

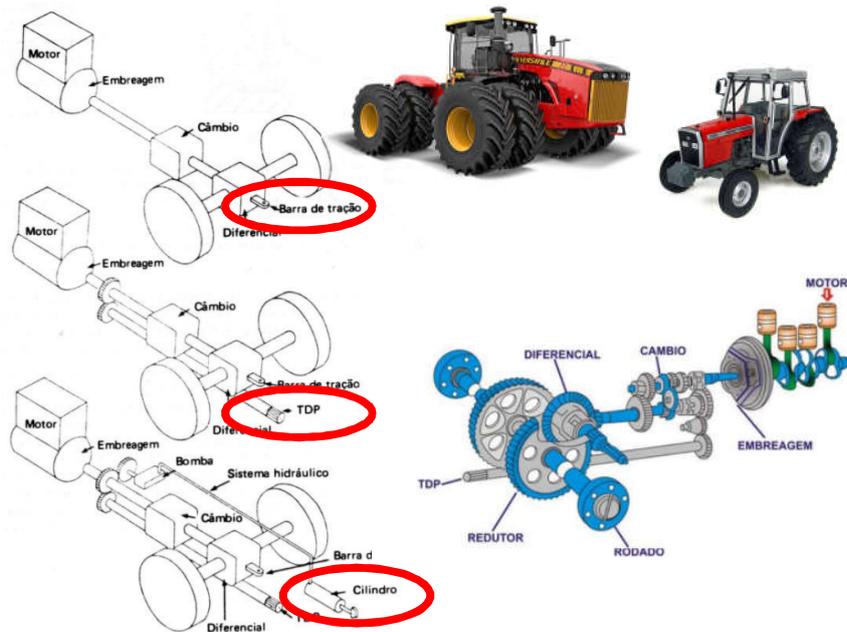
## CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DE TRATORES AGRÍCOLAS

LEB0332 – Mecânica e Máquinas Motoras



Leandro M. Gimenez

2018



Departamento de Engenharia de Biosistemas – ESALQ/USP



**NOVA SÉRIE 70**

www.novoholland.com.br

**ESPECIFICAÇÕES**

ESPECIFICAÇÕES	Modelo 70	Modelo 75
<b>MOTOR</b>		
Potência nominal do motor	70 CV	75 CV
Rotação nominal	2.200 rpm	2.200 rpm
Torque a 1.200 rpm	320 Nm	350 Nm
Reserva de torque	+25%	+30%
Cilindros / Distribuição	4 / 4 CV	4 / 4 CV
Válvulas	4	4
Injeção	Turbo / Intercooler	Turbo / Intercooler
Sistema de combustão	Bomba injetora mecânica	Bomba injetora mecânica
Capacidade do tanque de combustível	70L	80L
<b>SISTEMA PNEUMÁTICO</b>		
Alternador	130 A	130 A
Capacidade do sistema	900 DCA	900 DCA
<b>TRANSMISSÃO</b>		
Transmissão	13x12 Sincrona	13x12 Sincrona
Relação	26x25	26x25
Velocidade máxima	36km/h 100 rpm	36km/h 100 rpm
<b>ENGRANAGEM</b>		
Engrenagem	Engrenagem	Engrenagem
3ª marcha aberta	3ª marcha aberta	3ª marcha aberta
45ª marcha	45ª marcha	45ª marcha
63ª marcha	63ª marcha	63ª marcha
100ª marcha	100ª marcha	100ª marcha
Categoria II	Categoria II	Categoria II
Capacidade máxima de arrast. (MOC)	Capacidade máxima de arrast. (MOC)	Capacidade máxima de arrast. (MOC)
3.412 kgf	3.412 kgf	3.412 kgf

