terrenos argiloso e arenoso obedeceu o seguinte critério: cada terreno foi dividido em 4 blocos (A - B - C - D) conforme planejado, sendo que cada bloco ficou constituído de 10 parcelas, medindo cada parcela 10 x 20 m. Separando as mesmas ficou uma rua de 2 m e entre os blocos outra de 4 m para passagem das máquinas.

O delineamento estatístico adotado foi um fatorial de 2 x 5 (dois tipos de arados por cinco teores de umidade) em blocos ao acaso. Em cada parcela foram feitas 4 determinações, tivemos portanto, 160 determinações para cada terreno.

A - Determinação da umidade.

Para a determinação da umidade para cada tratamento, eram retiradas 4 amostras de terra de pontos diferentes

DAlmeida

de cada parcela, até a profundidade de 20 cm. Como cada tratamento compreendia o trabalho de 8 parcelas foram retiradas o total de 32 amostras.

A determinação da umidade natural foi feita como indicado pela técnica usual: secagem em estufa à 110° C.

Com o terreno arenoso apresentando uma umidade elevada, fizemos a primeira prova de aradura. A primeira providência foi a retirada de amostras de terra e em seguida eram enviadas para o laboratório para a determinação de umidade.

O primeiro ensaio foi realizado com o solo apresentando 11,6% de umidade. Este valor foi considerado como sendo o teor mais elevado de umidade para o solo arenoso.

O ensaio seguinte foi feito com uma umidade mais baixa que a anterior, isto é, menor que 11,6%. Para isso, procedia-se a retirada de amostras pela manhã e determinava-se a umidade presente; se a diferença fôsse significativa, era iniciada a aradura do terreno, colhendo-se então as amostras de terra para a determinação média da umidade presente.

Conseguimos trabalhar com cinco teores de umidade diferentes durante o experimento para ambos os terrenos. Para o terreno argiloso foi adotado o mesmo método, sendo que neste, a umidade mais elevada registrada para o trabalho foi de 18,4%.

Nos quadros que se seguem estão registradas as médias de umidade do experimento.

**) A determinação das umidades dos solos foi feita pelo Dr. Guido Ranzani.

-16-

34/10/55

SOLO ARGILOSO

QUADRO 1

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	19,0
2	17,9
3	18,4
4	18,5
5	17,9
6	17,8
7	18,5
8	19,2
MÉDIA GERAL.. 18,4 %	

7-3-955.

QUADRO 2

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	15,8
2	16,9
3	16,5
4	16,2
5	16,0
6	15,4
7	15,6
8	16,2
MÉDIA GERAL... 16,1 %	

18-3-955.

QUADRO 3

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	14,3
2	14,2
3	13,6
4	14,3
5	13,9
6	14,1
7	14,5
8	14,7
MÉDIA GERAL.. 14,2 %	

24-3-955.

QUADRO 4

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	11,6
2	11,8
3	11,0
4	12,0
5	11,8
6	12,9
7	10,6
8	12,5
MÉDIA GERAL... 11,8 %	

14-5-955.

QUADRO 5

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	9,0
2	9,5
3	10,0
4	9,1
5	10,0
6	9,0
7	9,5
8	10,1
MÉDIA GERAL.. 9,5 %	

30-6-955.

***)) Média de 4 determinações de umidade por parcela.

D. S. M. L. T. S.

SOLO ARENOSO

QUADRO 6

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	11,2
2	10,9
3	11,6
4	12,0
5	11,8
6	11,0
7	12,2
8	12,0
MÉDIA GERAL.. 11,6 %	

5-3-955.

QUADRO 7

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	10,7
2	9,6
3	10,0
4	9,8
5	9,7
6	10,5
7	10,0
8	9,5
MÉDIA GERAL.. 10,0 %	

8-3-955.

QUADRO 8

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	8,4
2	8,3
3	7,8
4	8,2
5	8,4
6	8,1
7	7,7
8	7,9
MÉDIA GERAL.. 8,1 %	

15-3-955.

QUADRO 9

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	6,3
2	6,9
3	6,2
4	5,9
5	5,8
6	6,7
7	6,8
8	6,4
MÉDIA GERAL.. 6,4 %	

25 -3-955.

QUADRO 10

PARCELA Nº	UMID. MÉDIA %
1	4,0
2	3,8
3	4,3
4	3,2
5	3,4
6	3,8
7	3,6
8	4,6
MÉDIA GERAL .. 3,8 %	

12-5-955.



Da esquerda para a direita: Fig. 1 - Arado de discos trabalhando no terreno arenoso. Fig. 2 - Arado de aiveca experimentado no terreno arenoso. Fig. 3 - Arado de discos trabalhando no terreno argiloso. Fig. 4 - Arado de aiveca operando no terreno argiloso. Fig. 5 - Detalhe da mensuração da largura da lavra. Fig. 6 - Aspecto parcial do dinamógrafo acoplado ao trator Cockshutt 30.

ssubmetty

B - Velocidade de trabalho.

Quanto à velocidade de trabalho dos arados empregados para ambos os terrenos estudados, foi convencionado que a velocidade média adotada seria de 1 m/seg, de modo que foi nossa preocupação manter durante todo o experimento essa velocidade. Para isso escolhemos uma faixa de terra contígua ao terreno trabalhado e medimos um percurso de 60 m. Depois de regulado o arado para as condições do experimento (profundidade média de 20 cm), por tentativas fomos deslocando o acelerador do trator até conseguir para êsse percurso o tempo de 1 minuto. Depois de várias tentativas foi marcada a posição de referência em que se deveria manter o acelerador para todos os ensaios que seriam realizados.

