



EQUILÍBRIO OPERACIONAL EM TRATORES

Prof. Dr. *CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI*



Trator Agrícola

Converte potência do motor em trabalho útil para execução de operações agrícolas



Trator Agrícola

A capacidade de tração depende:

Condições físicas do solo

Tipo de rodado

Carga aplicada sobre o rodado de tração

Pressão do pneus

**Interação desses fatores
aumenta a eficiência de
tração**

Equilíbrio operacional em tratores

Visa:

**Economia de pneus e componentes mecânicos com
consequente aumento da vida útil do trator**

Redução do consumo de combustível em até 15%

Redução da resistência ao rolamento

Diminui a emissão de gases poluentes

**Solução simples e eficaz para reduzir custos de
produção**

Equilíbrio operacional em tratores

O que ajustar:

Lastros

*Pressão
do pneu*



*Relação
de
avanço*

Patinagem

www.mfrural.com.br

Lastros

A capacidade de tração de um trator está diretamente relacionada ao seu peso

O peso do trator e a necessidade de lastragem variam de acordo com o equipamento, a pressão de inflação e as condições de operação

O peso efetivo nas rodas motrizes determina o quanto o trator pode tracionar. A força disponível na barra de tração é de 50 a 70% do peso efetivo nas rodas, dependendo da superfície do solo

Lastros

Metálicos



Dianteira do trator



Rodados do trator

Lastros

Água nos pneus



Lastro líquido

Adição de água nos pneus:

- levantar a roda com um macaco
- posicionar a válvula (bico de enchimento) na posição

correspondente ao percentual desejado

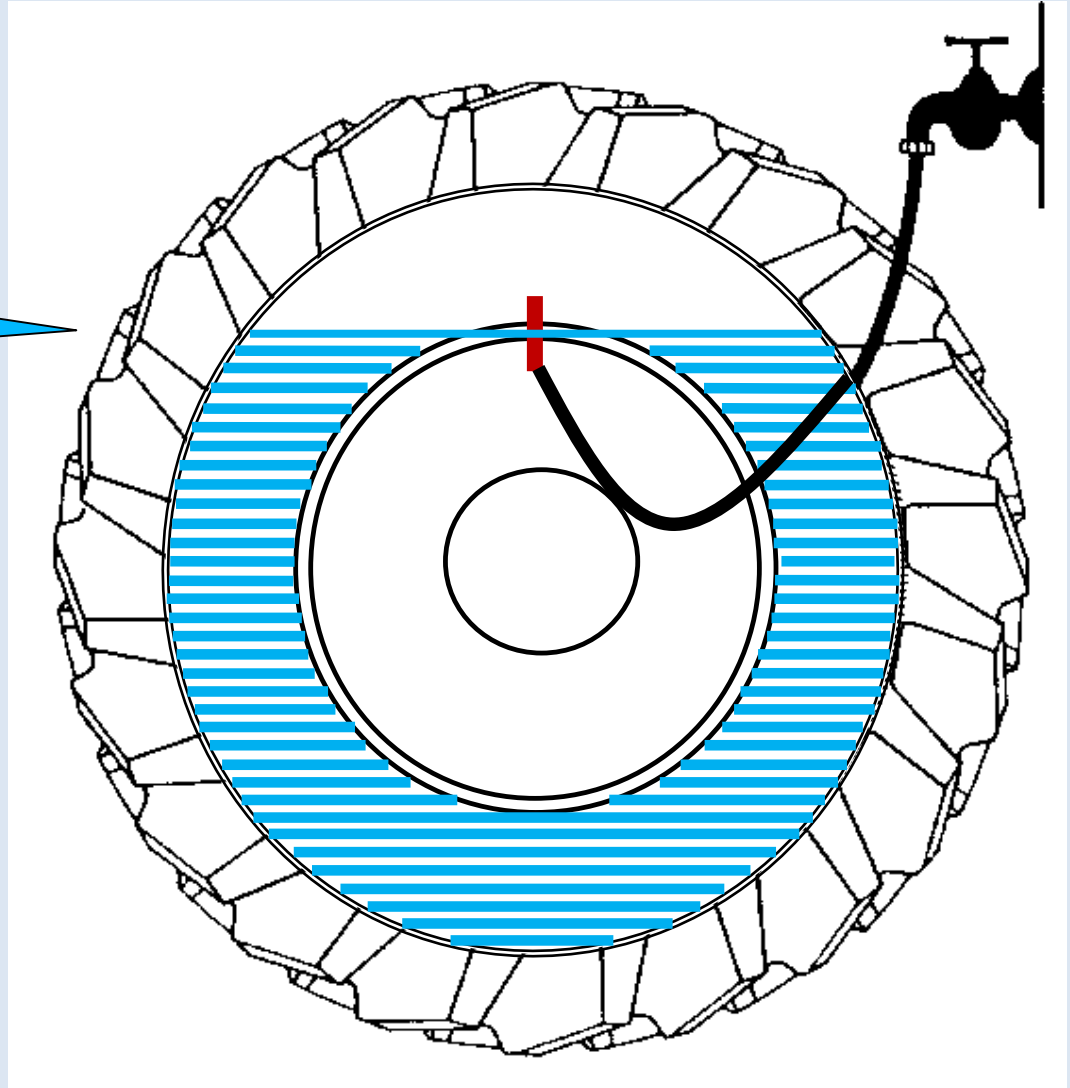
Nunca adicionar água acima de 75% da capacidade do pneu, pois neste caso, o espaço ocupado pelo ar, necessário para as deformações, ficaria excessivamente reduzido, provocando o enrijecimento do pneu e a consequente danificação do mesmo

