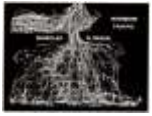


Departamento de Engenharia de Biossistemas – ESALQ/USP



MÁQUINAS PARA PREPARO DO SOLO PARTE I

LEB0432 – Máquinas e Implementos Agrícolas

Prof. Leandro M. Gimenez

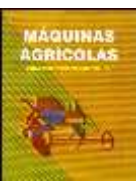



2015

Departamento de Engenharia de Biossistemas – ESALQ/USP

Material para Estudo

- Na Biblioteca:
 - BALASTREIRE, L.A. Máquinas Agrícolas. Editora Manole Ltda. 1ª. ed. S. Paulo, 1987. 307p.
 - Capítulos 3 e 4
- Página do departamento:
 - <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas.html>



2

Departamento de Engenharia de Biossistemas – ESALQ/USP

Material para Estudo

- Para a disciplina:
 - BALASTREIRE, L.A. Máquinas Agrícolas. São Paulo: Editora Manole Ltda, 1987. 307p.
 - BONILLA, J.A. Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações. Belo Horizonte: Centro de Estudos da Qualidade Total na Agricultura, 1995. 344p.
 - GADANHA JR., C.D.; MOLIN, J.P.; COELHO, J.L.D.; YAHN, C.H.; TOMIMORI, S.M.A.W. Máquinas e implementos agrícolas do Brasil. São Paulo: NSI-MA/CIENTEC, 1991. 468p.
 - HUNT, D. Farm Power and Machinery Management. Iowa State University Press, Ames, 1977. 365p.
 - MIALHE, L.G. Manual de Mecanização Agrícola. São Paulo: Ed. Ceres, 1974. 301p.
 - MIALHE, L.G. Máquinas Agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 1996. 772p.
 - MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas para plantio. Campinas: Millennium, 2012. 623 P.
 - ORTIZ CAÑAVATE, J. Las maquinas agricolas y su aplicación. 4ª ed. Madrid: Ediciones Mundi - Prensa, 1983. 467p.
 - RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Ed. Dos autores. Piracicaba, 2004. 302p.
 - RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. Mecânica e Máquinas Agrícolas 1. Ed. 2006. Piracicaba. ESALQ-USP (1 DVD).
 - RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. Sistemas de Colheita 1, 2, 3 e 5. ESALQ-USP (4 DVD).
 - WITNEY B. Choosing and using farm machines. Singapore: Longman Singapore Publisher (Pte) Ltd, 1988. 412p.

3

Introdução

A produção agrícola pode ser compreendida como um processo composto por atividades organizadas cronologicamente e dependentes umas das outras

PROCESSO: sequência contínua de fatos ou operações que apresentam certa unidade ou que se reproduzem com certa regularidade

4

Introdução

Contrariamente a diversos tipos de produção, na agrícola não se pode controlar fatores do ambiente com grande influência no resultado final

Cabe o manejo daqueles controláveis, seguindo critérios técnicos e econômicos para obter o melhor resultado

5

Introdução

Operações agrícolas são etapas do processo de produção



OPERAÇÃO AGRÍCOLA: toda atividade direta e permanentemente relacionada com a execução do trabalho de produção agropecuária

6

Introdução

Operações agrícolas no processo de produção

Condição Inicial

Semente e fertilizante no armazém
Solo compactado e desuniforme, com presença de plantas daninhas

Implantação da cultura

Preparo do solo

Arção + Gradagem

Arado e Grade

Semeadura e adubação

Semeadora adubadora

Controle de plantas daninhas

Aplicação de herbicida

Pulverizador de barras

Condição Final

Sementes tratadas e depositadas sob uma camada uniforme de solo, em profundidade e densidade adequada
Fertilizante em dose e distância adequada da semente
Ausência de plantas daninhas em competição

Máquinas agrícolas são meios para a realização de operações previstas no processo

7

Introdução

EXEMPLO

Macro processo – Produção de grãos (aquisição de insumos, comercialização, gestão de RH)

Processo – Produção de soja (definição das técnicas agrônômicas, seleção de insumos, planejamento)

Sub processo – Operações mecanizadas agrícolas (preparo das áreas, implantação, condução, colheita)

Atividade – tarefas rotineiras (regulagens das máquinas, manutenção, verificação da qualidade)

8

Definições

MÁQUINA – conjunto de órgãos constrangidos em seus movimentos por obstáculos fixos e de resistência suficiente para transmitir o efeito de forças e transformar energia

MAQUINA AGRÍCOLA – máquina projetada especificamente para realizar integralmente ou de modo auxiliar operações agrícolas



9

Definições

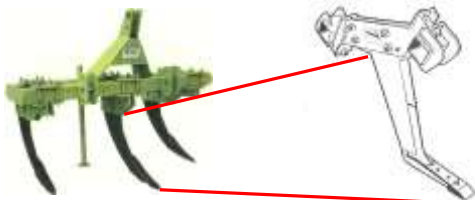
IMPLEMENTO – conjunto constrangido de órgãos que não apresentam movimentos relativos nem têm capacidade para transformar energia. Seu único movimento é o de deslocamento, normalmente imprimido por uma máquina motora.



10

Definições

FERRAMENTA – implemento em sua forma mais simples, entra em contato direto com o material trabalhado, acionado por uma fonte de potência qualquer. Constitui a parte ativa de implementos ou máquinas.



11

Uma classificação das máquinas agrícolas

- Máquinas para o preparo do solo
- Máquinas para a semeadura, plantio e transplante
- Máquinas para aplicação, carregamento e transporte de adubos e corretivos
- Máquinas para o cultivo, desbaste e poda
- Máquinas aplicadoras de defensivos
- Máquinas para a colheita
- Máquinas para transporte, elevação e manuseio
- Máquinas para o processamento
- Máquinas para conservação do solo, água e irrigação e drenagem
- Máquinas especiais (florestais)
- Máquinas motoras e tratoras

12

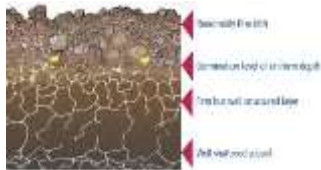
Máquinas para o preparo do solo

- Para preparo inicial do solo
 - Máquinas de desmatamento
 - Máquinas para destoca
 - Máquinas para incorporação dos restos vegetais
- Para preparo periódico do solo
 - Preparo primário
 - Preparo secundário
 - Preparo conservacionista

13

Uso de máquinas está condicionado ao Sistema de Manejo do Solo

- Condição ideal
- Condição adequada
 - Custo
 - Financeiro e energético
 - Sustentabilidade



História

Há quanto tempo o homem utiliza o preparo do solo?