O trator trabalhou durante todo o experimento em 2ª marcha, sendo feitas as anotações referentes à largura e profundidade da lavra, ao comportamento dos arados, assim como a natureza do trabalho produzido. Ambos os arados era usados na mesma ocasião e nas mesmas condições de trabalho, tendo sido feitas, em cada sulco de 20 m de cada parcela, 4 leituras de largura e profundidade.

A vegetação era ceifada antes do ensaio, quando ela se mostrava mais desenvolvida, com o objetivo de manter as mesmas condições de trabalho.

C - Análise dos Diagramas.

Para a análise dos diagramas registrados pelo dinamógrafo anelástico de Amsler das determinações efetuadas, recorreu-se a um planímetro de Amsler, de marca Keuffel & Essel Co., de braço metálico fixo, graduado para a escala 1:1000.

Para a determinação da área de cada diagrama proce-

deu-se da seguinte maneira: os números lidos no aparelho eram multiplicados por 10 (dez), e esta operação nos dava como resultado a área da figura em verdadeira grandeza e em mm^2 .

Com a obtenção da área de um diagrama, era ela dividida pela base do mesmo, tendo-se assim a altura média da figura. Esta, multiplicada pela constante da mola empregada no dinamógrafo, dava o esforço de tração médio exigido para a tração do arado. A mola usada para o nosso experimento foi a de valor máximo equivalente a 1000 kg, a qual tinha por constante o seguinte dado: para cada milímetro de altura média encontrada, correspondia 20 kg de esforço tratorio médio. Foram também registrados os esforços tratorios máximos.

D - Classificação do trabalho dos arados.

Para o registro da qualidade do trabalho, sob o ponto de vista agrícola, recorreremos à prática que dispúnhamos sobre o assunto, observando e comparando, dentro de nossas possibilidades, o trabalho realizado por ambos os arados. Seguimos, pois, essa orientação durante todo o experimento.

*Shmetz*4. RESULTADOS OBTIDOS

Nos quadros abaixo estão contidos os valores obtidos no experimento. Em cada bloco está registrada a média de 4 determinações.

SOLO ARGILOSO

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 18,4%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,5	2,1	874	947	55,5	
B	8,0	2,0	802	960	50,1	
C	7,0	2,1	813	932	55,3	
D	7,5	2,2	932	985	56,5	54,4

QUADRO Nº 11

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 16,1%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,5	1,9	757	895	53,1	
B	7,0	2,0	722	840	51,6	
C	7,5	2,1	776	862	49,3	
D	8,0	1,9	778	853	51,2	51,3

QUADRO Nº 12

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 14,2%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,5	2,0	742	887	49,5	
B	8,0	1,9	771	842	50,7	
C	7,0	2,1	685	862	46,6	
D	7,5	2,0	750	895	50,0	49,2

QUADRO Nº 13

oslinette

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 11,8%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,5	1,9	774	933	54,3	
B	7,0	2,0	781	892	55,8	
C	7,5	1,8	786	945	58,2	
D	8,0	1,9	804	957	52,9	55,3

QUADRO Nº 14

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 9,5%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,0	1,8	770	950	61,1	
B	7,5	1,7	826	967	64,8	
C	7,0	1,8	777	980	61,7	
D	7,5	1,9	869	986	61,0	62,2

QUADRO Nº 15

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 18,4%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	6,0	2,1	888	947	70,5	
B	6,5	2,0	954	982	73,4	
C	6,0	1,9	759	940	66,6	
D	6,5	2,0	858	935	66,0	69,1

QUADRO Nº 16

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 16,1%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	6,5	1,9	757	830	61,3	
B	6,0	2,0	736	865	61,3	
C	5,5	1,8	613	812	61,9	
D	6,0	2,1	829	915	65,8	62,6

QUADRO Nº 17

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 14,2%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	6,5	2,1	824	937	60,4	
B	6,0	2,0	772	828	64,3	
C	6,0	1,9	682	840	59,8	
D	6,5	1,9	682	805	55,2	59,9

QUADRO Nº 18

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 11,8%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	6,0	1,9	730	910	64,0	
B	5,5	2,0	725	902	65,9	
C	6,0	18,0	679	835	62,9	
D	6,0	20,0	874	953	72,8	66,4

QUADRO Nº 19

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 9,5%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	6,0	1,8	822	960	76,1	
B	5,5	1,7	687	815	73,5	
C	6,0	1,8	937	940	77,5	
D	6,0	1,6	703	887	73,2	75,1

QUADRO Nº 20

SOLO ARENOSO

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 11,6%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,0	2,1	588	702	40,0	
B	7,5	2,0	603	780	40,2	
C	8,0	1,9	654	712	43,0	
D	7,0	2,2	678	785	44,0	41,8

QUADRO Nº 21

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 10%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,5	2,1	679	790	43,1	
B	7,5	2,0	688	843	45,9	
C	8,0	2,0	640	770	40,0	
D	8,0	1,9	647	792	42,6	42,9

