PREPARO DO SOLO II

LEB0432

Prof. Leandro M. Gimenez

2018

EQUIPAMENTOS PARA MOBILIZAÇÃO DO SOLO

Formas de mobilização periódica do solo

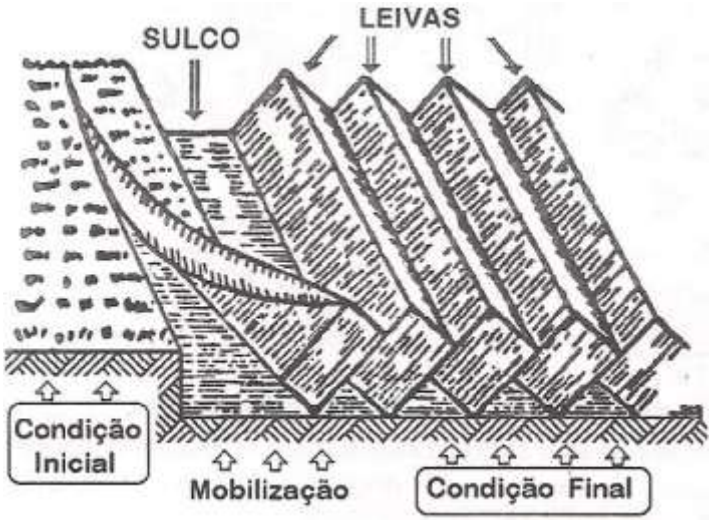
- Métodos para provocar o rompimento do solo
  - Inversão de camadas
  - Deslocamento lateral-horizontal
  - Revolvimento rotativo
  - Desagregação subsuperficial / preparo vertical

Cisalhamento por **corte e deslocamento**

Cisalhamento por compressão

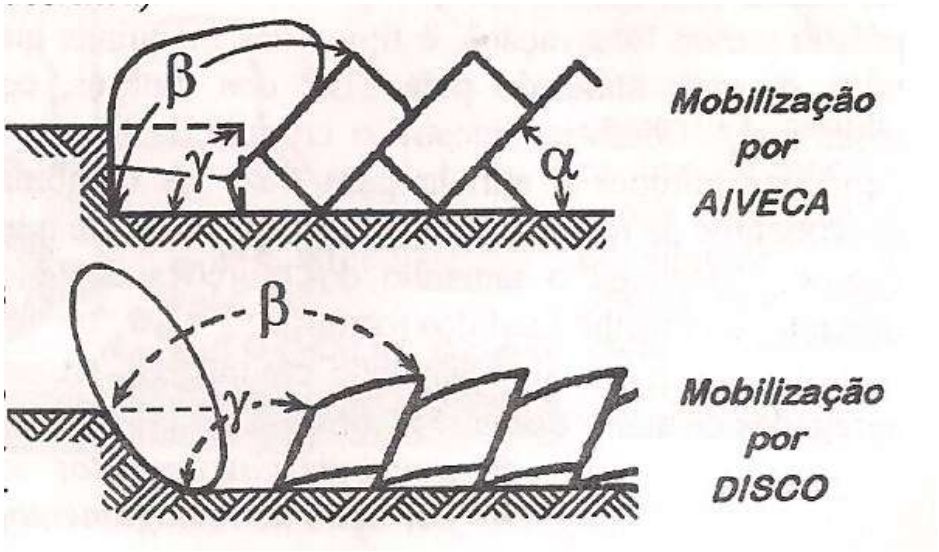
Inversão de camadas

- Arados de aivecas ou discos
  - Cortam uma fatia de solo – leiva
  - Elevação e inversão
  - Lançamento lateral



Inversão de camadas

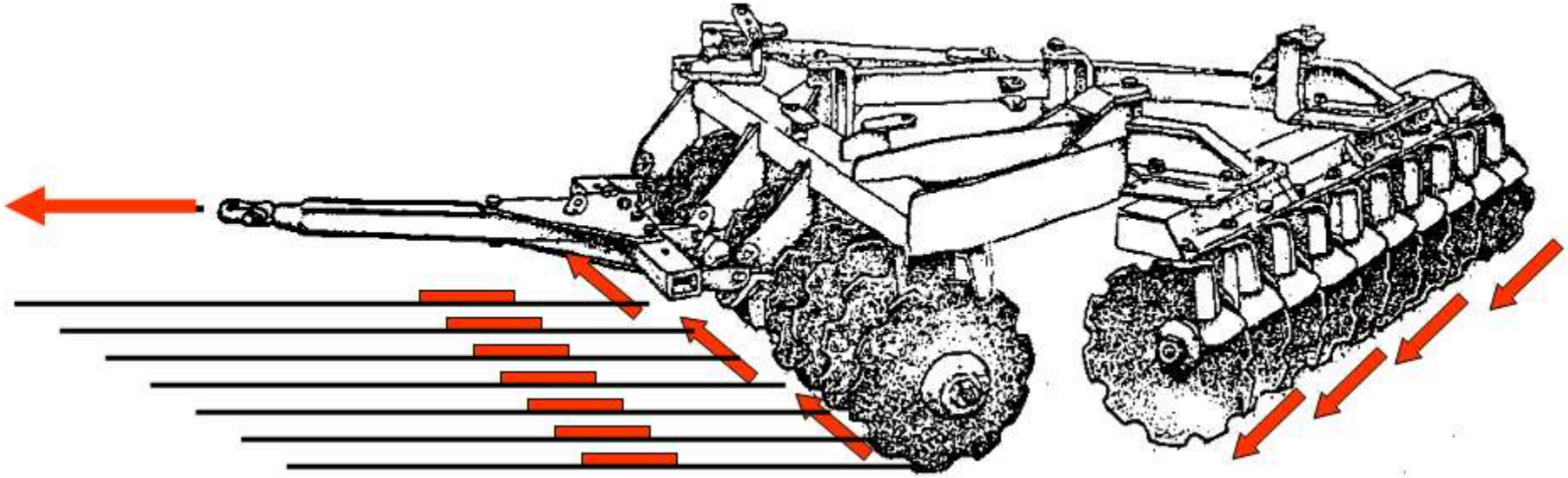
- Condição final da Inversão de camadas
  - Características do órgão ativo
  - Condições de operação
  - Características do terreno



Deslocamento lateral-horizontal

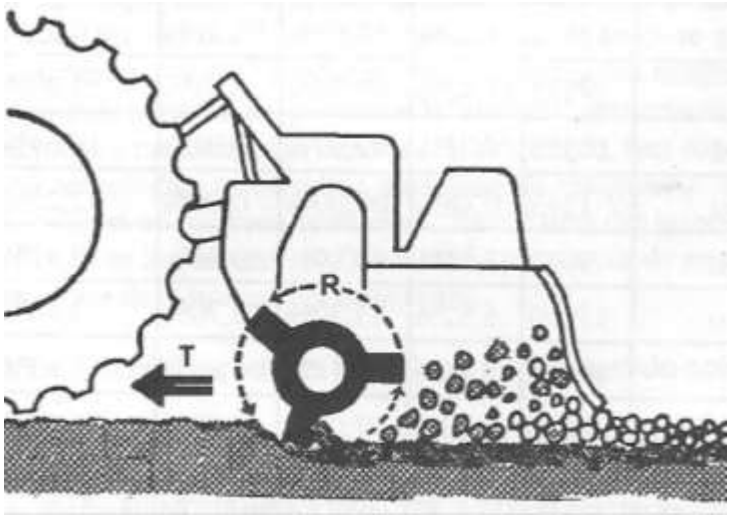
- Ao se deslocarem provocam uma movimentação lateral e horizontal da porção em contato com o órgão ativo;
- Grades de dentes – quebra dos torrões por impacto e em linhas naturais de ruptura
- Grades de discos – ação combinada de corte e impacto → maior efeito desagregador

Deslocamento lateral-horizontal



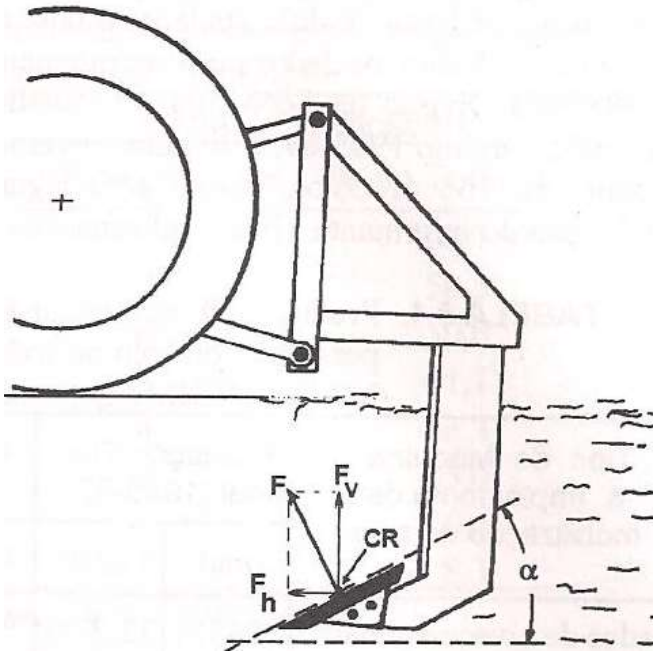
Revolvimento rotativo

- Facas rotativas acionadas pela TDP dos tratores;
- Solo cortado em pequenas porções e atirado para trás;
- Enxadas rotativas

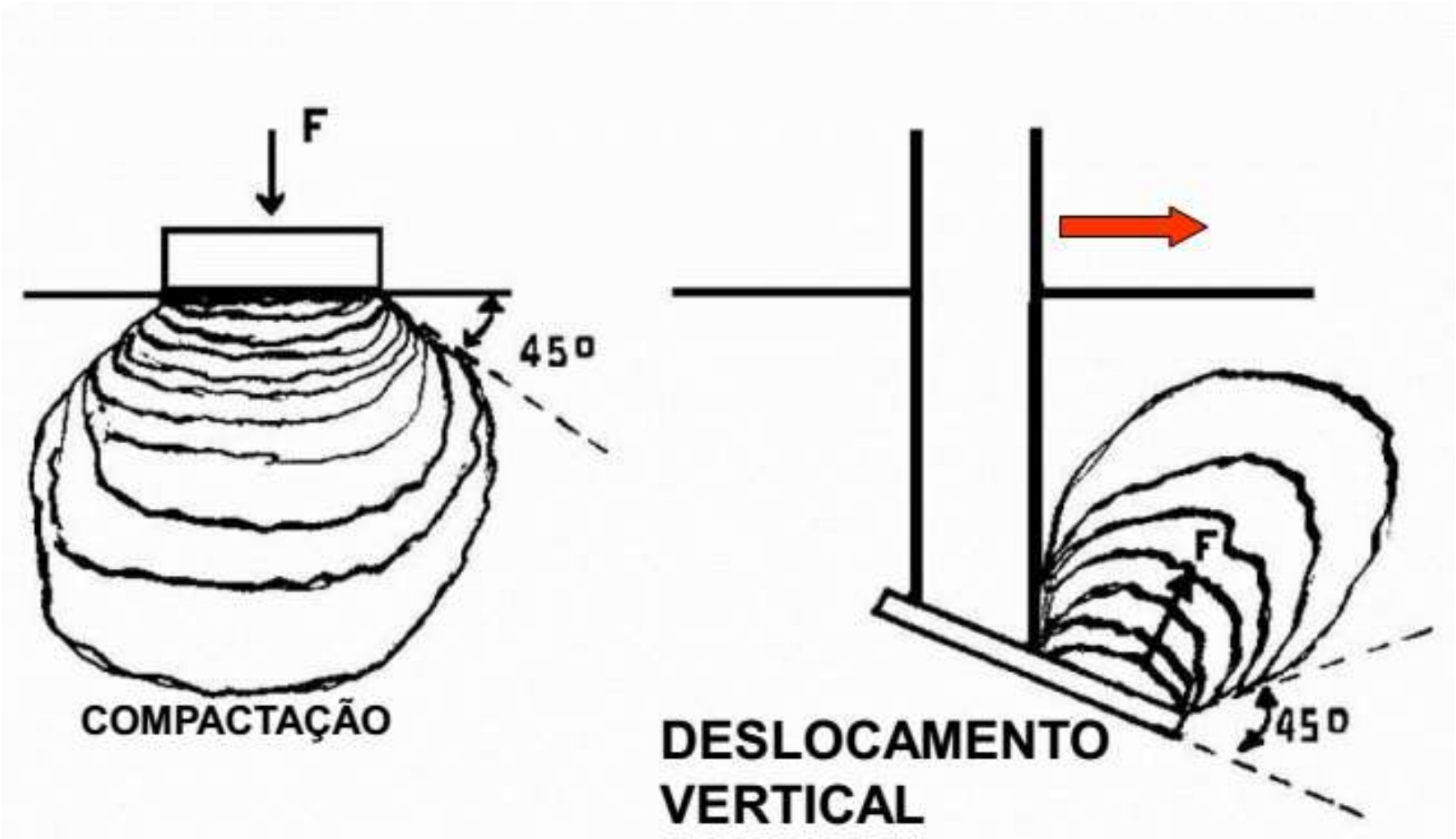


Desagregação subsuperficial

- Rompimento da massa de solo à frente e lateralmente;
- Desagregação ocorre de baixo para cima;
- Subsolador, Escarificador



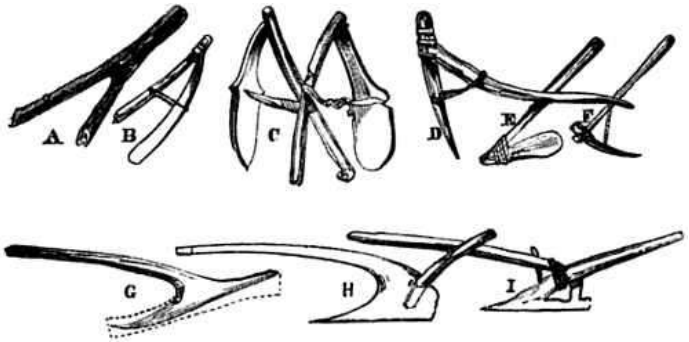
Desagregação subsuperficial



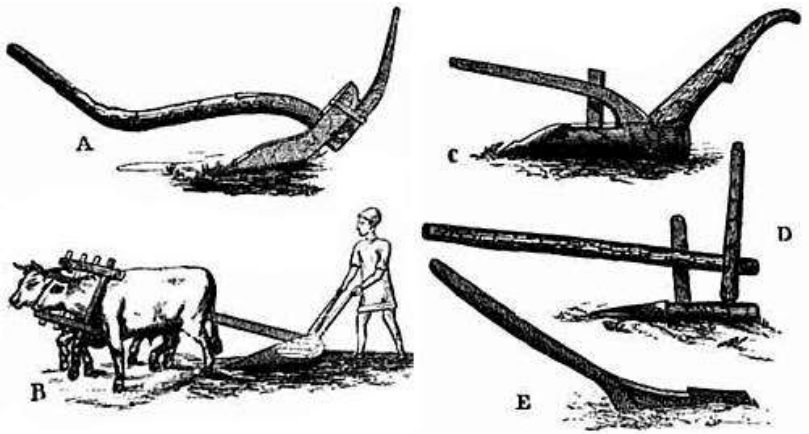
Arado

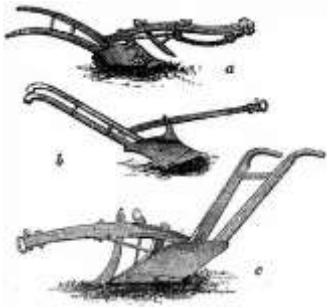
- Equipamento de preparo primário do solo que corta e inverte parcialmente ou completamente uma camada do solo, causando seu esboroamento e o enterrio dos materiais da superfície

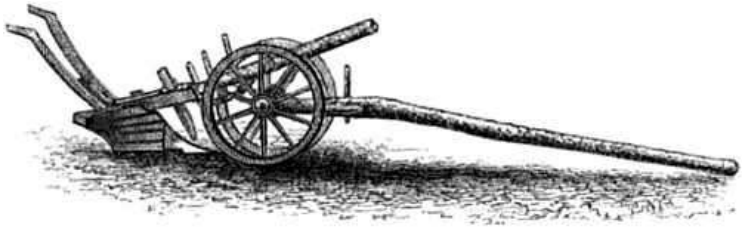
Arados



- Há 5000 anos – madeira
- Há 3000 anos – bronze
- Há 2000 anos – Ferro
- Há 500 anos aivecas
- Em 1890 arado de disco







Classificação dos Arados

- Quanto ao tipo de órgão ativo
  - Disco ou Aiveca
- Quanto à movimentação do órgão ativo
  - Fixo ou reversível
- Quanto ao número de órgãos ativos
  - 1, 2, 3, n
- Quanto à tração
  - Animal, tratorizado
- Quanto ao acoplamento
  - Montado, Semi montado, Arrasto

Classificação dos Arados

- Quanto ao tipo de órgão ativo
  - Aiveca ou Discos

Classificação dos Arados

- Quanto à movimentação do órgão ativo
  - Fixo ou reversível

Classificação dos Arados

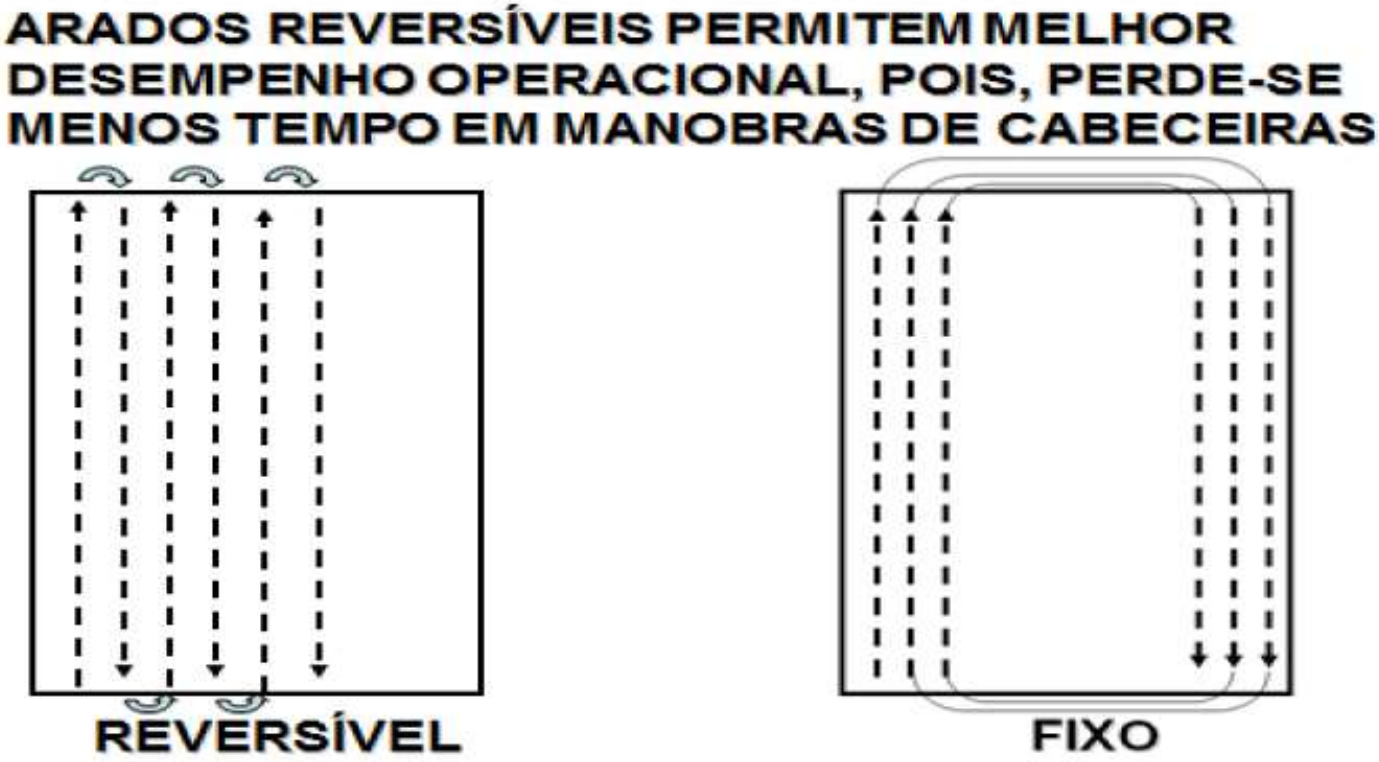
- Quanto à movimentação do órgão ativo
  - Fixo ou reversível

Classificação dos Arados

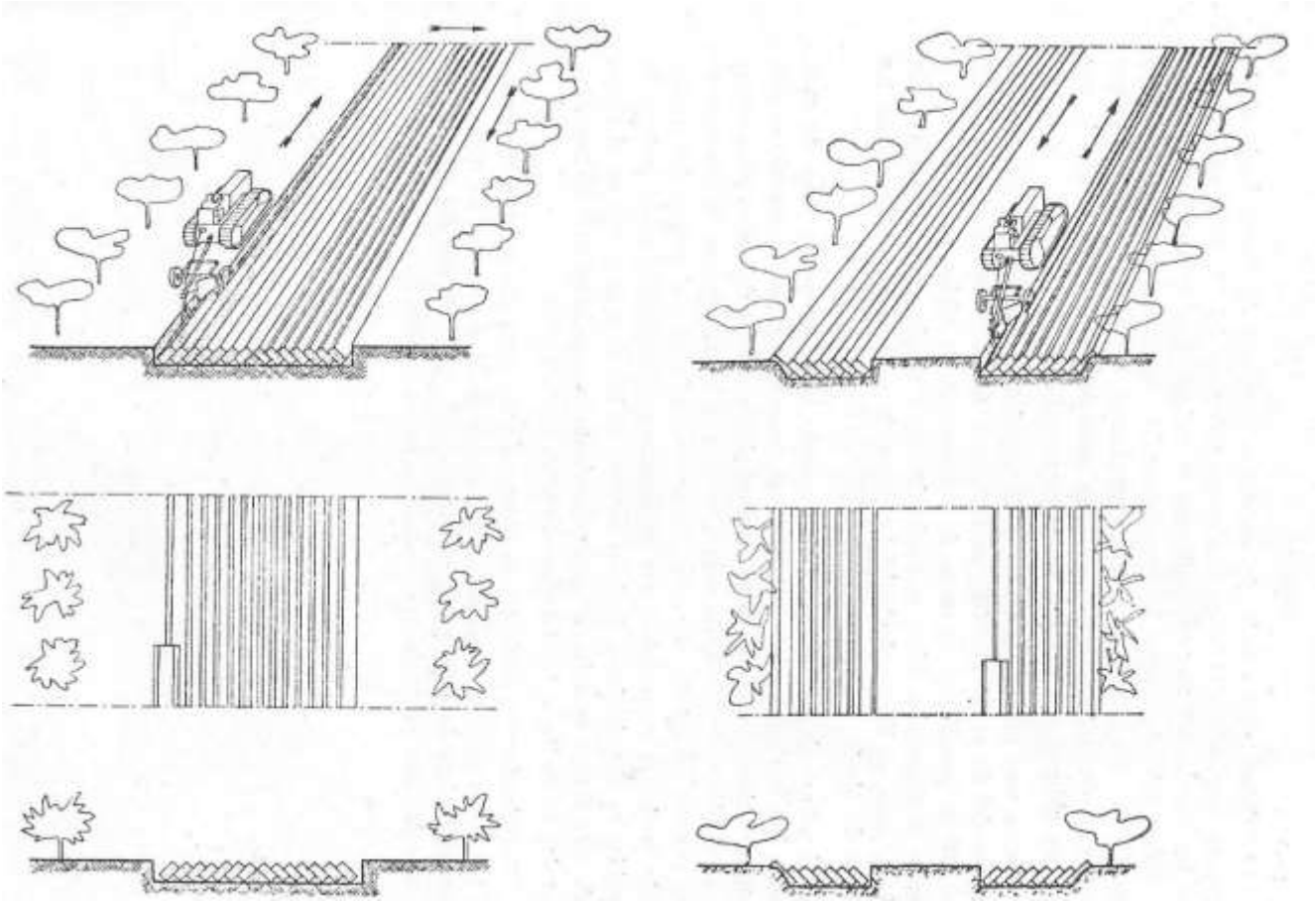
- Quanto à movimentação do órgão ativo
  - Reversível de discos

Classificação dos Arados

- Quanto à movimentação do órgão ativo
  - Fixo ou reversível – Efeito na Operação