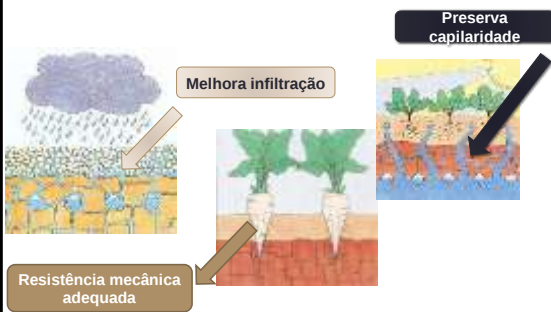
- ✓ Arqueólogos encontraram arados de madeira simples que eram utilizados no vale do rio Nilo há 5000 anos – sulcar para depositar semente e remover ervas



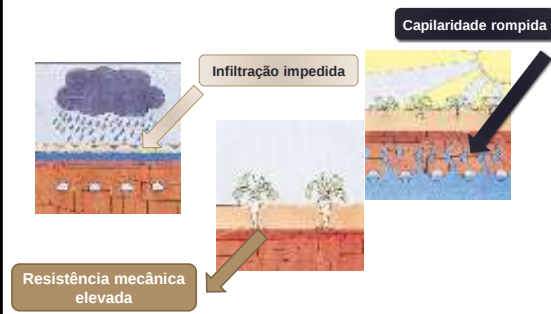
História



Manejo Adequado do Solo

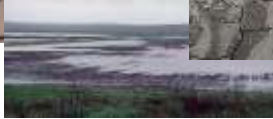


Excesso de preparo



Excesso de preparo

- Preparo secundário demais!





Sistemas de Manejo do Solo

- Preparo convencional
 - Solo mobilizado em área total, periodicamente



Sistemas de Manejo do Solo

- Preparo mínimo
 - Solo mobilizado de modo localizado, manutenção de resíduos sobre a superfície
 - Uso de preparo “vertical” com hastes e rolos destorreadores
 - Sistemas de produção implantados e corrigidos quimicamente;
 - Profundidade de preparo não excedendo 25 cm, apenas para romper a camada compactada por outras operações

Sistemas de Manejo do Solo

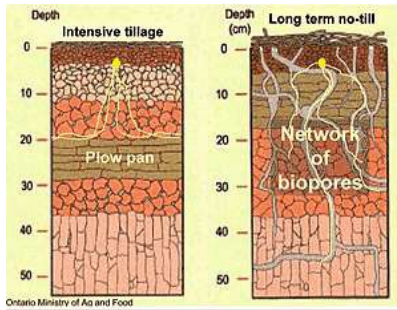
- Semeadura direta/Plantio Direto
 - Mobilização apenas ao longo da linha de semeadura



Sistemas de Manejo do Solo

- Semeadura direta/Plantio Direto
 - Sistema de produção conservacionista
 - Envolve o uso de técnicas para produzir preservando a qualidade ambiental
 - Ausência de preparo do solo;
 - Cobertura permanente do terreno através de rotação de culturas

Sistema conservacionista de produção



Manejo “convencional”

• Preparo periódico

• Primário

- Mais profundo
- Reduzir a coesão
- Destruturização de porções maiores do solo



• Secundário

- Trabalham a uma profundidade menor
- Redução no tamanho de agregados
- Nivelamento
- Aeração



Preparo periódico

• Primário

- Mais profundo
- Revolvimento do solo
- Incorporação
- Deixam a superfície irregular



Arados
Subsoladores

Preparo periódico

- Secundário
 - Nivelamento
 - Destorroamento
 - Incorporação superficial
 - Criação de um leito de semeadura



Grades niveladoras
Rolos
destorreadores
Enxada rotativa

Operações Combinadas

- Preparo primário + Secundário em uma passada da máquina
- Pouco comum no Brasil



Preparo Mínimo/Reduzido/Conservacionista

- Redução no número de operações
- Menor incorporação de resíduos vegetais
- Menor inversão do solo
- Menos gastos com preparo
- Aumento da infiltração



Hastes
Discos verticais

Sobre o preparo inicial

- Remoção da vegetação inicial e ou obstáculos para a implantação de culturas ou outros fins
- Operações de desmatamento
 - Derrubada de árvores e arbustos
 - Corte ou arrancamento de tocos
 - Enleiramento e destruição do material derrubado
 - Limpeza e remoção de raízes
- Operações de movimentação do solo
 - Terraplanagem
 - Valetamento
 - Dragagem

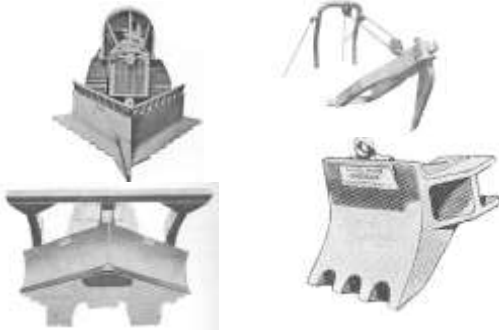
31

Derrubada



32

Desbrota e destoca



33

Limpeza e eliminação



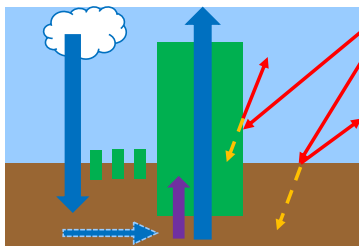
34

Sistematização



Departamento de Engenharia de Biosistemas – ESALQ/USP

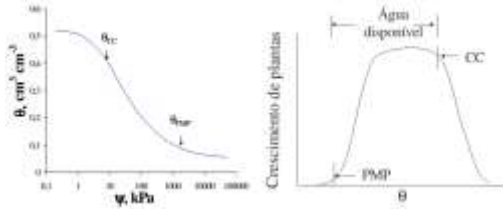
Porque preparar o solo?