QUADRO Nº 22

Handwritten signature

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 8,1%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratorio médio (kg)	Esfôrço tratorio máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,0	1,8	563	720	44,7	
B	8,0	1,9	728	834	47,9	
C	7,5	2,0	682	790	45,5	
D	7,5	1,8	647	812	47,9	46,5

QUADRO Nº 23

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 6,4%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratorio médio (kg)	Esfôrço tratorio máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,5	1,8	775	895	57,4	
B	7,0	1,9	694	842	52,2	
C	7,5	1,7	701	864	55,0	
D	8,0	1,8	734	915	51,0	53,9

QUADRO Nº 24

ARADO DE DISCOS

UMIDADE 3,8%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratorio médio (kg)	Esfôrço tratorio máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	7,0	1,7	712	925	59,8	
B	7,0	1,8	707	944	56,1	
C	7,5	1,6	716	910	59,7	
D	7,0	1,7	627	838	52,7	57,1

QUADRO Nº 25

W. Schmidt

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 11,6%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	2,1	6,0	616	730	48,9	
B	1,9	6,5	548	697	44,4	
C	2,2	5,5	567	710	46,9	
D	2,0	6,0	560	680	46,7	46,7

QUADRO Nº 26

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 10,0%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	2,0	6,5	632	750	48,6	
B	1,9	6,0	594	740	52,1	
C	2,0	6,0	629	755	52,4	
D	2,1	5,5	559	778	48,4	50,4

QUADRO Nº 27

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 8,1%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	1,9	6,0	666	805	58,4	
B	2,0	6,5	784	895	60,3	
C	1,8	5,5	605	782	61,1	
D	1,9	6,0	637	790	55,9	58,9

QUADRO Nº 28

Handwritten signature

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 6,4%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	1,8	6,0	658	800	60,9	
B	1,9	6,0	706	930	61,9	
C	1,8	6,5	727	922	62,1	
D	1,7	5,5	627	865	67,1	63,0

QUADRO Nº 29

ARADO DE AIVECA

UMIDADE 3,8%

Blocos	Larg. média (dm)	Prof. média (dm)	Esfôrço tratório médio (kg)	Esfôrço tratório máximo (kg)	Coef. resistência (kg/dm ²)	Coef. resistência méd. geral (kg/dm ²)
A	1,8	6,0	815	972	75,5	
B	1,6	5,5	706	980	80,2	
C	1,8	6,0	773	991	71,6	
D	1,8	5,5	757	985	76,5	76,0

QUADRO Nº 30

Nos quadros abaixo estão registradas as médias dos coeficientes de resistência observados dos solos trabalhados, para ambos os arados.

SOLO ARGILOSO

Arado de Discos		Arado de Aiveca	
Umidade Média (a %)	Coef. Resist. kg/dm ² (Média)	Umidade Média (a %)	Coef. Resist. kg/dm ² (Média)
18,4	54,4	18,4	69,1
16,1	51,3	16,1	62,6
14,2	49,2	14,2	59,9
11,8	55,3	11,8	66,4
9,5	62,2	9,5	75,1

QUADRO 31

SOLO ARENOSO

Arado de Discos		Arado de Aiveca	
Umidade Média (a %)	Coef. Resist. kg/dm ² (Média)	Umidade Média (a %)	Coef. Resist. kg/dm ² (Média)
11,6	41,8	11,6	46,7
10,0	42,9	10,0	50,4
8,1	46,5	8,1	58,9
6,4	53,9	6,4	63,0
3,8	57,1	3,8	76,0

QUADRO 32

D. A. M. L. T. N.

5. INTERPRETAÇÃO ESTATÍSTICA

Os dados obtidos em ambos os solos trabalhados permitiram a seguinte análise estatística (PIMENTEL, 13).

1. SOLO ARGILOSO.

Análise de Variância

Causa de Variação	Grau lib.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Erro	Teta
Tipo de Arado (T)	1	1478,66	1478,66	38,45	13,35***
Umidade (U)	4	923,23	230,81	15,19	5,27***
Interação T x U (Tratamentos)	4 (9)	22,78 (2424,67)	5,69	2,39	0,83
Blocos	3	6,82			
Resíduo	27	224,51	8,32	2,88	
TOTAL	39	2656,00			

QUADRO 33

Há, pois, influências significativas, ao nível de 0,1% (indicadas no quadro acima por 3 asteriscos) para o tipo de arado e o grau de umidade.

As médias são:

Aiveca: $66,62 \pm 0,645$

Discos: $54,46 \pm 0,645$

Como não há interação entre o tipo de arado e o grau de umidade, pode-se estudar conjuntamente o efeito deste último fator. Obtém-se:

Admetty

Análise de Variância

Causa de Variação	Grau Lib.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Erro	Teta
Regressão Linear	1	228,45	228,45	15,11	5,25***
" Quadrática	1	674,65	674,65	25,97	9,02***
Desvios da Regressão	2	20,13	10,07	3,17	1,10
Umidade	4	923,23			

QUADRO 34

A equação de regressão para os dois tipos em conjunto é:

$$Y = 156,59 - 15,37 x + 0,583 x^2$$

A resistência mínima se obtém pelo cálculo de derivadas e é 55,31, correspondente a $x = 13,18\%$ de umidade.