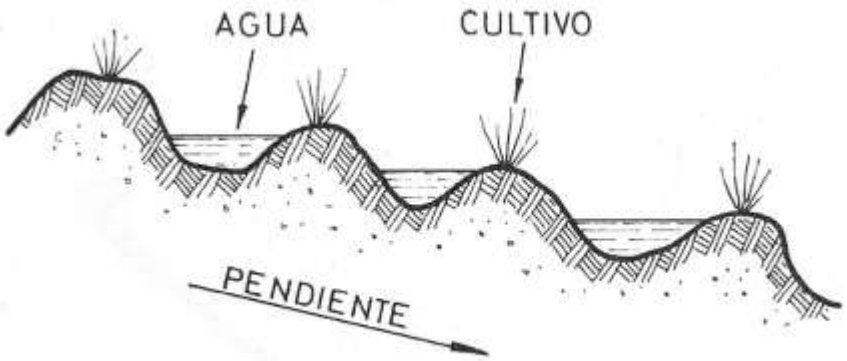
Aração

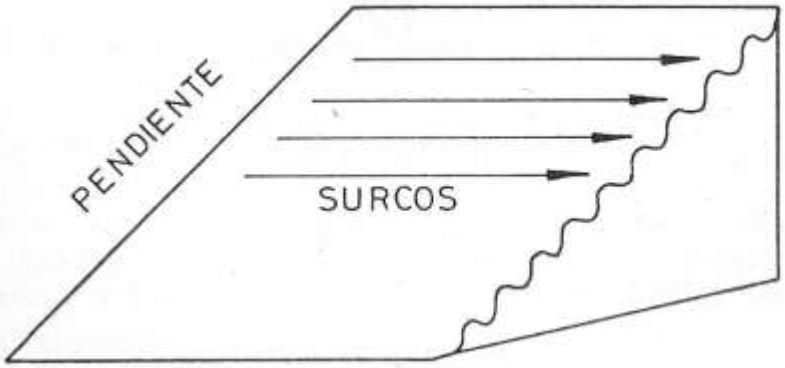


Camalhão – Tombamento das leivas uma contra a outra

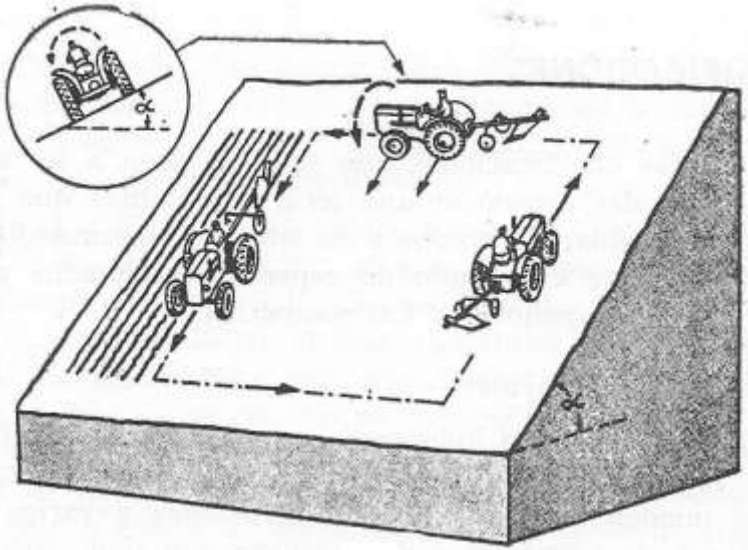
Sulco Morto – Tombamento das leivas para lados opostos

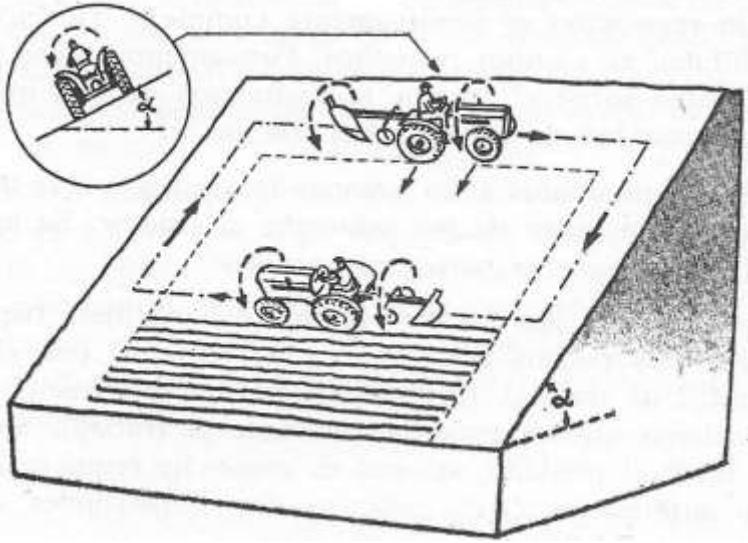
Aração





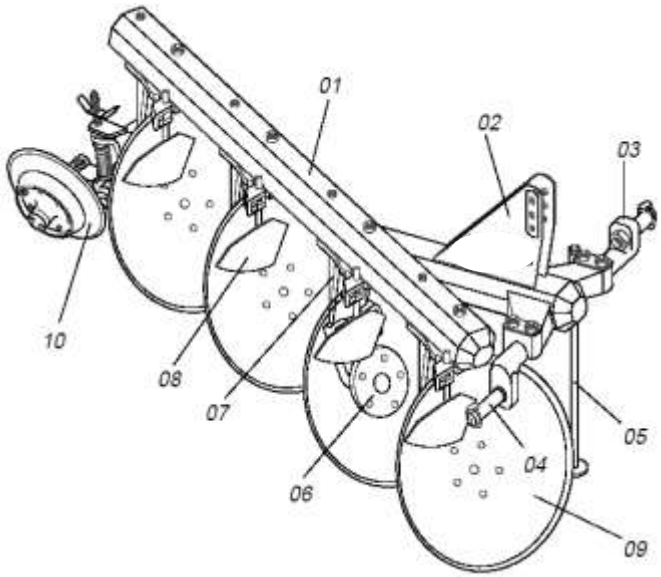
CORTE DEL TERRENO





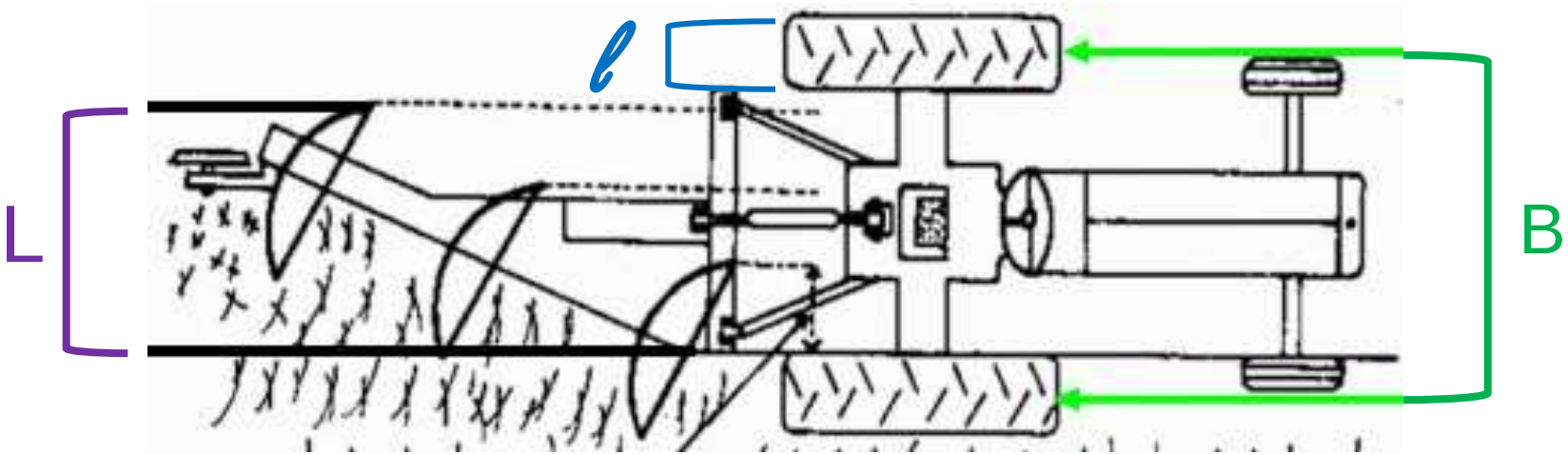
Arado de Discos

- Menor capacidade de inversão que a aiveca;
- Menor demanda de potência;
- Operação em áreas pedregosas;



Ajustes do Arado de Discos

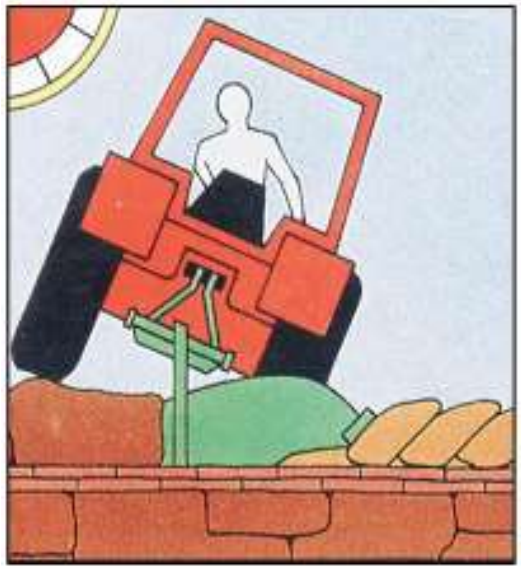
- **Ajuste da Bitola** do trator em função da largura de corte



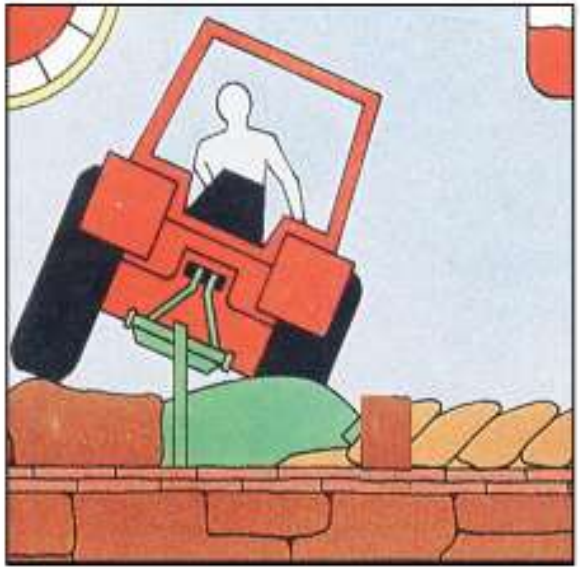
$$B = L + \ell$$

Ajustes do Arado de Discos

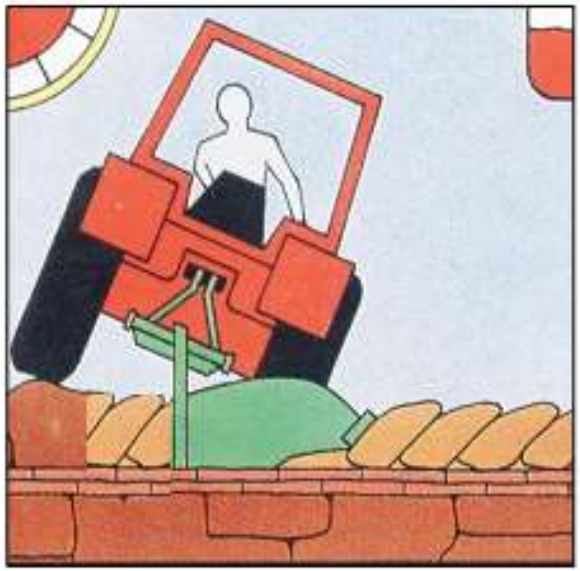
- Ajuste da Bitola do trator em função da largura de corte



OK



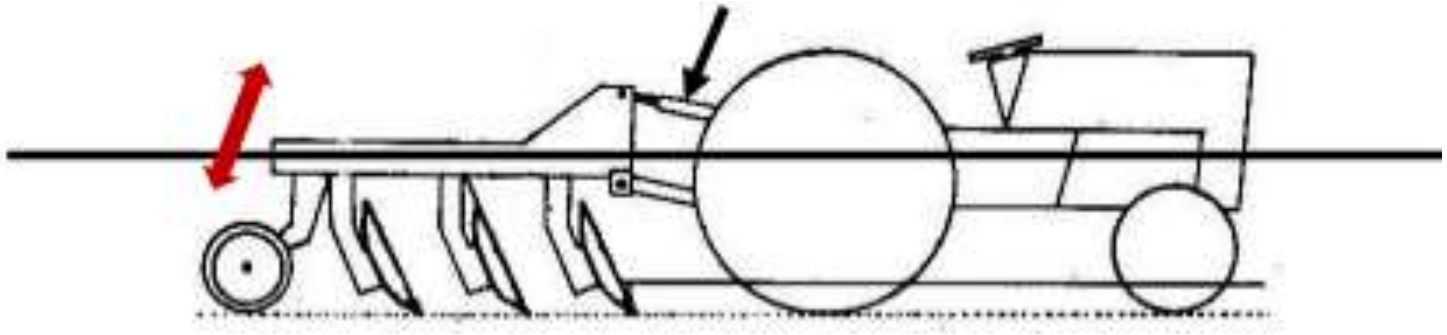
Bitola maior que o adequado



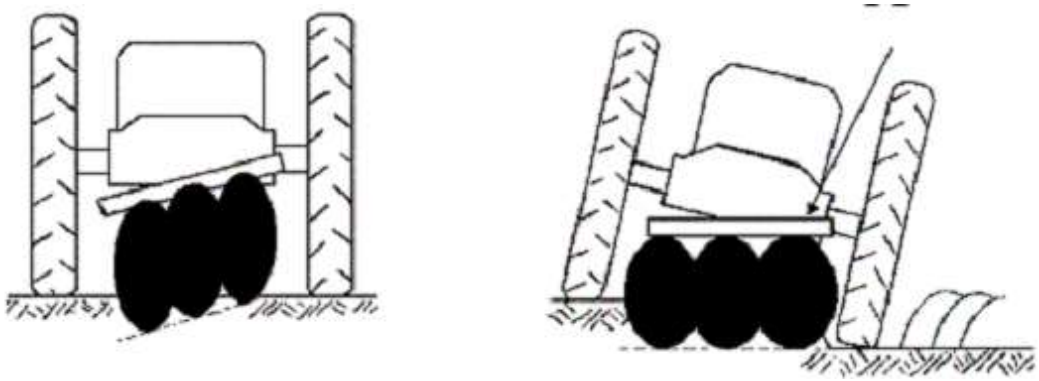
Bitola menor que o adequado

Arado de Discos - Nivelamento

- Longitudinal – 3° Ponto

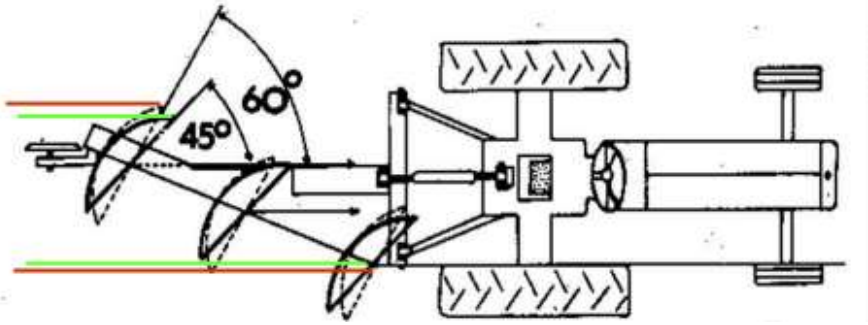


- Transversal – Braços do levante hidráulico



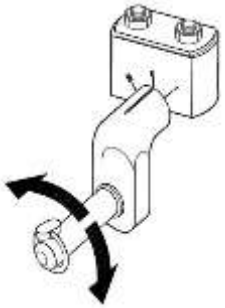
Ajustes do Arado de Discos

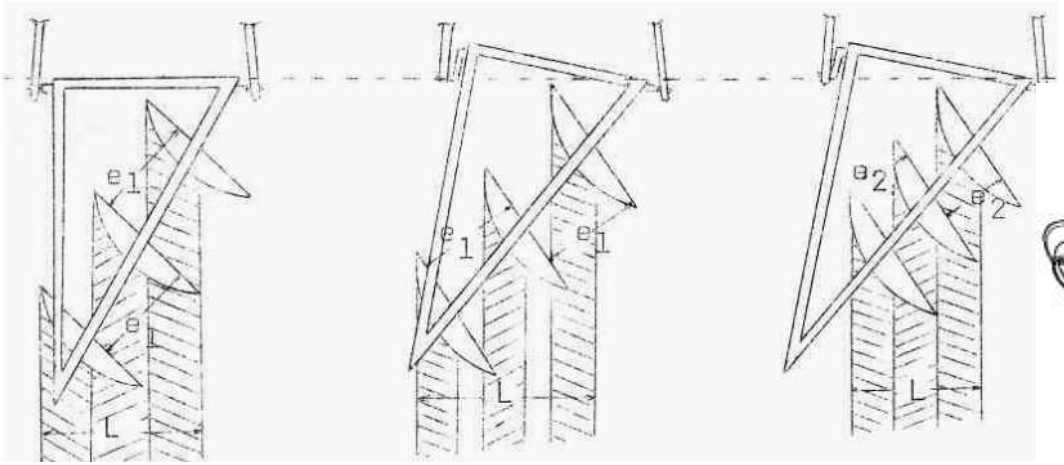
- Ajuste do ângulo horizontal
  - Menor Abertura:
  - Solos Argilosos, Muita palha, alta resistência mecânica
  - Maior abertura:
  - Solos mais soltos, menor demanda de potência

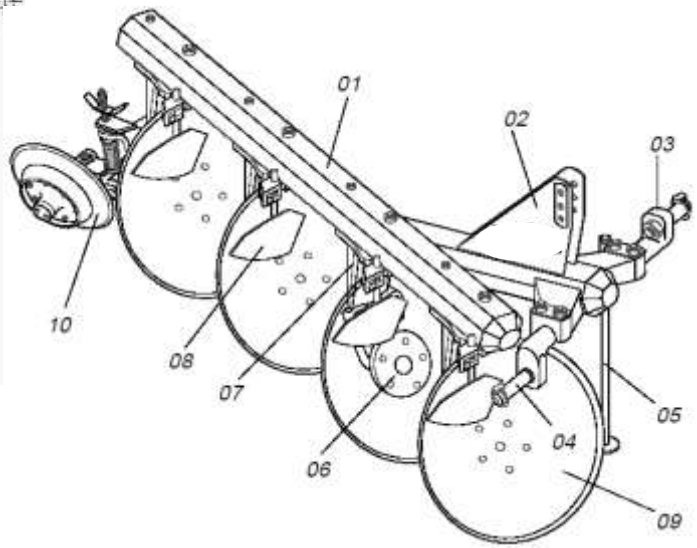


Ajustes do Arado de Discos

- Ajuste da largura

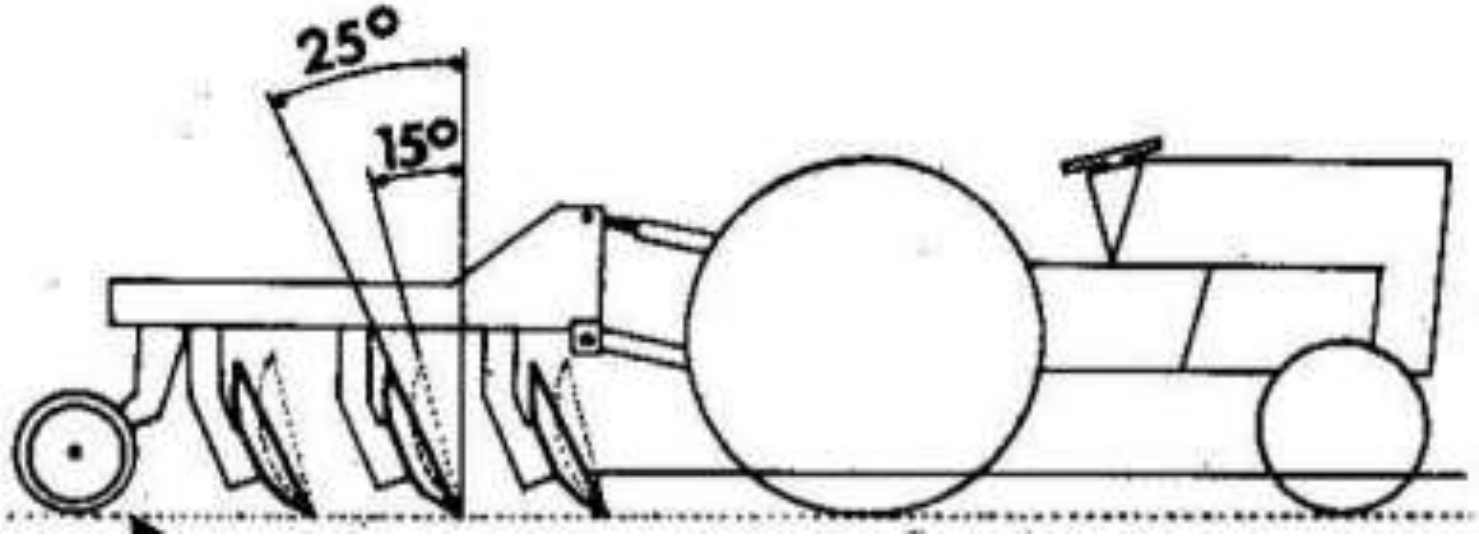






Ajustes do Arado de Discos

- Ajuste do ângulo vertical
  - Maior ângulo = disco mais deitado:
  - Menor penetração e maior apoio do bordo do disco sobre o solo com melhor tombamento da leiva



Ajustes do Arado de Discos

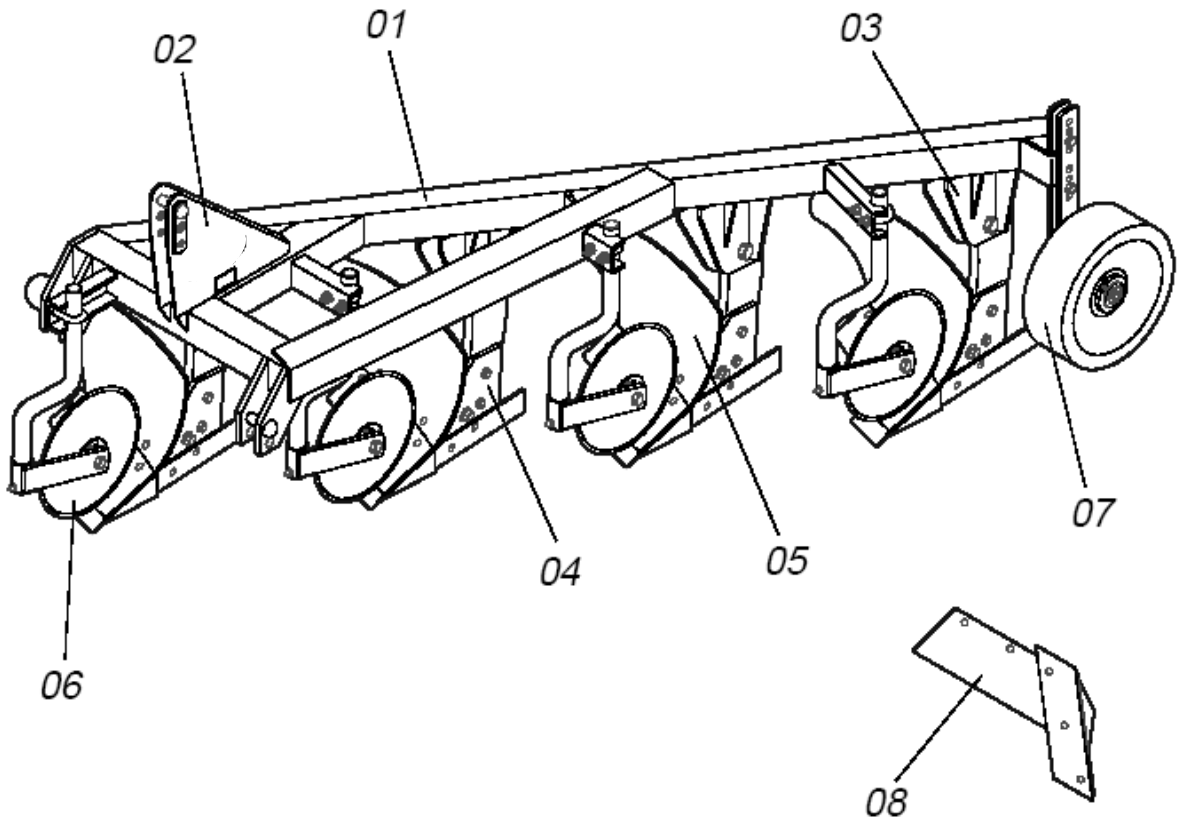
característica do solo	ângulo dos discos	
	horizontal	vertical
Solos de consistência fraca, facilmente penetráveis, arenosos e úmidos	50º	22 – 25º
Solos de consistência média	47 – 48º	18 – 22º
Solos duros, argilosos, secos, compactados, de difícil penetração	45º	15 – 18º

Arado de Aiveca

- Melhor inversão que o arado de discos
- Diversas opções de aivecas com desenho em função do tipo de solo:
  - Cilíndricas → menores velocidade de trabalho;
  - Helicoidais → maiores velocidades;
  - Recortadas → solos muito pegajosos;
- Restrições ao uso em áreas com obstáculos como pedras e tocos – desarme automático

A aiveca encontra um obstáculo.
O Shock-Control entra em ação, desarmando a aiveca.
A aiveca rearma automaticamente com o simples levantamento do implemento.
Retorno ao trabalho normal.