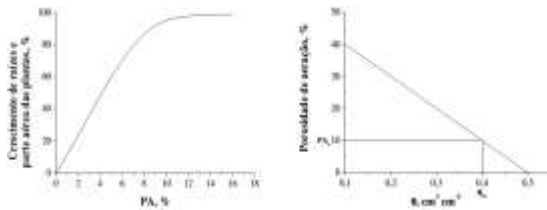
36

Disponibilidade hídrica

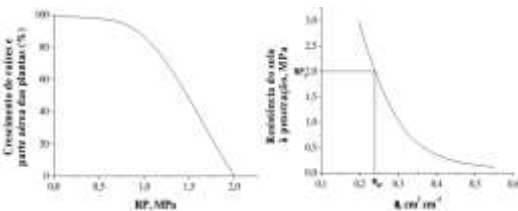
$$CAD = (CC - PMP) \times Z$$



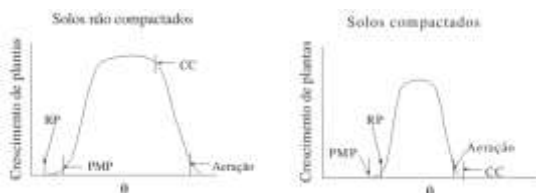
Aeração



Resistência mecânica



Densidade



Restrições físicas ao desenvolvimento radicular



Restrições químicas ao desenvolvimento radicular

- Agricultura em ambiente tropical
- Solos altamente intemperizados
- Baixa disponibilidade de nutrientes
- Alumínio
- Acidez

Calagem

Reação f(superfície de contato,
presença de umidade)

Correção
nutrientes

Absorção via interceptação radicular,
fluxo de massa e difusão

Motivos para realizar preparo periódico do solo

- Aquecimento do solo;
- Incorporação de resíduos vegetais;
- Controle de plantas daninhas;
- Condicionamento físico para desenvolvimento radicular;
- Preparo do leito de semeadura;
- Incorporação de corretivos e fertilizantes;
- Controle de pragas;
- Controle de patógenos;

43

Formas de mobilização periódica do solo

- Métodos para provocar o rompimento do solo

- Inversão de camadas
- Deslocamento lateral-horizantal
- Revolvimento rotativo
- Desagregação subsuperficial / preparo vertical

Cisalhamento por
corte e rompimento

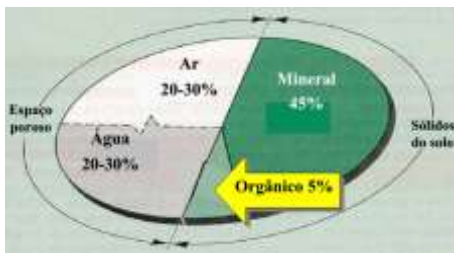
Cisalhamento por
compressão e
rompimento

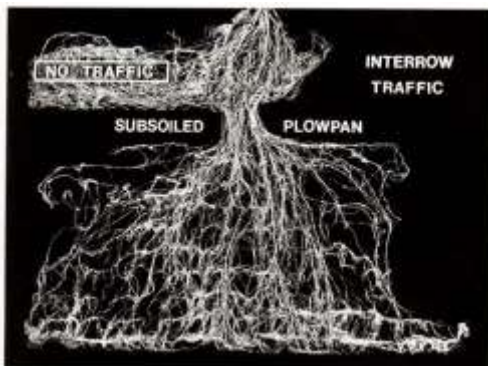
Máquinas para preparo periódico do solo

**A planta não responde ao tipo
de ferramenta de preparo do
solo, mas sim à condição
criada por ela**

PROPRIEDADES DO SOLO COM INFLUÊNCIA NO PREPARO

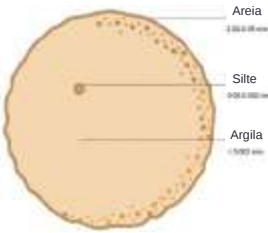
Composição do solo





Solo – Composição Granulométrica

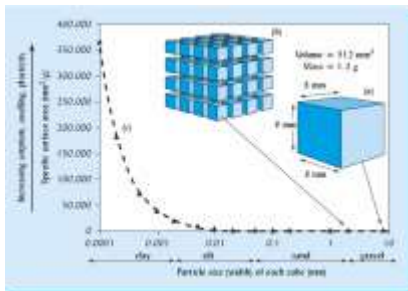
- Proporção relativa das classes de tamanho das partículas que compõe um solo



Argila de tamanho coloidal possui área superficial cerca de 10.000 vezes maior do que a mesma massa de areia de tamanho médio

Propriedades/Comportamento do solo	Areia	Silte	Argila
Capacidade de retenção água	Baixa	Média a alta	Alta
Aeração	Bom	Média	Péssimo
Taxa de drenagem	Alta	Lenta a média	Muito lenta
Teor de matéria orgânica no solo	Baixo	Média a alta	Alto a muito alto
Decomposição da matéria orgânica	Rápida	Média	Lenta
Aquecimento na primavera	Baixa	Moderado	Lento
Suscetibilidade à compactação	Baixa	Média	Alta
Suscetibilidade a erosão eólica	Moderada	Alta	Baixa
Suscetibilidade a erosão hídrica	Baixa	Alta	Solo agregado = baixa Solo não agregado = alta
Potencial de expansão e contração	Muito baixo	Baixo	Moderado a muito alto
Adequabilidade para construção de represas e aterros	Baixa	Baixa	Alta
Capacidade de cultivo após chuva	Bom	Média	Baixa
Potencial de infiltração de poluentes	Alto	Média	Baixo
Capacidade de armazenamento de nutrientes	Baixa	Média a alta	Alta
Resistência à mudança de pH	Baixa	Média	Alta

Superfície Específica



Estrutura

- Maneira como as partículas são agregadas.
- Define a configuração dos canais e do sistema poroso do solo



Compactação: processo de degradação da estrutura do solo

Redução do espaço poroso do solo causada pelo manejo

Adensamento do solo pela aplicação de energia mecânica

$$\downarrow \alpha = \frac{V_P}{V_T} \quad \uparrow d = \frac{M_S}{V_T} \downarrow$$

O SOLO SOB PREPARO

Resistência mecânica do solo

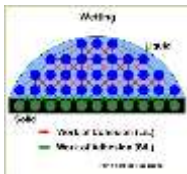
Coesão: capacidade que uma substância tem de permanecer unida, resistindo à separação, pois as moléculas estão fortemente aderidas umas às outras



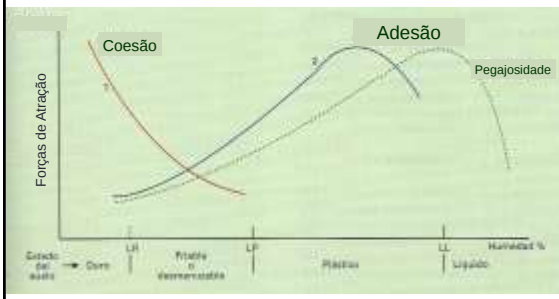
A tensão superficial de um líquido está diretamente relacionada à sua coesão

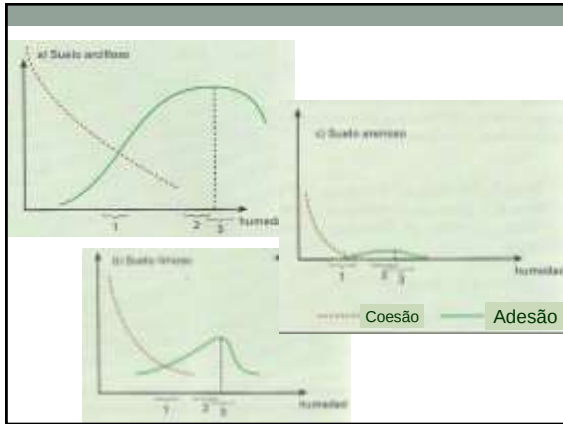
Resistência mecânica do solo

Adesão: força atrativa que atua entre um líquido e a superfície de um sólido quando estes estão em contato direto.