Podemos obter equações separadas para os dois tipos de arado. Para o de aiveca a equação é:

$$Y = 162,67 - 15,37 x + 0,583 x^2 \dots\dots (1)$$

e para o de discos é:

$$Y = 150,51 - 15,37 x + 0,583 x^2 \dots\dots (2)$$

em que:

Y = coeficiente de resistência do solo;

x = umidade do solo (a%).

D. Almetty

2. SOLO ARENOSO.

Causa da Variação	Grau Lib.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Erro	Teta
Tipo de Arado (T)	1	1126,78	1126,78	33,56	4,45***
Umidade (U)	4	2631,60	657,90	25,65	3,40**
Interação T x U (Tratamentos)	4 (9)	227,16 (3985,54)	56,79	7,54	2,78***
Blocos	3	4,53			
Resíduo	27	199,01			
TOTAL	39	4189,08			

QUADRO 35 - Análise de Variância.

Foi indicada no quadro acima com 2 asteriscos a significação ao nível de 1% de probabilidade.

Como é significativa a interação T x U, precisa-se estudar separadamente o efeito da umidade sobre cada um dos tipos de arado, como a seguir:

ARADO DE DISCOS

Causa de Variação	Grau Lib.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Erro	Teta
Componente Linear	1	713,28	713,28	26,71	9,86***
" Quadrática	1	9,21	9,21	3,04	1,12
Desvios da Regressão	2	22,78	1,39	13,37	1,24
Umidade dentro Arado de Discos	4	745,27			

QUADRO 36 - Análise de Variância.

D. B. Smith

A equação de regressão para o arado de discos é:

$$Y = 65,346 - 2,1314 x \dots\dots\dots (3)$$

ARADO DE AIVECA

Causa de Variação	Grau Lib.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Erro	Teta
Componente Linear	1	2037,50	2037,50	45,14	16,66 ^{***}
" Quadrática	1	37,44	37,44	6,12	2,26 [*]
Desvios da Regressão	2	38,56	19,28	4,39	1,62
Umidade dentro Arado de Aiveca	4	2113,50			

QUADRO 37 - Análise de Variância.

Indicamos no quadro acima com 1 asterisco a significação ao nível de 5%.

A equação de regressão é, neste caso:

$$Y = 98,967 - 6,9065 x + 0,2107 x^2 \dots\dots\dots (4)$$

Para ambas as equações:

Y = coeficiente de resistência do solo;

x = umidade do solo (a%).

O mínimo se dá, neste caso, para

$$x = 16,39 \quad \text{e vale } 42,37 \text{ kg/dm}^2.$$

A seguir com o auxílio das equações (1, 2, 3 e 4), os quadros de valores calculados:

D. P. L. Netto

SOLO ARGILOSO

Arado de Discos		Arado de Aiveca	
Umidade Média (a %)	Coef. Resist. kg/dm ² (Média)	Umidade Média (a %)	Coef. Resist. kg/dm ² (Média)
18,4	65,1	18,4	77,2
16,1	54,2	16,1	66,3
14,2	49,8	14,2	62,0
11,8	50,4	11,8	62,5
9,5	57,1	9,5	69,3

QUADRO 38

SOLO ARENOSO

Arado de Discos		Arado de Aiveca	
Umidade Média (a %)	Coef. Resist. kg/dm ² (Média)	Umidade Média (a %)	Coef. Resist. kg/dm ² (Média)
11,6	40,6	11,6	47,2
10,0	44,0	10,0	51,0
8,1	48,1	8,1	56,8
6,4	51,7	6,4	63,4
3,8	57,2	3,8	75,8

QUADRO 39

Arboretum

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com vistas nos resultados contidos nos quadros 37 e 38 e nas observações de campo, podemos fazer as seguintes considerações:

6.1 - Solo Argiloso.

Trabalhando com arado de discos nesse solo com o teor de 18,4% de umidade, (maior a% registrada) o coeficiente de resistência do solo foi de 65,1 kg/dm². A terra argilosa, plástica, não permitiu ao arado e ao trator um trabalho eficiente, obtendo-se uma aradura pouco satisfatória.

No ensaio seguinte feito com o teor de 16,1% de umidade, o coeficiente de resistência já resultou menor, sendo de 54,2 kg/dm². O solo apresentava boa aderência ao trator e menor plasticidade, e a lavra obtida apresentou melhores resultados.

Para o grau de 14,2% o coeficiente de resistência baixou para 49,8 kg/dm². Foi nesse teor que se obteve ótimas lavras, com profundidade e largura normais, com sulcos bastante uniformes, assim como perfeito tombamento de terra. Pelos cálculos estatísticos a resistência mínima deveria corresponder a 13,18% de umidade.

Com 11,8% de umidade, a aradura foi também considerada bastante satisfatória; o coeficiente de resistência registrado foi de 50,4 kg/dm². Note-se que, apesar da diferença significativa da porcentagem de umidade, o coeficiente assinalado foi pouco superior ao do ensaio anterior, portanto, a umidade do solo variando dêesses dois limites (11,8 - 14,2%) per-

mitiu a realização de uma aradura plenamente satisfatória e com menor esforço tratório.

Finalmente, para o menor teor de umidade trabalhado, que foi de 9,5%, o resultado foi bastante inferior. Observou-se que o arado não manteve profundidade uniforme de trabalho, deixando em certas áreas bancos de terra no fundo do sulco. Esses fatos demonstram que para esse conteúdo de umidade a aradura não é recomendada. O coeficiente de resistência acusado foi de 57,1 kg/dm².