Água nos pneus

Lastro líquido

75 % água

Pneu diagonal

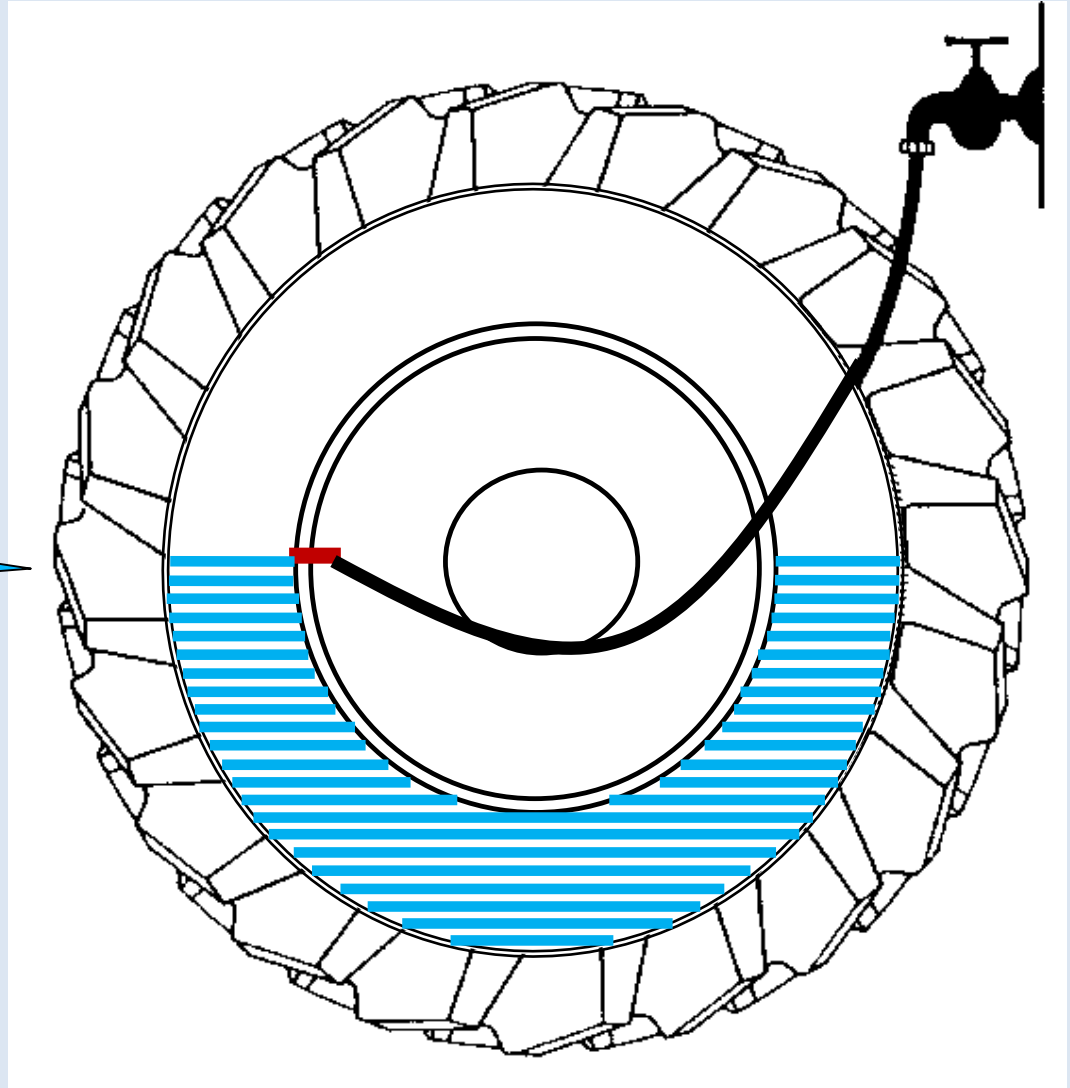


Água nos pneus

Lastro líquido

50 % água

Pneu diagonal

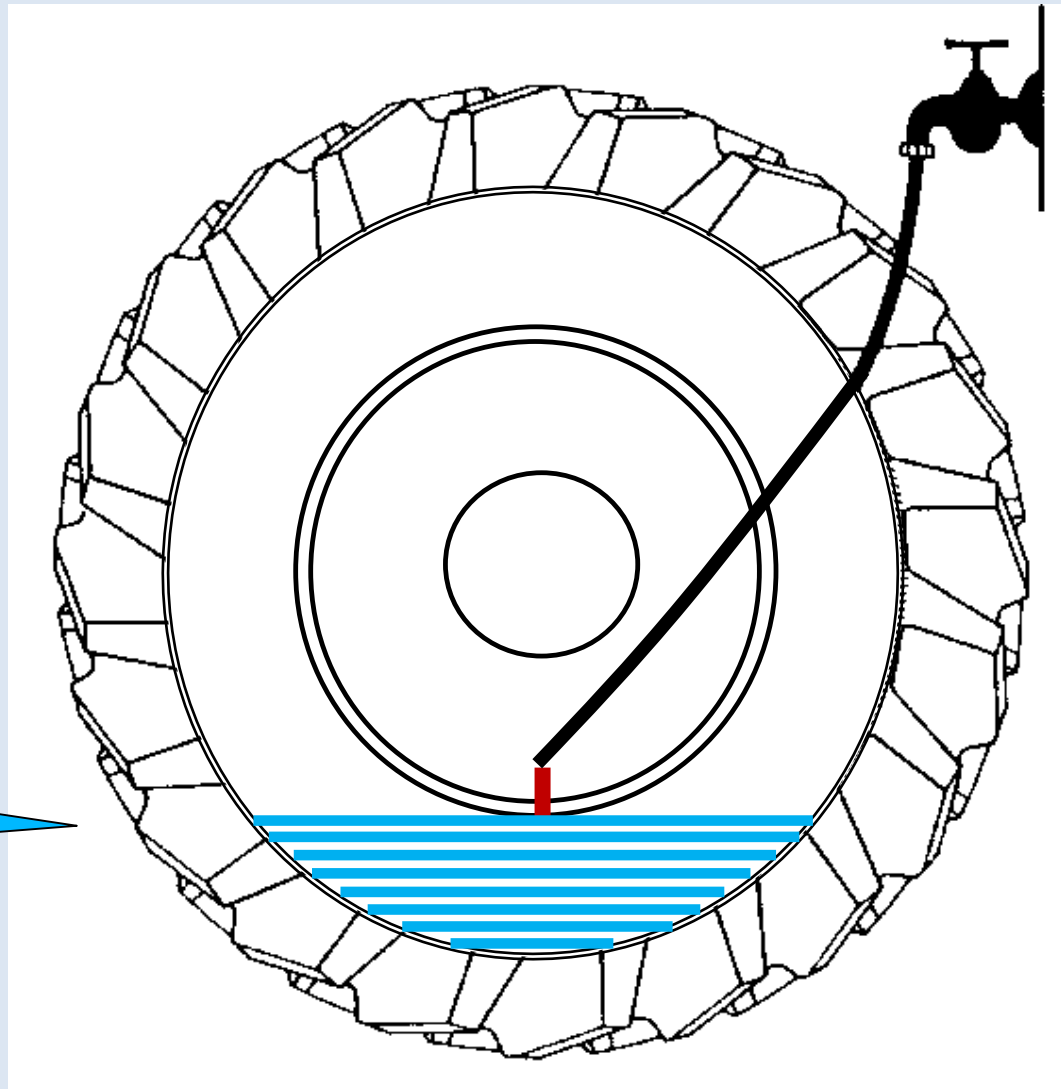


Água nos pneus

Lastro líquido

25 % água

Pneu diagonal

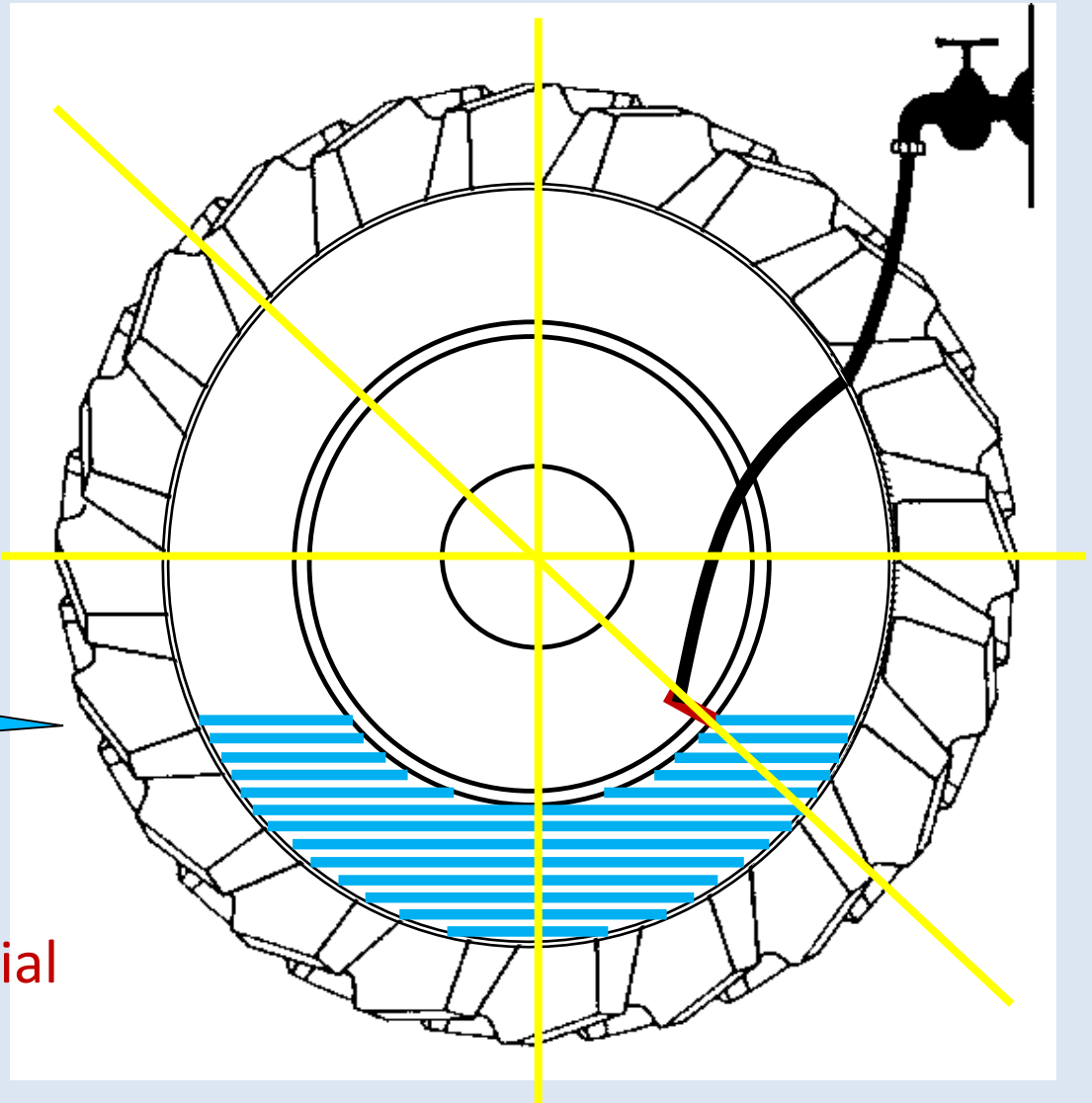


Água nos pneus

Lastro líquido

40 % água