Arado de Aiveca



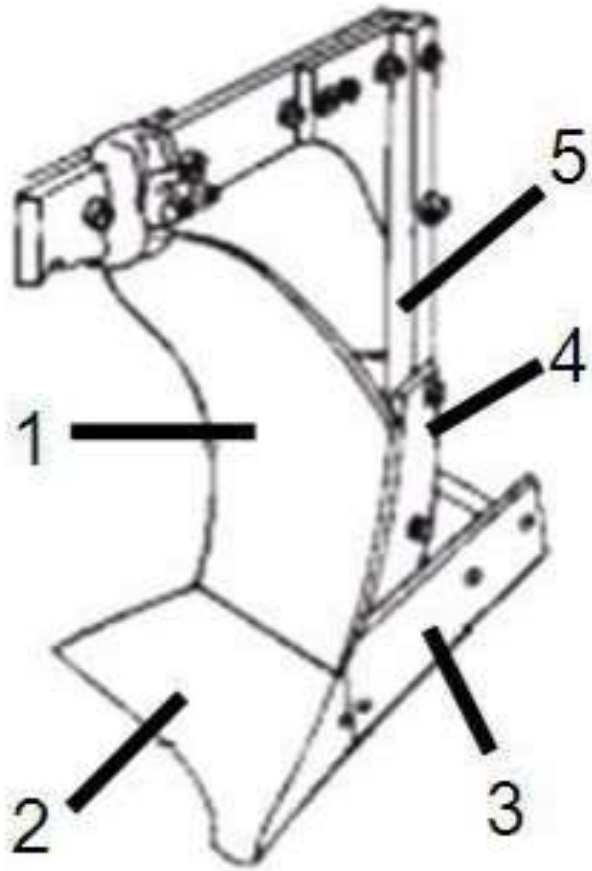
1. Chassi
2. Torre de Engate
3. Suportes das Aivecas
4. Aivecas

Opcionais:

5. Placas de Polietileno
6. Discos de Corte Ø 16" Lisos ou Estriados
7. Roda de Profundidade
8. Bico e Picão Reversível

Modelo	Aiveca	Nº de Aivecas	Larg. Corte	Prof. Corte	Altura Chassi	Segurança	Peso	Potência Mínima*
MFD 4 LM HD	Lisa	4	180 cm	20 a 50 cm	88 cm	Shock Control	1328 kg	180 hp
MFD 5/4 LM HD	Lisa	5/4	225 cm	20 a 50 cm	88 cm	Shock Control	1490 kg	225 hp
MFD 6/5/4 LM HD	Lisa	6/5/4	270 cm	20 a 50 cm	88 cm	Shock Control	1992 kg	270 hp
MFD 4 PM HD	Polietileno	4	180 cm	20 a 50 cm	88 cm	Shock Control	1369 kg	180 hp
MFD 5/4 PM HD	Polietileno	5/4	225 cm	20 a 50 cm	88 cm	Shock Control	1542 kg	225 hp
MFD 6/5/4 PM HD	Polietileno	6/5/4	270 cm	20 a 50 cm	88 cm	Shock Control	2053 kg	270 hp

Arado de Aiveca



Constituição do arado de aivecas:

1 - Aiveca: elevar e inverter a fatia de solo cortado pela relha;

2 - Relha: cortar o solo e iniciar o levantamento da seção cortada;

3 - Rasto: absorver as forças laterais, dar estabilidade;

4 - Suporte: reunir todos os componentes da aiveca;

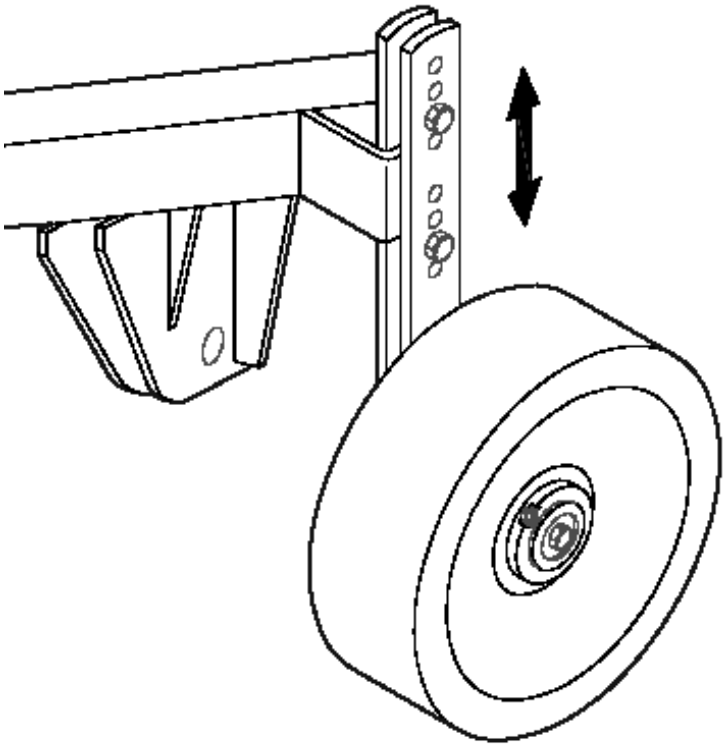
5 - Coluna: conectar ao chassi os componentes da aiveca.

Aiveca Recortada
(solos argilosos)

Aiveca Lisa
(solos arenosos)

Aiveca Polietileno
(solos argilosos e mistos)

Roda de profundidade

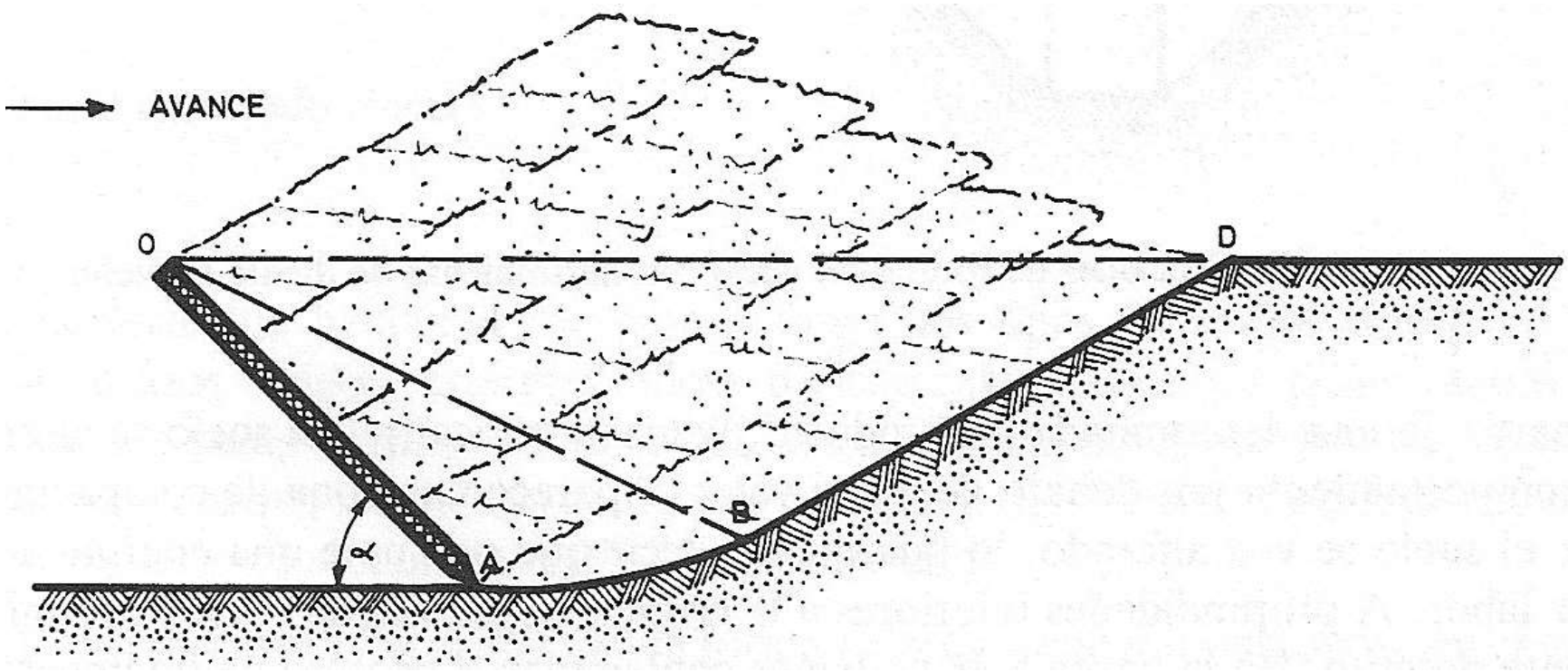


- *Regulagem da roda de profundidade permite, após encontrada a profundidade adequada de aração, manter esta profundidade constante em toda área trabalhada.*

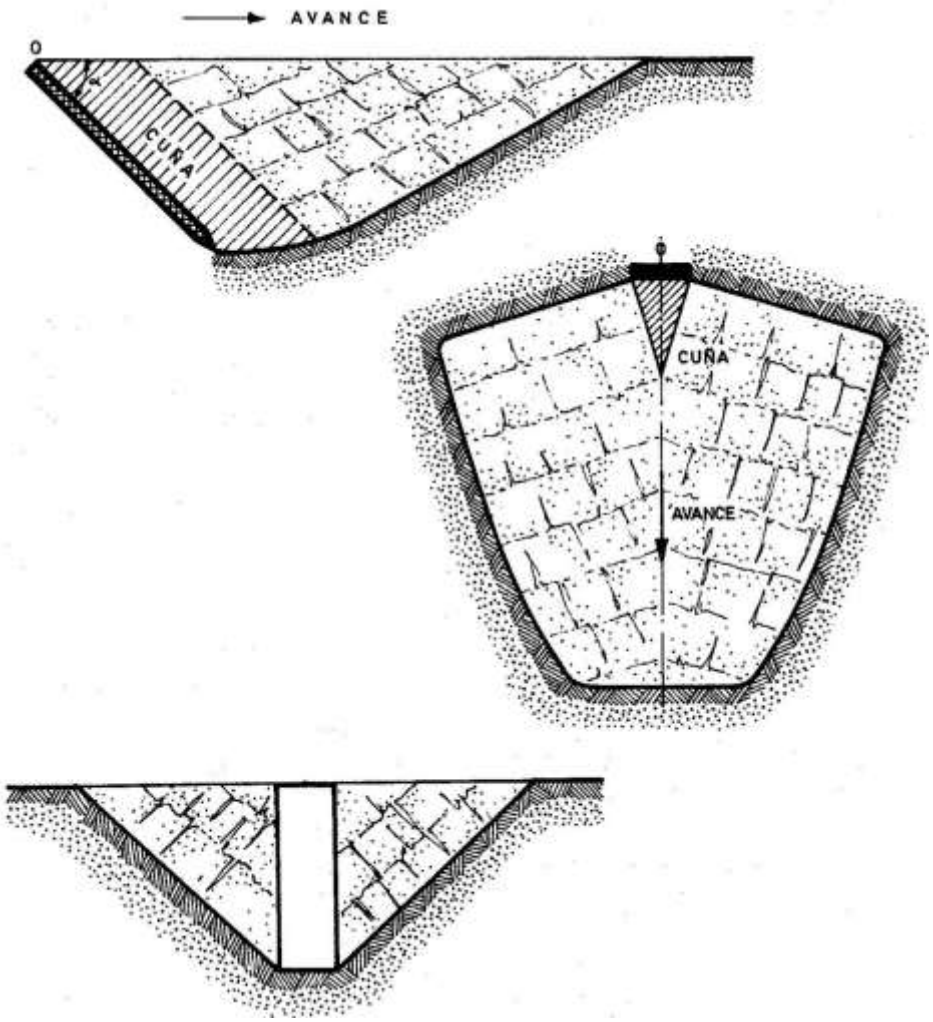
Subsolador

- 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 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

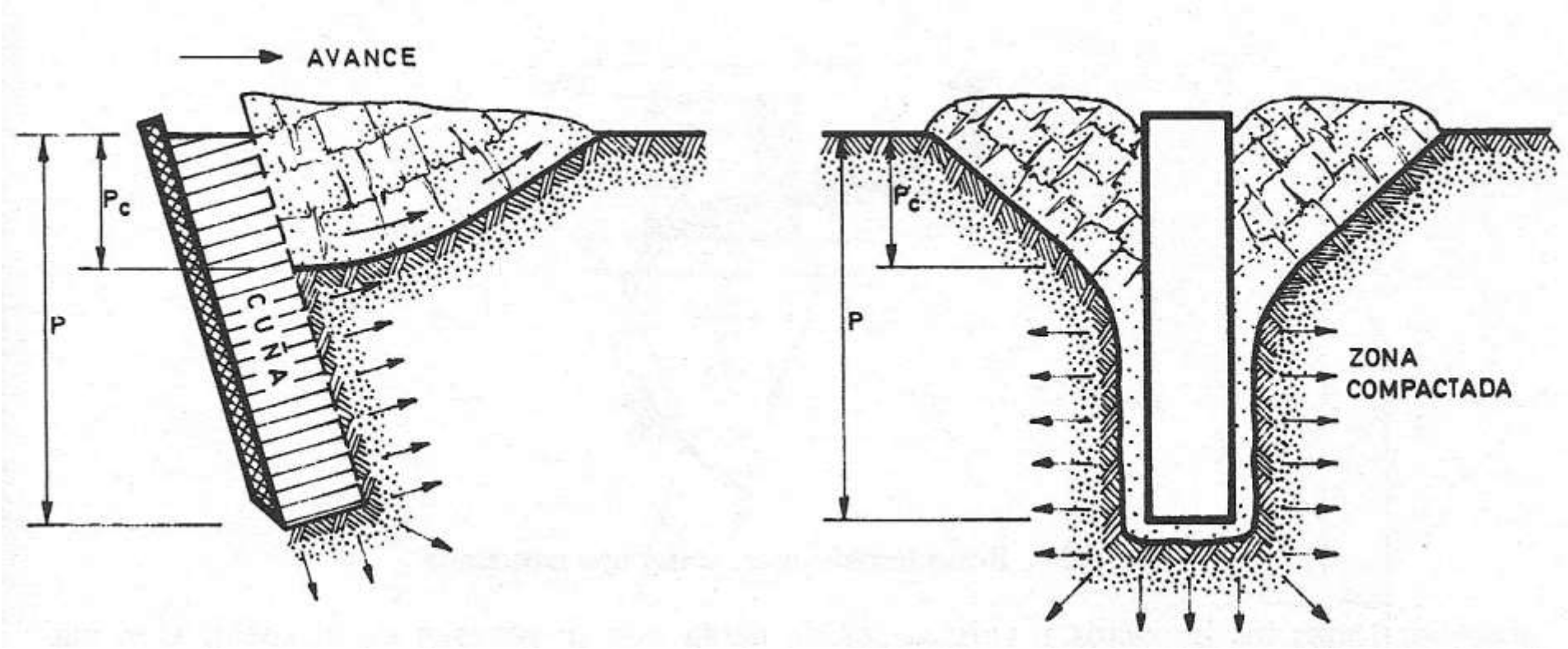
Frentes de Rompimento - Hastes



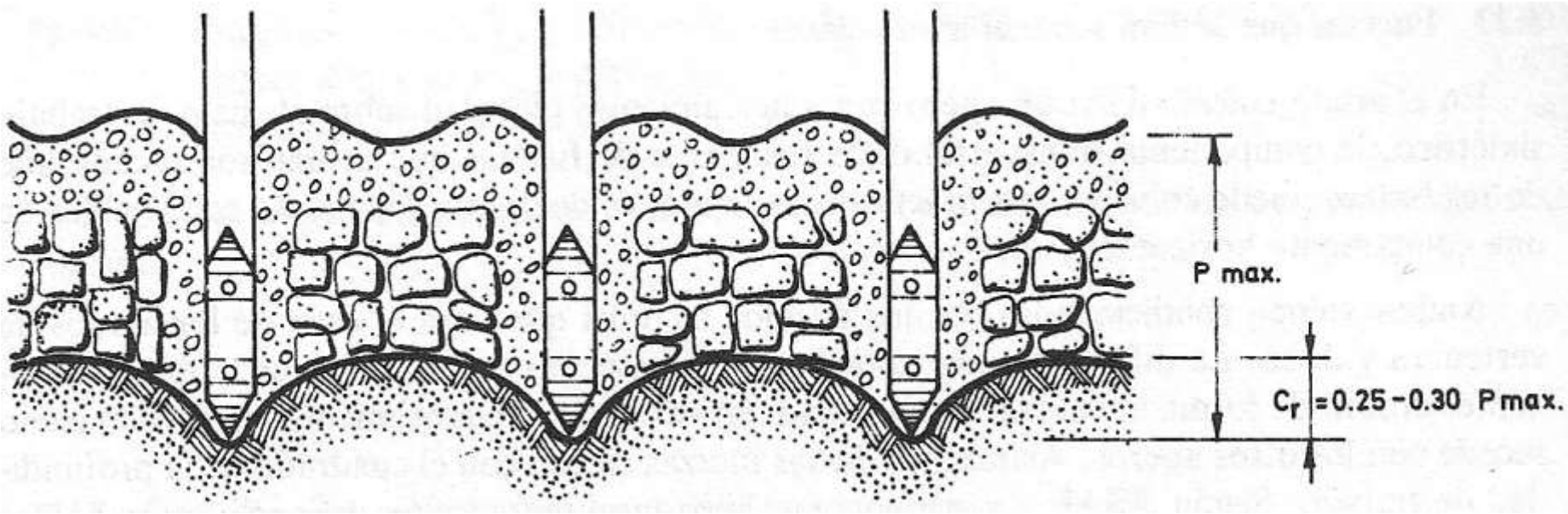
Frentes de Rompimento - Hastes



Frentes de Rompimento - Hastes



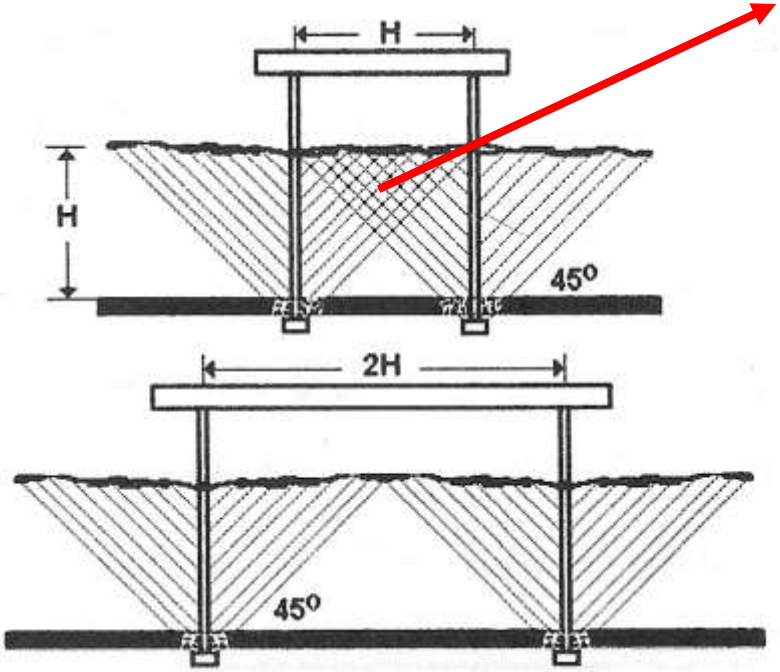
Profundidade de trabalho e profundidade da haste



Distância entre hastes

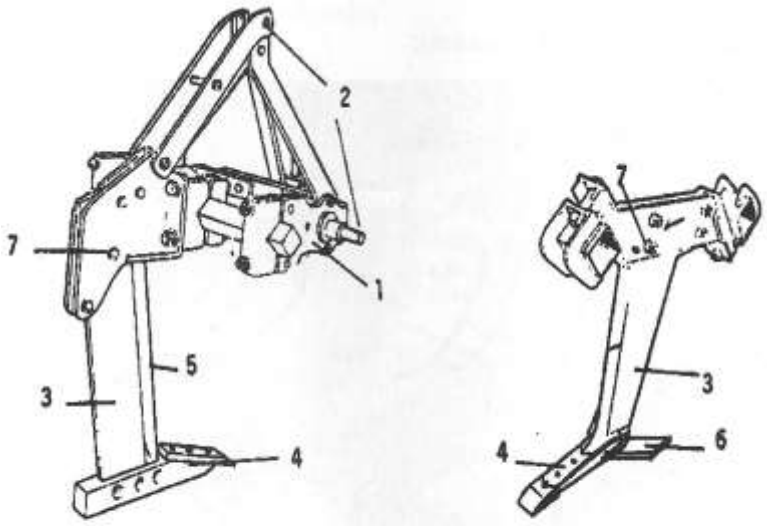
- O espaçamento entre as hastes deverá ser de 1,2 a 1,5 vezes a profundidade de trabalho pretendida

Efeito interferência: melhor desagregação



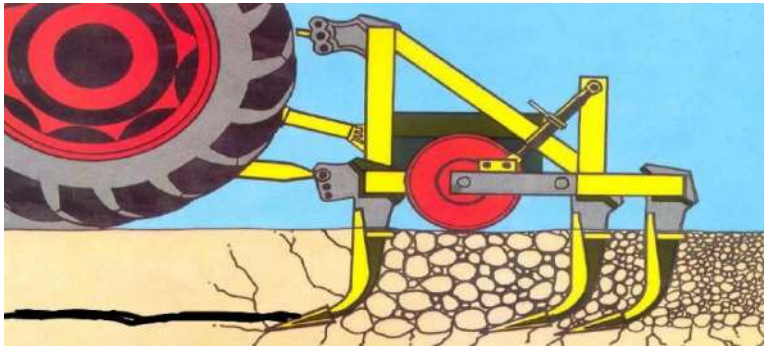
Largura e profundidade das hastes

- 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

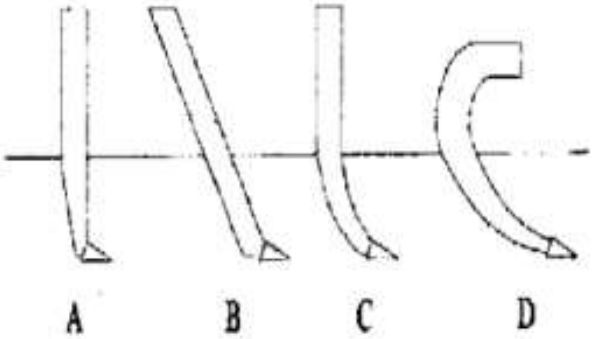


Partes constituintes de subsoladores: 1-chassi; 2- pinos de engate; 3-haste; 4- sapata; 5- face bizelada; 6- aletas (asas); 7- parafuso de segurança.