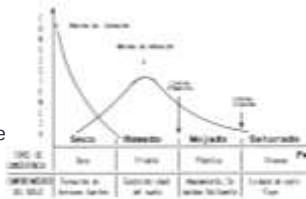
Forças de Atração x Umidade





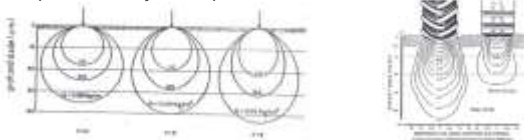
Consistência do solo

- Solo seco: não há adesão, coesão é máxima
- Solo úmido: coesão e adesão atuam conjuntamente
- Solo molhado: coesão desaparece e adesão atinge o máximo – plasticidade
- Muito molhado: filmes de água que recobrem partículas ficam espessos
- Solo saturado: fluidez



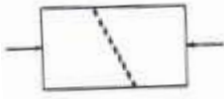
O Solo sob preparo

- Resistência do solo à desagregação
 - A transmissão de tensões no solo é realizada através dos pontos de contato entre as partículas;
 - Devido ao arranjo ao acaso das partículas, os pontos de contato estão espalhados ao acaso;
 - As tensões se distribuem através de uma rota formada pela localização dos pontos de contato



O Solo sob preparo

- A aplicação de forças de tensão ou compressão no solo produz deformação;
- Com a elevação das forças ocorre o rompimento do solo - cisalhamento



O Solo sob preparo

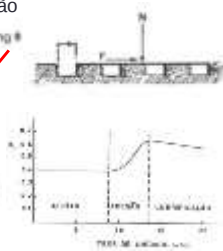
- Resistência do solo à desagregação

C = coesão do solo
 ϕ = ângulo de atrito interno
 σ = tensão normal (tração ou compressão)
 τ = tensão de cisalhamento

$$\tau = C + \sigma \tan \phi$$

$$\mu = F/N = \tan \phi$$

F = força de atrito tangente à superfície
 N = força normal à superfície
 μ = coeficiente de atrito (solo em solo)
 ϕ = ângulo cuja tangente é μ



DIAGNÓSTICO PARA O PREPARO

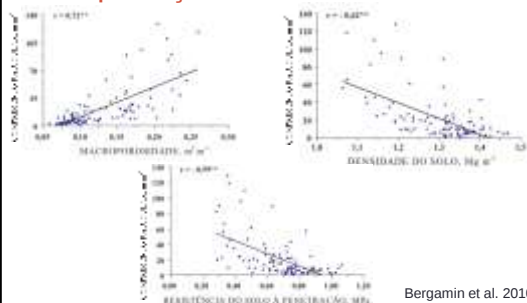
Diagnóstico para o preparo

- Preparo indicado quando:
 - Impedimento ao desenvolvimento radicular
 - Correção química do solo em profundidade
 - Incorporação superficial de corretivos?
 - Semeadura das coberturas?
 - Destruição de soqueiras?

Diagnóstico para o preparo

- Desenvolvimento da compactação
 - Cargas sobre o solo excedem o limite de deformação em determinada umidade
 - Ex: Pulverizador autopropelido
 - Largura dos pneus: 13,6" = 0,34 m
 - Peso do equipamento: 9500 kg
 - Pressão de inflação: 22 a 50 lb po² = 152 a 344 kPa = 1,5 a 3,5 kg cm²

Compactação



Diagnóstico para o preparo

- Observação do perfil

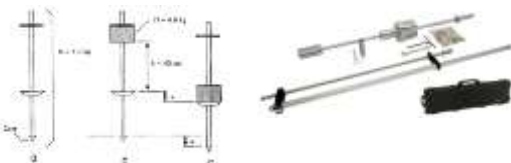


Diagnóstico - Resistência do solo à penetração

- É uma propriedade dinâmica, se manifesta como resposta à reação do solo à aplicação de forças;
- A resistência de um dado solo é função da umidade;
- Proceder à mensuração em condição de umidade próxima à capacidade de campo;

Resistência do solo à penetração

- Penetrômetros de carregamento contínuo
 - Penetração obtida pela aplicação de força contínua na haste
- Penetrômetros de impacto
 - Penetração através de impactos de uma massa



Resistência do solo à penetração

- Penetrógrafos → fornecem gráficos da variação da resistência em função da profundidade



Resistência do solo à penetração

- Penetrógrafos e penetrômetros
- Cones padronizados: 30° e 12,83 mm de base
- Velocidade de penetração constante: 3 cm s⁻¹
- Mensuração em condição de solo Capacidade de Campo
- Cuidados na comparação de valores de instrumentos distintos

LVd				LVef			
Densidade do Solo	Impacto	Anel	Eletrônico	Densidade do Solo	Impacto	Anel	Eletrônico
1,17	0,60 Ca	0,47 Ca	0,54 Ca	0,93	0,54 Ca	0,39 Ca	0,40 Ca
1,41	2,97 Ba	2,83 Ba	2,73 Ba	1,35	3,00 Ba	2,25 Bb	1,91 Bb
1,58	4,40 Aa	3,93 Ab	3,61 Ab	1,27	6,96 Aa	3,95 Ab	3,00 Ab
C.V. (%)	6,9			12,3			

Médias seguidas pela mesma letra indicadas na coluna e rotacionada na linha não diferem entre si (P < 0,05).