Pneu diagonal e **radial**

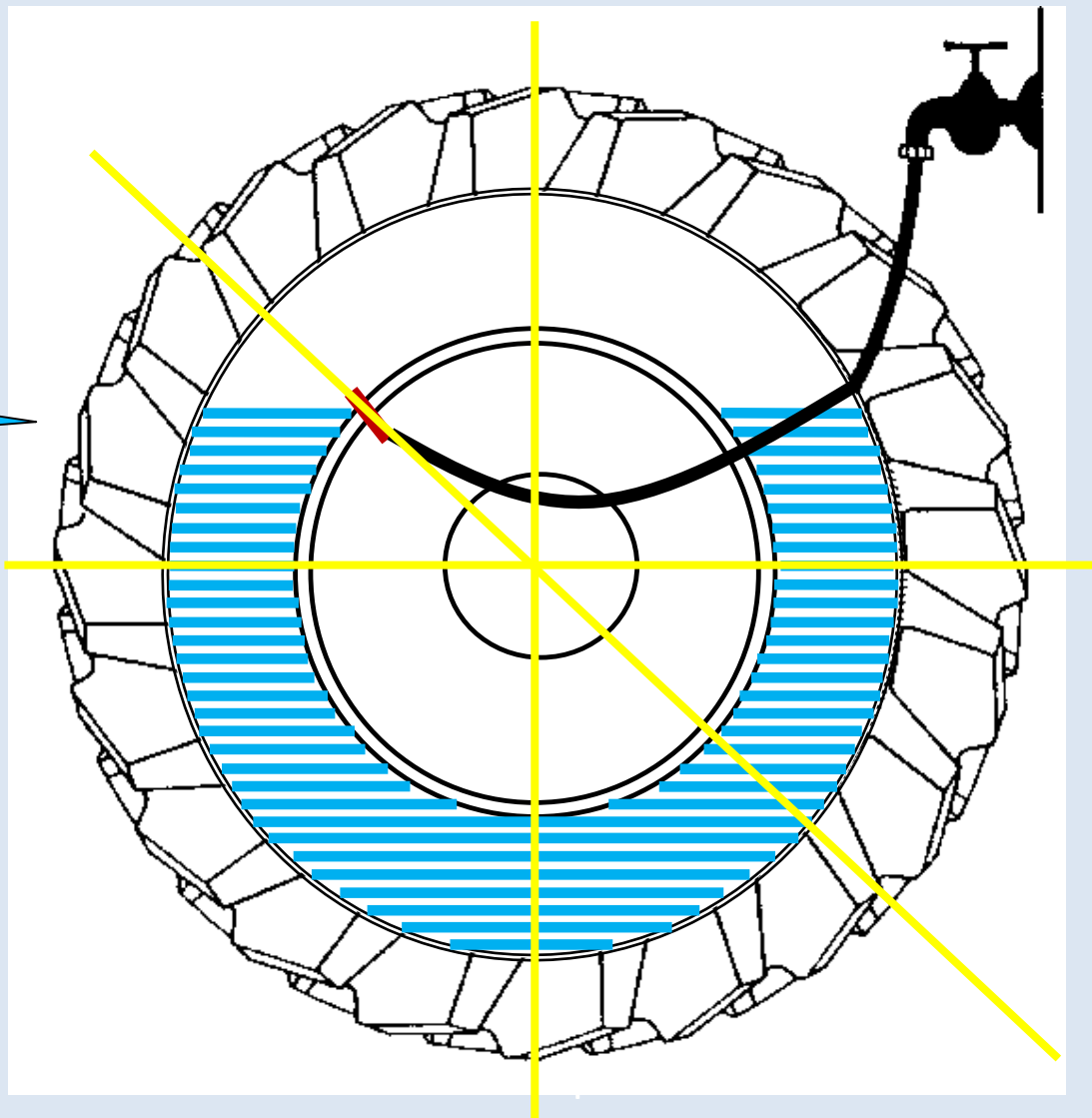


Água nos pneus

Lastro líquido

60 % água

Pneu diagonal



Água nos pneus

Lastro líquido

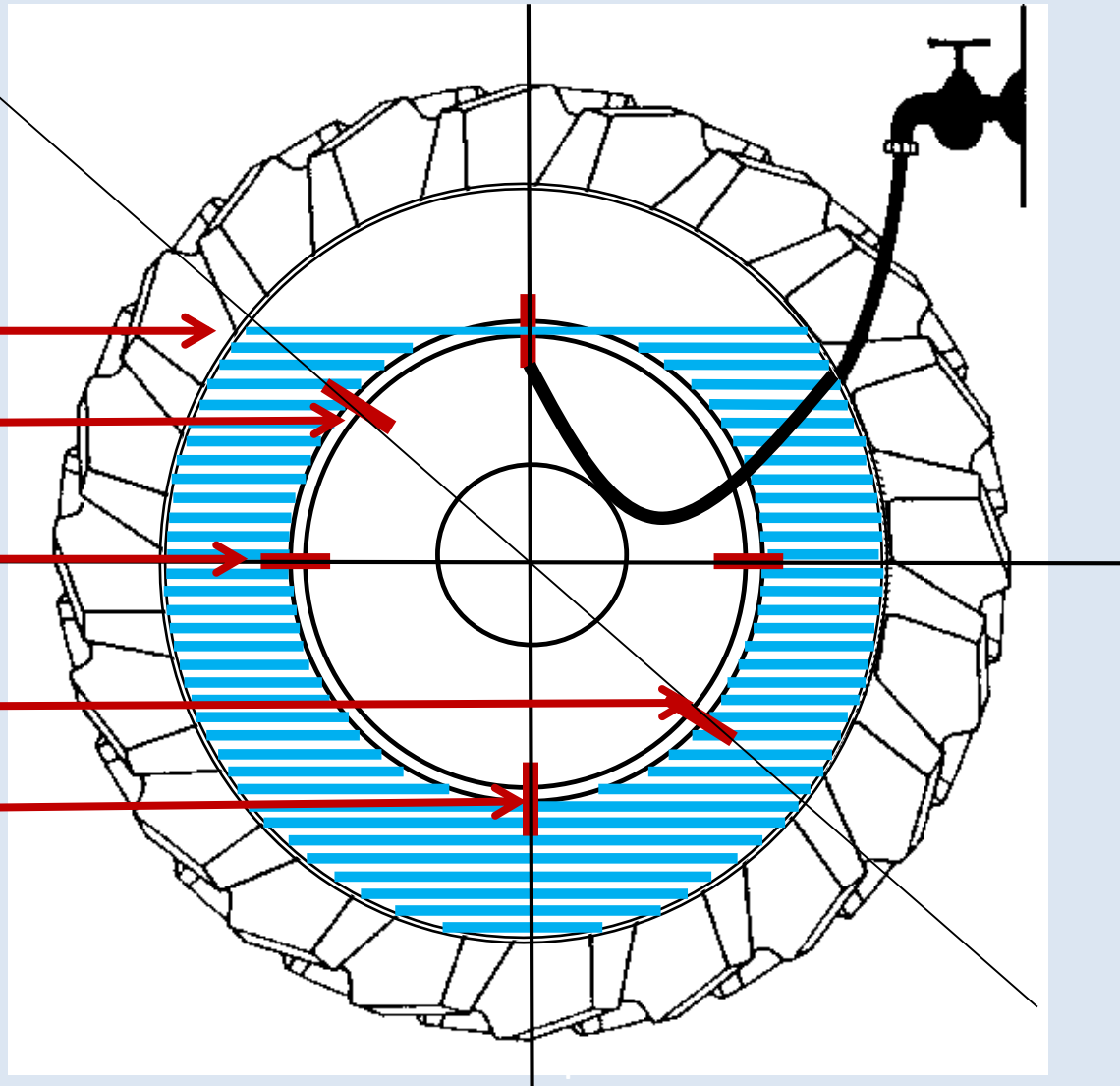
75 %

60 %

50 %

40 %

25 %



Lastros

Lastragem incorreta (insuficiente ou excessiva) resulta em operação menos produtiva e com maior custo