Trabalhando-se no mesmo solo com o arado de aiveca, foi registrado que, para os mesmos teores de umidade, o coeficiente de resistência foi mais elevado, embora ele tenha uma largura de corte menor.

A 18,4% de umidade o coeficiente de resistência registrou o valor de 77,2 kg/dm². A terra, plástica, aderiu aos órgãos ativos do arado, o qual em virtude de seu princípio de funcionamento tinha dificultada a sua ação aratória, produzindo sulcos irregulares. Essa condição do solo foi bastante desfavorável para o trabalho, devido a alta plasticidade do mesmo. A aderência do trator foi apenas regular e a lavra foi inferior ao de discos.

Na aradura feita a 16,1% o solo apresentava condições mais favoráveis, tendo-se conseguido uma lavra com melhores resultados. O coeficiente de resistência para esse estado do solo foi da ordem de 66,3 kg/dm².

Como para o arado de discos o esforço tratório mínimo foi conseguido a 14,2% de umidade, tendo o coeficiente acusado 62,0 kg/dm². A lavra foi de ótimo aspecto, com sulcos regulares em toda a sua extensão. A largura média de corte foi de 60 cm e a profundidade média de 20 cm.

Observou-se aqui que o arado de aiveca realizou um ser-

viço de tombamento de terra mais perfeito que o arado de discos. Esse teor foi bastante favorável ao preparo do solo. Pelos cálculos estatísticos, o mínimo seria conseguido a 13,18%, valor bastante próximo daquele acima referido.

O solo com 11,8% de umidade apresentou, da mesma forma, uma ótima lavra. O coeficiente foi igual a 62,5 kg/dm², pouco acima do anterior. O melhor trabalho foi realizado com o teor de umidade dentro dos limites 11,8 - 14,2%, onde os coeficientes de resistência registrados foram os mais baixos, observando-se também que o arado de aiveca produz uma inversão da leiva mais completa que o arado de discos.

Na última prova realizada a 9,5% de umidade a aradura não foi satisfatória, os sulcos apresentaram-se irregulares sendo a profundidade média de trabalho alcançada menor. Observou-se que para esse ensaio, o trabalho do arado de discos se mostrou mais eficiente. O coeficiente de resistência registrado para o arado de aiveca foi de 69,3 kg/dm².

6.2 - Solo Arenoso.

O teor de umidade mais elevado para esse solo foi de 11,6%. Nessas condições, o trabalho produzido pelo arado de discos foi considerado de boa qualidade. O coeficiente de resistência do solo foi de 40,6 kg/dm², o menor de todos os ensaios aqui realizados. Portanto, o solo arenoso com alta porcentagem de umidade proporcionou um bom trabalho de aradura, tendo o solo apresentado boa aderência ao trator durante o serviço.

Com 10% de umidade foi efetuada outra prova de aradura. O coeficiente de resistência alcançou o valor de 44,0 kg/dm², pouco mais elevado que o anterior. Cumpre assinalar que o trabalho foi muito bom, obtendo-se um perfeito tombamento da leiva. Foi esse ensaio considerado sob o ponto de vista agrícola, o melhor, dada a perfeição e uniformidade da la-

vra que foi de 20 x 75 cm.

Operando-se com 8,1% de umidade o arado de discos produziu uma aradura satisfatória, porém, notava-se que a uniformidade não era tão perfeita como a do ensaio precedente. O coeficiente apresentou o valor de 48,1 kg/dm².

Com o solo apresentando um teor de umidade de 6,4% o resultado observado foi apenas regular, registrando-se pelo aspecto da lavra que êsse estado do solo não foi favorável ao bom trabalho do arado. O coeficiente de resistência acusou 51,7 kg/dm².

No último ensaio realizado com o solo apresentando um conteúdo baixo de umidade, 3,8%, o preparo não satisfez, observando-se sulcos irregulares e tombamento imperfeito da leiva. O coeficiente de resistência foi de 52,2 kg/dm².

Trabalhando-se nesse mesmo terreno com o arado de aiveca no teor de 11,6% de umidade, o coeficiente de resistência apresentado pelo solo foi de 47,2 kg/dm². Como se nota, o esforço tratório foi superior ao do arado de discos. O resultado da aradura foi satisfatório, atingindo a lavra uma largura média de 60 cm e profundidade de 20 cm. O trator trabalhou com boa aderência no terreno.

Para o ensaio seguinte, a umidade do solo registrada foi de 10%. A aradura mostrou um ótimo aspecto, com sulcos uniformes em toda sua extensão. Como para o outro tipo de arado, êsse ensaio foi considerado o de melhor qualidade. O coeficiente de resistência do solo foi de 51,0 kg/dm², observando-se ainda que êsse arado revira melhor o solo.

O solo apresentando uma umidade de 8,1% acusou um coeficiente de resistência igual a 56,8 kg/dm². O resultado do trabalho do arado de aiveca foi aceitável, porém verificou-

Orlando

-se que a uniformidade da lavra foi menor que a anterior.

Para uma porcentagem de umidade mais baixa, isto é, de 6,4% , a aradura não foi satisfatória. O aspecto da lavra foi considerado apenas regular. O coeficiente nessas condições foi de 63,4 kg/dm².