**ESPECIFICAÇÕES**

ESPECIFICAÇÕES	Modelo 110	Modelo 125
<b>MOTOR</b>		
Potência nominal do motor	110 CV	125 CV
Rotação nominal	2.200 rpm	2.200 rpm
Torque a 1.200 rpm	320 Nm	350 Nm
Reserva de torque	+25%	+30%
Cilindros / Distribuição	4 / 4 CV	4 / 4 CV
Válvulas	4	4
Injeção	Turbo / Intercooler	Turbo / Intercooler
Sistema de combustão	Bomba injetora mecânica	Bomba injetora mecânica
Capacidade do tanque de combustível	70L	80L
<b>SISTEMA PNEUMÁTICO</b>		
Alternador	130 A	130 A
Capacidade do sistema	900 DCA	900 DCA
<b>TRANSMISSÃO</b>		
Transmissão	13x12 Sincrona	13x12 Sincrona
Relação	26x25	26x25
Velocidade máxima	36km/h 100 rpm	36km/h 100 rpm
<b>ENGRANAGEM</b>		
Engrenagem	Engrenagem	Engrenagem
3ª marcha aberta	3ª marcha aberta	3ª marcha aberta
45ª marcha	45ª marcha	45ª marcha
63ª marcha	63ª marcha	63ª marcha
100ª marcha	100ª marcha	100ª marcha
Categoria II	Categoria II	Categoria II
Capacidade máxima de arrast. (MOC)	Capacidade máxima de arrast. (MOC)	Capacidade máxima de arrast. (MOC)
3.412 kgf	3.412 kgf	3.412 kgf



**CASE IH**

**TRATORIAS MAXUM™ 80 & 90**



**Série SE** | [www.john-deere.com](http://www.john-deere.com)

**???**

Departamento de Engenharia de Biosistemas – ESALQ/USP

## Tratores

Máquinas projetadas para tracionar, transportar e acionar máquinas e implementos agrícolas

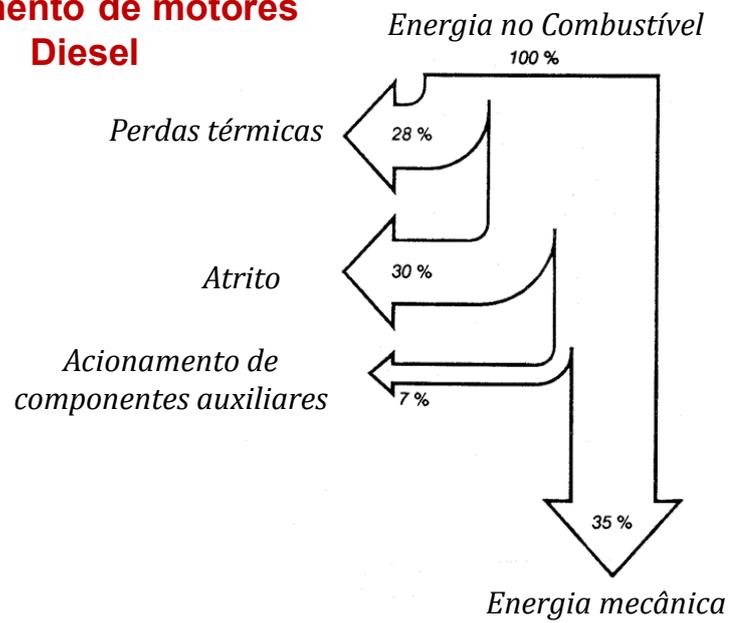
O quão bem realiza suas funções?