Formato das hastes

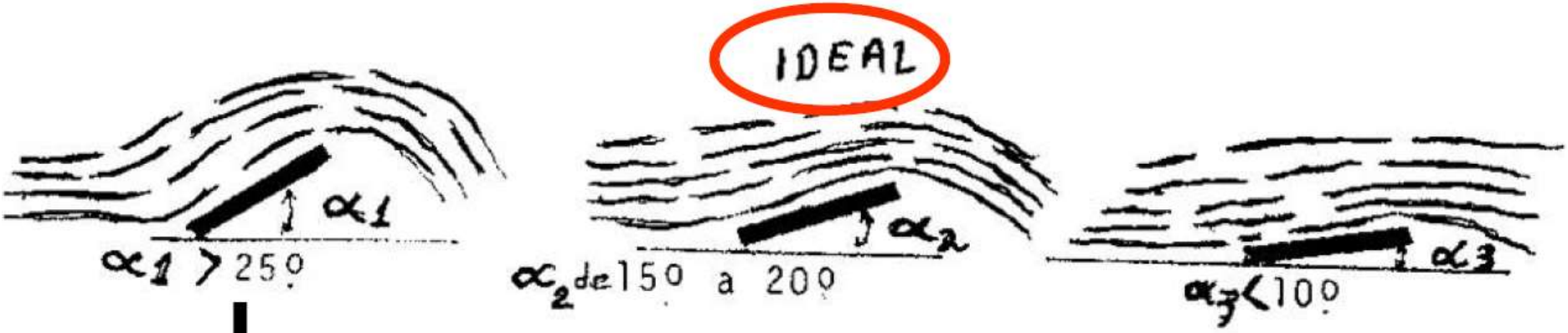


- De modo geral:
  - Quanto mais retas maior a demanda de potência e rompimento lateral
  - Parabólicas apresentam menor demanda



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

Preparo com hastes



EXIGE MUITA POTÊNCIA

CAUSA POUCO EFEITO

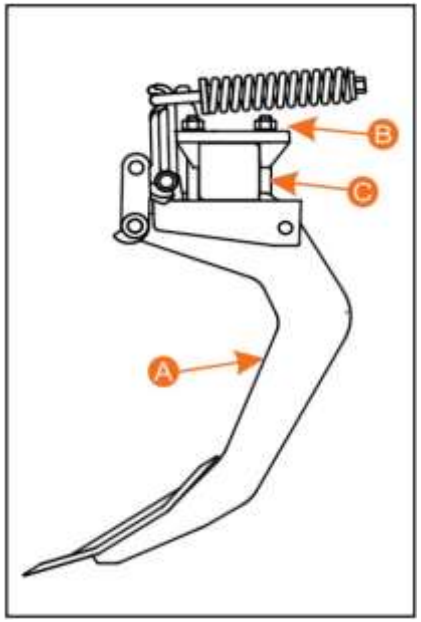
Subsolagem

- 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

Subsolador

Subsolador

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



20 cv haste^{-1}

Especificações Técnicas

Modelo												
ASA-H			ASA-CR					ASA-CR-DCR				
5 hastes	7 Hastes	9 Hastes	5 hastes	7 Hastes	9 Hastes	11 Hastes	13 Hastes	5 hastes	7 Hastes	9 Hastes	11 Hastes	13 Hastes
Largura de trabalho												
1,90 m	2,66 m	3,42 m	1,90 m	2,66 m	3,42 m	4,18 m	4,94 m	1,90 m	2,66 m	3,42 m	4,18 m	4,94 m
Profundidade de trabalho												
Até 45 cm			Até 45 cm					Até 45 cm				
Potência exigida												
60 a 90 cv	90 a 130 cv	130 a 160 cv	80 a 105 cv	105 a 130 cv	130 a 160 cv	160 a 220 cv	220 a 280 cv	80 a 105 cv	105 a 130 cv	130 a 160 cv	160 a 220 cv	220 a 280 cv
Peso												
620 kg	800 kg	1.000 kg	1.148 kg	1.338 kg	1.523 kg	1.850 kg	2.380kg	1.720 kg	1.910 kg	1.523 kg	2.360 kg	2.900kg

Subsolador

Hastes retas, ponteira larga
36 cv haste^{-1}

MODELO	QUANT. HASTES	LARGURA DE TRA-BALHO (mm)	ESPAÇAMENTO ENTRE HASTES (mm)	PROFUNDIDADE DE TRABALHO (mm)	PESO (kg)	TRATORES 4x4 (HP)
STAC 5P	05	2000	400 / 425 / 450	até 500	2.600	140 a 180
STAC 7P	07	2800			3.555	190 a 250

Subsolador

MODELO	QUANTIDADE DE HASTES	ESPAÇAMENTO DAS HASTES	LARGURA DE TRABALHO (mm)	PROFUNDIDADE DE TRABALHO	DISCOS DE CORTE LISOS	PESO (Kg)	TRATORES 4x4 (HP)
STAC 5L	05	400 mm	2000	Até 450 mm	18" x 4,5 mm	1450	90 a 120
STAC 7L	07		2800			1900	120 a 150
STAC 9L	09		3600			2250	150 a 180
STAC 11L	11		4400			2600	190 a 240
STAC 13L	13		5200			3000	240 a 260

Subsolador

Tabela de especificações

Modelo Hastes	Chassi (mm)	Espaçamentos			Medida montada na fabrica (cm)	Outras medidas possíveis (cm)	Peso aproximado com rolos destorradores (kg)	Potência Requerida (cv)
		60 cm	65 cm	70 cm				
TS-04	2980	Sim	Sim	Sim	65	54	1750	120-160
TS-05	2980	Sim	Sim	Sim	65	58	2050	150-200
TS-06	2980+	Não	Sim	Sim	65	54	2480	180-240
TS-07	2980+	Sim	Sim	Sim	65	58	2750	210-280
TS-08	5780	Sim	Sim	Sim	65	54	3130	240-320
TS-09	5780	Sim	Sim	Sim	65	58	3680	270-360
TS-10	5780+	Sim	Não	Sim	62,5	55	3830	300-400
TS-11	5780+	Sim	Sim	Sim	65	-	4130	330-440
TS-12	5780++	Sim	Não	Sim	62,5	55	4650	360-480
TS-13	5780++	Sim	Sim	Sim	65	-	4820	390-520

+ = Complemento Menor de chassi (730 mm)
++ = Complemento maior de chassi (1430 mm)

Subsoladores

Acoplamento no engate de 3 pontos

Acoplamento à barra de tração

Escarificador

- Mobilização do solo até uma profundidade máxima de 30 cm
- Hastes rompem a camada superficial do solo sem promover a inversão do perfil mobilizado, mantendo entre 50 e 75 % da cobertura vegetal existente sobre o solo antes do preparo.
- Em condições de abundante cobertura vegetal há discos de corte anteriores às hastes
- Vantagens:
  - Mantém maior percentagem de cobertura do solo
  - Menor demanda de tempo e o menor consumo de combustível

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

Escarificador

Escarificador

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

Especificações Técnicas

Modelos				
Fox 7 hastes	**Fox 9 hastes**	**Fox 11 hastes**	**Fox 13 hastes**	**Fox 15 hastes**
Largura total				
2,51 m	2,92 m	3,66 m	4,12 m	5 m
Comprimento total				
5,59 m	5,59 m	5,59 m	5,59 m	5,59 m
Altura total				
1,34 m	1,34 m	1,34 m	1,34 m	1,34 m
Largura efetiva de trabalho				
2,10 m	2,70 m	3,30 m	3,90 m	4,50 m
Número de discos de corte				
7 discos de 18"	9 discos de 18"	11 discos de 18"	13 discos de 18"	15 discos de 18"
Rolos niveladores				
1 x 2,00 m	2 x 1,40 m	2 x 1,80 m	2 x 2,00 m	2 x 1,40 + 1 x 1,80 m
Peso				
2.100 kg	2.500 kg	2.950 kg	3.450 kg	3.850 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
***Potência requerida**				
10 a 15 cv	10 a 15 cv	10 a 15 cv	10 a 15 cv	10 a 15 cv
Opcional				
Kit caixa KS	Kit caixa KS	Kit caixa KS	Kit caixa KS	Kit caixa KS

**10 a 15 cv por haste*

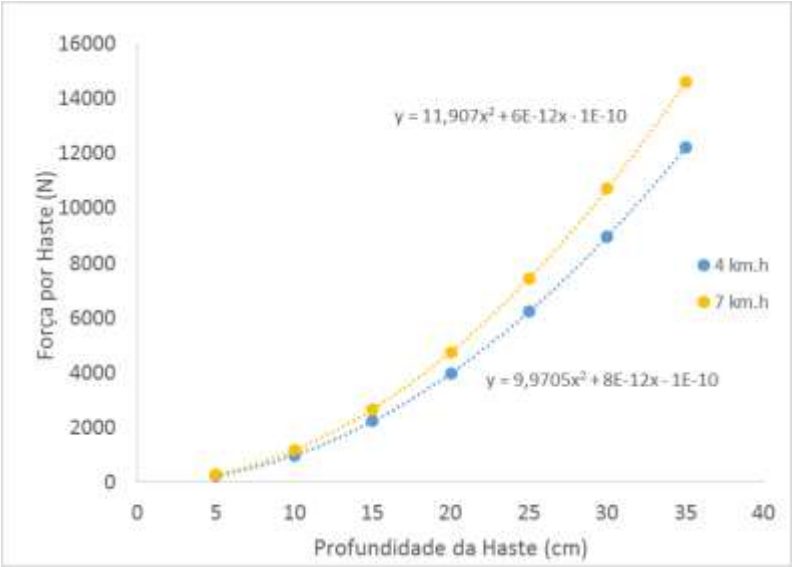
Demanda de potência

Suelo:	Franco	$F_{8,3} = 520 + 49{,}2.v$;	F (N/brazo); v (km/h)	(5.66)
	Franco arcilloso	$F_{8,3} = 480 + 48{,}1.v$		(5.67)
	Arcilloso	$F_{8,3} = 527 + 36{,}1.v$		(5.68)

A una profundidad p, las expresiones anteriores quedan modificadas por la siguiente relación:

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

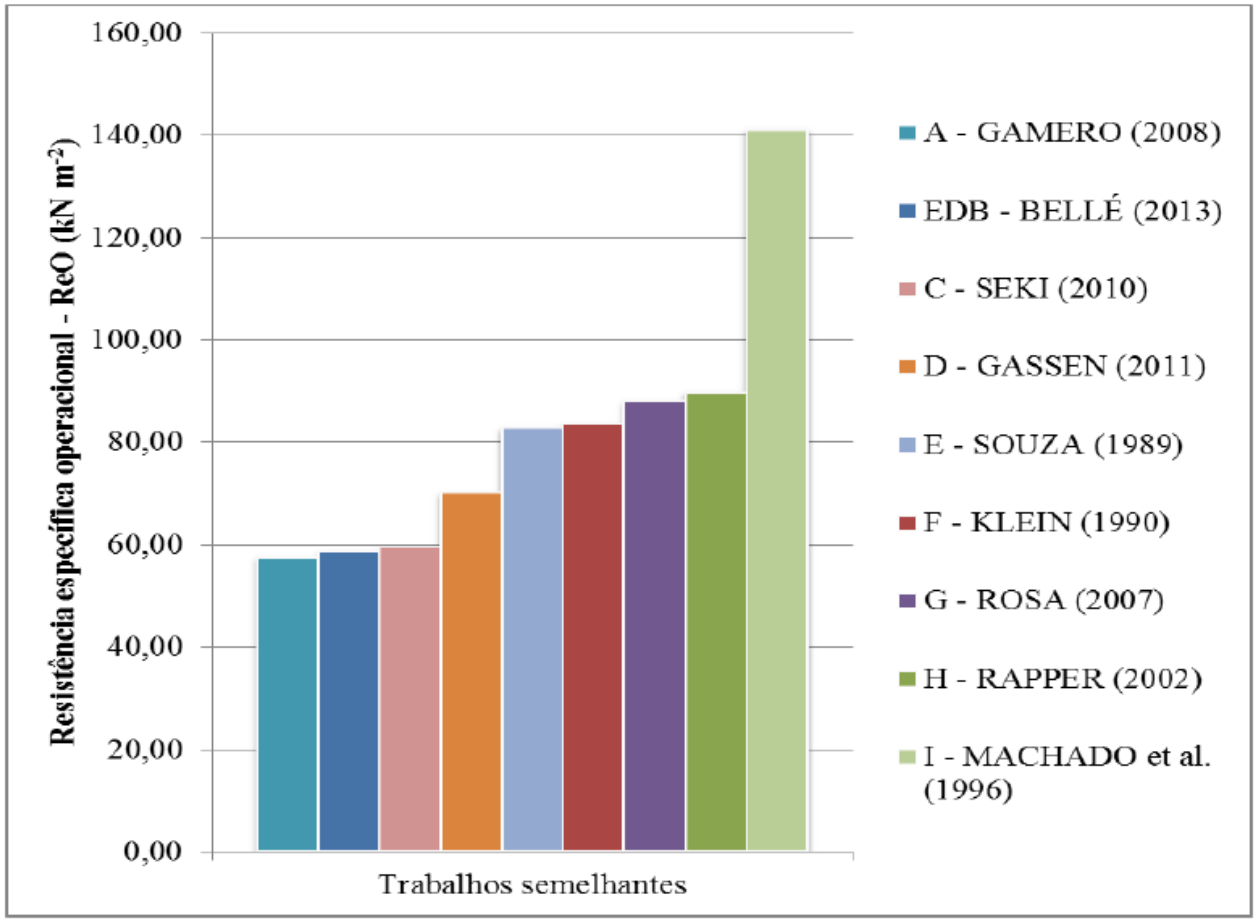
Fonte: ASAE



Demanda de potência e custo do preparo do solo

- Escarificador → 120 a 280 N cm^{-1} de profundidade por haste
  - Considerando a resistência média de 200 N cm^{-1}
  - 9 hastes espaçadas em 0,45 m, operando a 0,3 m de profundidade
  - Velocidade de deslocamento 6,5 km h^{-1}
  - 9 hastes x 20000 N m^{-1} x 0,3 m $haste^{-1}$ = 54 kN
  - 54 kN x 1,8 m s^{-1} = 97,2 kW
  - Com eficiência tratória de 0,7 = 139 kW
  - Considerando consumo de 0,12 L kW h^{-1} = 16,7 L h^{-1}
  - Em 1 hora = 9 x 0,45 m x 1,8 m s^{-1} x 0,80 x 3600 s = 20.995 m^2 = 2,1 ha
  - Custo hora de um trator de 140 kW = R$170,00

Demanda de potência



Fonte: BELLÉ, 2013

Demanda de potência

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

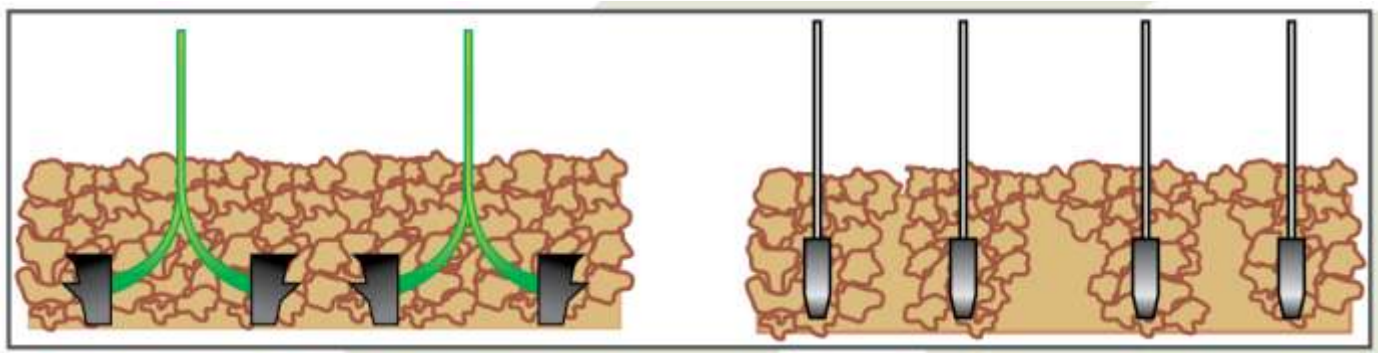
	Energia requerida (Wh ha^{-1})			
	Sistemas de	Condições de preparo		Diferença
	preparo	AS	DS	(%)
Arado de discos	D	39710 C a	43180 C b	-8,0
Arado de discos + gradagem	Dn	45420 E a	52830 E b	-14,0
Grade aradora	G	34640 B a	39180 B b	-11,6
Grade aradora + grade niveladora	Gn	42390 D a	48440 D b	-12,5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

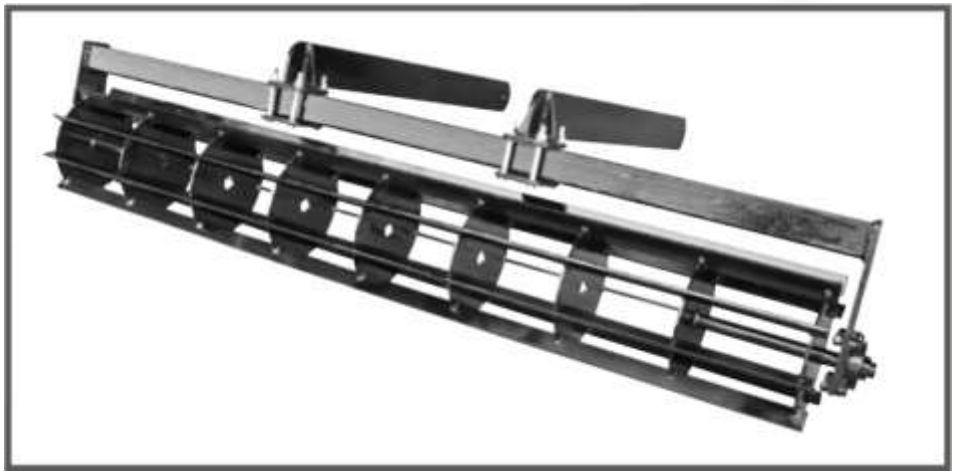
Outros equipamentos

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

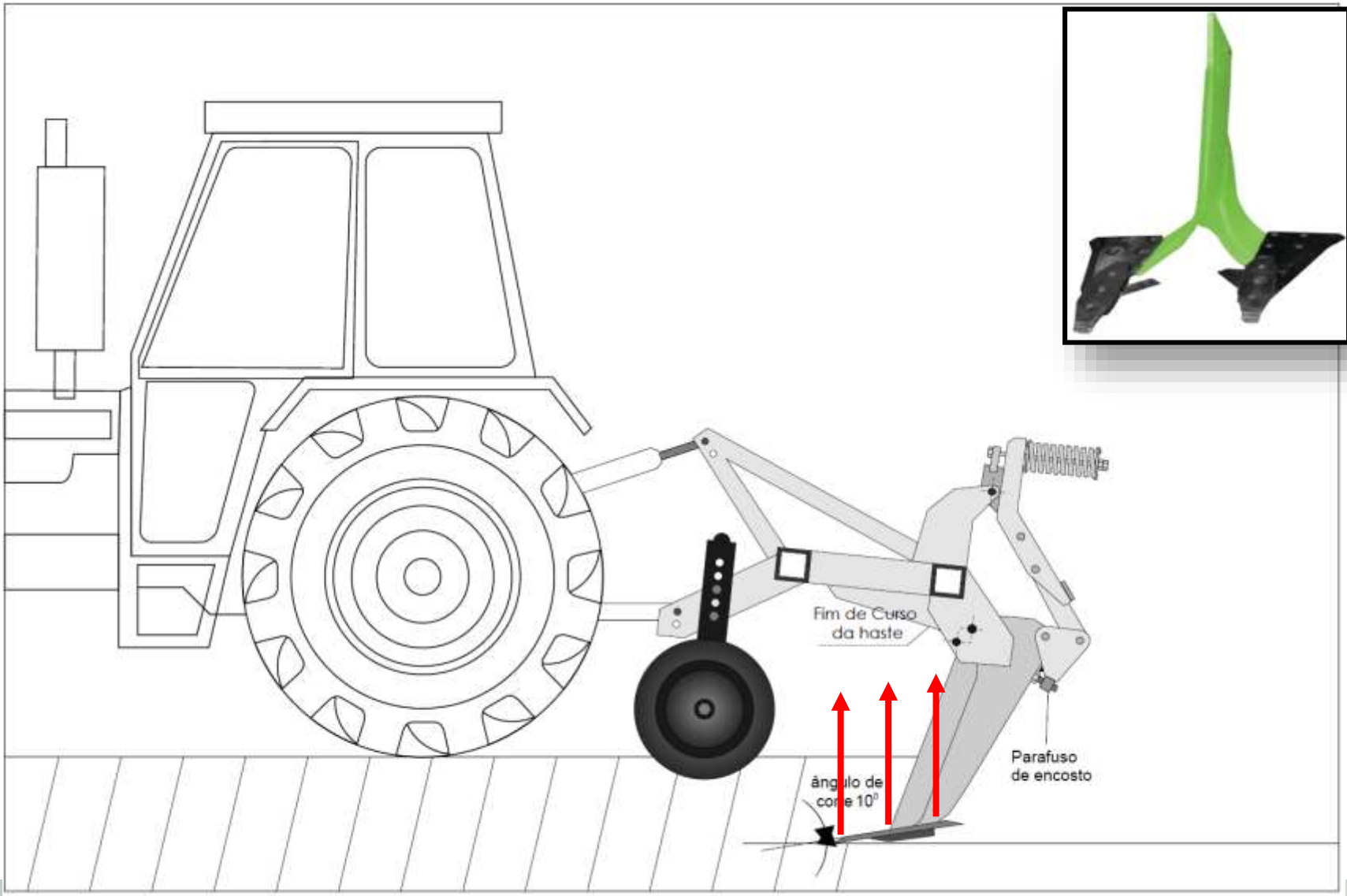


Modelo	Tipo	Lâminas	Larg. Trabalho	Altura Chassis	Peso	Profundidade Corte	Potência Mínima*
DPT 160 M	Montado	3	160 cm	85 cm	555 kg	20 a 50 cm	90 hp
DPT 210 M	Montado	4	210 cm	85 cm	585 kg	20 a 50 cm	120 hp
DPT 270 M	Montado	5	270 cm	85 cm	885 kg	20 a 50 cm	150 hp
DPT 320 M	Montado	6	320 cm	85 cm	916 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

