

Departamento de Engenharia de Biossistemas – ESALQ/USP




MÁQUINAS PARA PREPARO DO SOLO

PARTE II – SISTEMAS CONSERVACIONISTAS

LEB0432 – Máquinas e Implementos Agrícolas




Prof. Leandro M. Gimenez

2015

Departamento de Engenharia de Biossistemas – ESALQ/USP

Material para Estudo

- <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas.html>
- Palestra Congresso Brasileiro de Soja 2015 (Denardin e Lemainski)
 - <http://www.cbsoja.com.br/programacao/palestras>

2

Uma reflexão sobre o sistema de produção atual...Soja e...

ADOTAR TECNOLOGIA → MANEJAR CONHECIMENTO

TECNOLOGIA É expressa sob a forma de indicação técnica, de receita, de bula, de protocolo . . . É regida por especificidade, estádio, sazonalidade, unidades de medida como dosagem, distância, densidade, temporalidade . . .	MANEJO É expresso sob a forma de manuseio, de manipulação, de aplicação do conhecimento . . . É regido pela inteligência, domínio do conhecimento, discernimento, astúcia, competência, habilidade, consciência, sabedoria . . .
--	--

Com base no exposto por Denardin e Lemainski no Congresso Brasileiro de Soja em 2015

3

Uma reflexão sobre o sistema de produção atual... Soja e...

SISTEMA DE PRODUÇÃO
conjunto de elementos inter-relacionados que interagem no desempenho de uma função, seja de geração de produto, seja de prestação de serviço.



4

Uma reflexão sobre o sistema de produção atual... Soja e...



5

Uma reflexão sobre o sistema de produção atual... Soja e...

ENTRADAS

Tecnologias de produto

Semente, inoculante, corretivos, fertilizantes, defensivos, máquinas e equipamentos.

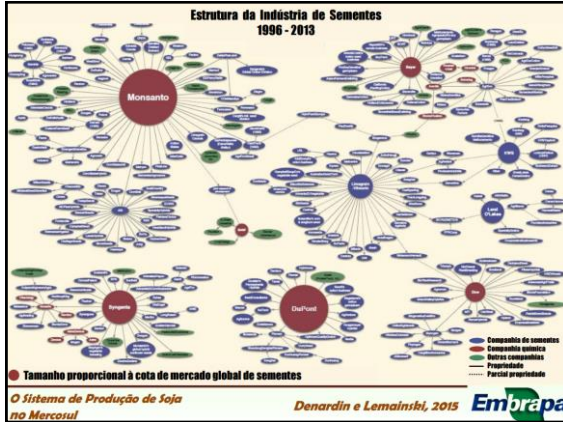
Tecnologias de processo

Manejo: ecologia, fisiologia, práticas culturais e uso do solo.

Tecnologias de serviço

Assistência técnica.

6



Uma reflexão sobre o sistema de produção atual... Soja e...

Indústrias químicas:
 Associam-se e/ou fundem-se a empresas de melhoramento genético e outras especificidades;
 Incorporam a inteligência destas empresas, diversificam a oferta de tecnologias de produto e ampliam a rede de clientes;
 Focam em processos pertinentes ao manejo das tecnologias de produto ofertadas;
 Aliciam a assistência técnica no comércio de insumos.

ACORDOS DE LICENCIAMENTO-CRUZADO PARA CARACTERÍSTICAS DE SEMENTES GENETICAMENTE MODIFICADAS

8

Uma reflexão sobre o sistema de produção atual... Soja e...

Comportamento dos obtentores de tecnologias

- Agressividade mercadológica;
- Prioridade a táticas preventivas aos estresses bióticos, preterindo às preconizadas pelo MIP;
- Ausência de foco nos preceitos da agricultura conservacionista . . .
- Pacotes tecnológicos ditados e comercializados pelos próprios obtentores de tecnologias.

A LÓGICA DA TECNOLOGIA DE PRODUTO SOBREPUJA A LÓGICA DA TECNOLOGIA DE PROCESSO

9

Sistema de produção

Compreende o arranjo no espaço e no tempo de espécies vegetais e/ou animais componentes dos sistemas agrícolas produtivos.