Beutler et al. (2007)

Resistência do solo à penetração

- Resistência à penetração
- Mensurada em MPa ou kPa:
- 1 Mpa = 10,2 kg cm²
- Valor de referência 2 MPa geral, para soja 3 MPa

LVd				LVef			
Densidade do Solo	Impacto	Anel	Eletrônico	Densidade do Solo	Impacto	Anel	Eletrônico
1,17	0,60 Ca	0,47 Ca	0,54 Ca	0,93	0,54 Ca	0,39 Ca	0,40 Ca
1,41	2,97 Ba	2,83 Ba	2,73 Ba	1,35	3,00 Ba	2,25 Bb	1,91 Bb
1,58	4,40 Aa	3,93 Ab	3,61 Ab	1,27	6,96 Aa	3,95 Ab	3,00 Ab
C.V. (%)	6,9			12,3			

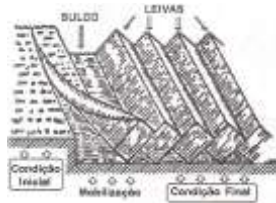
Médias seguidas pela mesma letra indicadas na coluna e rotacionada na linha não diferem entre si (P < 0,05).

Beutler et al. (2007)

FORMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO

Formas de mobilização periódica do solo

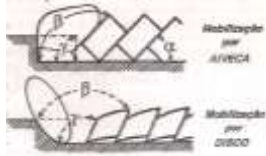
- Inversão de camadas
 - Arados de aivecas ou discos (calota esférica)
 - Cortam uma fatia de solo – leiva
 - Elevação e inversão
 - Lançamento lateral





Formas de mobilização periódica do solo

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

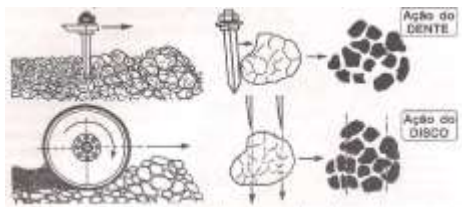


Formas de mobilização periódica do solo

- Deslocamento lateral-horizantal
 - 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

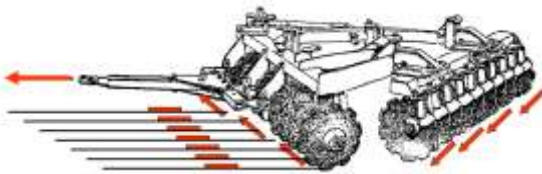
Formas de mobilização periódica do solo

- Deslocamento lateral-horizantal



Formas de mobilização periódica do solo

- Deslocamento lateral-horizontal



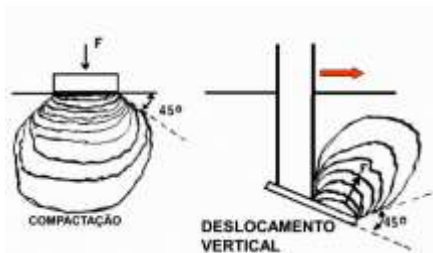
Formas de mobilização periódica do solo

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



Formas de mobilização periódica do solo

- Desagregação subsuperficial



Formas de mobilização periódica do solo

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



MÁQUINAS PARA O PREPARO

Arado

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

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

O Solo sob preparo

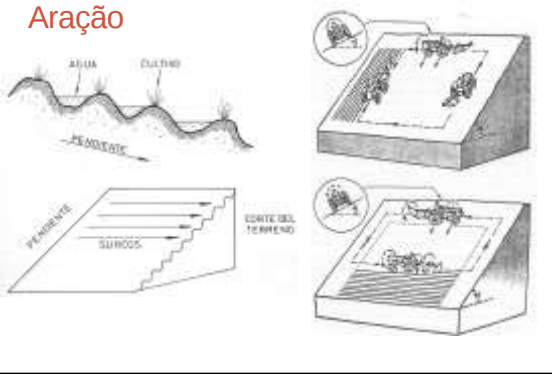
- Umidade do Solo para Preparo
 - Arado e a grade - Quando o solo estiver na faixa de umidade friável
 - Considerar como ideal a faixa variável de 60% a 70% da capacidade de campo, para solos argilosos
 - de 60% a 80%, para solos arenosos
 - Escarificador – rompimento por impacto
 - Faixa ideal de umidade de 30% a 40% da capacidade de campo, para solos argilosos

Classificação dos Arados

- Quanto ao tipo de órgão ativo
 - Aiveca ou Discos

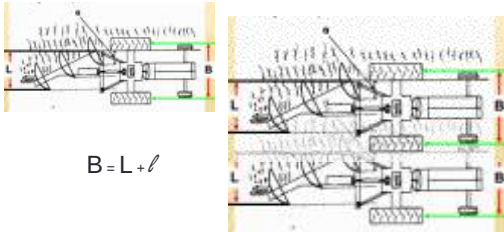


Aração



Arado de Discos

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



Arado de Discos

- Menor capacidade de inversão que a aiveca;
- Menor demanda de potência;