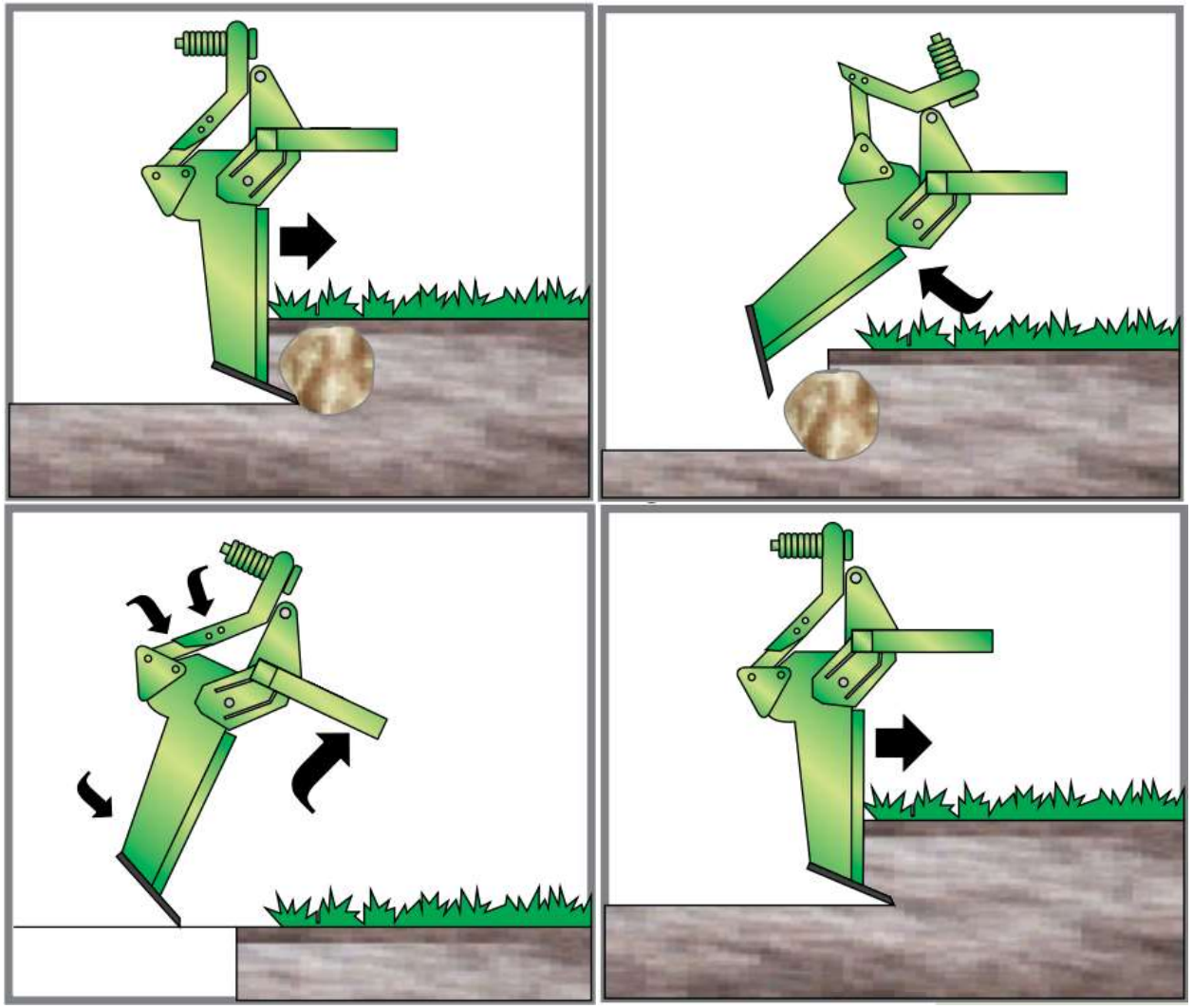
Preparo Vertical



Elevação e Desagregação

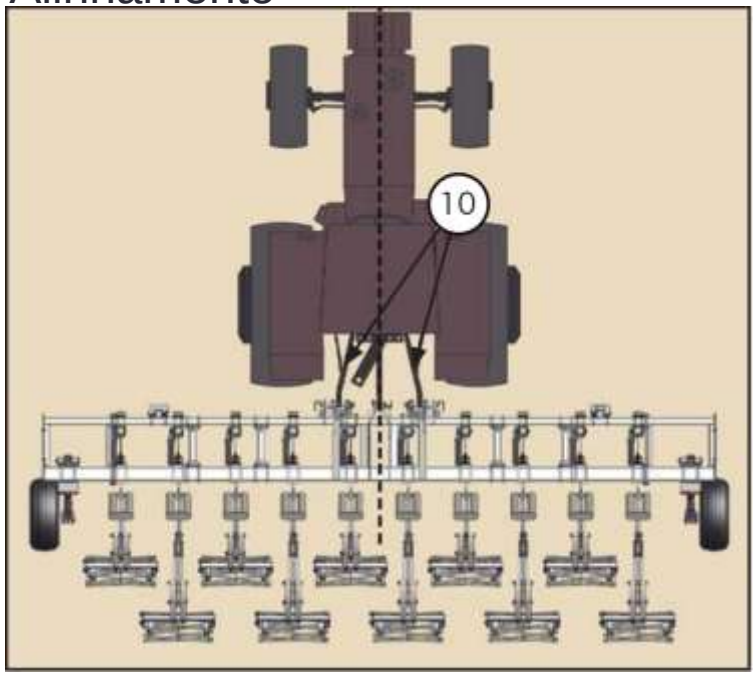


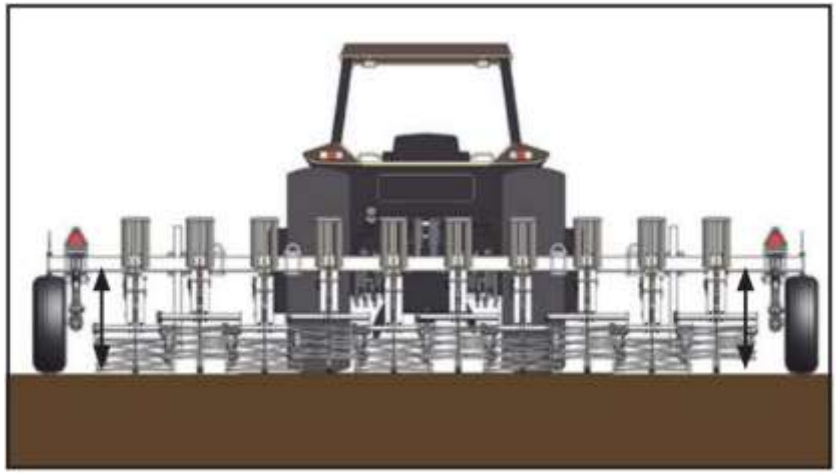
Desarme e rearme



Ajustes

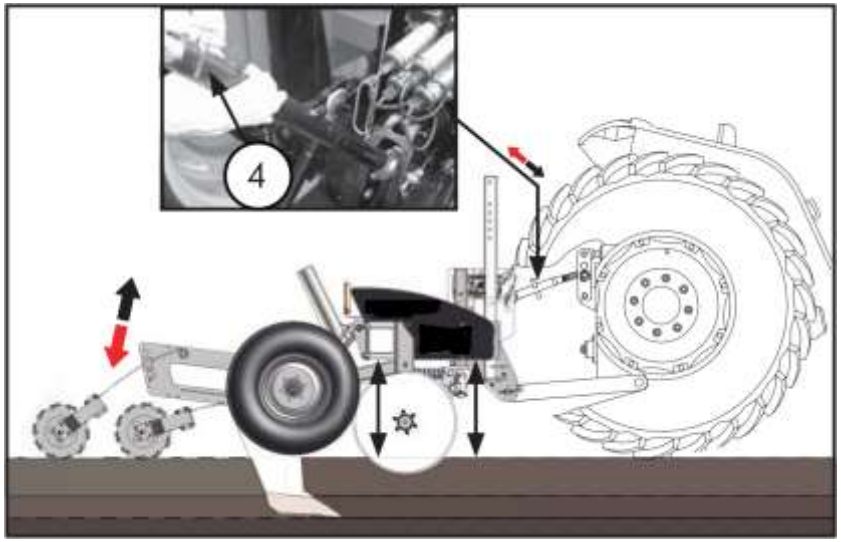
Alinhamento



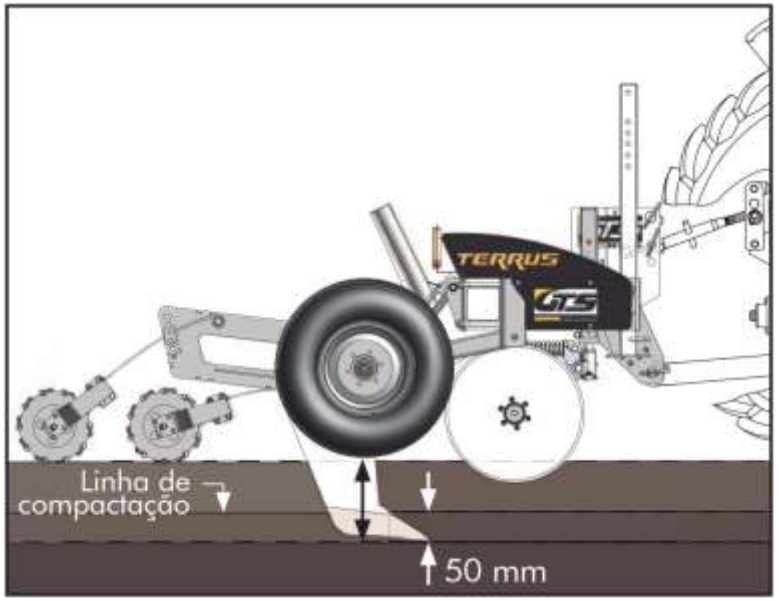


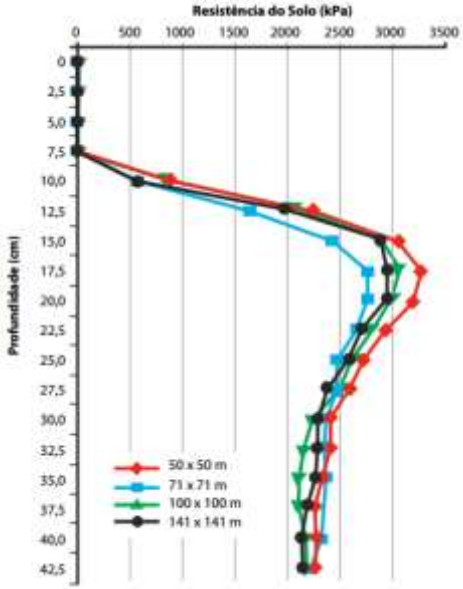
Nivelamento Transversal

Nivelamento longitudinal



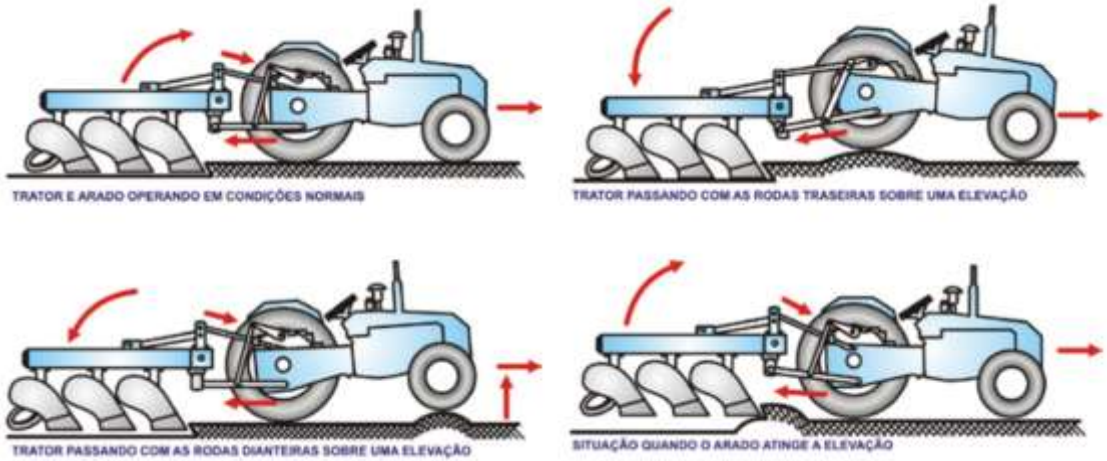
Profundidade de trabalho

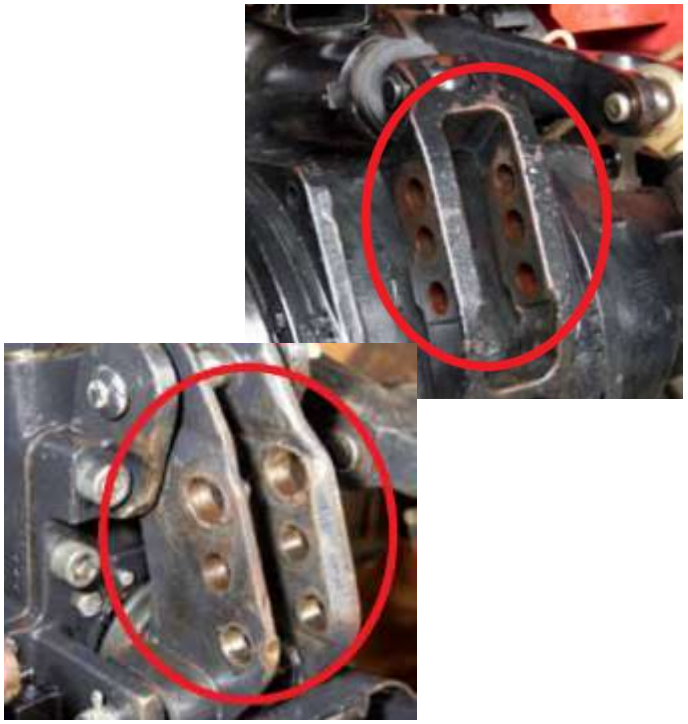




Sensibilidade do sistema hidráulico

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





Grades

- Mobilização de massa contínua + desagregação
  - Deslocamento lateral-horizontal
    - Ao se deslocarem provocam uma movimentação lateral e horizontal da porção em contato com o órgão ativo;
    - Grades de discos – ação combinada de corte e impacto → maior efeito desagregador
    - Discos recortados – elevam impacto
    - Profundidade de trabalho → 1/3 do diâmetro do disco

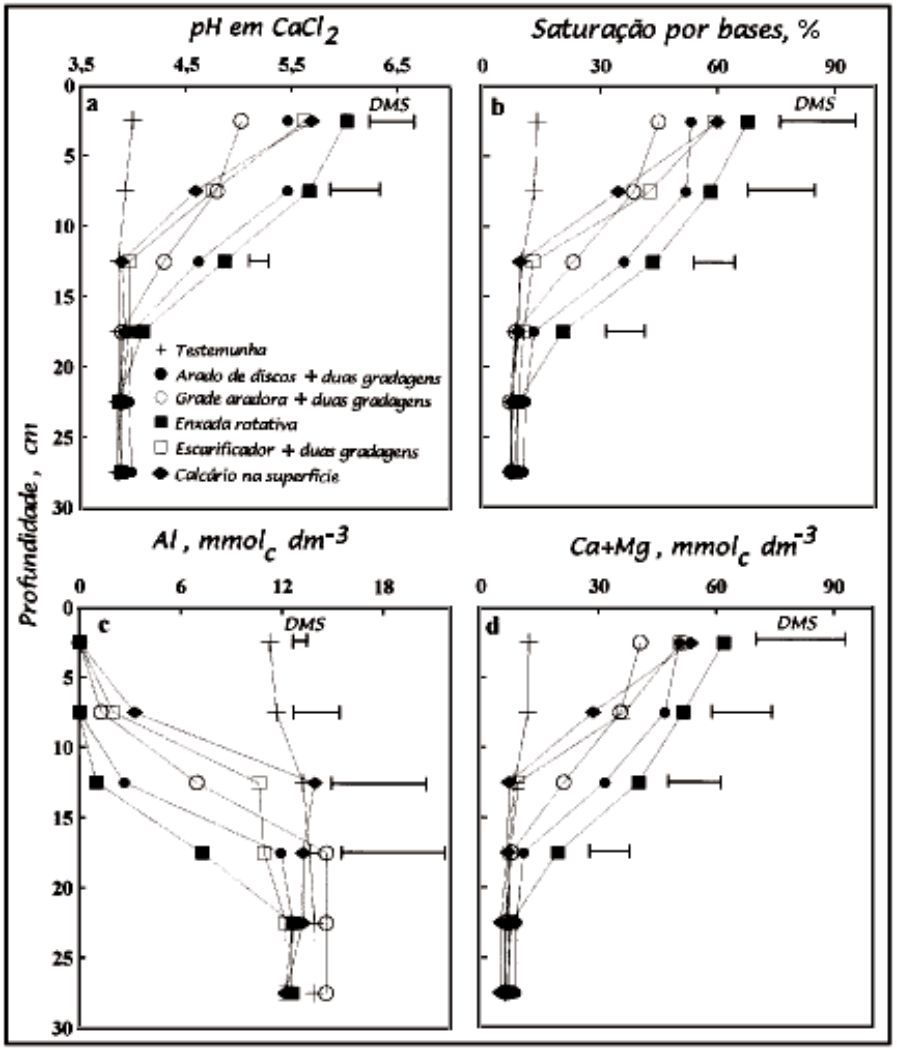


Figura 3 - Valores de pH em $CaCl_2$ (a) e de saturação por bases (b) e teores de Al (c) e de Ca+Mg (d) trocáveis obtidos com a dose de 10,3 t ha^{-1} de calcário, em função de modos de incorporação. DMS = teste de Tukey em nível de 5%.

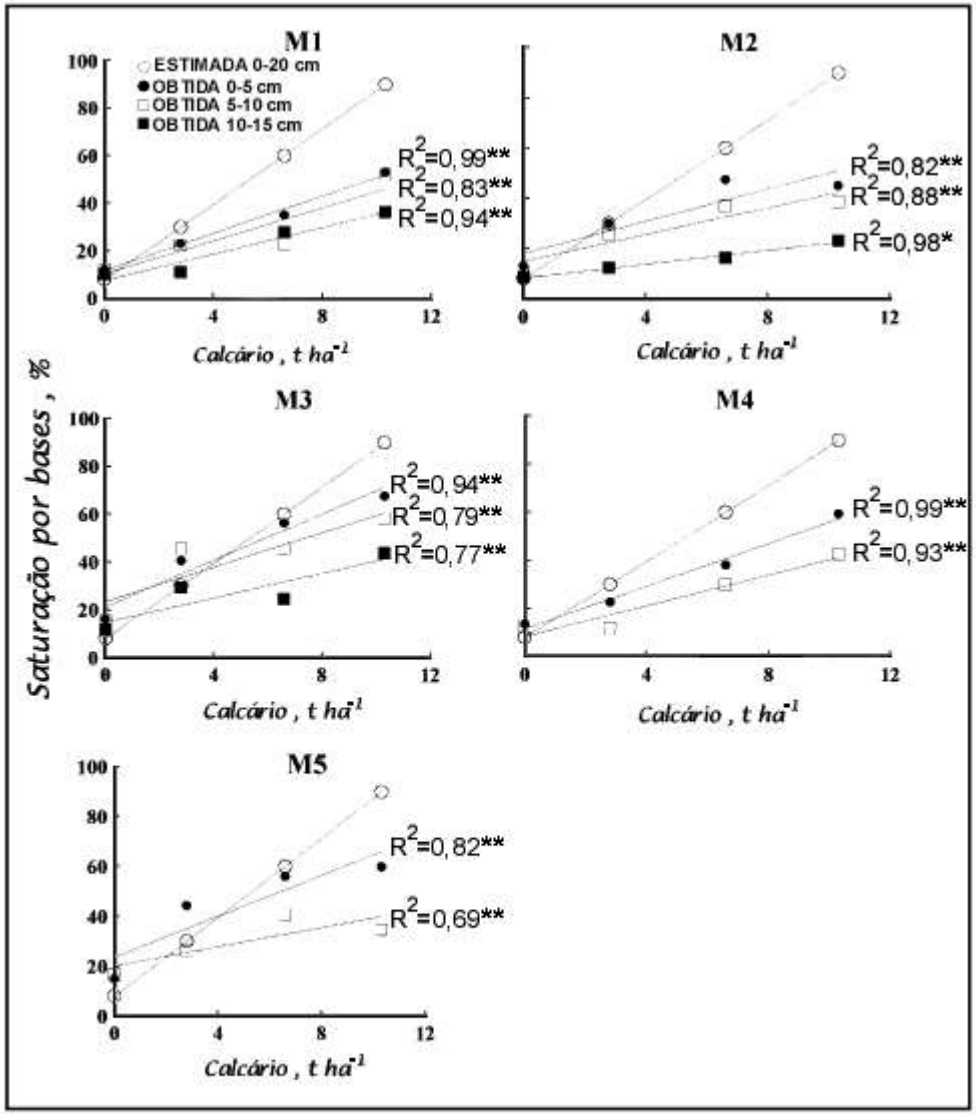


Figura 4 - Saturação por bases estimada e obtida em diferentes profundidades, em função de doses de calcário e modos de incorporação. ** Significativo em nível de 1% e * Significativo em nível de 5%. M1 = arado de discos + duas gradagens, M2 = grade aradora + duas gradagens, M3 = enxada rotativa, M4 = arado escarificador + duas gradagens e M5 = calcário na superfície sem incorporação.

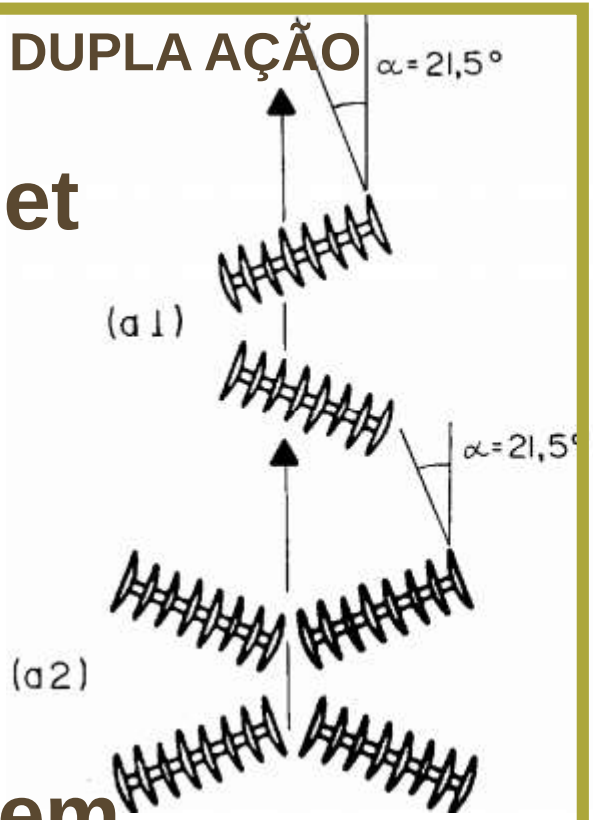
Weirich Neto, P.H.; E.F. Caires.; Justino. A.; Dias. J.; Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. *Ciência Rural*, *30*(2), 257-261. https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782000000200010

Grades

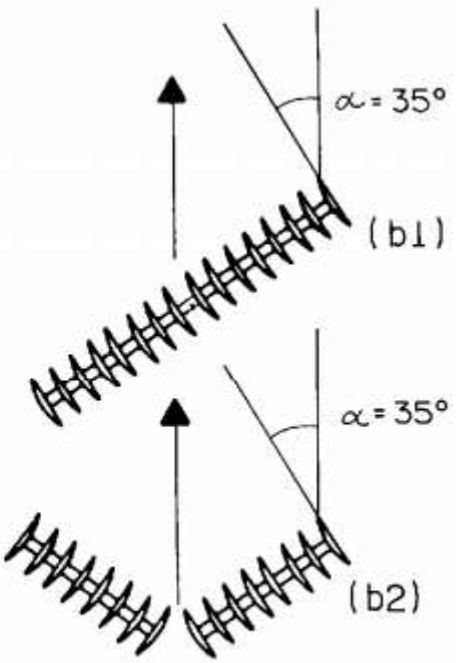
- Tipos de Grade - Segundo Stolf (1986)

GRADES DE DUPLA AÇÃO

a1)Off Set



a2)Tandem



GRADES DE AÇÃO SIMPLES

Grades

- Tipos de Grade - Segundo Stolf (1986)

CLASSES	Distância entre discos(*)	Diâmetro de disco (*)	Finalidade
GRADE ULTRA-LEVE Normalmente não são grades de arrasto e sim de engate hidráulico.	18 cm	18 pol	Limpeza do mato nas entrelinhas de soqueiras de cana-de-açúcar e de pomares cítricos (nestes sem causar muito dano às raízes), eliminação de ervas daninhas a uma pequena profundidade. Redução do tamanho dos torrões para maior efeito do herbicida de pré-emergência.
GRADE LEVE	20 cm	20 pol	Nivelamento e destorroamento como operação final de acabamento do preparo de solo em cereais (culturas anuais de forma geral).
	23 cm	24 pol	Nivelamento e destorroamento como operação final de acabamento do preparo de solo em cana-de-açucar
GRADE MÉDIA (GAI-grade aradora intermediária)	27 cm	28 pol	Preparo do solo para cereais (culturas anuais de forma geral) e reforma de pastagens. Em cana-de-açúcar complementa o trabalho da grade pesada no preparo de solo e na destruição de soqueira.
GRADE PESADA (GAP-grade aradora pesada)	34 cm	32 pol	Preparo de solo mais profundo em culturas como a cana-de-açúcar (primeira gradagem) e terras virgens
SUPER-PESADA (GASP-grade aradora super pesada)	45 cm	36 pol	Idem anterior, porém em situações de maiores dificuldades de penetração e corte de restos vegetais

(*) valores típicos, podendo haver variação em torno dos mesmos.

Grade Super-Pesada

> Diâmetro
< Concavidade
> Espaçamento → > Penetração

Grades

- Demanda de potência
- Segundo a proposta de Stolf (1996):

$$Pp = \frac{EN^{0,8750}D^{1,6598}}{465,4} \qquad Pp = \frac{D^{2,967}N^{0,8521}}{1716,7}$$

Pp = potência demandada em trator de pneus, cv
E = Espaçamento entre discos, cm
N= Número total de discos da grade
D=Diâmetro dos discos, polegadas

Grades

- Valores de referência

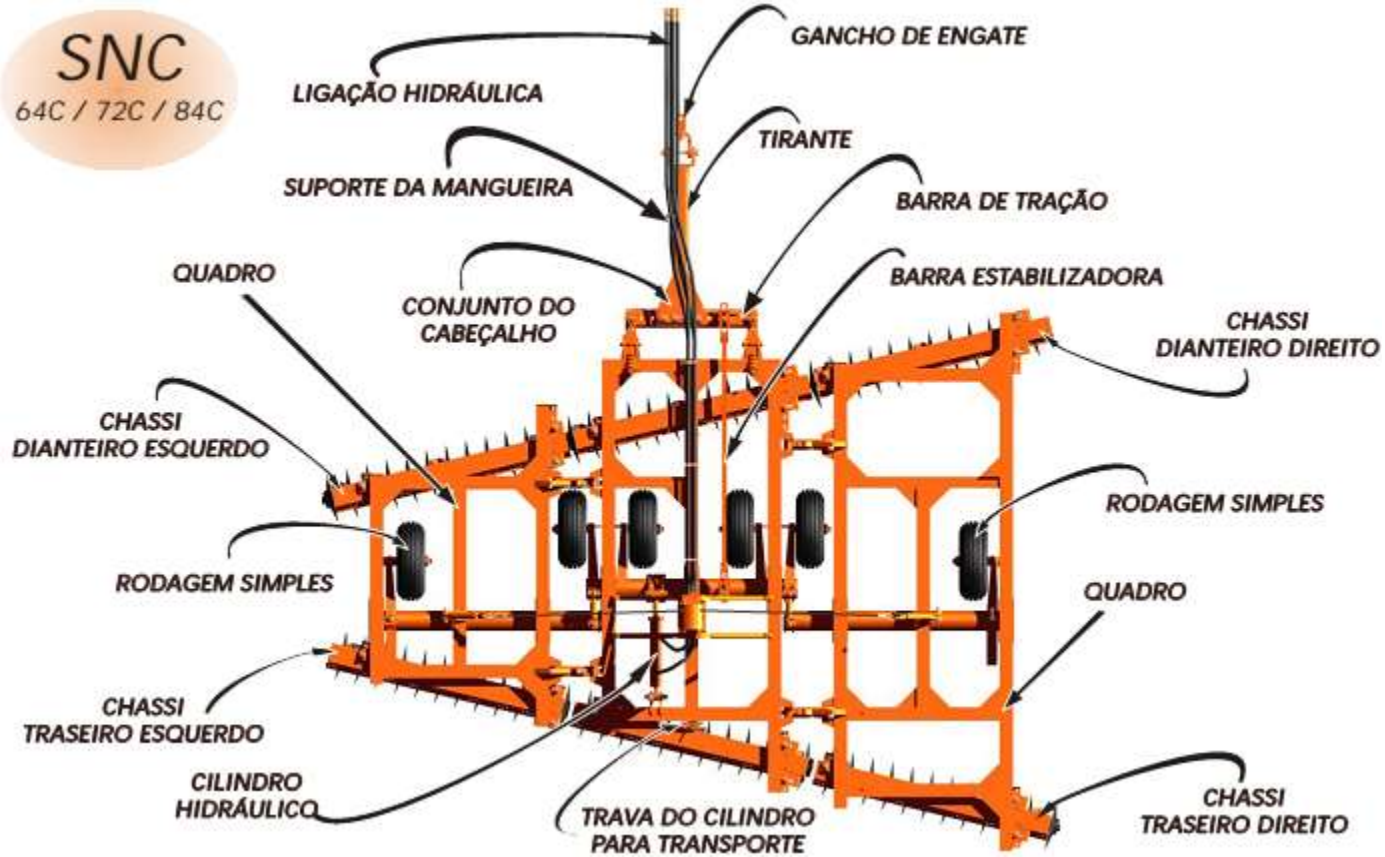
- Grades leves/"niveladoras": 30 a 35 cv por metro de largura

- Grades intermediárias: 50 a 55 cv por metro de largura

- Grades super pesadas/"aradoras": 70 a 75 cv por metro de largura

Os valores podem oscilar em função de características de projeto de cada fabricante