O último ensaio efetuado registrou o coeficiente de resistência mais elevado de todas as provas efetuadas, sendo de 75,8 kg/dm² para um teor de umidade igual 3,8%. Nessas condições o arado de aiveca foi menos eficiente do que o de discos, tendo sido feitas diversas tentativas para se conseguir profundidade e largura razoáveis. A lavra resultante foi de má qualidade, a menos favorável de todas as realizadas.

7. CONCLUSÕES

Neste ensaio onde estudamos a influência da umidade do solo no trabalho do arado e no coeficiente de resistência chegamos às seguintes conclusões:

A - Solo Argiloso.

1- Para o solo argiloso estudado nas condições do experimento, o arado de discos se revelou bastante eficiente, sendo que a aradura realizada com umidade do solo favorável foi considerada satisfatória.

2- O arado de aiveca produziu um trabalho muito bom com o solo apresentando um teor de umidade favorável, onde se constatou que ele fez uma inversão de leiva mais perfeita que o arado de discos. Portanto, sob o ponto de vista agrícola, a aradura feita com o arado de aiveca foi de melhor qualidade.

3- O arado de aiveca em todos os ensaios realizados, exigiu um esforço tratorio superior ao de discos, embora apresente uma largura de corte menor.

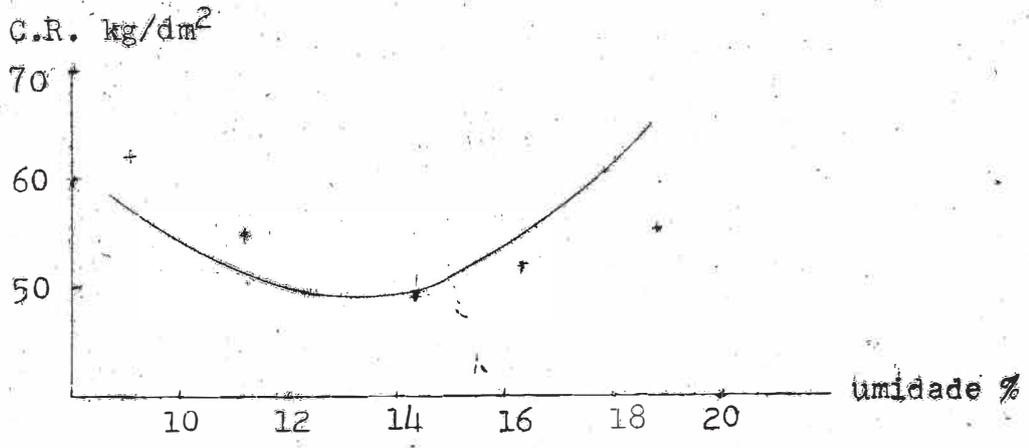
4- Em condições de umidade do solo desfavorável, efetuou uma lavra inferior ao de discos, revelando-se menos eficiente.

5- O comportamento dos dois tipos de arados foi o mesmo em relação à variação da umidade, isto é, não houve interação entre o tipo de arado e o grau de umidade.

6- A equação de regressão calculada para o arado de discos foi:

$$Y = 150,51 - 15,37 x + 0,583 x^2, \text{ em que } Y \text{ re-}$$

presente o coeficiente de resistência do solo em função da umidade x ; com a seguinte representação gráfica:



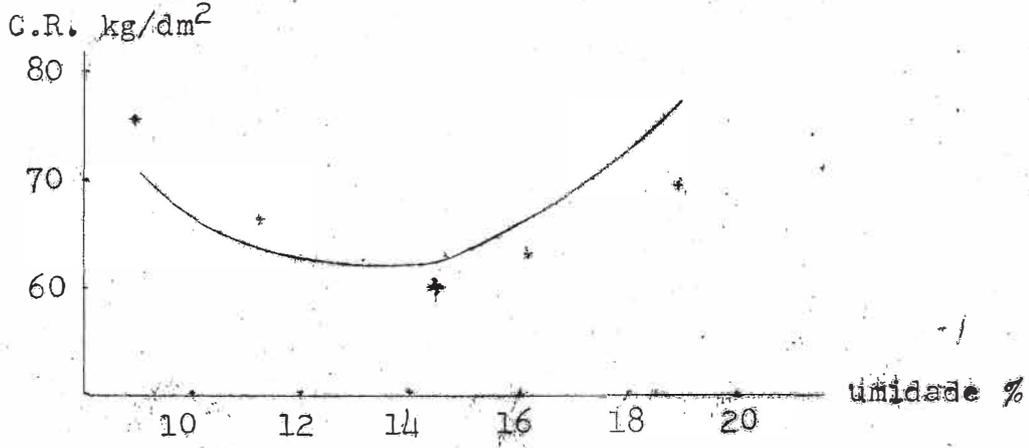
Em que:

- A curva representa os valores calculados;
- Os sinais (+) representam os valores observados.

7 - A equação de regressão calculada para o arado de aiveca foi a seguinte:

$$Y = 162,67 - 15,37 x + 0,583 x^2, \text{ representando}$$

o coeficiente de resistência Y em função da umidade x , cuja representação gráfica é a seguinte:



Em que:

- A curva representa os valores calculados;
- Os sinais (+) representam os valores observados.