Lastragem Insuficiente

Alta patinagem dos rodados

Menor potência de tração

Alto desgaste dos pneus

Maior consumo de combustível

Menor produtividade

Lastragem Excessiva

Maior carga sobre a transmissão do trator

Menor potência de tração

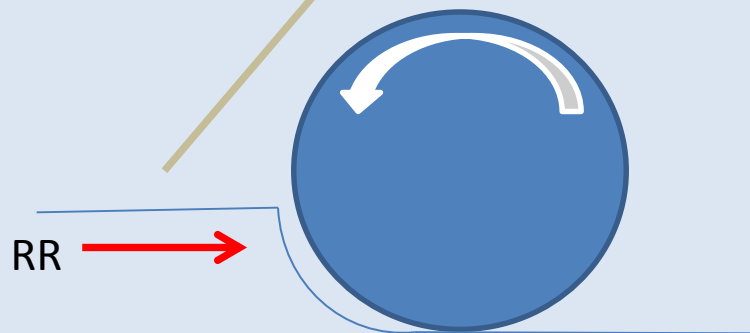
Quebra das garras dos pneus

Maior consumo de combustível

Maior compactação do solo

Menor produtividade

Resistência ao Rolamento (RR)



Pressão dos pneus

DIMINUIÇÃO DE ATÉ 20 % NO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

ECONOMIA DE ATÉ 7,5 % NO TEMPO GASTO

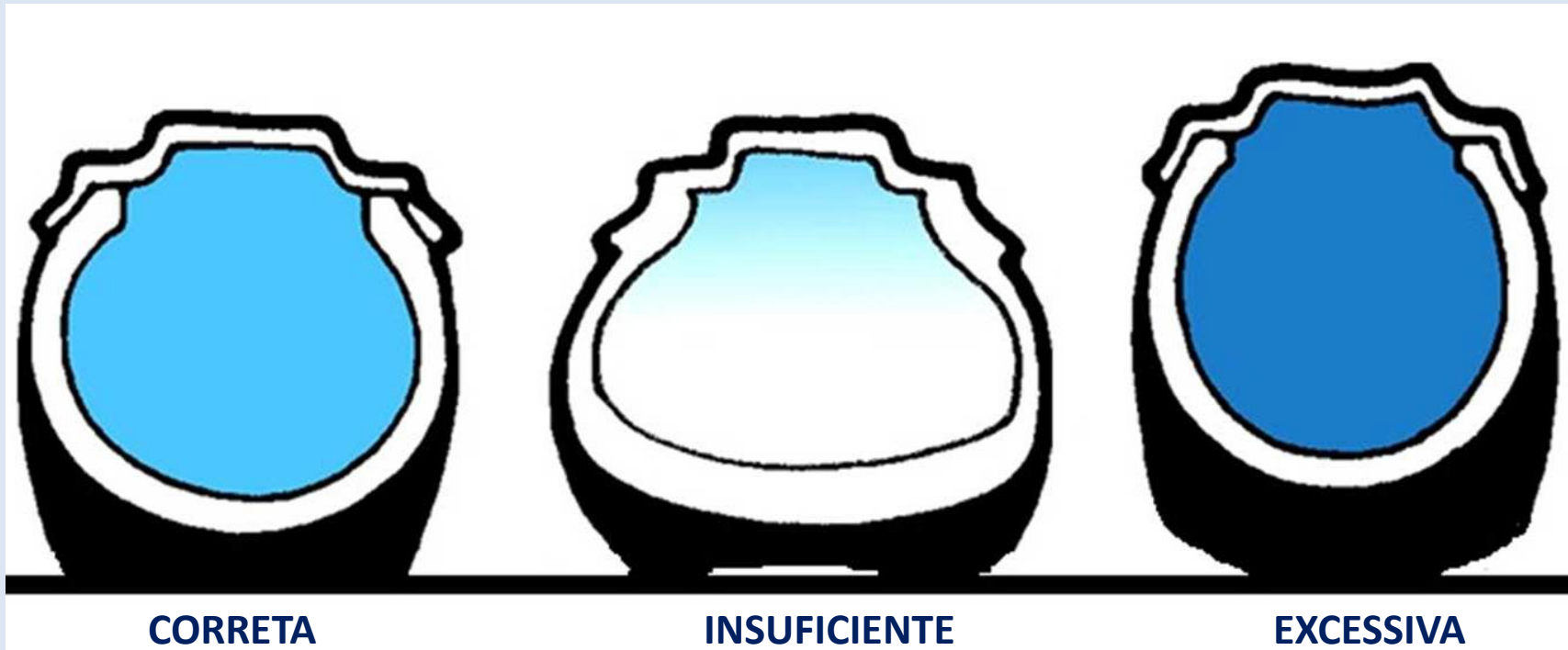
DIMINUIÇÃO DE ATÉ 80 % NA COMPACTAÇÃO DO SOLO



Pressão dos pneus

Pressão (Psi)		Condição de solo firme		
Pneu Dianteiro	Pneu Traseiro	Força (kgf)	Consumo (L/cv h)	
660/60 - 35	850/50 - 38			
16	16	5.000	0,270	Aumento: 7% no consumo
18	20	5.000	0,289	
Pressão (Psi)		Condição de solo com palhada		
16	16	5.000	0,283	Aumento: 18 % no consumo
18	20	5.000	0,335	
Pressão (Psi)		Condição de solo preparado		
16	16	4.900	0,379	Aumento: 16 % no consumo
10	20	5.000	0,441	
Leonardo de Almeida Monteiro				