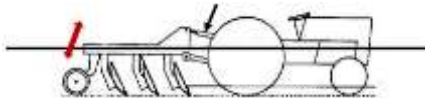
Arado de Discos

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

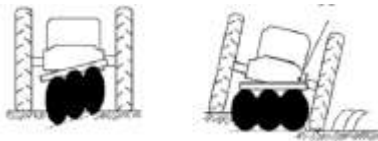


Arado de Discos - Nivelamento

- Longitudinal – 3° Ponto

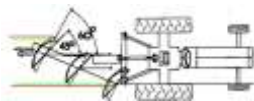


- Transversal – Braços do levante hidráulico



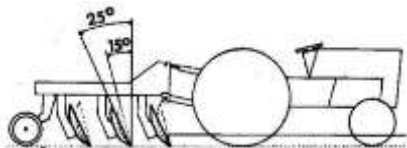
Arado de Discos - Ajustes

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



Arado de Discos - Ajustes

- 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

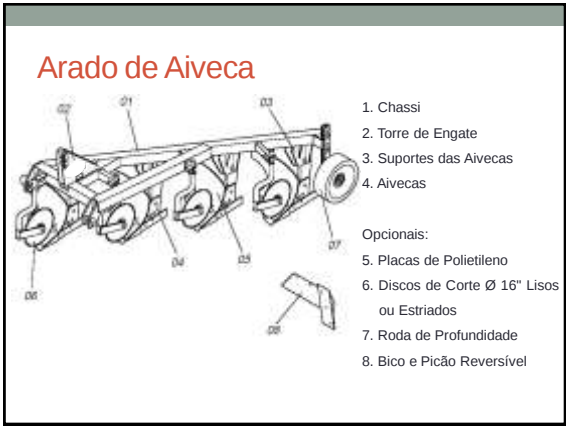


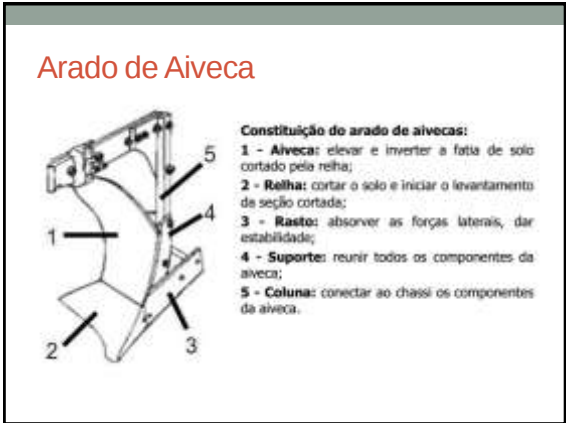
Arado de Discos - Ângulos

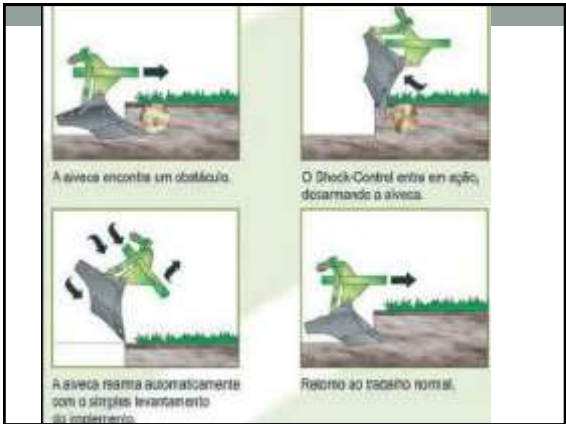
característica do solo	ângulo dos discos	
	horizontal	vertical
Solos de consistência fraca, facilmente penetráveis, arenosos e úmidos	50°	22 – 25°
Solos de consistência média	47 – 48°	18 – 22°
Solos duros, argilosos, secos, compactados, de difícil penetração	45°	15 – 18°

Arado de Aiveca

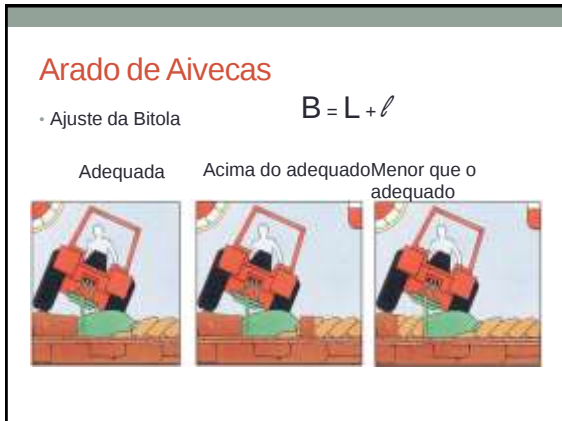
- Melhor inversão que o arado de discos
- Diversas opções de aivecas com desenho em função do tipo de solo:
 - cilíndricas para menores velocidade de trabalho;
 - helicoidais para maiores;
 - Aivecas recortadas para solos muito pegajosos;
- Restrições ao uso em áreas com obstáculos como pedras e tocos – desarme automático

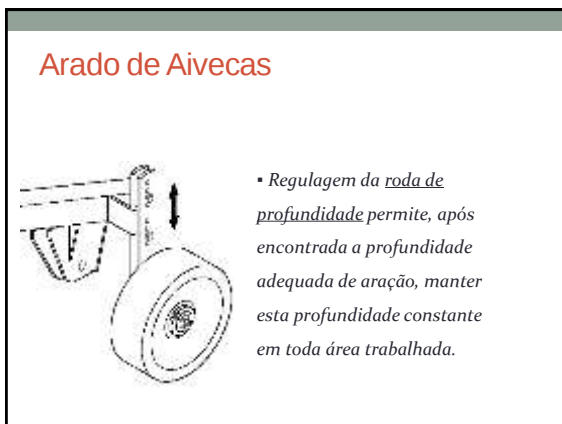




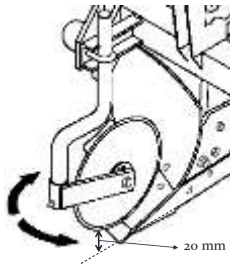








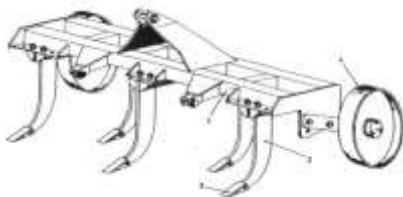
Arado de Aivecas



- *Sega circular:*
 - disco deve ficar a uma distancia de 10 a 19 mm do ombro da aiveca, com o centro do mancal alinhado com a ponta relha e com a borda a 20 mm acima da ponta da relha.

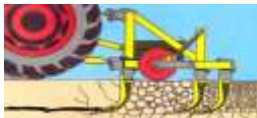
Subsolador

- Operação a até 80 cm de profundidade
- Elevada demanda de potência



Subsolador

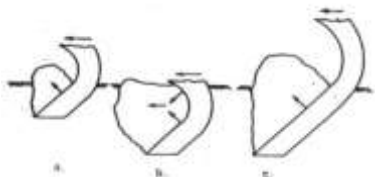
- O espaçamento entre as hastes deverá ser de 1,2 a 1,5 vezes a profundidade de trabalho pretendida ou 5 a 7 vezes a largura da ponta



Tipos de hastes de subsoladores: A) haste B) haste curva C) haste D) haste curva

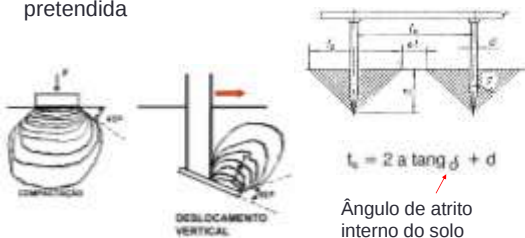
Subsolador

- Profundidade de trabalho em função do tamanho da haste
- Ajuste de profundidade



Subsolador

- O espaçamento entre as hastes deverá ser de 1,2 a 1,3 vezes a profundidade de trabalho pretendida



Subsolador

- Subsolação
- Efetividade condicionada ao manejo do solo após a descompactação;
- Em sequência a essa operação
 - Implantação de culturas com alta produção de massa vegetativa,
 - Alta densidade de plantas
 - Sistema radicular abundante e agressivo;
 - Redução na intensidade dos preparos de solo subsequentes.