- Determina a frequência, a quantidade e a qualidade do material orgânico aportado ao solo.
- Interfere na taxa de mineralização.
- Determina a quantidade e qualidade da MOS

DEFINEM A QUALIDADE DA ESTRUTURA DO SOLO

10

Sistema de produção

A QUANTIDADE e a QUALIDADE de fitomassa e a FREQUÊNCIA de seu aporte ao solo são componentes da fertilidade do solo:

A fitomassa ativa a
biologia do solo

A biologia constrói a
física do solo

A física do solo viabiliza
a absorção dos elementos
químicos do solo

11

Sistema de produção

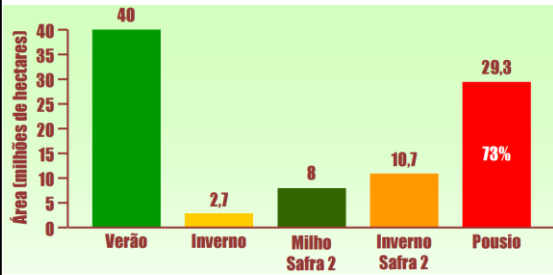
Plantio Direto x Sistema Plantio Direto

- | | | |
|---|---|--------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mobilização de solo restrita à linha de semeadura ▪ Manutenção da palha na superfície do solo ▪ Diversificação de culturas: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Propicia o processo colher-semear ▫ Produz fitomassa em quantidade, qualidade e frequência compatível com a demanda do solo ▫ Promove cobertura perene do solo | <p>Plantio direto</p> <p>Rotação, consorciação e sucessão de culturas</p> | <p>SISTEMA PLANTIO DIRETO</p> |
|---|---|--------------------------------------|

São preceitos da agricultura conservacionista requeridos nos trópicos e subtropicais!

12

Brasil: sistemas de produção



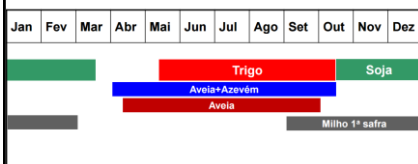
13

Brasil: sistemas de produção

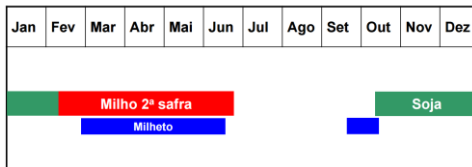
- Amplo período entre colheita e semeadura;
- Aporte de fitomassa ao solo em quantidade, qualidade frequência inferior à demanda biológica do solo;
- Baixa densidade de raízes;
- Insuficiente cobertura de solo;
- Degradação estrutural do solo;
- Maior risco de perda de safra por déficit hídrico

14

Região Subtropical



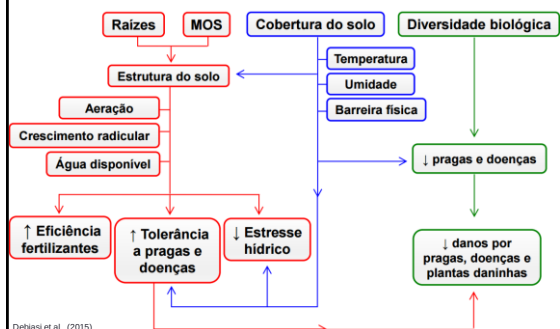
Região Tropical



Perda de solo



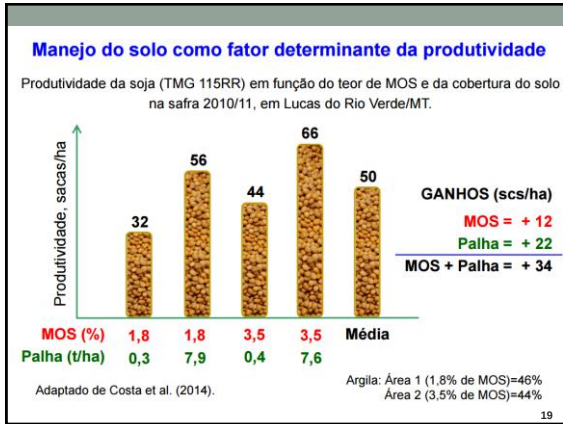
Sistema conservacionista



Sistema conservacionista

Soja após trigo









PREPARO CONVENCIONAL

Todas as modalidades que utilizam operações de preparo primário com inversão das camadas do solo e consequente incorporação dos resíduos (sistemas de preparo convencional mantêm menos de 5% da superfície do solo coberta com resíduos), através de arados ou de grades pesadas, seguidas por uma ou mais operações de preparo secundário.