Pressão dos pneus



Pressão dos pneus



Pressão dos pneus

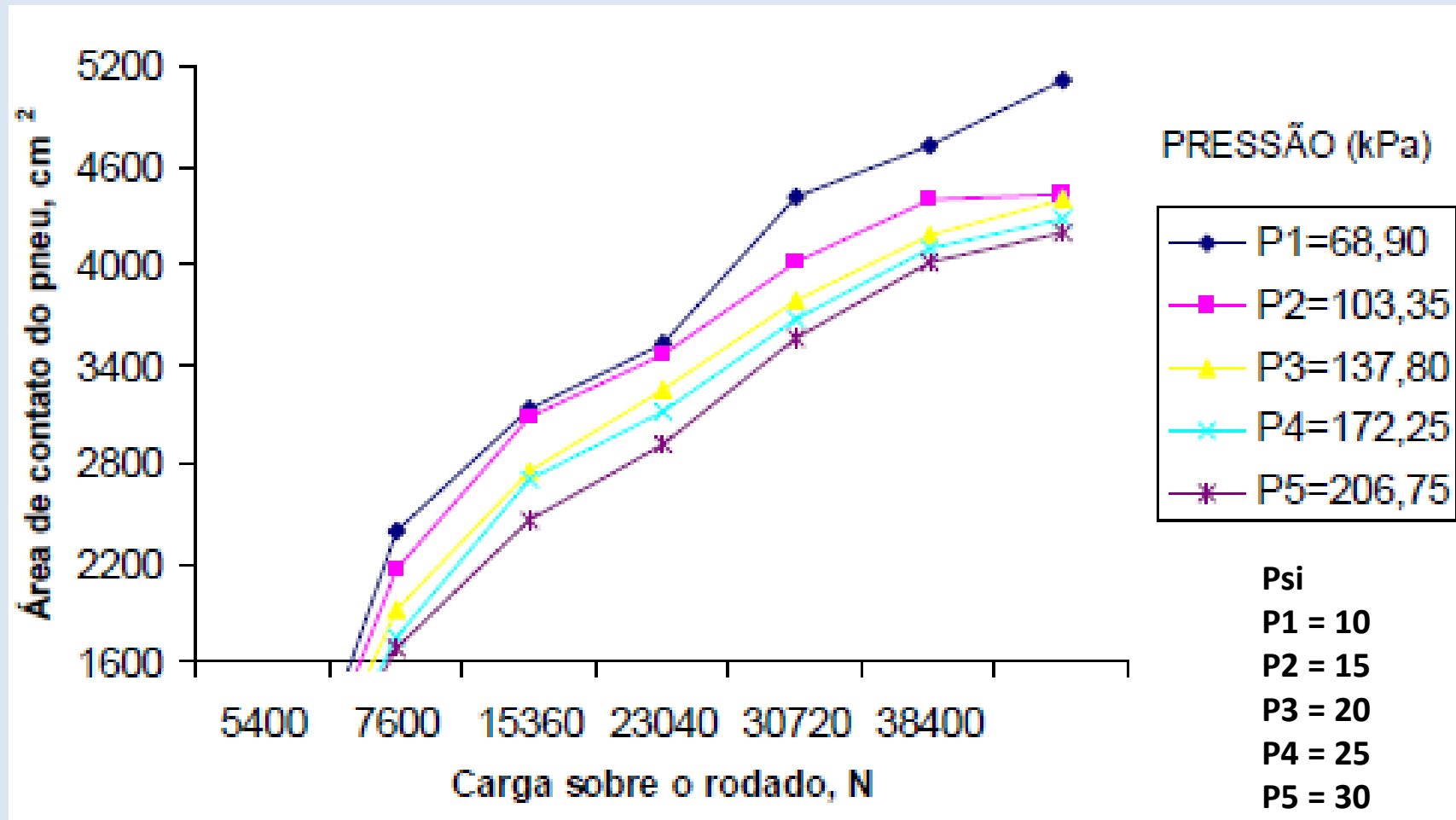


BAIXA PRESSÃO
Rachaduras radiais



ALTA PRESSÃO
Quebra na base das garras

Pressão dos pneus



Santos & Lanças (1999)

Relação de avanço

É a relação de tração aplicada ao solo entre os pneus dianteiros e traseiros, deve ser positiva num intervalo de 0 a 5 %, com ideal entre 1,2 e 1,8 %.



Patinagem

É o deslizamento que ocorre na transmissão da força das rodas traseiras para o solo, aumentando a eficiência de tração



Patinagem

Marcas pouco definidas indicam patinagem excessiva. Deve-se aumentar o lastro



Marcas claramente definidas indicam patinagem reduzida. Deve-se diminuir o lastro.



Leonardo de Almeida Monteiro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Patinagem

A lastragem e a patinagem corretas quando no centro houver sinais de deslizamento e as marcas nas bordas externas estiverem bem definidas



Leonardo de Almeida Monteiro



Flávio Finger

Equilíbrio dinâmico

Para otimizar o desempenho do trator:

- determinar o peso correto do trator**
- pneus adequados e corretamente inflados**

Peso total recomendado e a distribuição de peso para cada aplicação, é encontrado multiplicando-se a potência do trator pela relação peso por cv “cavalo vapor” do motor

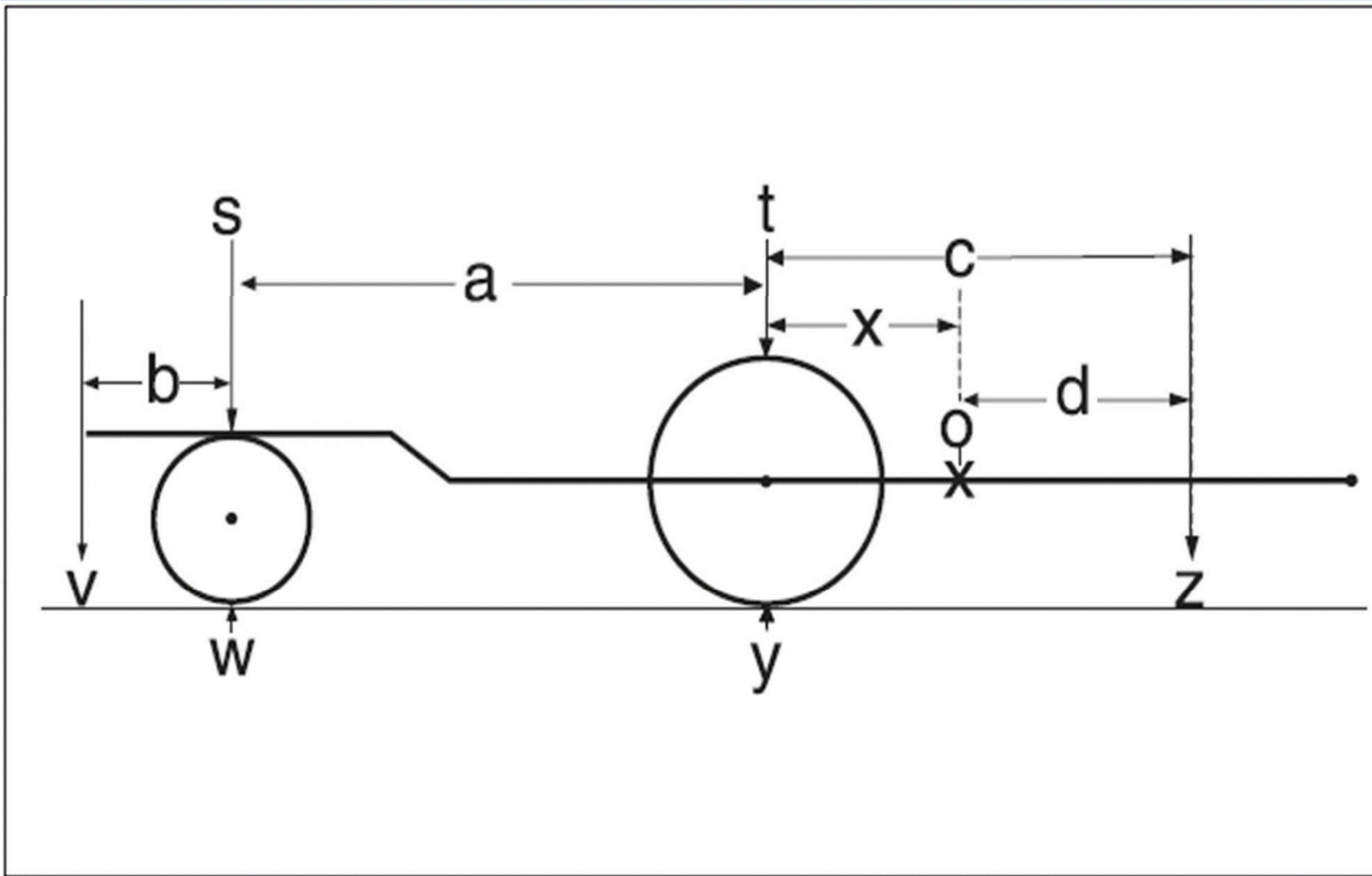
A relação peso por cv necessária varia de acordo com o solo e as condições de carga e operação