W. Schmitt

8 - Os coeficientes de resistência de menores valores foram registrados entre 11,8 - 14,2% de umidade, para os dois tipos de arados, onde se conseguiu o melhor trabalho de aradura. Pelo cálculo de derivadas, essa resistência mínima corresponde a 13,18% de umidade. Portanto, para se obter uma aradura com melhores resultados nesse solo estudado, o teor de umidade recomendado é entre os limites 11,8 - 14,2%.

9 - O coeficiente de resistência de valor mais elevado foi assinalado com o solo apresentando 18,4% de umidade, onde a alta plasticidade do solo argiloso prejudicou bastante a lavra.

10 - A aradura menos satisfatória sob o ponto de vista agrícola e dinâmico, foi registrada pelos dois teores extremos (18,4% e 9,5%).

11 - As médias dos coeficientes de resistência do solo argiloso estudado em relação ao trabalho de ambos os arados, foram:

Para o arado de aiveca $66,62 \pm 0,645 \text{ kg/dm}^2$.

Para o arado de discos $54,46 \pm 0,645 \text{ kg/dm}^2$.

B - Solo Arenoso.

Com relação a êsse solo estudado, constatamos o seguinte:

1 - O arado de discos se revelou bastante eficiente, tendo realizado uma boa aradura com umidade favorável do solo.

2 - O arado de aiveca trabalhando dentro de um teor médio de umidade do solo, fêz uma ótima lavra, revirando-o de maneira mais completa que o arado de discos, superando-o sob o ponto de vista agrícola.

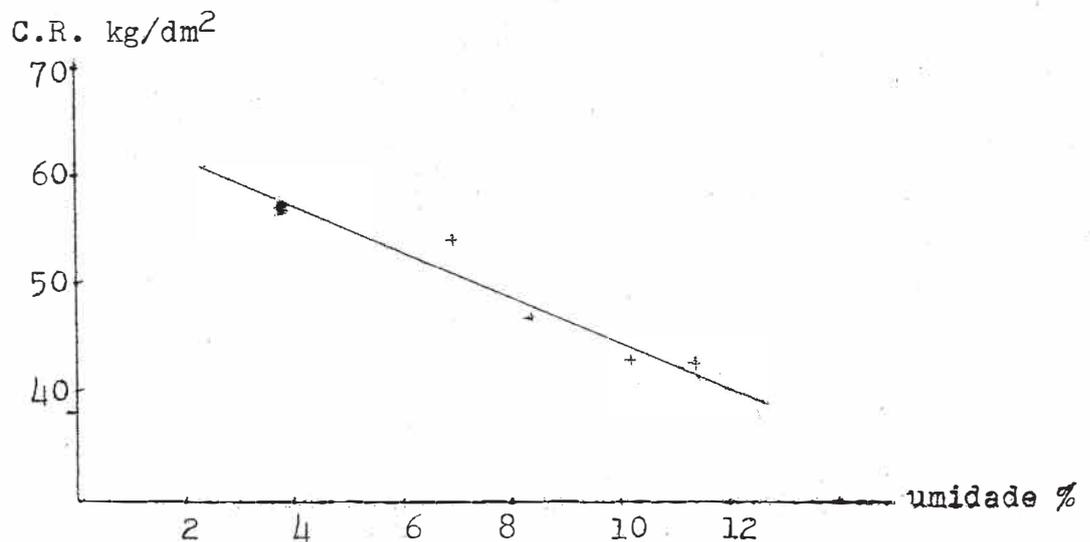
3 - Com o solo apresentando uma umidade desfavorável, observou-se que o arado de discos trabalhou com melhores resultados que o arado de aiveca, devido ao seu princípio de funcionamento.

4 - Sob o ponto de vista dinâmico, o arado de aiveca exigiu um esforço de tração mais elevado que o de discos.

5 - O comportamento dos dois arados em relação ao grau de umidade foi diferente, isto é, a interação (T x U) foi significativa.

6 - A equação de regressão calculada para o arado de discos é:

$Y = 65,346 - 2,1314 x$, que representa o coeficiente de resistência (Y) em função da umidade x . A representação gráfica é uma reta:



Em que:

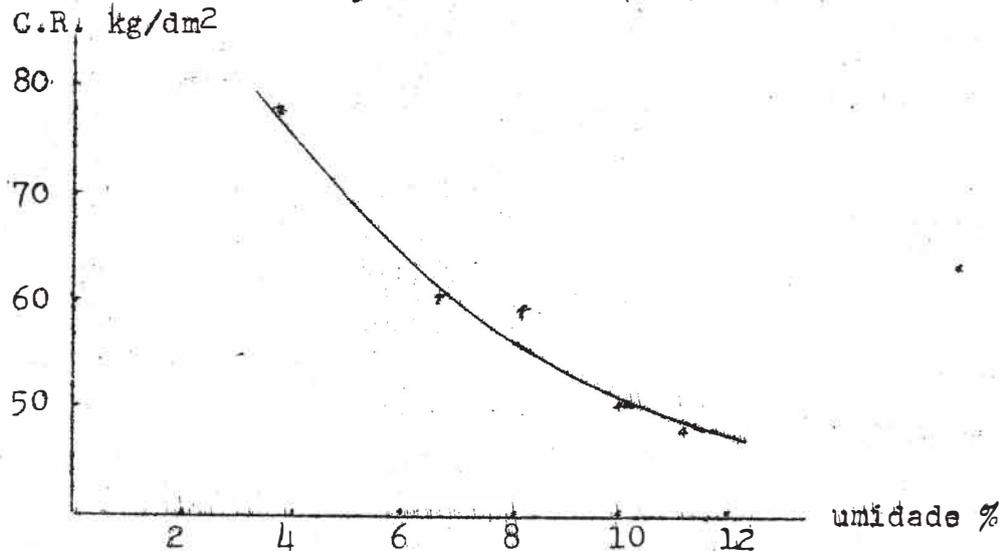
A curva representa os valores calculados;

Os sinais representam os valores observados.