Elevado consumo de energia e demanda de tempo por unidade de área

Inconvenientes do ponto de vista da sustentabilidade econômica e ambiental

22

PREPARO CONVENCIONAL

EXEMPLOS

- Aração + gradagem leve + gradagem leve pré semeadura
- Gradagem pesada + gradagem leve + gradagem leve pré semeadura
- Subsolagem + gradagem pesada + gradagem leve pré semeadura
- Escarificação + gradagem leve + gradagem leve pré semeadura

23

PREPARO CONSERVACIONISTA

Sistema que reduz as perdas de solo ou água, quando comparado com o preparo convencional

Sistema de preparo e semeadura que permita a manutenção de, **no mínimo, 30 %** da superfície do solo coberta com resíduos após a implantação das culturas.

30 % da superfície do solo coberta com resíduos proporciona 60 % de redução nas perdas de solo por erosão

24

PREPARO CONSERVACIONISTA

Preparo reduzido ou Preparo ou Cultivo mínimo

Preparo Vertical com baixa incorporação

Semeadura Direta ou “Plantio direto” é um sistema conservacionista de MANEJO DO SOLO SEM PREPARO

25

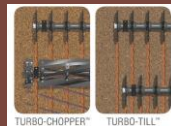
PREPARO CONSERVACIONISTA

Máquinas e implementos utilizados

Preparo vertical: mobilização sem revolvimento e incorporação de resíduos

Hastes

Discos, lâminas, dentes



26

Departamento de Engenharia de Biosistemas – ESALQ/USP

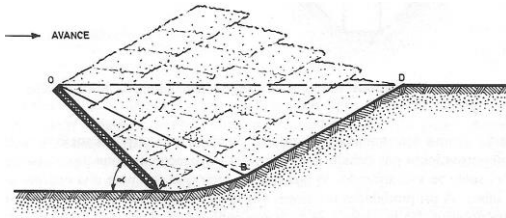
Desagregação Subsuperficial

- Hastes cuja ação sobre os solo ocorre em uma seção com formato V, provocando o cisalhamento pelo deslocamento de baixo/subsuperfície para cima/superfície
- Ângulos de ataque entre 20 e 25° permitem maior desagregação e menor esforço para o rompimento
- A força de tração por volume de solo mobilizado é menor que a de arados e grades

Parâmetro	Ar. Aiveca	Ar. Discos	Escarificador
Profundidade (cm)	35-40	30-35	25-30
Velocidade (km h ⁻¹)	5-7,5	4-6	5-7
Consumo combustível (L.cm.ha ⁻¹)	1	0,9	0,75
Potencia (kW)	18-22	16-18	9-12