Equilíbrio dinâmico



Equilíbrio dinâmico





Equilíbrio dinâmico

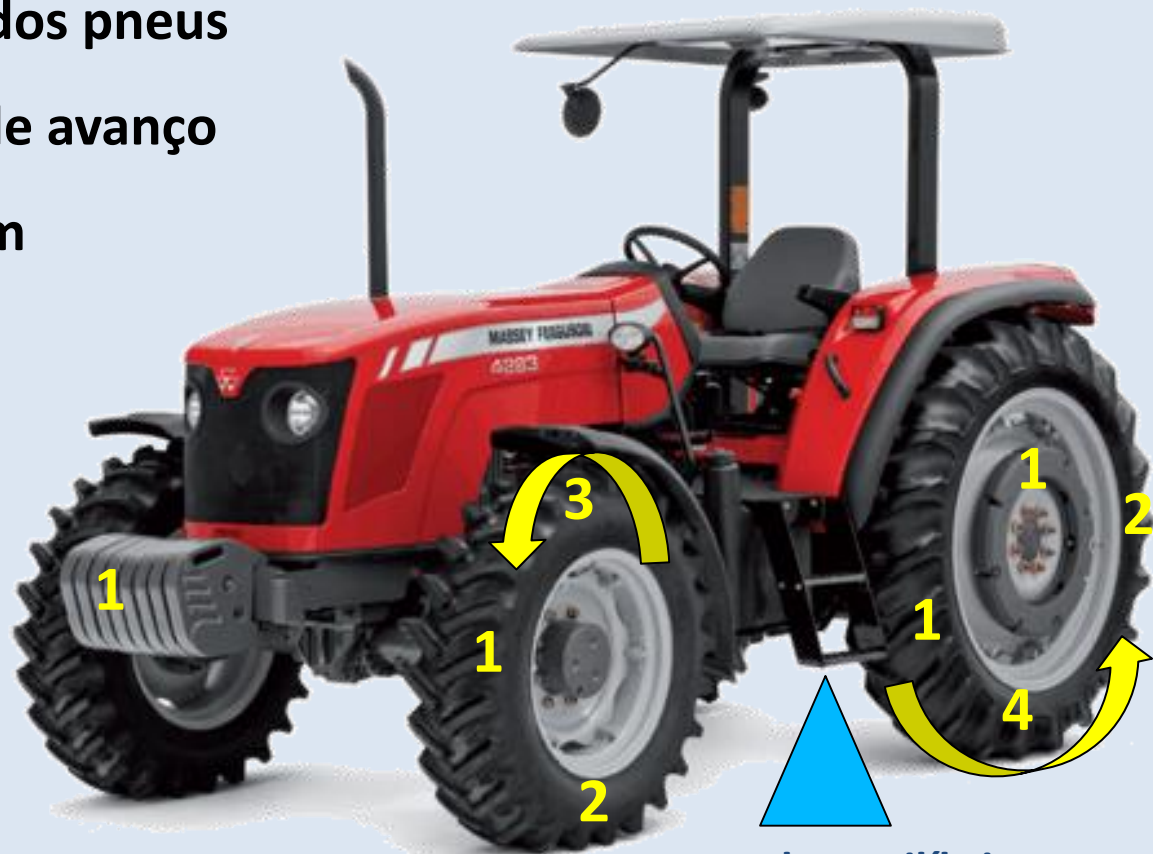
Equilíbrio do trator para determinada operação:

1- Lastragem (sólida/líquida)

2 – Pressão dos pneus

3 - Relação de avanço

4 - Patinagem



Ponto de equilíbrio

Tipos de acoplamento

Transferência de peso:

Barra de tração – equipamento de arrasto



Tipos de acoplamento

Transferência de peso:

Sistema hidráulico de três pontos – equipamento montado



Distribuição de peso nos eixos

	Tratores 4 x 2 TDA	
	Pneus dianteiros	Pneus traseiros
Barra de tração	35 %	65%
Sistema hidráulico 3P	40 %	60%
	Tratores 4 x 4	
Barra de tração	60 %	40 %
Sistema hidráulico 3P	51 %	49 %

Exemplo de cálculo

Trator John Deere 7715 4x2 TDA rodado simples Cabinado



Dados

Potência = 182 cv

Peso sem lastro = 8.100 kg

Tratores 4 x 2 TDA

40 % dianteira
60 % traseira

Peso dianteiro = 3.240 kg

Peso traseiro = 4.860 kg

Sulcador acoplado ao sistema hidráulico de 3 pontos

Dados

Lastros metálicos



12 pesos de 50 kg cada



4 Pesos de 205 kg cada (utilizados em pares)

2 Pesos de 72 kg cada (utilizados em pares)

Pneus

Dianteiros: 600/65 R28

600 – largura nominal do pneu em mm

65 – porcentagem da altura em relação a largura

R – pneu radial

28 – diâmetro interno do pneu em pol

Traseiros: 710/70 R38

710 – largura nominal do pneu em mm

70 – porcentagem da altura em relação a largura

R – pneu radial

38 – diâmetro interno do pneu em pol

Usar 53 kg/cv

Cálculo do lastro necessário:

Peso necessário do trator lastrado = cv x kg/cv

$$= 182 \times 53 = 9.646 \text{ kg}$$

Peso do trator sem lastro = 8.100 kg

Lastro necessário = 1.546 kg

Tipo de lastragem	Leve	Média	Pesada
Kg/cv	50	55	60

Peso total lastrado = 9.646 kg

	Dianteiro 40% (kg)	Traseiro 60% (kg)
Peso Lastrado	3.858,4	5.787,6
Peso sem lastro	3.240,0	4.860,0
Lastro necessário	618,4	927,6

Lastragem dianteira

Opção 1

Lastragem dianteira necessária = 618,4 kg

Lastros dianteiros = 50 kg cada

Número de lastros = $618,4 / 50 = 12,368$

12 lastros x 50 kg = 600 kg ... **Faltam 18,4 kg**

Lastro dianteiro final

12 lastros de 50 kg

Pneu sem água

Lastragem dianteira

Opção 2

Lastragem dianteira necessária = 618,4 kg

Lastro Líquido: Pneu 600/65 R28 374 kg* (cada pneu) de água à 75%

75% de água = 2 pneus x 374 = 748 kg (maior que 618,4 kg)

374 kg _____ 75% de água

x kg _____ 50% de água = 249,3 kg

y kg _____ 40% de água = 199,5 kg

z kg _____ 25% de água = 124,7 kg

*Os fabricantes de pneus possuem tabelas que fornecem o valor do peso em função da quantidade de água adicionada no pneu para as diversas medidas do mesmo

Lastragem dianteira

Opção 2

Lastragem dianteira necessária = 618,4 kg

374 kg _____ 75% de água

x kg _____ 50% de água = 249,3 kg

y kg _____ 40% de água = 199,5 kg

z kg _____ 25% de água = 124,7 kg

249,3 x 2 pneus = 498,6 kg

618,4 - 498,6 = 119,8 kg = 2 lastros de 50 kg **Faltam 18,4 kg**

Lastro dianteiro final

2 lastros de 50 kg

Pneu com 50% água *

*Pneu radial !!!

Lastragem dianteira

Opção 3

Lastragem dianteira necessária = 618,4 kg

374 kg _____ 75% de água

x kg _____ 50% de água = 249,3 kg

y kg _____ 40% de água = 199,5 kg

z kg _____ 25% de água = 124,7 kg

199,5 x 2 pneus = 399,0 kg

618,4 - 399,0 = 219,4 kg = 4 lastros de 50 kg **Faltam 19,4 kg**

Lastro dianteiro final

4 lastros de 50 kg

Pneu com 40% água

Lastragem dianteira

Opção 4

Lastragem dianteira necessária = 618,4 kg

374 kg _____ 75% de água

x kg _____ 50% de água = 249,3 kg

y kg _____ 40% de água = 199,5 kg

z kg _____ 25% de água = 124,7 kg

$124,7 \times 2 \text{ pneus} = 249,4 \text{ kg}$

$618,4 - 249,4 = 369,0 \text{ kg} = 7 \text{ lastros de } 50 \text{ kg} \dots \text{ Faltam } 19,0 \text{ kg}$

Lastro dianteiro final

7 lastros de 50 kg

Pneu com 25% água

Lastragem traseira

Opção 1

Lastragem traseira necessária = 927,6 kg

4 Lastros traseiros = 205 kg cada

2 Lastros traseiros = 72 kg cada

Número de lastros = $927,6 / 205 = 4,53$

4 lastros x 205 kg = 820 kg ... **Faltam 107,6 kg**

2 lastros de 72 kg = 144 kg ... **A mais** $820 + 144 = 964$... **36,4 kg**

Lastro traseiro final

4 lastros de 205 kg

2 lastros de 72

Pneu sem água

Lastragem traseira

Opção 2

Lastragem traseira necessária = 927,6 kg

Lastro Líquido: Pneu 710/70 R38 763 kg* (cada pneu) de água à 75%

75% de água = 2 pneus x 763 = 1526 kg (maior que 927,6 kg)

763 kg _____ 75% de água

x kg _____ 50% de água = 508,7 kg

y kg _____ 40% de água = 406,9 kg

z kg _____ 25% de água = 254,3 kg

*Os fabricantes de pneus possuem tabelas que fornecem o valor do peso em função da quantidade de água adicionada no pneu para as diversas medidas do mesmo

Lastragem traseira

Opção 2

Lastragem traseira necessária = 927,6 kg

763 kg _____ 75% de água

x kg _____ 50% de água = 508,7 kg

y kg _____ 40% de água = 406,9 kg

z kg _____ 25% de água = 254,3 kg

$508,7 \times 2 \text{ pneus} = 1017,4 \text{ kg}$

$1017,4 - 927,6 = 89,8 \text{ kg} = \dots \text{ Mais } 89,8 \text{ kg}$

Lastro traseiro final

sem lastros

Pneu com 50% água *

*Pneu radial !!!