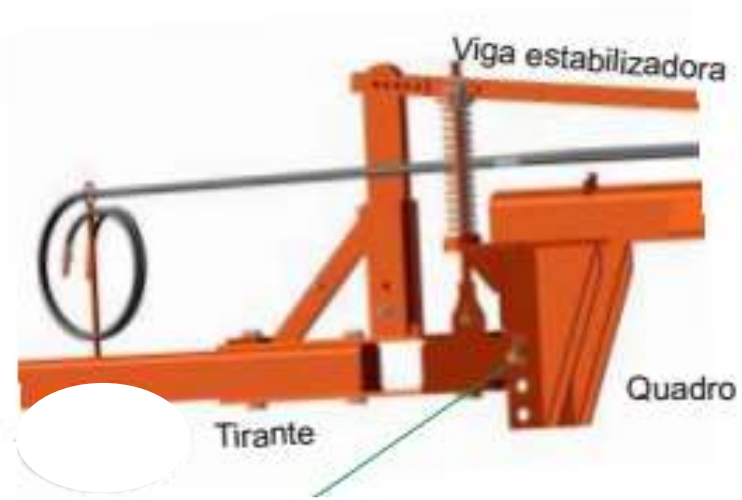
Grades


SNC
64C / 72C / 84C
LIGAÇÃO HIDRÁULICA
GANCHO DE ENGATE
TIRANTE
SUPORTE DA MANGUEIRA
BARRA DE TRAÇÃO
QUADRO
CONJUNTO DO CABEÇALHO
BARRA ESTABILIZADORA
CHASSI DIANTEIRO DIREITO
CHASSI DIANTEIRO ESQUERDO
RODAGEM SIMPLES
RODAGEM SIMPLES
QUADRO
CHASSI TRASEIRO ESQUERDO
CILINDRO HIDRÁULICO
TRAVA DO CILINDRO PARA TRANSPORTE
CHASSI TRASEIRO DIREITO

Grades

Corte mais agressivo

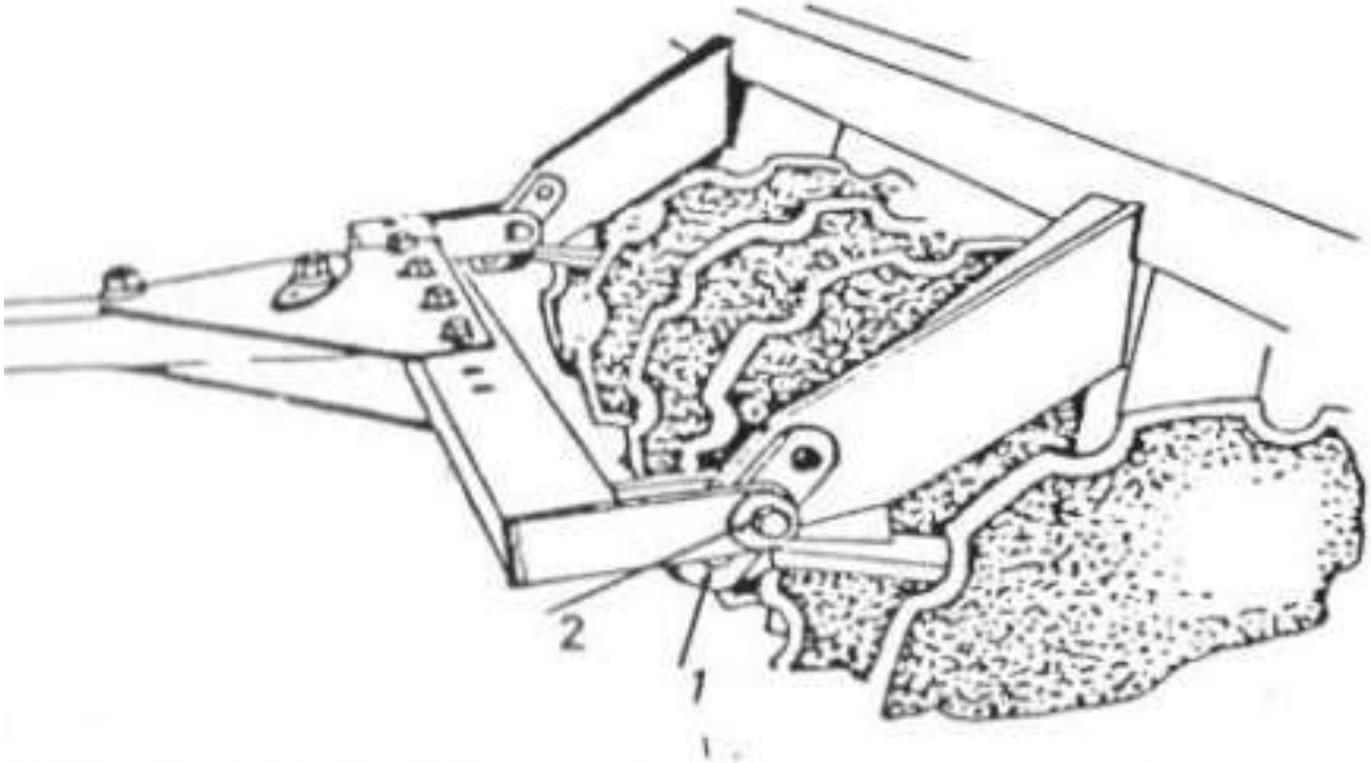
Ajuste da profundidade de trabalho



Posição adequada

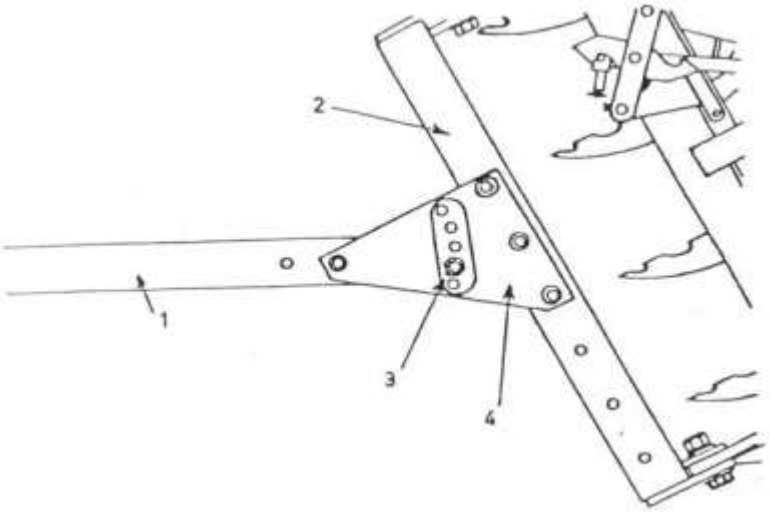
Corte menos agressivo

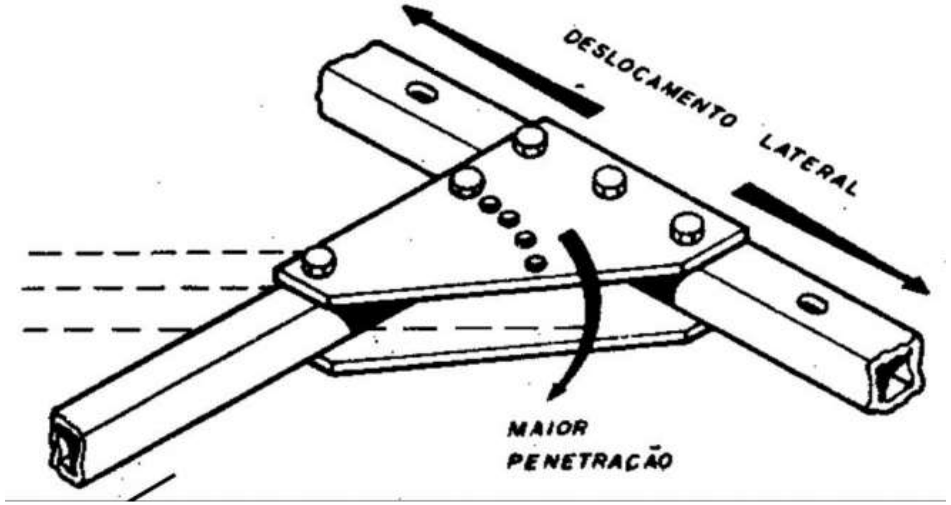
Grades



Grades

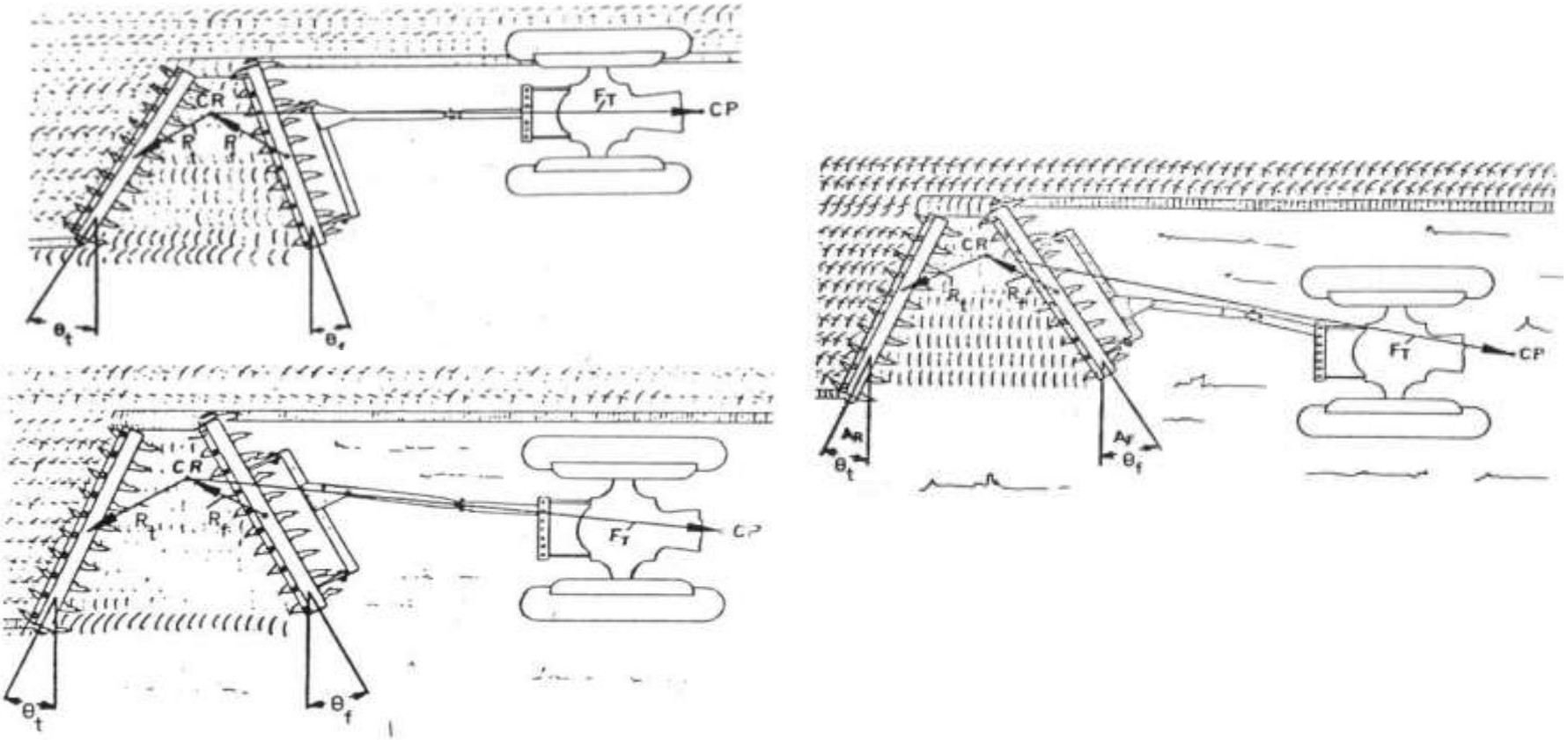
- Ajuste do ângulo de tração
- Ajuste do deslocamento lateral da grade





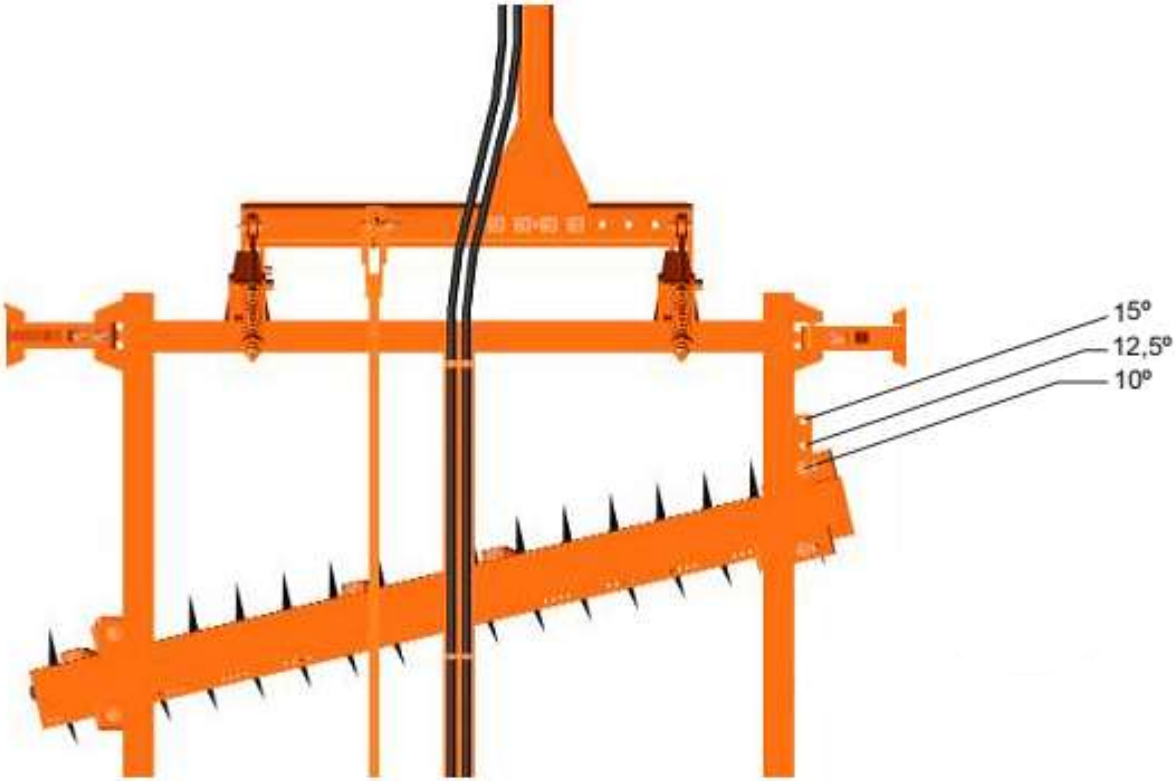
Grades

- Ajuste do ângulo de tração e do deslocamento lateral da grade



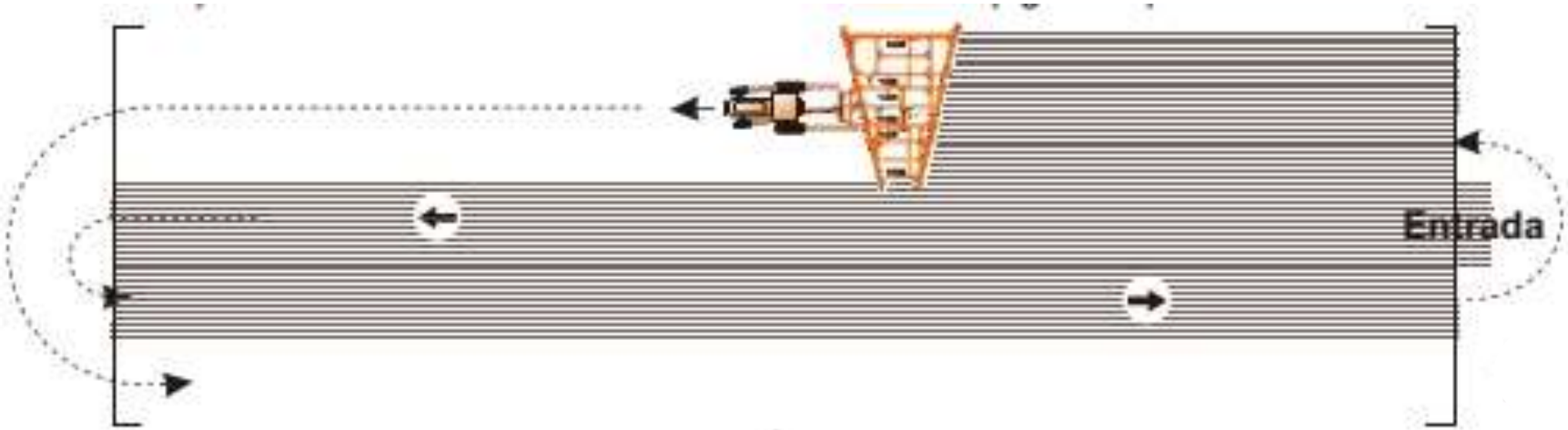
Grades

- Ajustes: Ângulo de ataque dos discos



Grades

- Operação
  - Lado fechado da grade sempre para a região já preparada;
  - Manobra sempre para o lado fechado da grade;
  - Velocidade em função das condições do solo mas não fugindo aos 5 a 7 km h^{-1} para as pesadas podendo ser acima de 10 km h^{-1} para niveladoras



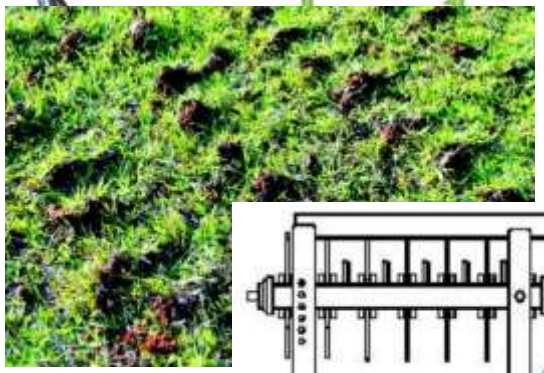
Grades

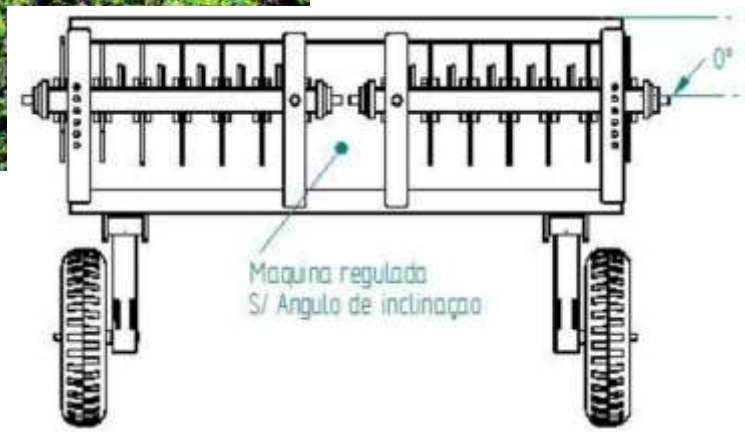
- Manutenção: Mancais sempre bem lubrificados
- Graxa ou banhado a óleo

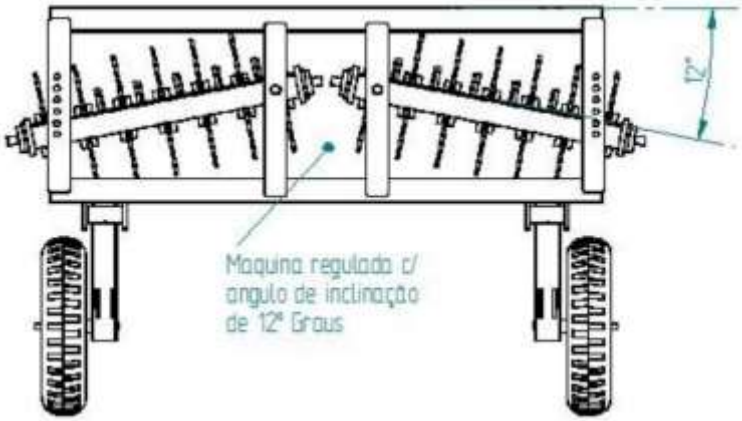
Grades

- Manutenção: Distribuição adequada de peso e substituição dos discos desgastados

Aerador de solo







Aerador de solo

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)

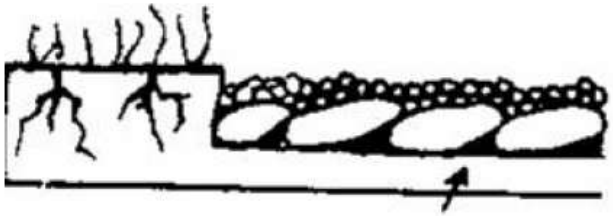
Elevada desagregação

Baixa rugosidade

CONDIÇÃO INICIAL
COM RESTOS OU MATO

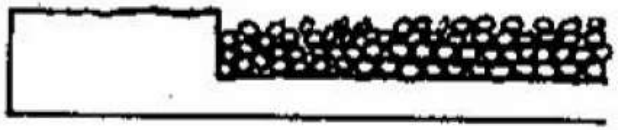
SOLO ARADO

Bolsões
de ar



Bolsões
de ar

SOLO GRADEADO
APÓS ARAÇÃO



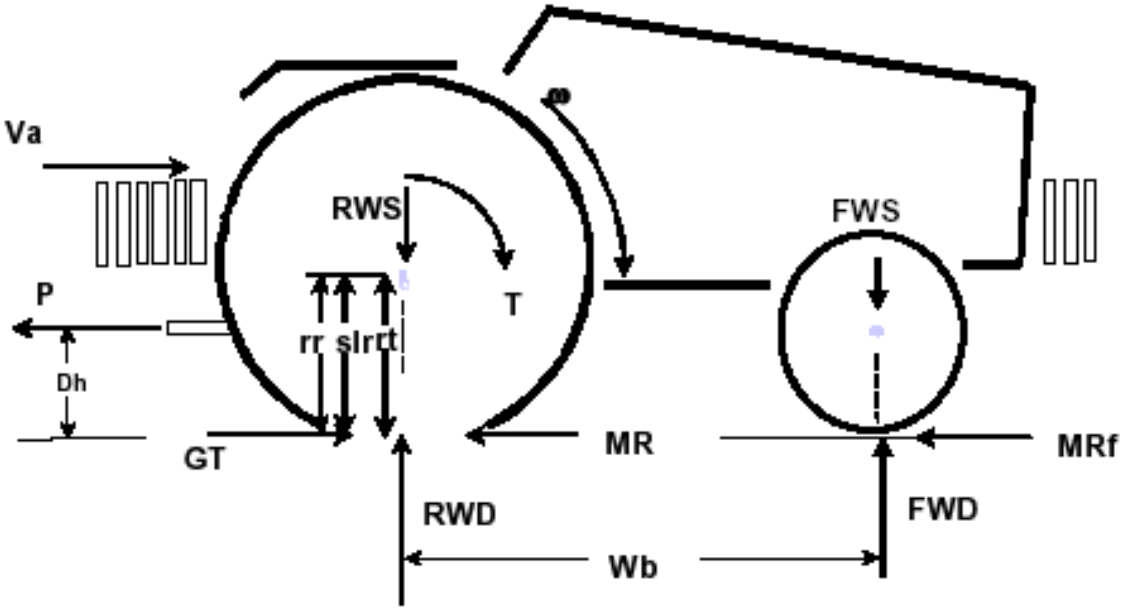
SOLO GRADEADO, ANTES
E DEPOIS DA ARAÇÃO

SOLO GRADEADO
ANTES DA ARAÇÃO

EFICIÊNCIA EM TRAÇÃO

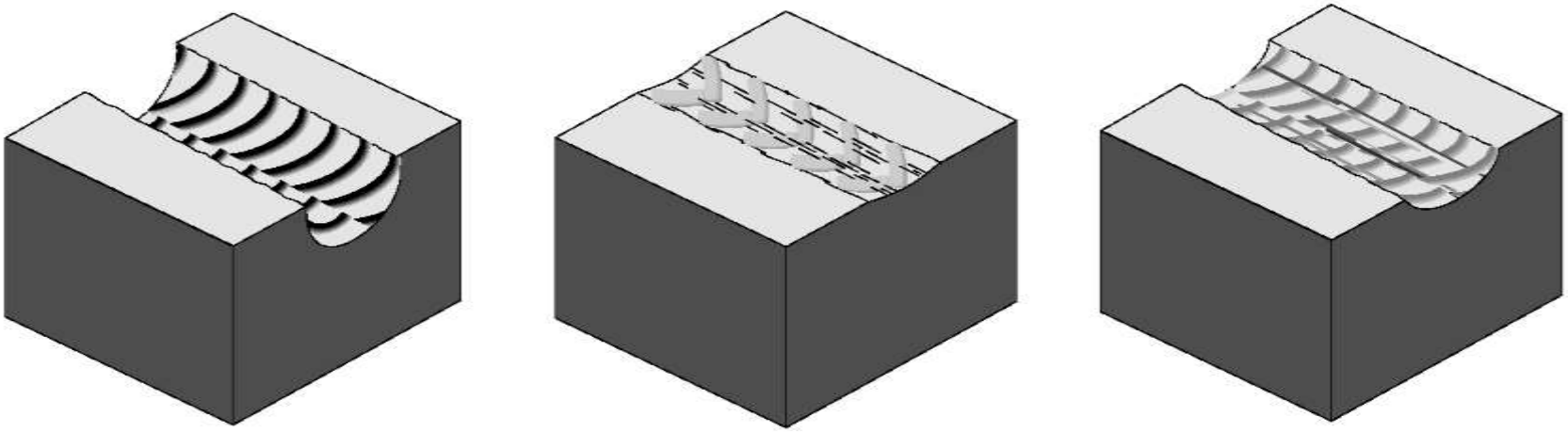
A mecanização em preparo do solo

- Objetivo
  - Transferir a potência gerada no motor, a partir de uma reação química em trabalho útil pelos órgãos ativos das máquinas de preparo