**Métodos padronizados de avaliação**

1920 – “Nebraska Tractor Law”  
 1953 – ISO  
 1955 - OCDE

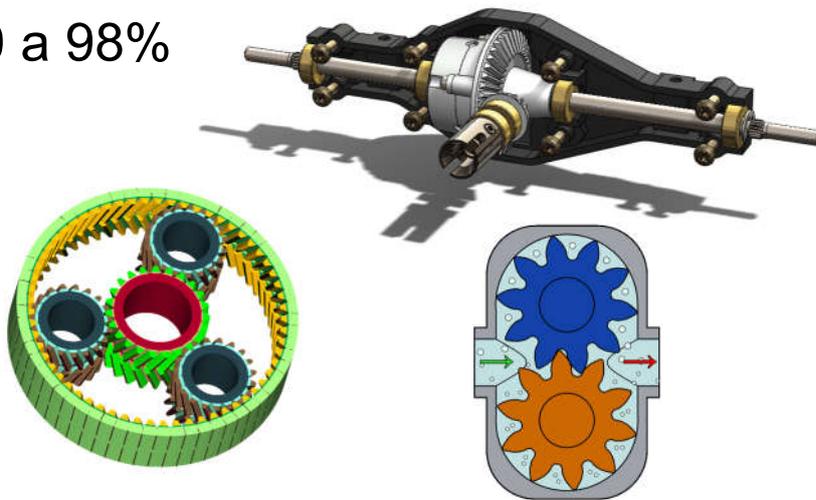
4

## Rendimento de motores Diesel



## Rendimento em transmissões

80 a 98%



## Relações de importância

$$T_m * N_m * E_t = T_r * N_r$$

$$E_t = \frac{P_r}{P_m}$$

$$P_b = E_r * P_r$$

$$E_r = \frac{P_b}{P_r}$$

$$P_b = P_m * E_t * E_r$$

$T_m$  = Torque no motor

$T_r$  = Torque no rodado

$N_m$  = Rotação do motor

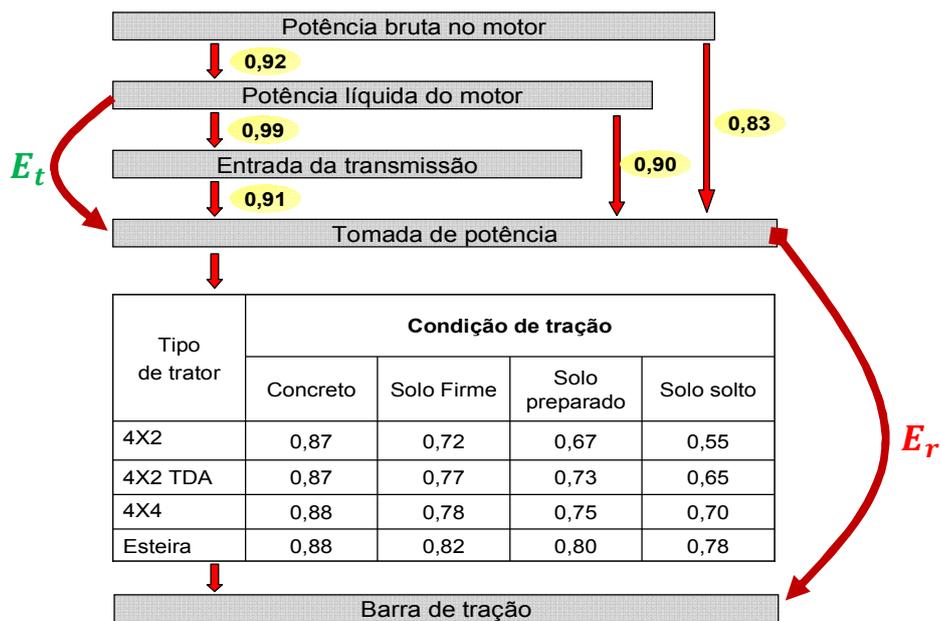
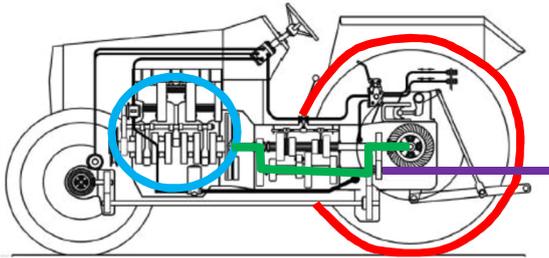
$N_r$  = Rotação do rodado

$E_t$  = Eficiência da transmissão

$E_r$  = Eficiência de tração rodado

$P_m$  = Potência no motor

$P_r$  = Potência no rodado



Fonte: ASABE

## Desempenho de tratores

1. Características dimensionais e ponderais
2. Motor: Ensaio de tomada-de-potência
3. Conjunto: Ensaio de pista
4. Sistema Hidráulico