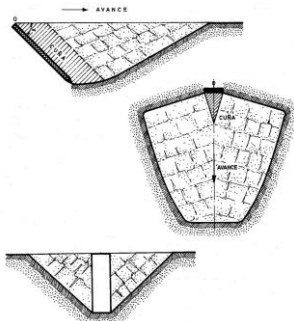
27

Frentes de Rompimento - Hastes



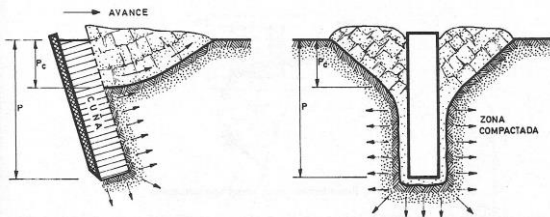
28

Frentes de Rompimento - Hastes



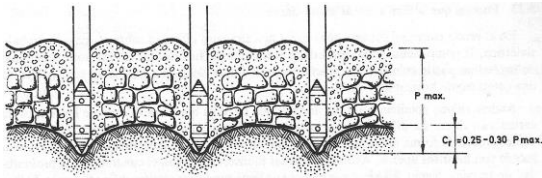
29

Frentes de Rompimento - Hastes



30

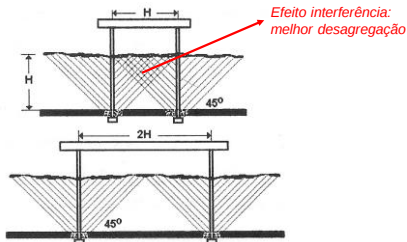
Profundidade de trabalho e profundidade da haste



31

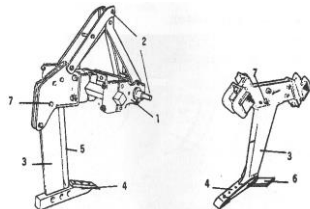
Distância entre hastes

- O espaçamento entre as hastes deverá ser de 1,2 a 1,5 vezes a profundidade de trabalho pretendida



Largura e profundidade das hastes

- A profundidade de trabalho deve ser entre 5 e 7 vezes a largura da haste:
- 5 cm de largura → 25 a 35 cm de profundidade
- Ponteiras aladas permitem maior espaçamento porém demandam mais potência



Partes constituintes de subsoladores: 1-chassi; 2- pinos de engate; 3-haste; 4- sapata; 5- face bitzelada; 6- aletas (naas); 7- parafuso de segurança.

Formato das hastes

De modo geral:

- Quanto mais retas maior a demanda de potência e rompimento lateral
- Parabólicas apresentam menor demanda



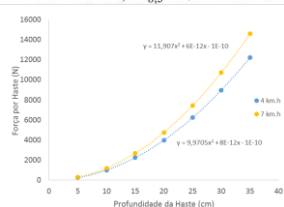
Tipos de hastes de subsolador: A) reta; B) inclinada; C) curva; D) parabólica.

Demanda de potência

Suelo: Franco	$F_{k3} = 520 + 49,2.v$	F (N/braço); v (km/h)	(5.66)
Franco argiloso	$F_{k3} = 480 + 48,1.v$		(5.67)
Arcilloso	$F_{k3} = 527 + 36,1.v$		(5.68)

A uma profundidade p , las expresiones anteriores quedan modificadas por la siguiente relación:

$$F_p = F_{k3} \cdot \left(\frac{p}{8,3} \right)^2 \quad (5.69)$$



Fonte: ASAE

35

Departamento de Engenharia de Biossistemas – ESALQ/USP

Subsolador

- Objetiva a descompactação do solo, quando houver uma camada compactada em profundidades que ultrapassam 30 cm
- Remoção da compactação realizada por outros preparos primários
- Mais frequente para cultivos perenes
- Hastes mais reforçadas do que os escarificadores
- Maior espaçamento entre hastes
- Operação que implica em elevado consumo de energia e somente se justifica em condições especiais.
- A implantação de uma cultura após a subsolagem, via-de-regra requer uma ou mais operações complementares pois a superfície torna-se muito irregular

36

Subsolagem

- Potência por haste acima dos 20 cv – na barra de tração!
- Profundidade de trabalho entre 45 e 55 cm
- Espaçamento entre hastes 45 a 60 cm
- Espaçamento/profundidade entre 1,1 e 1,3
- Hastes em duas ou mais seções, geralmente em número ímpar
- Velocidades entre 4 e 6 km h⁻¹ (1,1 a 1,7 m s⁻¹)
- Rompimento mais satisfatório quando o solo está no limite inferior de umidade que determina consistência friável

37

Subsolagem

- Em sequência à subsolagem e preparo secundário:
- Implantação de culturas com alta produção de massa vegetativa, com alta densidade de plantas e com sistema radicular abundante e agressivo
- Redução na intensidade dos preparos de solo subsequentes.
- Em um calendário agrícola: após o cultivo da safra principal em que ainda há umidade disponível para a implantação de uma cultura de cobertura