7 - A equação de regressão calculada para o arado de aiveca é a seguinte:

$$Y = 98,967 + 6,906x + 0,2107x^2, \text{ sendo que } Y$$

representa o valor do coeficiente de resistência em função da umidade x . A representação gráfica é a seguinte:



Em que:

A curva representa os valores calculados;

Os sinais (+) representam os valores observados.

8 - O coeficiente de resistência mínimo para esse solo foi registrado para o teor de 11,6% de umidade.

9 - O melhor trabalho de aradura sob o ponto de vista agrícola foi observado com o terreno apresentando 10% de umidade, sendo, por conseguinte, o teor mais satisfatório para a lavoura do mesmo nas condições do experimento para os arados.

10 - Foi constatado que a aradura de pior qualidade ocorreu para o teor de umidade de 3,8% para ambos os arados.

11 - Os valores médios dos coeficientes de resistência do solo arenoso, foram inferiores a aqueles do solo argiloso.

12 - As médias dos coeficientes de resistência do so-

lo arenoso estudado com referência ao trabalho dos arados são:

Para o arado de aiveca 58,8 kg/dm².

Para o arado de discos 48,3 kg/dm².

8. RESUMO

No presente trabalho foi estudada a influência da umidade do solo no comportamento do arado e no coeficiente de resistência.

Para isso foram realizados ensaios em dois tipos de solos (argiloso e arenoso), com dois tipos de arados (discos e aiveca) tracionados por trator, trabalhando-se com cinco teores de umidade diferentes.

A bibliografia consultada dos inúmeros experimentos efetuados a esse respeito, não especificava as porcentagens de umidade dos mesmos.

Através dos dados obtidos e baseados na análise estatística dos resultados, foram feitas as conclusões referentes à eficiência dos arados, qualidade das lavras e os valores dos coeficientes de resistência.

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. BALLU, T. (1948) - Machines Agricoles, 10^a Ed., Libraire J.B. Baillièrè et Fils, Paris.
2. BARAÑAO, T.V. (1955) - Maquinaria Agricola, 1^a Ed., Salvat Editores S.A., Barcelona.
3. CONTI, M. (1942) - Tratado de Mecanica Agricola, 2^a parte, Bartolomé U. Chiesino, Buenos Aires.
4. COUPAN, G. (1925) - Machines de Culture, 10^a Ed., Librairie J.B. Baillièrè et Fils, Paris.
5. CULPIN, G. (1945) - Farm Machinery, 2^a Ed., Crosby Lockwood & Son, Ltd., London.
6. GAROLA, G.V. (1945) - A Cultura da Terra, Livraria Clássica Editôra, Lisbôa.
7. JONES, F.R. (1952) - Farm Gas Engine and Tractors, 3^a Ed., McGraw Hill Company, Inc., New York.
8. KRANICH, F.N.G. (1923) - Farm Equipment for Mechanical Power, The MacMillan Company, New York.
9. LEME, H.A. (1954) - O Arado de Discos, "O Mundo Agrário", págs. 11-14, Nº 15, O Mundo Gráfica e Editôra S.A., Rio de Janeiro.
10. MARQUES, J.Q.A. (1950) - Processos Modernos de Preparo do Solo e Defesa contra a Erosão, Editôra Artes Gráficas, Bahia.

11. MARTINEZ, E.A. (1932) - La Agricultura y el Clima, -Salvat Editores S.A., Barcelona.
12. NERLI, N. (1946) - Meccanica Agraria, -Ed. Prof. Ricardo Patron, Bologna.
13. PIMENTEL GOMES, F. (1954) - Curso de Estatística Experimental (mimeografado), 63 págs., Piracicaba.
14. PUTTEMANS, H. (1921) - Agricultura Geral,- Imprensa Michel Despret, Nivelles (Bélgica).
15. RANZANI, G. (1955) - Análise Mecânica de Solos pelo Método de Bouyoucos Modificado,- 23 págs., Tese apresentada no V Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Pelotas, R.G.S.
16. RINGELMANN, M. (1919) - Culture Mécanique, tome VI, Librairie Agricole De La Maison Rustique, Paris.
17. ROSTON, P.J. (1952) - Resistência do Solo ao Serviço de Aração, Boletim da Divisão de Mecanização Agrícola, págs. 119-120, São Paulo.
18. SMITH, H.P. (1955) - Farm Machinery and Equipment, 2ª Ed., McGraw-Hill Co., N. York and London.
19. STONE, A.A. (1942) - Farm Machinery, 3ª Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
20. TÔRRES, A.E.M. (1949) - Agricultura Prática, Tip. Pimenta de Mello, Rio de Janeiro.
21. TRACTOR RED BOOK (1957) - Implement & Tractor, Oficial Nebraska Tests, pág. 536, 41th Anual Ed., Kansas City.