Lastragem traseira

Opção 3

Lastragem traseira necessária = 927,6 kg

763 kg _____ 75% de água

x kg _____ 50% de água = 508,7 kg

y kg _____ 40% de água = 406,9 kg

z kg _____ 25% de água = 254,3 kg

$406,9 \times 2 \text{ pneus} = 813,8 \text{ kg}$

$813,8 - 927,6 = 113,8 \text{ kg} = \dots \text{ Faltam } 113,8 \text{ kg}$

$2 \text{ lastros de } 72 = 144 \text{ kg} = \dots \text{ Mais } 144 - 113,8 = 30,2 \text{ kg}$

Lastro traseiro final

2 lastros de 72 kg

Pneu com 40% água

Lastragem traseira

Opção 4

Lastragem traseira necessária = 927,6 kg

763 kg _____ 75% de água

x kg _____ 50% de água = 508,7 kg

y kg _____ 40% de água = 406,9 kg

z kg _____ 25% de água = 254,3 kg

$254,3 \times 2 \text{ pneus} = 508,6 \text{ kg}$

$508,6 - 927,6 = \text{kg} = \dots$ **Faltam 419,0 kg**

$2 \text{ lastros de } 205 = 410 \text{ kg} = \dots$ **Mais $410,0 - 419,0 = 9 \text{ kg}$**

Lastro traseiro final

2 lastros de 205 kg

Pneu com 25% água



	Eixo dianteiro (kg)	Eixo traseiro (kg)
Peso sem lastro	3.240	4.860
Lastro metálico	600 (1)*	964 (1)
Lastro líquido	0 (1)	0 (1)
Peso lastrado	3.840	5.824

Peso total calculado = 3.840 + 5.824 = **9.664 kg**

39,7%

60,3%

Peso sobre cada pneu

1.920 kg

2.912 kg

*opção



	Eixo dianteiro (kg)	Eixo traseiro (kg)
Peso sem lastro	3.240	4.860
Lastro metálico	100 (2)*	0 (2)
Lastro líquido	498,6 (2)	1.017,4 (2)
Peso lastrado	3.838,6	5.877,4

Peso total calculado = 3.838,6 + 5.877,4 = **9.716 kg**

39,5%

60,5%

Peso sobre cada pneu

1.919,3 kg

2.938,7 kg

*opção



	Eixo dianteiro (kg)	Eixo traseiro (kg)
Peso sem lastro	3.240	4.860
Lastro metálico	350 (4)*	410 (4)
Lastro líquido	249,4 (4)	508,6 (4)
Peso lastrado	3.839,4	5.778,6

Peso total calculado = 3.839,4 + 5.778,6 = **9.618 kg**

40,0%

60,0%

Peso sobre cada pneu

1.919,7 kg

2.889,3 kg

*opção

(Opção 4)



	Dianteiro	Traseiro
Peso sobre cada pneu	1.919,7 kg	2.889,3 kg

Sulcador = 2.500 kg peso em transporte suspenso

Portanto:

Eixo traseiro = 2.889,3 + 1.250 kg (por pneu) = 4.139,3 kg

Dianteiro = 1.919,7 kg

Traseiro = 4.139,3 kg

Tabela para pneus radiais

Dimensão	Velocidade até 40 km/h												
	Pressão kPa (lb/pol ²)												
	70	85	90	105	120	140	160	180	200	220	240	280	320
	(10)	(12)	(13)	(15)	(17)	(20)	(23)	(26)	(29)	(32)	(35)	(41)	(46)
Carga por Pneu – kg													
600/65R28	1944	2060	2231	2360	2650	2900	3075	-	-	-	-	-	-
420/70R28	1245	1320	1430	1500	1700	1850	2060	-	-	-	-	-	-
520/70R30	1780	1900	2060	2120	2430	2650	2900	-	-	-	-	-	-
520/70R34	1890	2000	2170	2300	2575	2800	3150	-	-	-	-	-	-
710/70R38	2790	3350	3630	3875	4375	4875	5300	-	-	-	-	-	-
650/75R32	2720	2900	3160	3355	3740	4130	4485	4850	4990	5170	5450	5800	6310
800/65R32	3100	3450	3600	4000	4375	4875	5450	5600	5800	6150	6300	-	-

Resultado final



10 lb/pol²

17 lb/pol²

Configuração anterior do trator = 11.935 kg

	Dianteiro (kg)	Traseiro (kg)
Peso sem lastro	3.240,00	4.860,00
Lastro metálico	600,00	964,00
Lastro líquido	747,00	1.524,00
Peso total	4.587	7.348,00

38,4%

61,6%



Avanço = 6,26%
Patinagem = 1,92%



Avanço = 2,92%
Patinagem = 4,54%

Configuração anterior do trator = 11.935 kg

Peso total	4.587	7.348,00
------------	-------	----------

38,4%

61,6%

Avanço = 6,26%
Patinagem = 1,92%

Configuração corrigida do trator = 9.618 kg

Peso lastrado	3.839,4	5.778,6
---------------	---------	---------

40,0%

60,0%

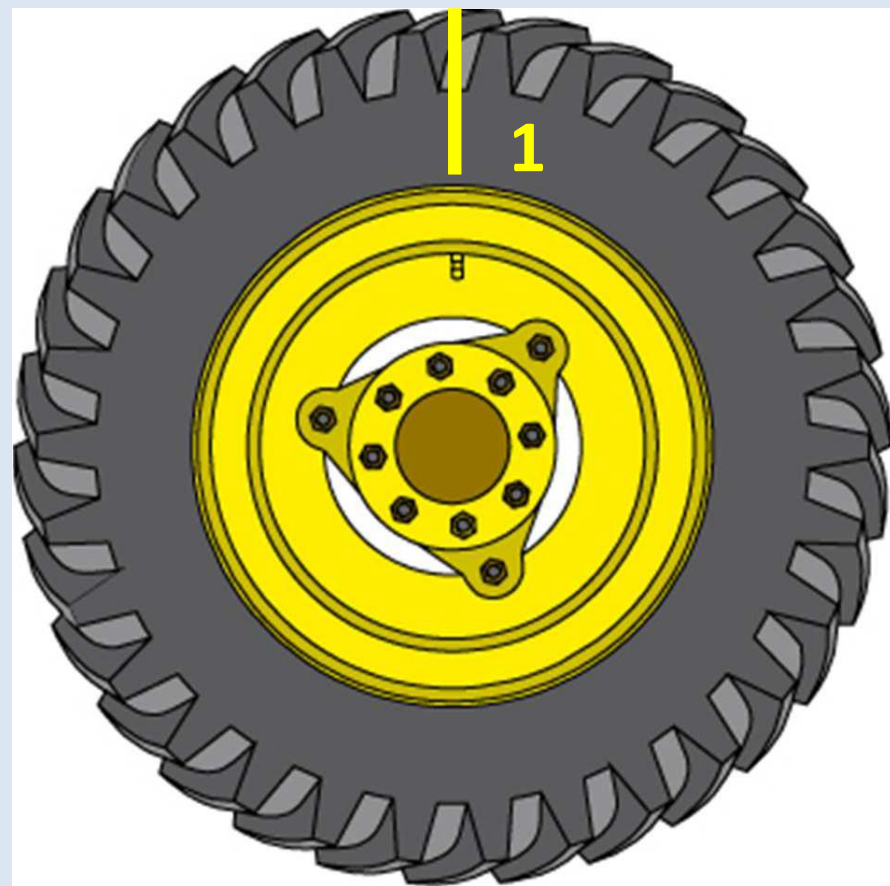
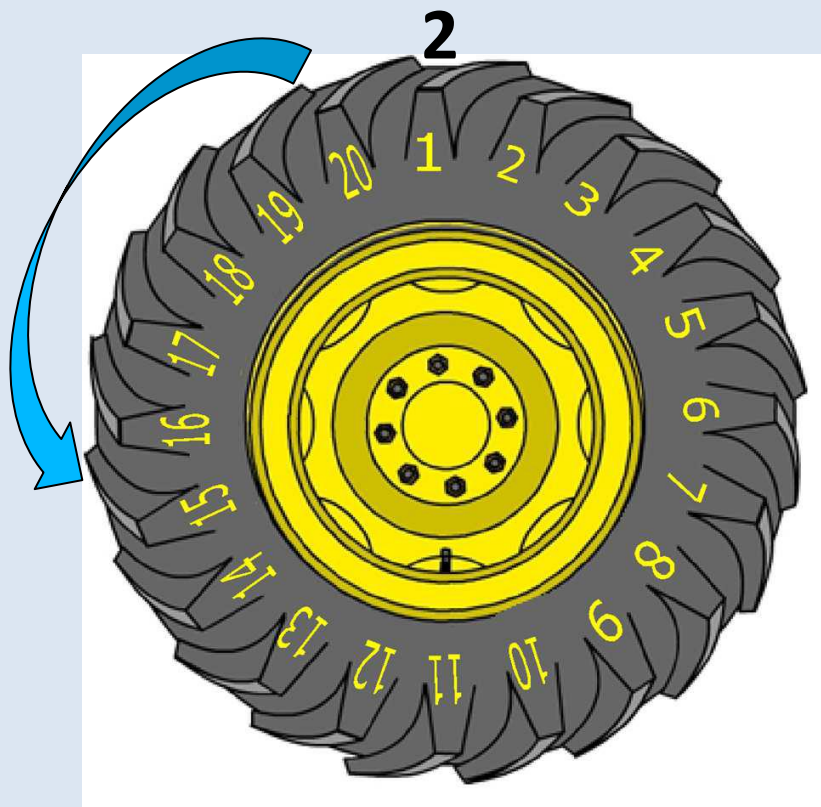
Avanço = 2,92%
Patinagem = 4,54%