38

Subsolador

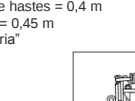


39



Distância entre hastes = 0,4 m
Profundidade = 0,45 m
Haste "vibratória"

Subsolador



Subsolador



Hastes retas, ponteira larga
36 cv haste¹

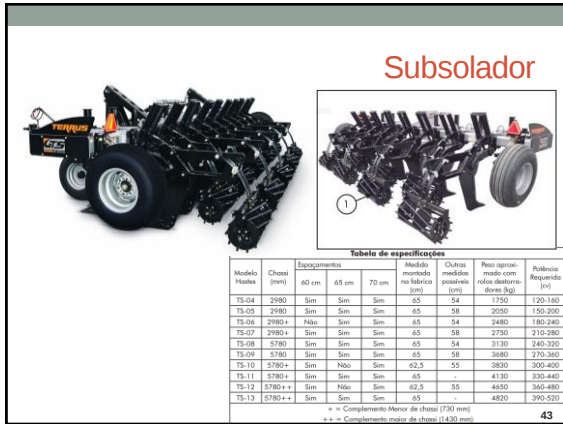
MODELO	QUANT. HASTES	LARGURA DE TRABALHO (mm)	ESPACAMENTO ENTRE HASTES (mm)	PROFUNDIDADE DE TRABALHO (mm)	PESO (kg)	TRATORES 4x4 (HP)
STAC 10 ¹	05	2000	400 / 425 / 450	até 500	3.600	140 a 180
STAC 10 ²	07	2800			3.555	190 a 250

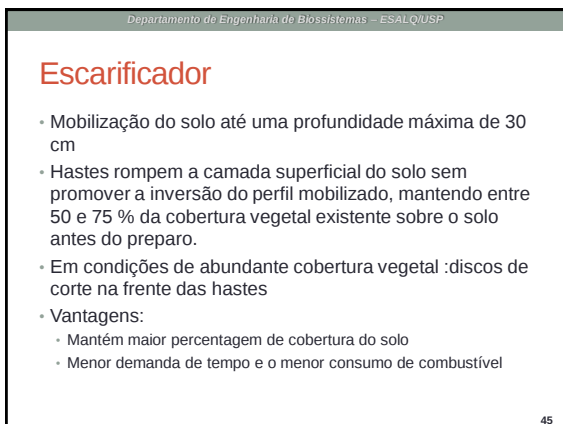
Subsolador



MODELO	QUANTIDADE DE RASTES	ESPACAMENTO DAS RASTES	LARGURA DE TRA- BALHO (mm)	PROFUNDIDADE DE TRABALHO	DISCOS DE CORTE LEIGOS	PESO (kg)	TRAIDORES Rot (HP)
STNC SL	05		2000			1400	90 a 120
STNC SL	07		2600			1800	120 a 150
STNC SL	09	400 mm	3600	Até 450 mm	18" x 4,5 mm	2270	150 a 180
STNC SL	11		4400			2600	180 a 240
STNC SL	13		5200			3000	240 a 260

Haste parabólica
24 cv haste-1

[illegible]



Demanda de potência

Tabela 4 - Energia requerida por área (Wh ha^{-1}), em função dos sistemas e condições de preparo

Sistemas de preparo		Energia requerida (Wh ha^{-1})		Diferença (%)
		AS	DS	
Arado de discos	D	39710 C a	43180 C b	-8,0
Arado de discos + gradagem	Dn	45420 E a	52830 E b	-14,0
Grade aradora	G	34640 B a	39180 B b	-11,6
Grade aradora + grade niveladora	Gn	42390 D a	48440 D b	-12,5
Escarificador	E	31410 A b	15270 A a	105,7
Média		38710 a	39780 b	11,9

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Salvador et al., (2008)

Escarificação

- Potência por haste abaixo dos 20 cv – na barra de tração!
- Profundidade de trabalho entre 25 e 30 cm
- Espaçamento entre hastes 25 a 40 cm
- Espaçamento/profundidade entre 1,1 e 1,5
- Velocidade de trabalho entre 4 e 8 km h^{-1}
- Hastes em duas ou mais seções, geralmente em número ímpar