Grades

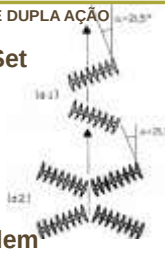
- Mobilização de massa contínua + desagregação
- Deslocamento lateral-horizontal
 - Ao se deslocarem provocam uma movimentação lateral e horizontal da porção em contato com o órgão ativo;
- Grades de discos – ação combinada de corte e impacto → maior efeito desagregador
- Discos recortados – elevam impacto

Grades

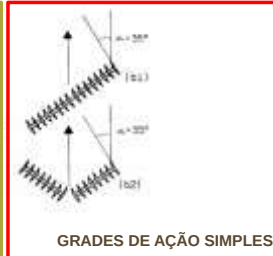
- Tipos de Grade - Segundo Stolf (1986)

GRADES DE DUPLA AÇÃO

a1) Off Set



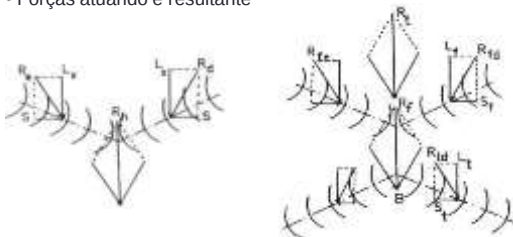
a2) Tandem



GRADES DE AÇÃO SIMPLES

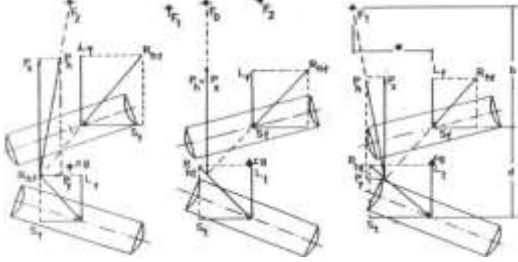
Grades

- Forças atuando e resultante



Grades

- Forças atuando e resultante



Grades

- Tipos de Grade - Segundo Stolf (1986)

CLASSE	Distância entre discos (cm)	Distância de disco (m)	Finalidade
GRADE ULTRA-LEVE Superfície de solo em grades de arado e uso de arado subsoilador.	18 cm	18 pol	Limpieza de solo em condições de superfície de campo de arado e de pastagens (uso de arado com corte de solo de 10 cm), eliminação de ervas daninhas e para preparo superficial. Redução de trabalho dos trópicos para obter efeito de herbicida de pré-emergência.
GRADE LEVE	28 cm	28 pol	Preparação e descompactação como operação final de acabamento de preparo de solo em condições (trabalho de 10 cm de profundidade).
GRADE MÉDIA (SLAB) grade arado intermediária	27 cm	28 pol	Preparo de solo para cultivo (resultados de 10 cm de profundidade) e refração de pastagens. Em caso de arado completo o trabalho da grade pode ser feito de solo e na destruição de ervas.
GRADE PESADA (SLAB) grade arado pesada	34 cm	32 pol	Preparo de solo para profundidade em cultivo como a zona de arado (trabalho de 10 cm) e terras virgens.
SUPER-PESADA (SLAB) grade arado super-pesada	42 cm	42 pol	Idem anterior, porém em situações de maiores dificuldades de penetração e corte de solos virgens.

(*) Valores típicos, podendo variar conforme as condições de uso.

Grades

- Demanda de potência
- Tanto a força de tração necessária para operar uma dada grade, como o rendimento em potência do trator variam com o tipo de solo, bem como condições de superfície e teor de umidade.

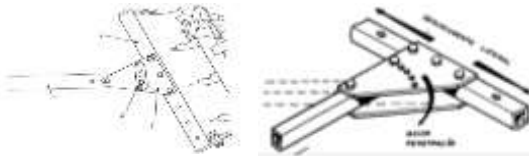
Grades

- Ajuste da profundidade de trabalho



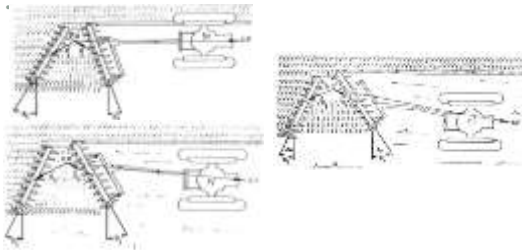
Grades

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



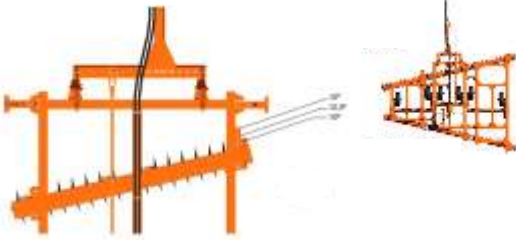
Grades

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



Grades

- Ajustes: Ângulo de ataque dos discos



Grades

- Cálculo do ângulo de ataque dos discos

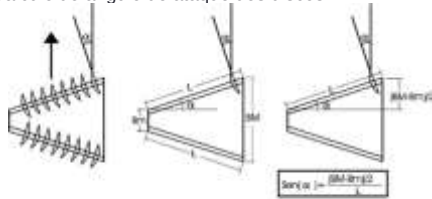
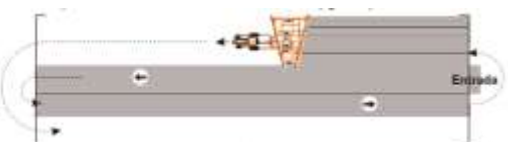


Figura 2. (a) Esquema de uma grade e o ângulo de ataque dos discos. (b) Medidas de comprimento: BM , BM_2 e L , para a determinação do seno do ângulo de ataque. (c) Triângulo ilustrando que $\sin(\alpha) = (BM - BM_2) / (L)$.