A mecanização em preparo do solo

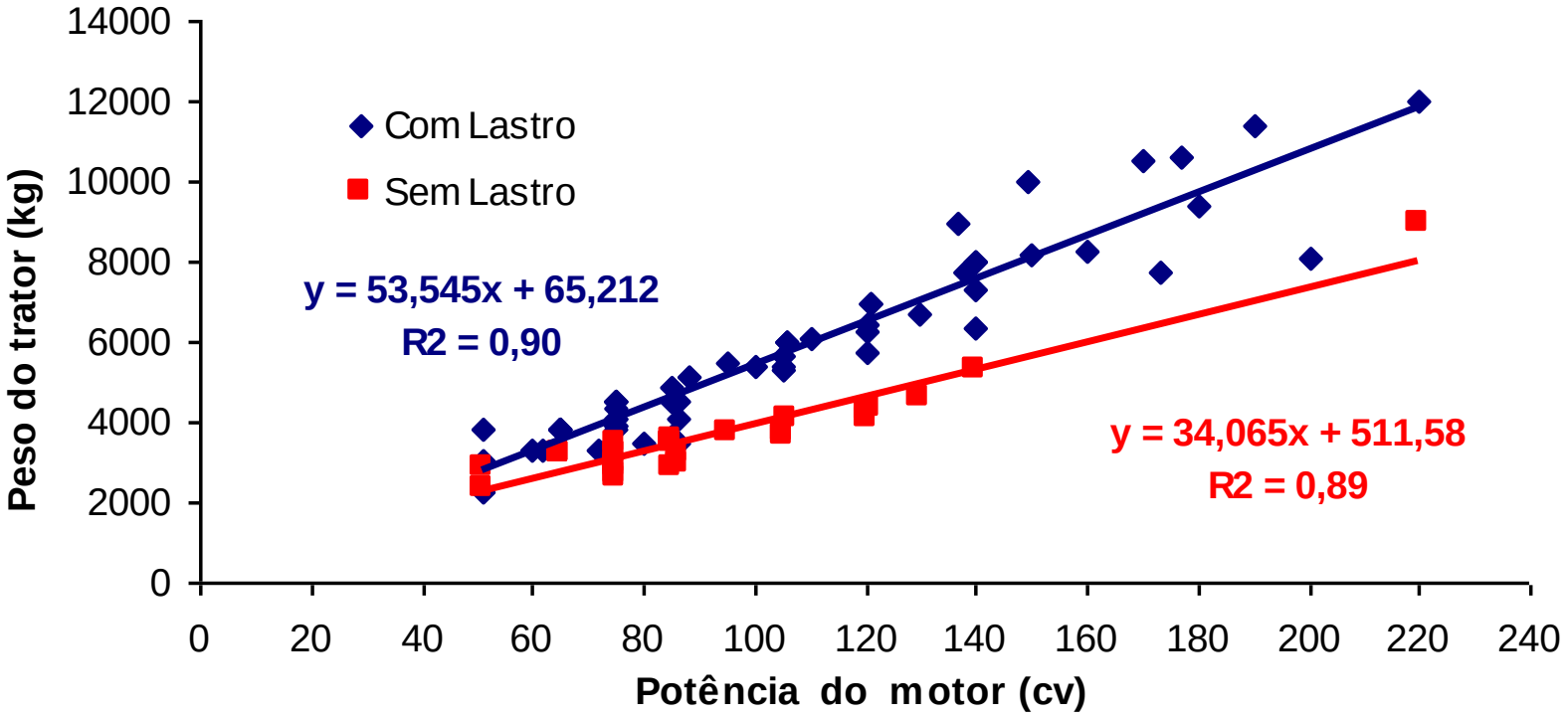
- Interação Solo-Rodado
  - As marcas deixadas pelo pneu permitem interpretar a eficiência durante a operação



EXCESSO INSUFICIENTE ADEQUADO

Lastragem do trator

Afeta a interação Solo-Rodado



Gimenez, 2004

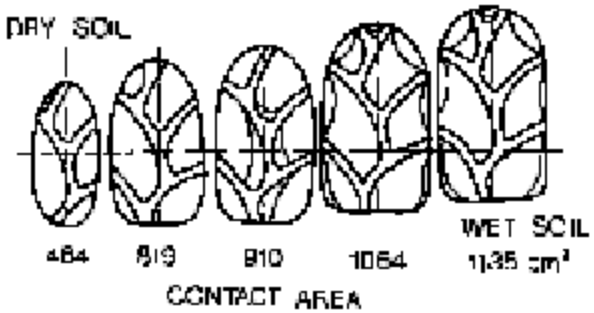
Lastragem do trator

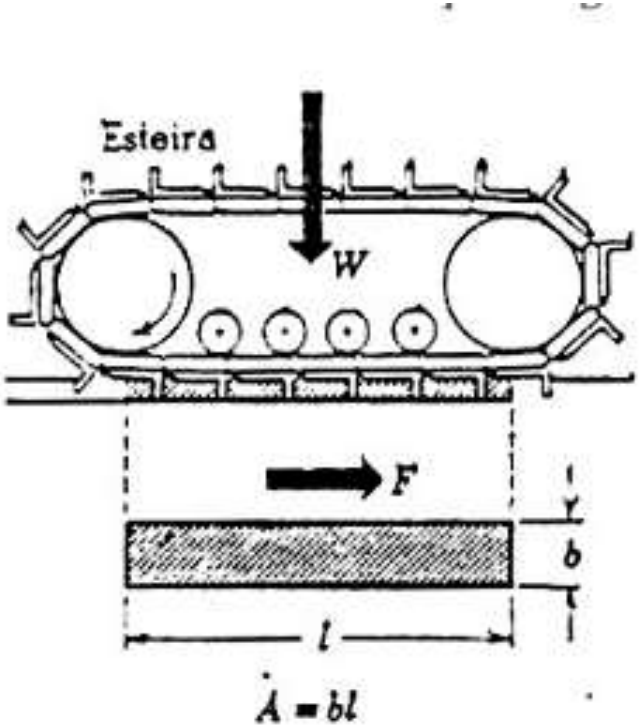
Tipo de trator	Tipo de implemento	Distribuição do peso	
		Eixo dianteiro (%)	Eixo traseiro (%)
4 x 2	Arrasto – barra de tração	25	75
4 x 2	Montado – três pontos	35	65
4 x 2 TDA	Arrasto – barra de tração	40	60
4 x 2 TDA	Montado –três pontos	45	55

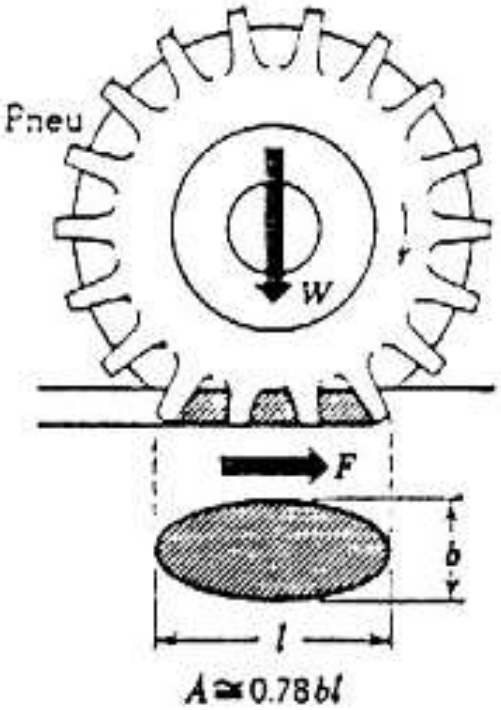
A mecanização em preparo do solo

- Interação Solo-Rodado
  - Pressão exercida na superfície do solo

$$Pressão = \frac{Carga}{Área}$$

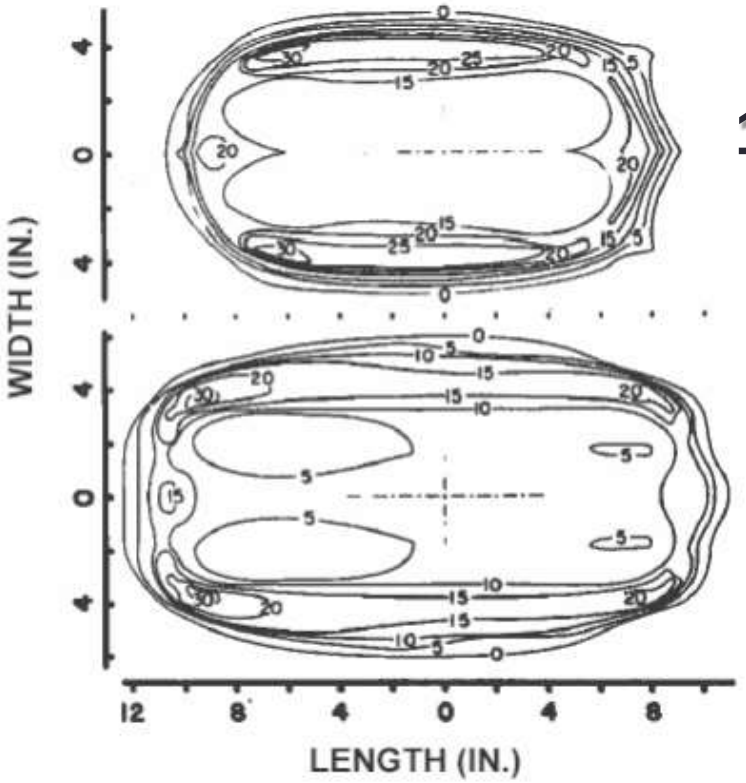






Área de Contato x Pressão de Inflação

- Interação Solo-Rodado



10 lb pol^{-2} = 0,70 kg cm^{-2} = 68,9 kPa

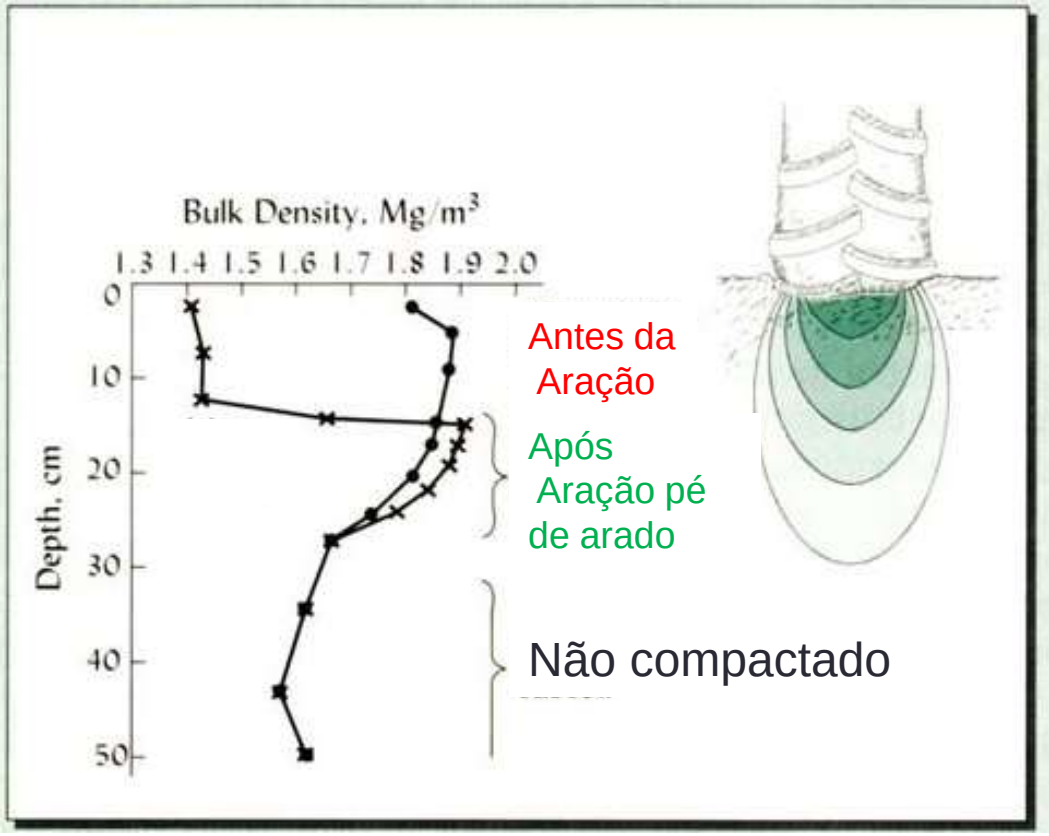
6 lb pol^{-2} = 0,42 kg cm^{-2} = 41,3 kPa

A mecanização em preparo do solo

- Interação Solo-Rodado
  - O aumento do peso do veículo não pode ser simplesmente compensado pelo aumento da área de contato
  - Se observa compactação na camada subsuperficial (abaixo de 10 cm) quando há aumento acentuado no peso do veículo, mesmo com a precaução de se manter a pressão de contato constante

A mecanização em preparo do solo

- Interação Solo-Rodado
  - Pressão exercida na superfície do solo



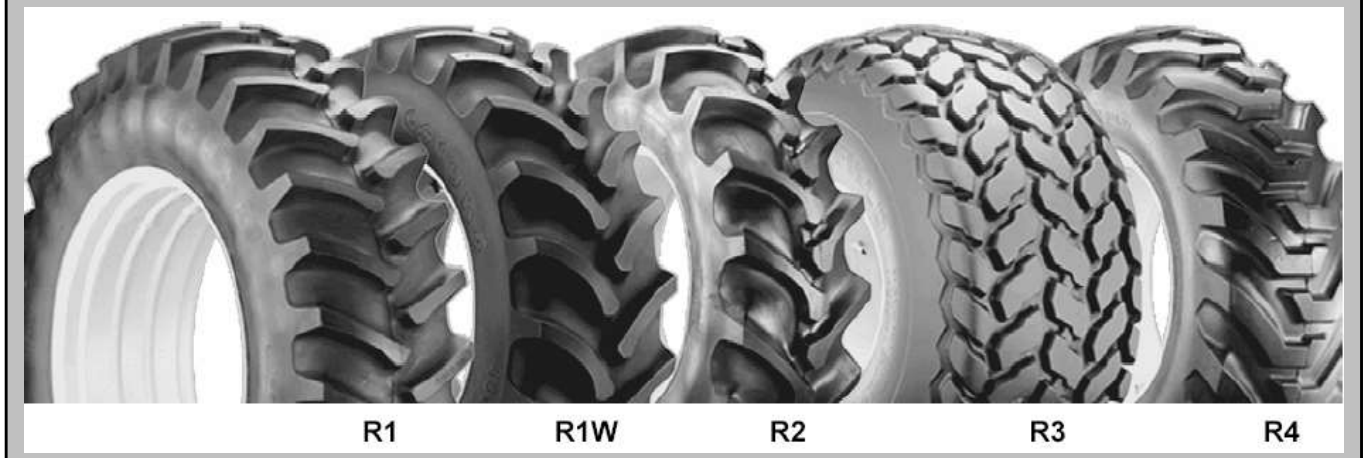
Pneus agrícolas

RODAS DIRECIONAIS (TRATORES 4X2)

F-1	1 raia
F-2	multi raiado

RODA DE TRAÇÃO

R-1	tração regular
R-1W	tração intermediária (garras 20% mais altas que R-1, indicado para tratores que se deslocam muito em superfícies pavimentadas)
R-2	tração extra (trabalho em solo solto, alagado)
R-3	tração baixa
R-4	industrial



Pneus agrícolas

- Interação Solo-Rodado
  - Pressão exercida na superfície do solo

Fatores	Área de Contato (m^2)	Deformação elástica do pneu (m)	Recalque do pneu (m)	Incremento da Resistência do Solo à Penetração (kPa)
Pneu (P)				
BPAF	0,257 a	0,0340 a	0,0515 b	1274,17 b
Radial	0,223 b	0,0275 b	0,0624 a	1434,83 b
Diagonal	0,186 c	0,0261 b	0,0607 a	1743,81 a
Carga Radial (C)				
5 kN	0,169 c	0,0199 c	0,0443 d	996,4 c
10 kN	0,212 b	0,0241 c	0,0557 c	1506,6 b
15 kN	0,240 a	0,0316 b	0,0630 b	1631,9 ab
20 kN	0,267 a	0,0413 a	0,0698 a	1802,2 a
Teste F				
P	30,89 *	11,50 *	32,31 *	14,71*
C	32,20 *	42,97 *	84,99 *	23,32*
PxC	4,64 *	1,65 NS	1,65 NS	0,19 NS
C.V. %	11,48	17	7,067	16,773

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; NS - não significativo ($P > 0,05$); * - significativo ($P < 0,01$), e C.V. - coeficiente de variação.

510 kg

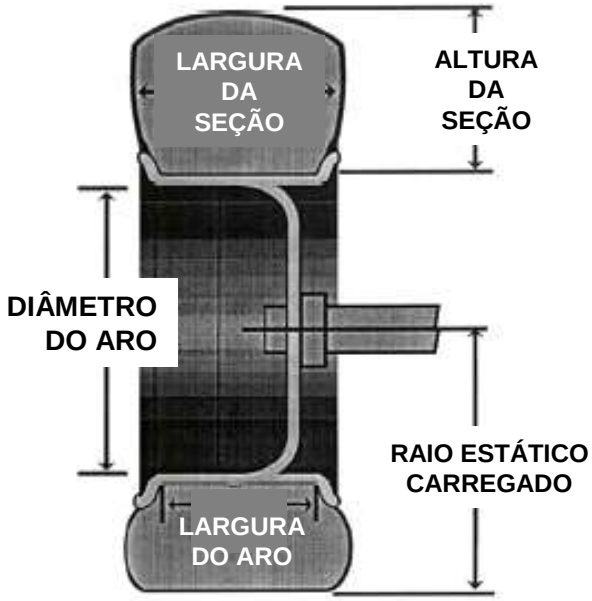
2040 kg

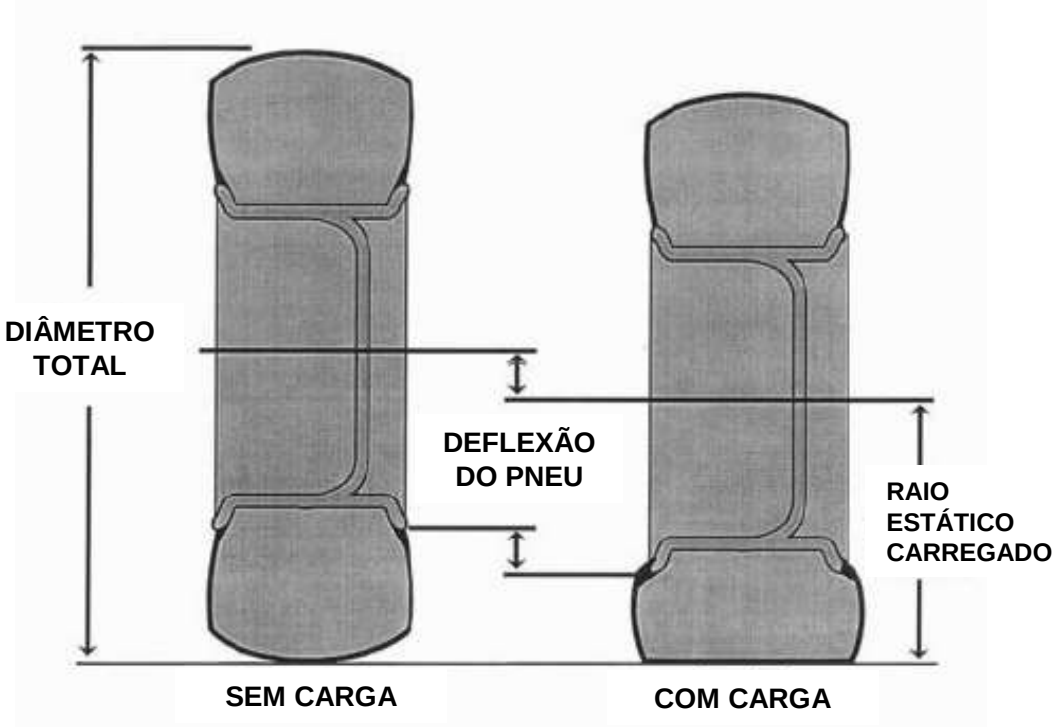
1 MPa = 1000 kPa

Mazetto et al.(2004)

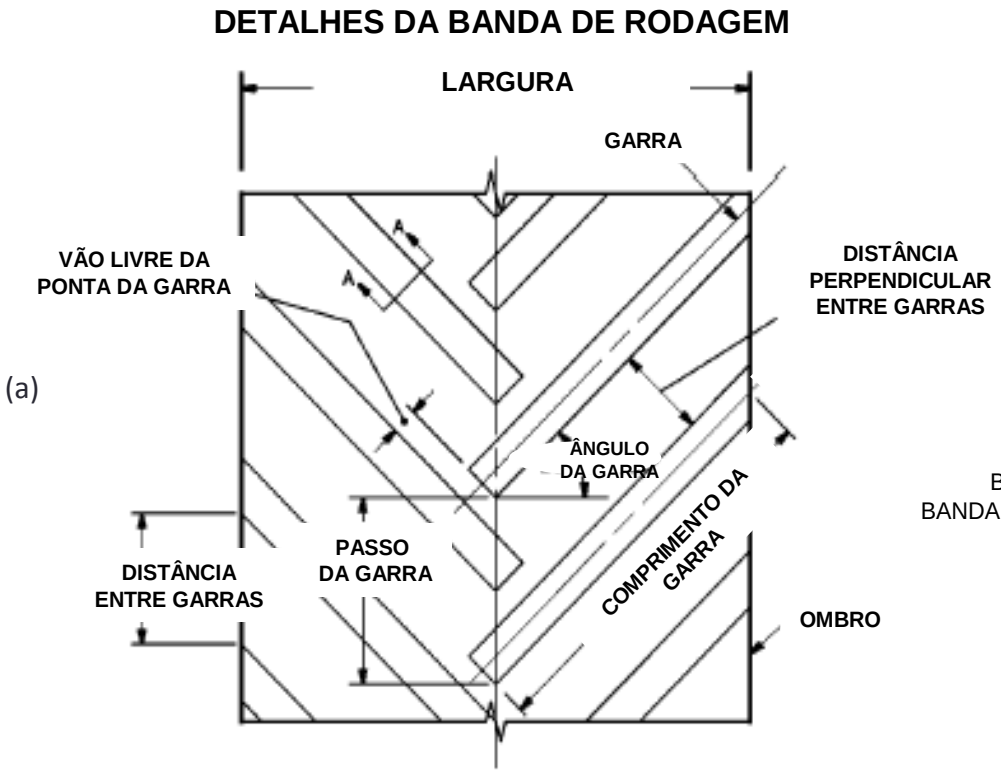
Pneus agrícolas

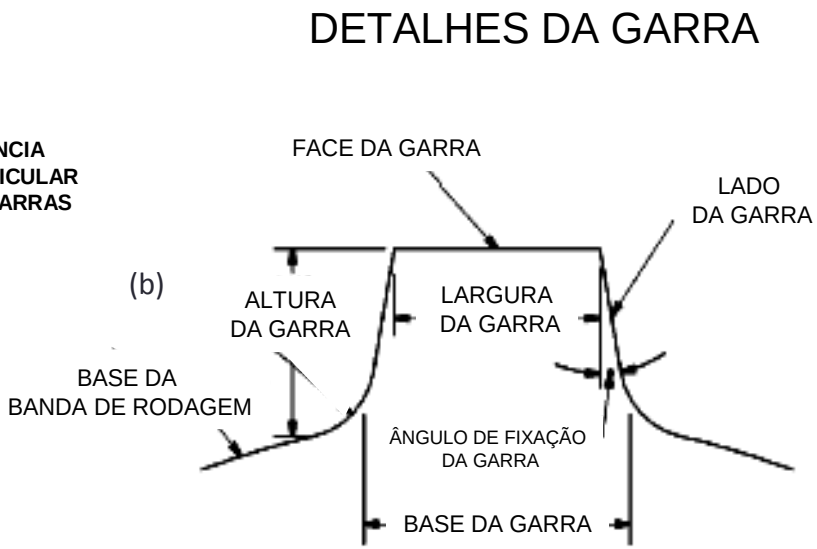
- Interação Solo-Rodado
  - Pressão exercida no solo – Alterada em função da carga e pressão de inflação