47

Escarificador



Escarificador

Distância entre hastes = 0,3 m
Profundidade = 0,25 m



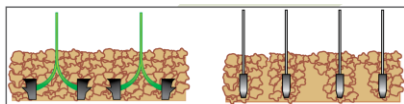
Especificações Técnicas

Modelo	Força 7 hastes	Força 9 hastes	Força 13 hastes	Força 17 hastes	Força 23 hastes
Largura total	2,53 m	2,92 m	3,66 m	4,12 m	5 m
Comprimento total	5,50 m	5,50 m	5,50 m	5,50 m	5,50 m
Altura total	1,34 m	1,34 m	1,34 m	1,34 m	1,34 m
Largura de corte de trabalho	2,20 m	2,70 m	3,30 m	3,90 m	4,50 m
Distância de disco de corte	7 discos de 12"	9 discos de 12"	13 discos de 12"	17 discos de 12"	23 discos de 12"
Velocidade máxima	1 a 1,00 m/s	2 a 1,40 m/s	2 a 1,80 m/s	2 a 2,00 m/s	2 a 1,40 + 2 a 1,80 m/s
Peso	2.000 kg	2.500 kg	2.900 kg	3.400 kg	3.800 kg
Velocidade de trabalho	4 a 8 km/h	4 a 8 km/h	4 a 8 km/h	4 a 8 km/h	4 a 8 km/h
Profundidade máxima	20 a 35 cm	20 a 35 cm	20 a 35 cm	20 a 35 cm	20 a 35 cm
Modelo	160 cabos 65	210 cabos 65	270 cabos 65	320 cabos 65	430 cabos 65

49

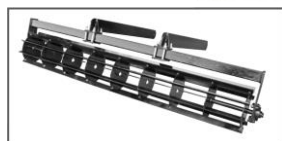
Outros equipamentos

- Mobilização em pastagem sem eliminação do capim – solo úmido
- Descompactação em condições de solo seco



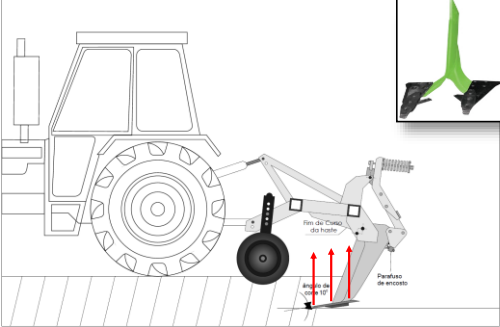
Modelo	Tipo	Lâminas	Larg. Trabalho	Altura Chassis	Peso	Profundidade Corte	Potência Mínima*
DPT 160 M	Montado	3	160 cm	85 cm	555 kg	20 a 50 cm	90 hp
DPT 210 M	Montado	4	210 cm	85 cm	595 kg	20 a 50 cm	120 hp
DPT 270 M	Montado	5	270 cm	85 cm	885 kg	20 a 50 cm	150 hp
DPT 320 M	Montado	6	320 cm	85 cm	916 kg	20 a 50 cm	180 hp
DPT 380 M	Montado	7	380 cm	85 cm	1202 kg	20 a 50 cm	210 hp
DPT 430 M	Montado	8	430 cm	85 cm	1237 kg	20 a 50 cm	240 hp