## Normas

### Códigos OCDE

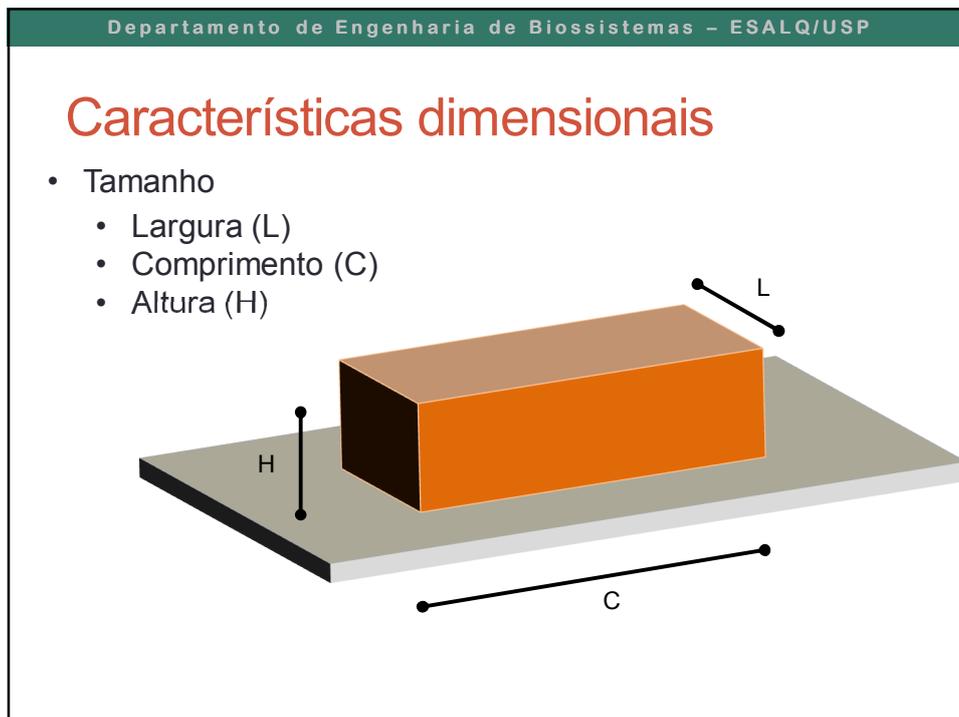
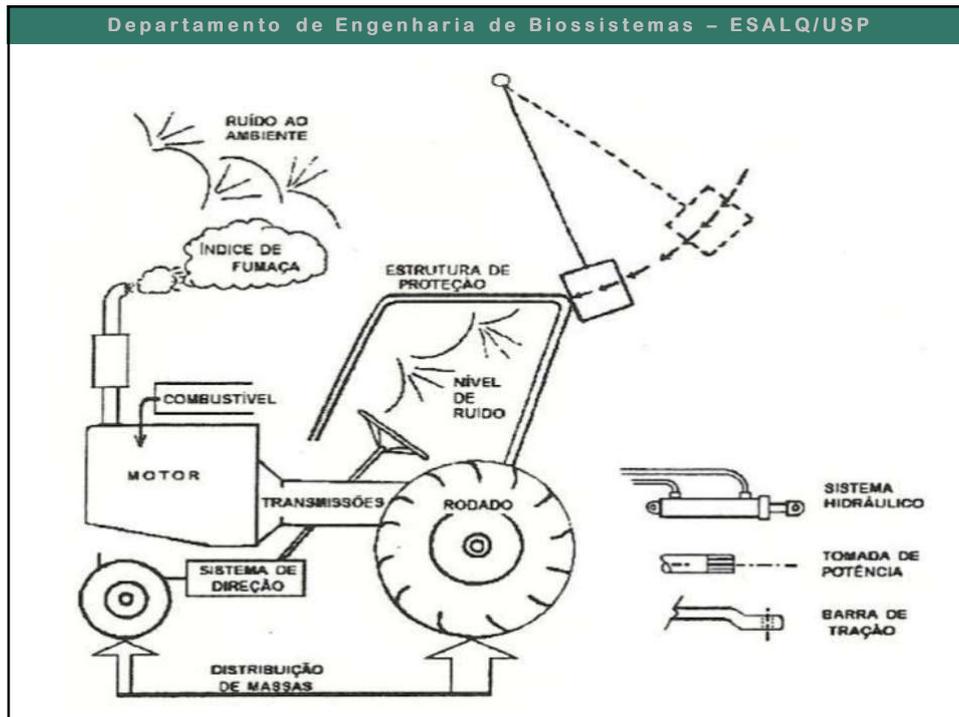
#### 2) Desempenho de tratores

- 3) Resistência de estruturas de proteção – Teste dinâmico
- 4) Resistência de estruturas de proteção – Teste estático
- 5) Ruídos na posição do operador

### No Brasil

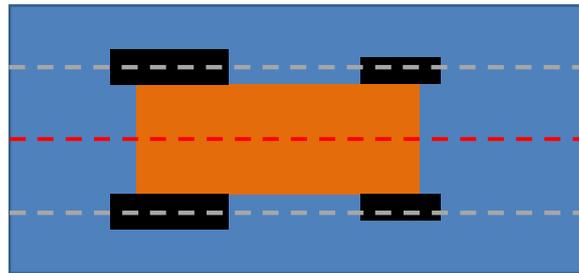
Code 2 = NBR 10400 – Tratores agrícolas – determinação das características técnicas e desempenho

Code 5 = NBR 9999 - Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas – Procedimento