$11.935 - 9.618 = - 2.317 \text{ kg}$

Economia de combustível de 4 litros/hora

Relação de avanço

- Marcar pneu traseiro (1)
- Numerar as garras do pneu dianteiro (2)



Relação de avanço

- Girar 10 voltas o pneu traseiro
 - Sem tração dianteira acionada
 - Com tração dianteira acionada

- Exemplo:

- Sem tração dianteira acionada: 13 voltas e garra 14
- Com tração dianteira acionada: 13 voltas e garra 19

Pneu com 20 garras:

sem tração (ST): $14 / 20 = 13,70$

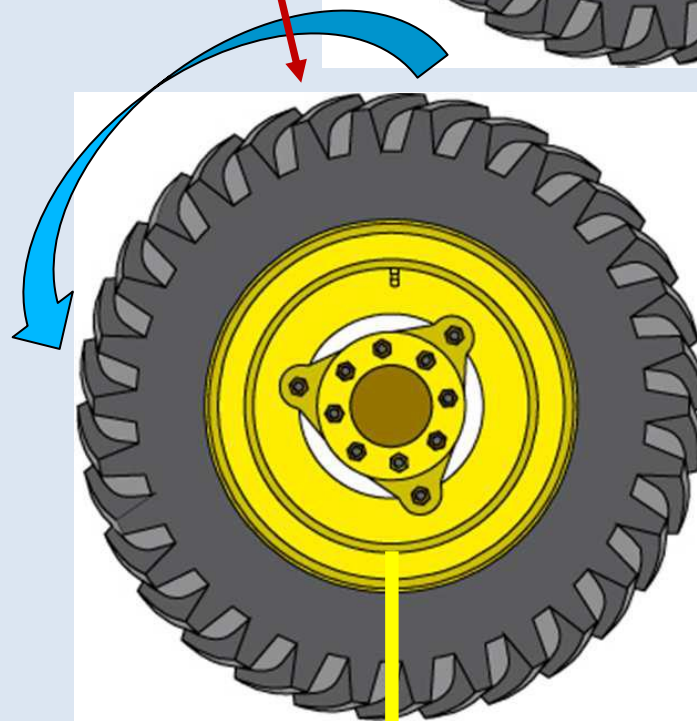
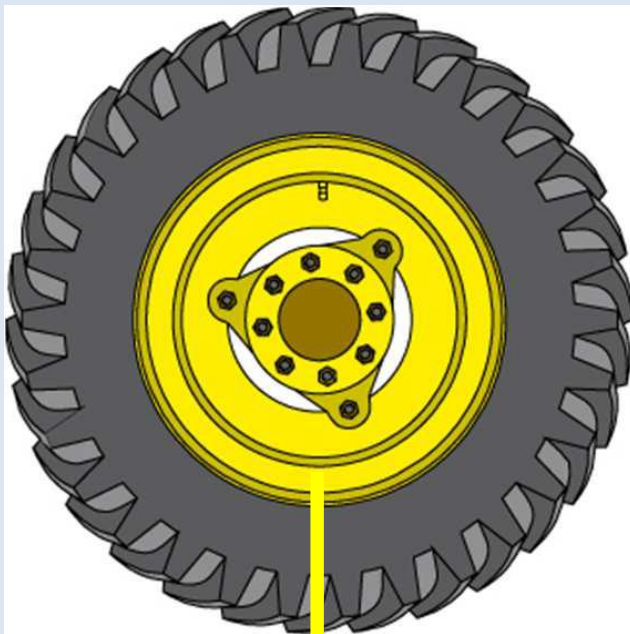
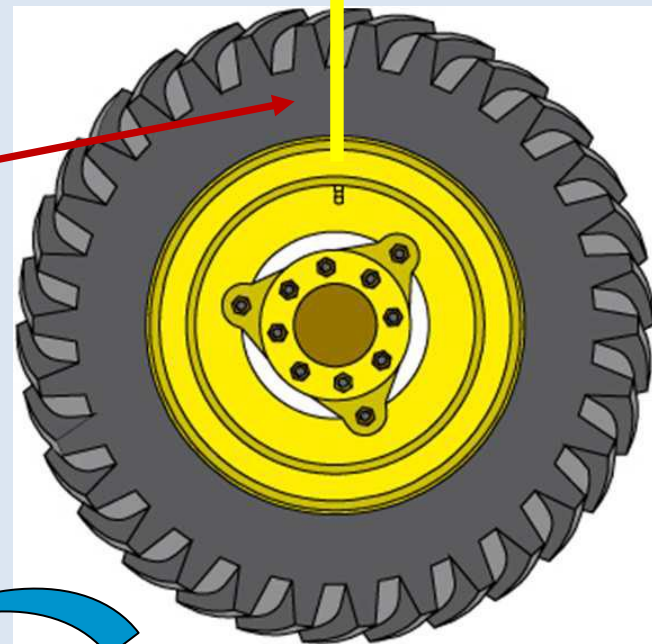
com tração CT): $19 / 20 = 13,95$

$$\text{Relação de avanço} = [(CT - ST) / ST] \times 100$$

$$\text{Relação de avanço} = [(13,95 - 13,70) / 13,70] \times 100 = 1,82 \%$$

Patinagem

- Marcar pneu traseiro
- Girar o pneu traseiro por 20 voltas
- Marcar início e final com duas estacas



Patinagem

- Girar 20 voltas o pneu traseiro
 - Sem o equipamento operando
 - Com o equipamento operando

- Exemplo:

- Sem o equipamento operando (SO): 123 m
- Com o equipamento operando (CO): 110 m

$$\text{Patinagem} = [(SO - CO) / SO] \times 100$$

$$\text{Patinagem} = [(123 - 110) / 123] \times 100 = 10,6 \%$$

Patinagem ideal

Condições do solo	Porcentagem						
	05	07	08	10	12	15	20
Firme/Resto de cultura							
Revolvido/Trabalhado							
Solto/Arenoso							
Com Pneu Radial							
Com Pneu Diagonal							

Fonte: Boletim de orientação técnica Goodyear



MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO



Fazenda Nova (09/14)
Primavera do Leste - MT

Prof. Dr. Carlos Eduardo A. Furlani

furlani@fcav.unesp.br www.lamma.com.br

(16) 3209-7275