Stolf et al. (2010)

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



Grades

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



Grades

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



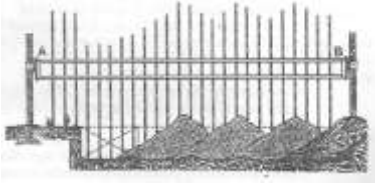
Avaliação de máquinas de preparo periódico

- Dinamométrica e de eficiência Operacional
 - Força de tração
 - Velocidade de deslocamento
 - Avaliar o dispêndio de energia e o tempo na realização da operação – Eficiência

A máquina que mobiliza o solo com grande eficiência energética ou operacional, nem sempre é a que fornece as melhores condições finais recomendadas para um determinado tipo de cultura

Avaliação da qualidade do preparo

- Quantitativa
 - Massa e volume de solo mobilizado
 - Perfil transversal



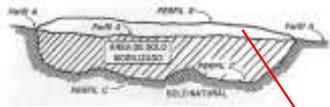
Avaliação de máquinas de preparo periódico

- Quantitativa
 - Massa e volume de solo mobilizado
 - Perfil transversal

a) Perfil da superfície natural do solo – antes da operação

b) Perfil da superfície final do solo – após a operação

c) Perfil interno do solo mobilizado – após a operação e remoção do solo mobilizado



$$\epsilon = \frac{A_e}{A_m} \times 100$$

Empolamento

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 m² = 2,1 ha
 - Custo hora de um trator de 140 kW = R\$170,00

A mecanização no manejo e preparo

- Interação Solo-Rodado
- Eficiência tratora

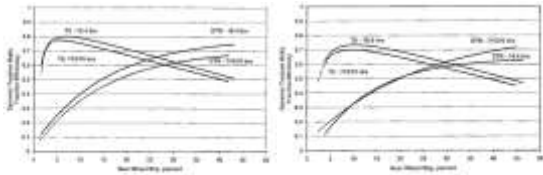


Figure 13: Tractor efficiency and dynamic traction ratio vs slip for the 15.2 and 7.0/7.0 rear tires on a non-tilled wheat stubble field.

Figure 14: Tractor efficiency and dynamic traction ratio vs slip for the 15.2 and 7.0/7.0 rear tires on a tilled wheat stubble field.

Bashfor & Kocher (1999)

A mecanização em preparo do solo

- Interação Solo-Rodado
- Resistência ao rolamento
 - esforço necessário para vencer as deformações na superfície sendo tanto maior quanto menor for o pneu e mais macio for o solo



Eficiência no preparo do solo

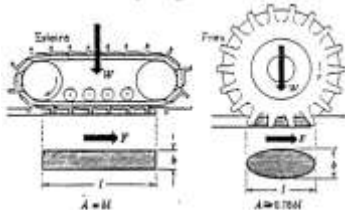
- Interação Solo-Rodado
- As marcas deixadas pelo pneu permitem interpretar quanto à eficiência durante a operação ajuste do lastro



Eficiência no preparo do solo

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

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Carga}}{\text{Área}}$$



Eficiência no preparo do solo

- Interação Solo-Rodado
- Pressão exercida na superfície do solo
- Há diversos modelos:

$$A = 0,77 \cdot b \cdot L_c$$

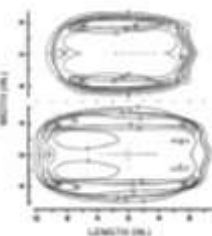
$$L_c = \sqrt{D \cdot (z + \delta) - (z + \delta)^2} + \sqrt{D \cdot \delta - \delta^2}$$

A = Área de contato, m²
 b = largura do pneu, m
 L_c = comprimento da área de contato, m
 D = diâmetro do pneu, m
 Z = recalque no solo, m
 δ = deformação do pneu, m

A pressão de contato do pneu com o solo tende a ser ligeiramente superior àquela de insuflagem dos mesmos

Eficiência no preparo do solo

- Interação Solo-Rodado
- Área de Contato x Pressão de Inflação

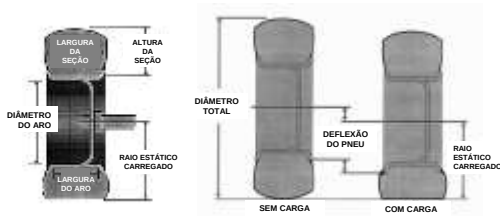


$$10 \text{ lb pol}^{-2} = 0,70 \text{ kg cm}^{-2} = 68,9 \text{ kPa}$$

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

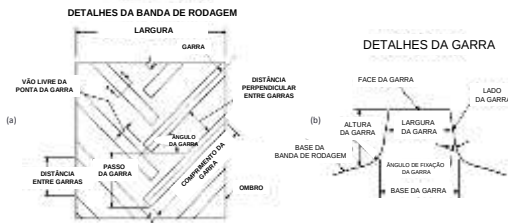
Eficiência no preparo do solo

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



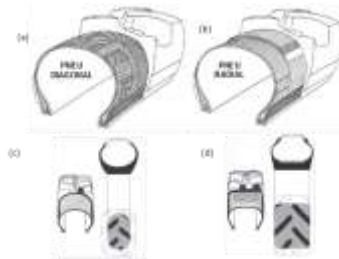
Eficiência no preparo do solo

- Interação Solo-Rodado
 - Pneus agrícolas



Eficiência no preparo do solo

- Interação Solo-Rodado
 - Área de contato



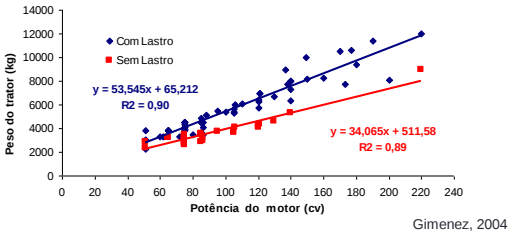
Eficiência no preparo do solo

- Interação Solo-Rodado
 - Pneus agrícolas



Eficiência no preparo do solo

Lastragem

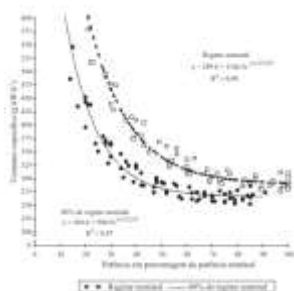


Eficiência no preparo do solo

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

Eficiência no preparo do solo

Ajuste do regime de trabalho do trator, principalmente em trabalhos leves pode economizar combustível



Preparo Mínimo/Reduzido/Conservacionista

Preparo reduzido



Preparo convencional



Eficiência no preparo do solo

• Interação Solo-Rodado

• 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

Eficiência no preparo do solo

• Cálculo da patinagem

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

Avanço nos tratores 4 x 2 TDA



Etapa 1

Manter a tração perpendicular ao ponto central do eixo (A).

Etapa 2

Desloque o motor em sentido horário, permitindo 18 voltas completas da roda traseira (C). n = o número de voltas da roda dianteira com a tração desligada.

Etapa 3

Reverencie a tração e pressione o motor traseiro, permitindo ao menos 18 voltas da roda traseira (C) com a tração desligada.

Etapa 4

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

A mecanização no manejo e preparo

$$\text{POTÊNCIA} = \text{FORÇA} * \text{VELOCIDADE}$$

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 a transferência da potência



Departamento de Engenharia de Biossistemas – ESALQ/USP

FIM