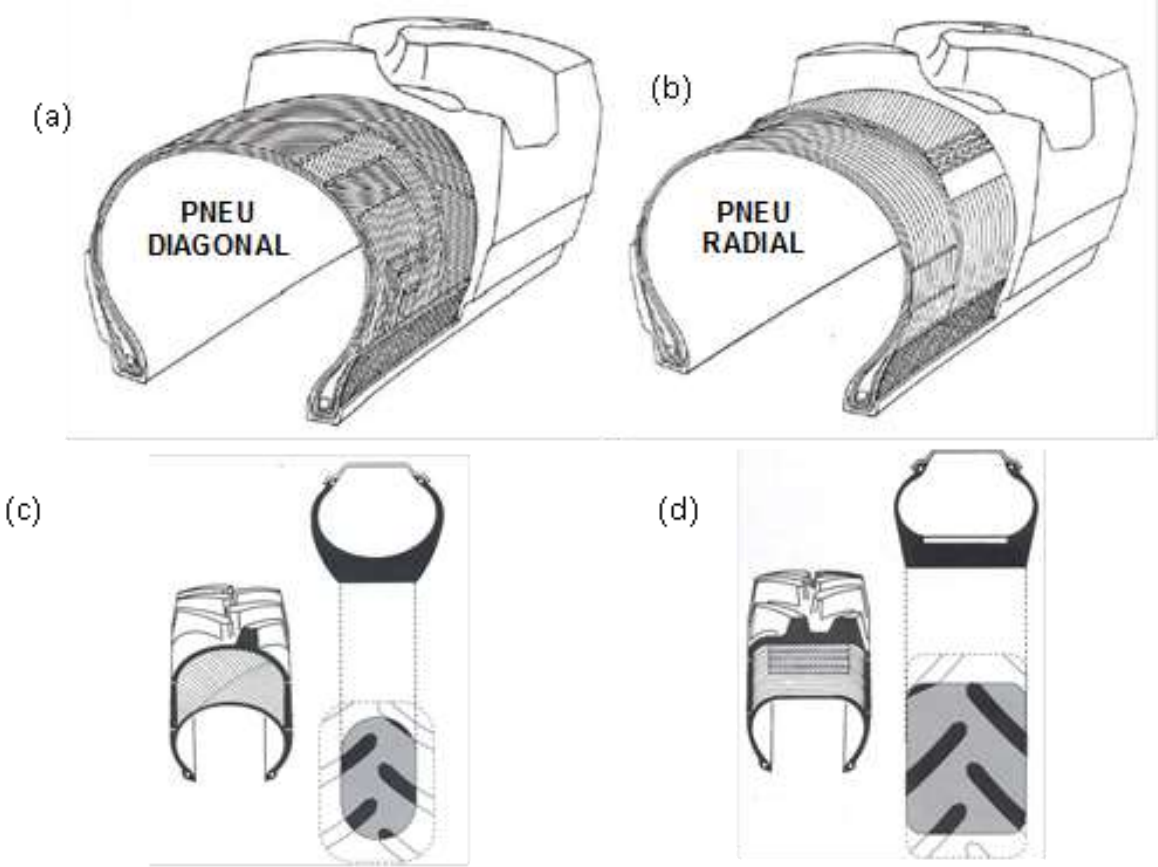


Pneus agrícolas



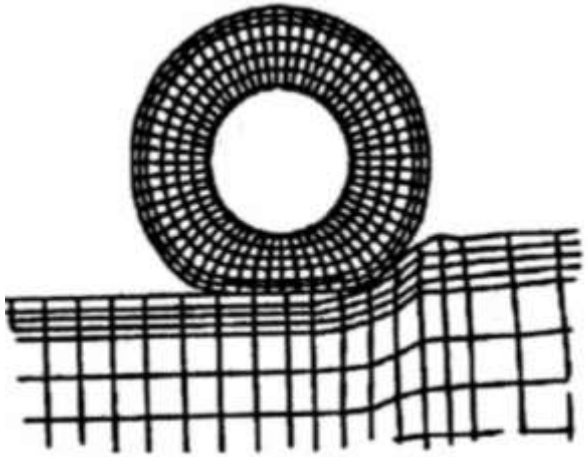


Pneus agrícolas



Pneus agrícolas

- Resistência ao rolamento
  - Esforço necessário para vencer as deformações na carcaça do pneu e superfície sendo tanto maior quanto menor for o pneu e mais macio for o solo



Pneus agrícolas

Pneus diagonais no sistema padrão: 18.4-38

Onde o primeiro número representa o valor nominal da largura em polegadas o hífen significa que o pneu é diagonal e o número após o hífen é o diâmetro do aro em polegadas.

Pneus radiais no sistema padrão: 18.4R38

Onde o primeiro número representa o valor nominal da largura em polegadas R significa que o pneu é radial e número após o hífen é o diâmetro do aro em polegadas.

Pneus diagonais no sistema métrico: 500/90D32

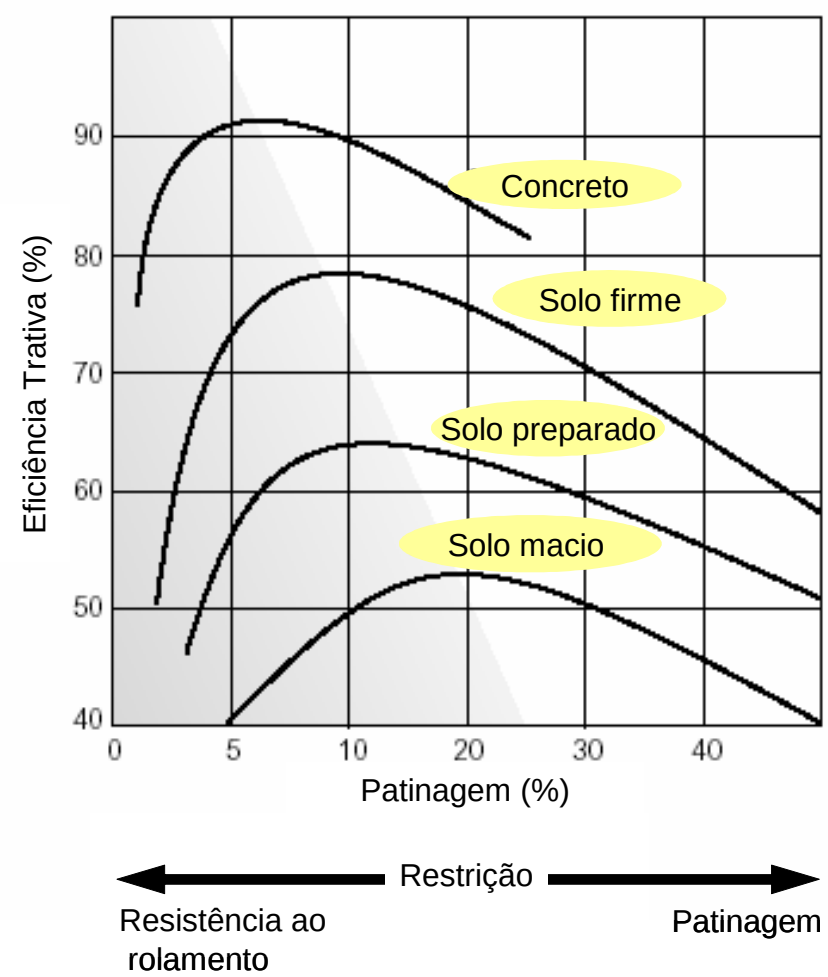
Onde o primeiro número representa o valor nominal da largura em milímetros o número após a barra representa a relação de aspecto, ou seja, a relação entre altura e largura da secção a letra D designa construção do tipo diagonal e o valor após a letra representa o diâmetro do aro em polegadas.

Pneus radiais no sistema métrico: 500/90R32

Onde o primeiro número representa o valor nominal da largura em milímetros o número após a barra representa a relação de aspecto, ou seja, a relação entre altura e largura da secção a letra R designa construção do tipo radial e o valor após a letra representa o diâmetro do aro em polegadas.

Patinagem x Eficiência

$$Eficiência\ Tratora(\%) = \frac{Potência\ na\ Barra\ de\ tração}{Potência\ no\ motor}$$



Patinagem

- É necessária para que haja tração, mas acima de determinados valores passa a representar problema
- Quando uma roda trabalha no solo, este deve se comprimir de modo a adquirir resistência suficiente para fornecer força de tração para a roda.
- Esta compressão é realizada através do movimento relativo entre a roda e o solo

VALORES DE REFERÊNCIA – 8 A 15%, PLENA CARGA

Patinagem

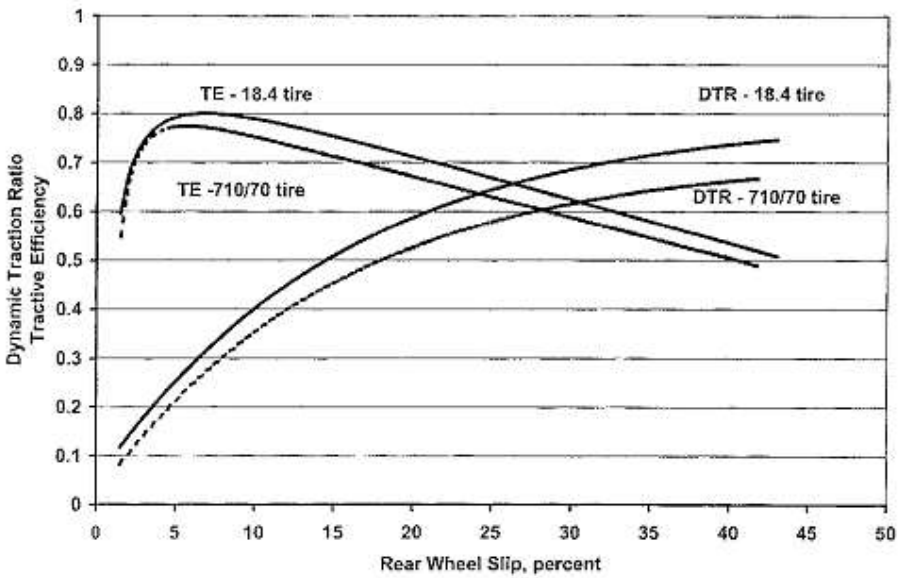


Figure 13–Tractive efficiency and dynamic traction ratio vs slip for the 18.4 and 710/70 rear tires on a non-tilled wheat stubble field.

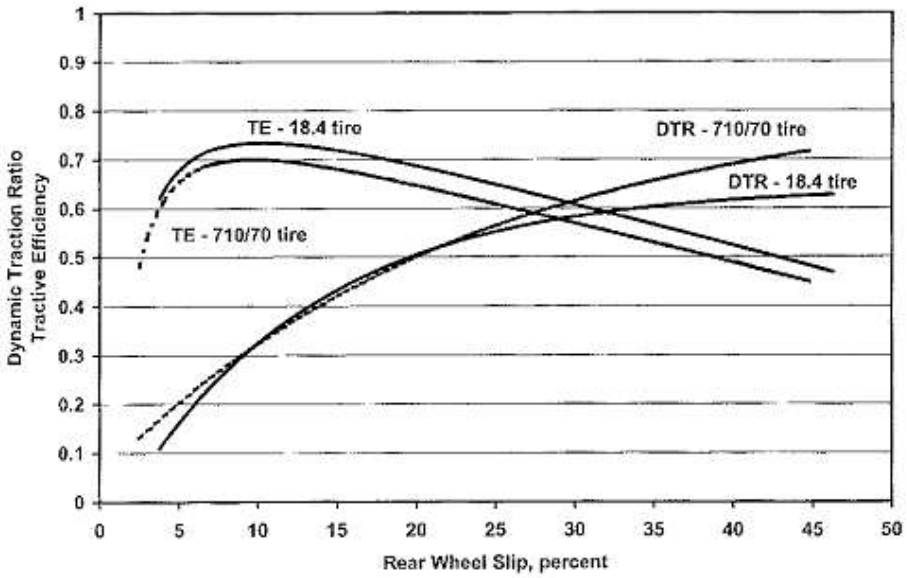
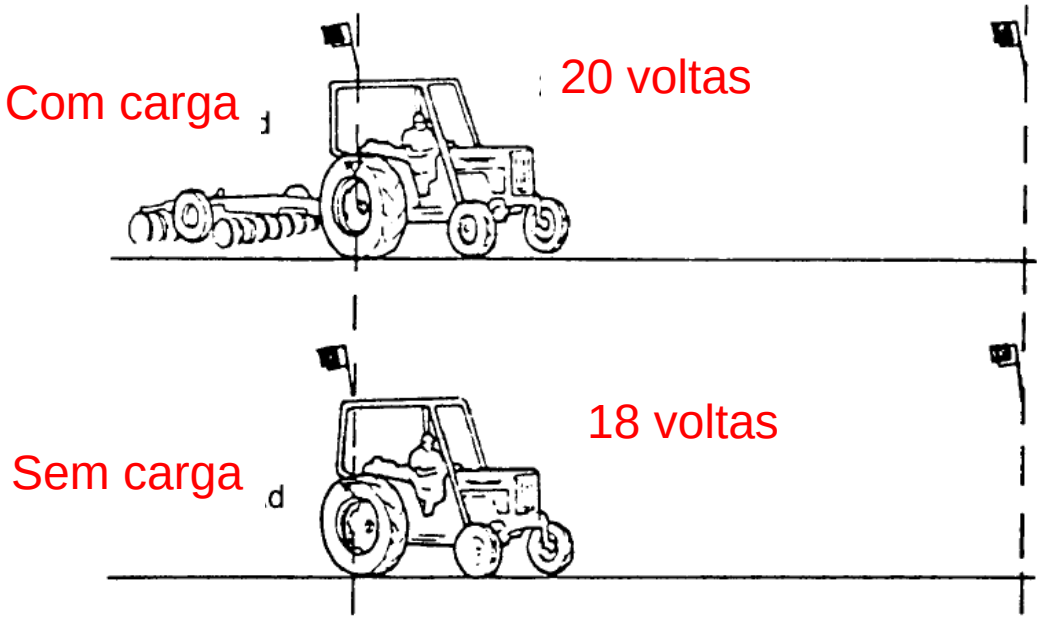


Figure 14–Tractive efficiency and dynamic traction ratio vs slip for the 18.4 and 710/70 rear tires on a tilled wheat stubble field.

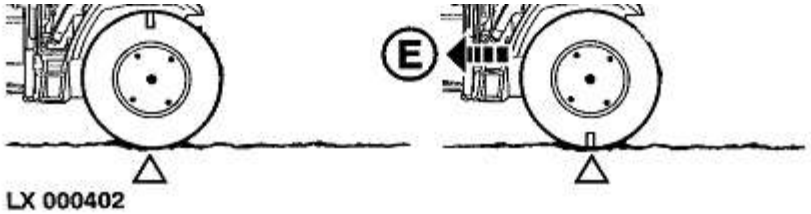
Bashfor & Kocher (1999)

Patinagem

$$\%\,patinagem = \frac{(n^{\circ}\ \text{voltas carregado} - \text{n}^{\circ}\ \text{de voltas descarregado})}{\text{n}^{\circ}\ \text{de voltas carregado}}$$



AVANÇO



Etapa 1

Marcar a roda perpendicular ao ponto central do eixo (A).

Etapa 2

Avançar o trator em marcha lenta acelerada, contando 10 voltas completas da roda traseira (C), e o número de voltas da roda dianteira com a tração dianteira desligada.

Etapa 3

Retroceda o trator e percorra o mesmo trajeto, repetindo os passos da etapa 2 com a tração dianteira ligada

Etapa 4

A relação entre o número de voltas com tração e sem tração determina o avanço, que deve ser de 1% a 5%.

Diferença entre o número de voltas da roda dianteira sem tração e com tração para 10 voltas completas da roda traseira, medido em tratores 4x2 TDA e 4x4

A mecanização no manejo e preparo

Eficiência Tratora

Potência bruta no motor

0,92

Potência líquida do motor

0,99

Entrada da transmissão

0,91

Tomada de potência

0,90

0,83

Solo firme trator 4X2 TDA = 0,77*0,83 = 0,64

64% da potência disponível no motor

Tipo de trator	Condição de tração			
	Concreto	Solo Firme	Solo preparado	Solo solto
4X2	0,87	0,72	0,67	0,55
4X2 TDA	0,87	0,77	0,73	0,65
4X4	0,88	0,78	0,75	0,70
Esteira	0,88	0,82	0,80	0,78

Barra de tração

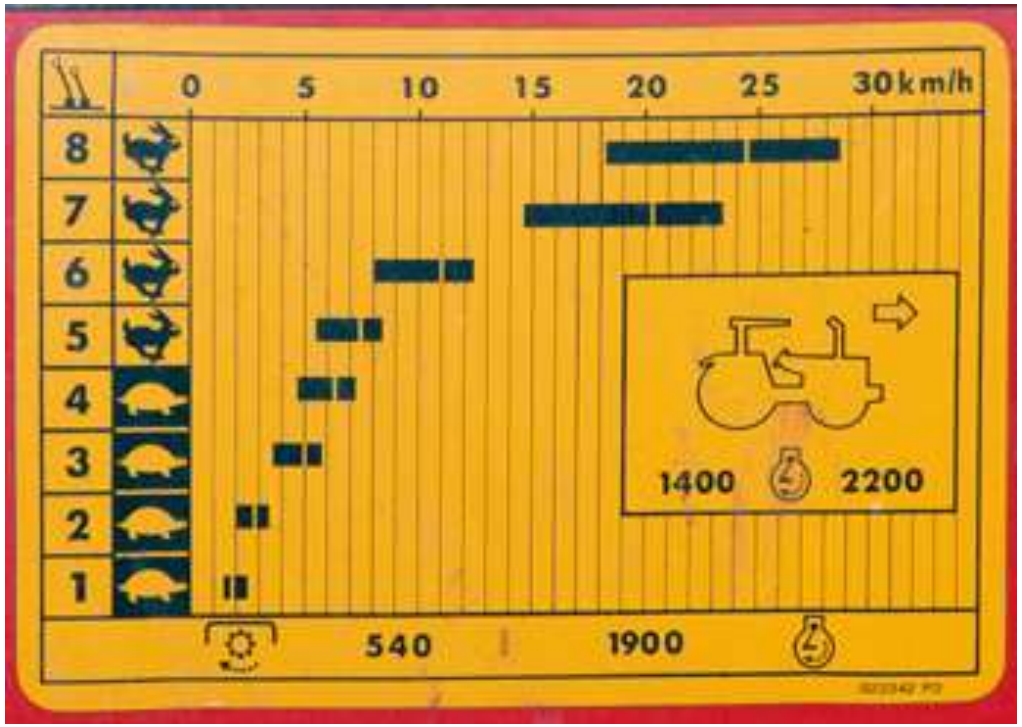
Sistema de Transmissão

$$POTÊNCIA = FORÇA * VELOCIDADE$$

se houver um aumento na exigência de força será necessário reduzir a velocidade para manter uma mesma potência.

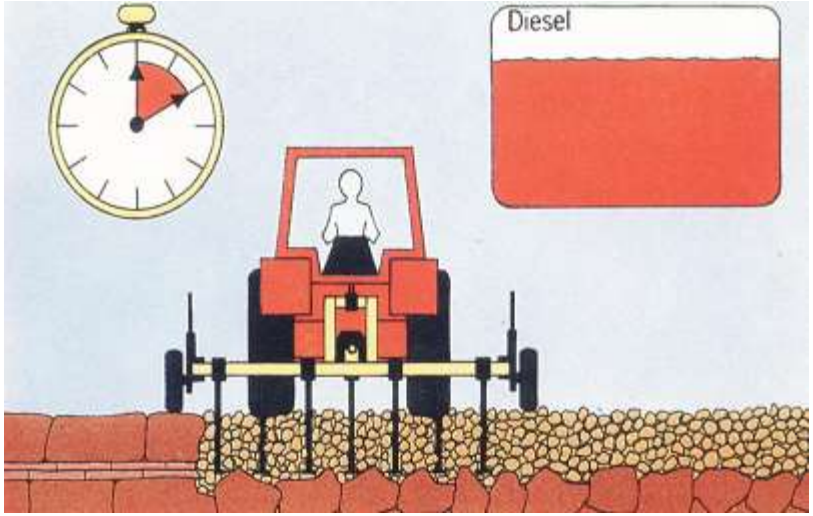
A mecanização no manejo e preparo

- Caixa de transmissão bem escalonada favorece o aproveitamento da potência disponível

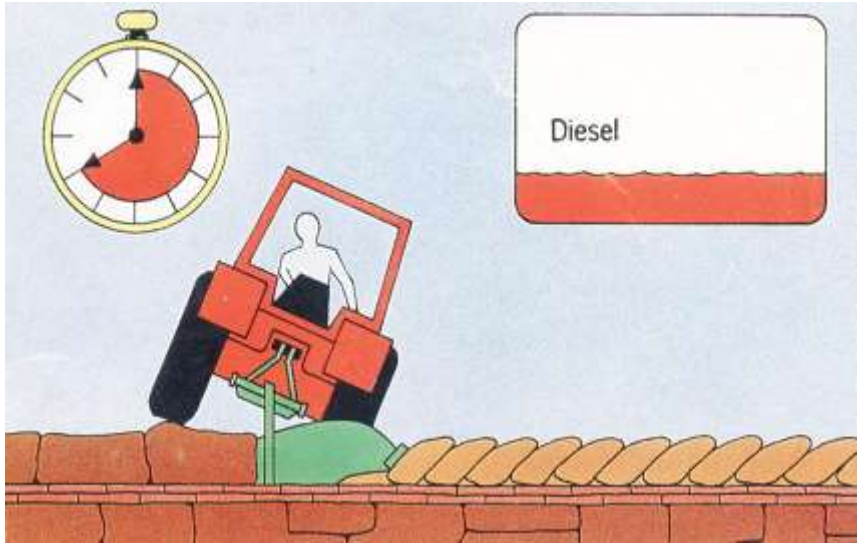


Preparo Mínimo/Reduzido/Conservacionista

Preparo reduzido

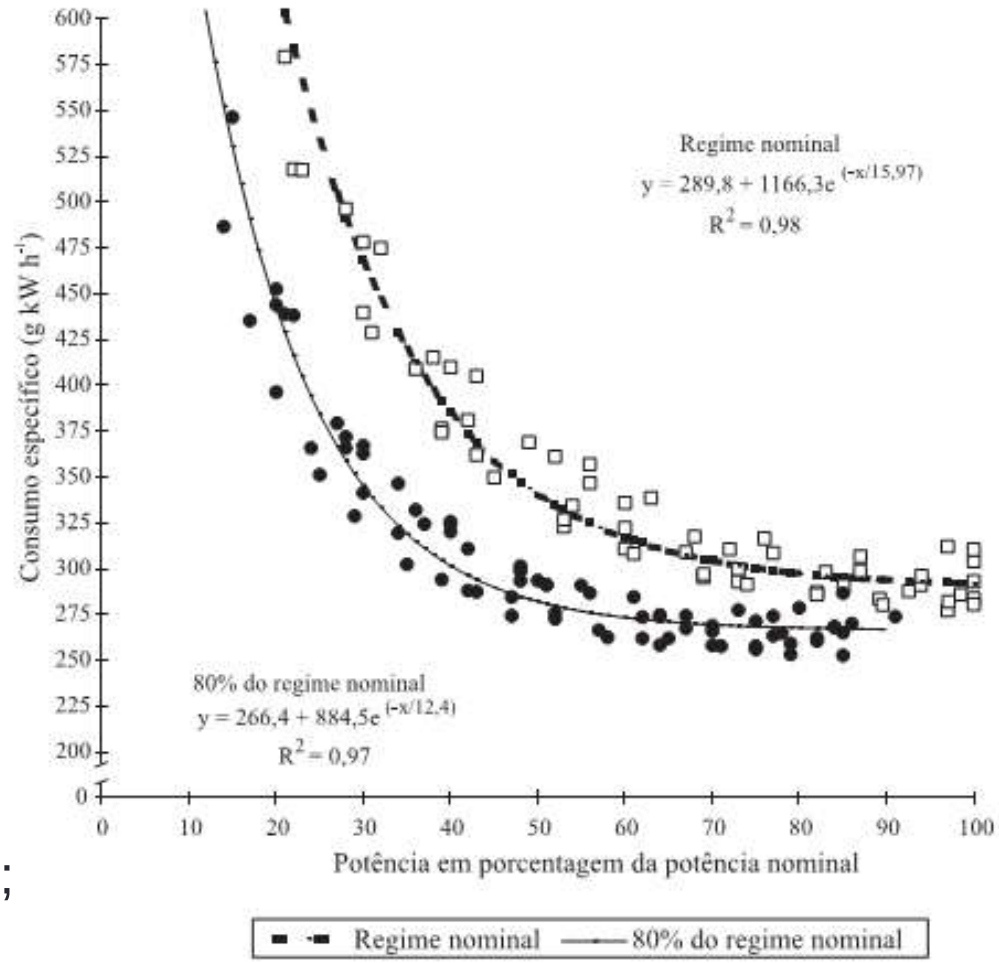


Preparo convencional



Consumo de combustível

$$Sfct = 0{,}288 + \frac{0{,}0847}{\mathrm{Pr}}$$



SFCt- consumo específico ($L.kW.h^{-1}$);
Pr- pot. Req. /pot. disp.

FIM

Leandro M. Gimenez
lmgimenez@usp.br