Preparo Vertical



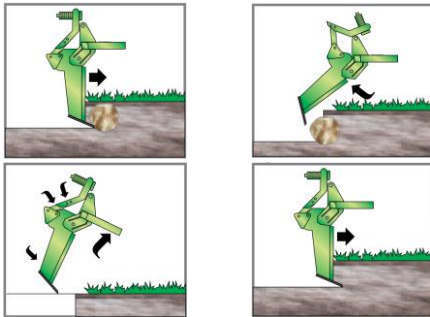
51

Elevação e Desagregação



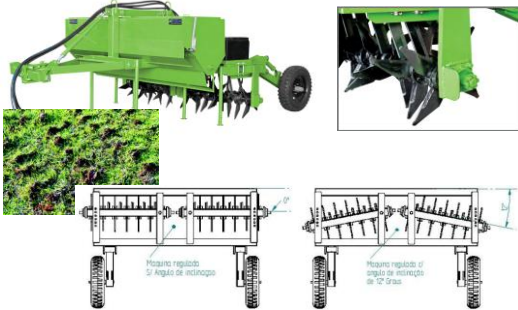
52

Desarme e rearme



53

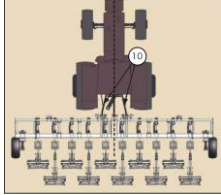
Aerador de solo



54

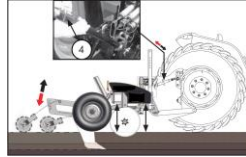
Ajustes

Alinhamento



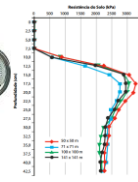
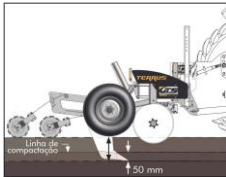
Nivelamento Transversal

Nivelamento longitudinal



55

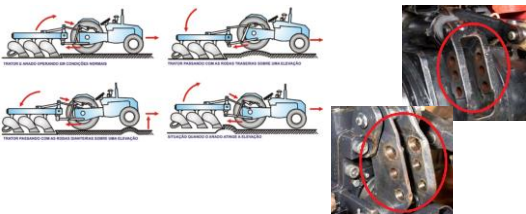
Profundidade de trabalho



56

Sensibilidade do sistema hidráulico

- Manutenção do esforço e como consequência profundidade
- Quanto mais próximo ao ponto móvel maior sensibilidade



57

Efeito do preparo sobre o solo

TABELA 1. Área mobilizada (Am), área de elevação (Ae), espessura média da camada mobilizada (Emc), empolamento (E), índice de rugosidade e modificação da rugosidade do solo (MR) em função do método de preparo periódico.

Método de Preparo	Am (m ²)	Ae (m ²)	Emc (cm)	E (%)	Índice de Rugosidade do Solo (cm)		MR (%)
					Antes do Preparo	Após o Preparo	
Escarificador	0,49 b ¹	0,10 a	19,8 b	19,6 b	2,01 a	3,87 ab	116,9 a
Enxada rotativa	0,20 c	0,08 ab	8,0 c	40,9 a	2,20 a	2,56 c	28,9 a
Arado de aivecas	0,60 a	0,07 b	23,8 a	10,9 c	2,25 a	4,29 a	126,5 a
Grade aradora	0,27 c	0,06 b	10,5 c	24,3 b	2,41 a	3,11 bc	41,0 a
Arado de discos	0,48 b	0,09 a	19,4 b	18,0 bc	2,01 a	4,35 a	141,4 a
C.V.(%)	9,5	13,6	9,6	14,8	24,9	9,8	59,1

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, são iguais estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Carvalho Filho et al., (2007)

Elevada desagregação

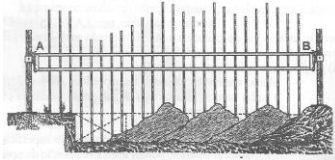
Baixa rugosidade

58

Prática

• Quantificar com o perfilômetro e trena:

- Profundidade de preparo
- Área mobilizada
- Empolamento



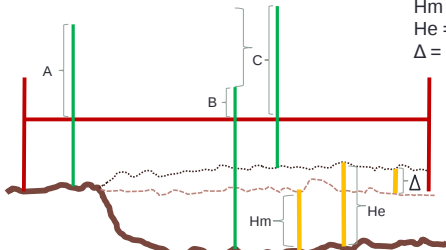
Dividir em grupos:

- 1) Arado de discos
- 2) Grade
- 3) Escarificador

Cálculos

$$E(\%) = \frac{He}{Hm} * 100$$

$$\begin{aligned} Hm &= A - B \\ He &= Hm + (\Delta) \\ \Delta &= C - A \end{aligned}$$



Empolamento: aumento de volume após a mobilização

60

Departamento de Engenharia de Biossistemas – ESALQ/USP

FIM