## Características Dimensionais

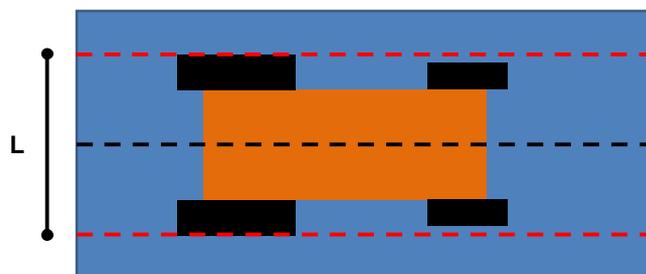
**Plano Médio Longitudinal:** plano perpendicular ao plano de apoio, paralelo e equidistante dos planos médios das rodas traseiras, com o trator em posição tal que possa se deslocar em linha reta



13

## Características Dimensionais

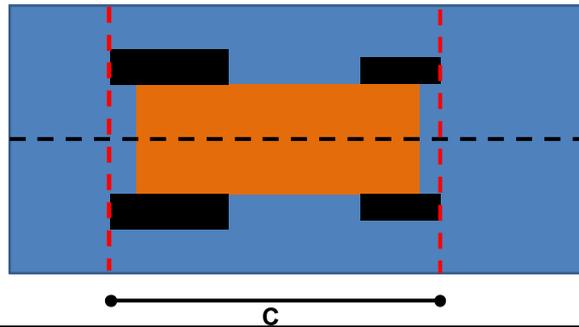
**L** = distância entre dois planos paralelos a plano médio longitudinal e tangentes aos pontos mais extremos do trator, no caso de bitolas ajustáveis será aquele da menor



14

## Características Dimensionais

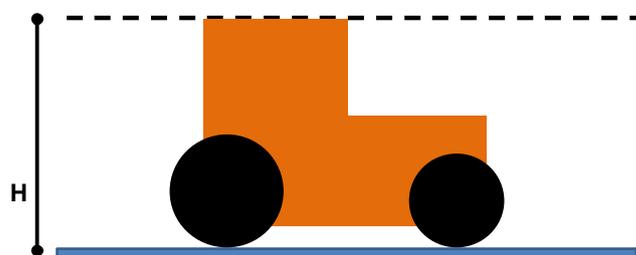
**C** = distância entre dois planos perpendiculares ao plano de apoio e ao plano médio longitudinal e tangentes aos pontos mais extremos do trator; componentes removíveis do engate de 3 pontos, localizados na frente ou atrás, não são incluídos.



15

## Características Dimensionais

**H** = distância entre o plano de apoio e o plano paralelo ao mesmo e tangente ao ponto mais elevado do trator.

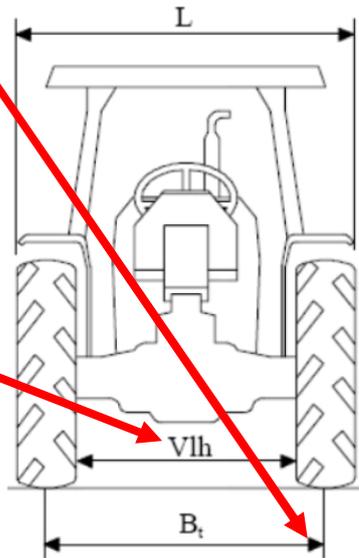


16

## Configuração Geométrica

**Bitola:** distância entre os dois pontos gerados sobre o plano de apoio da máquina pela interseção deste com os planos médios das rodas de um mesmo eixo e o plano transversal das mesmas rodas

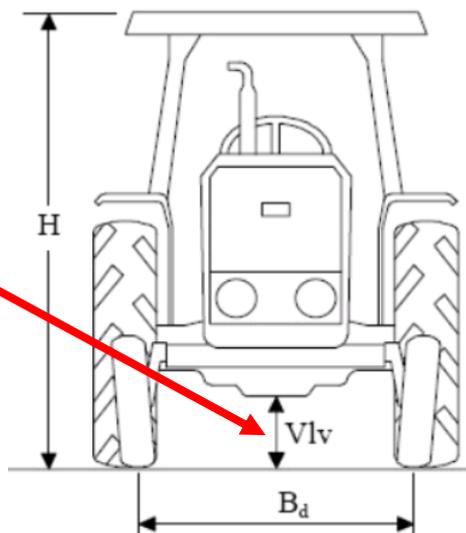
**Vão livre horizontal:** distância entre dois planos paralelos ao plano médio longitudinal e tangentes aos pontos mais internos dos rodados



17

## Configuração Geométrica

**Vão livre vertical:** distância entre o plano de apoio e o ponto mais baixo da parte central do trator



18

## Configuração Geométrica

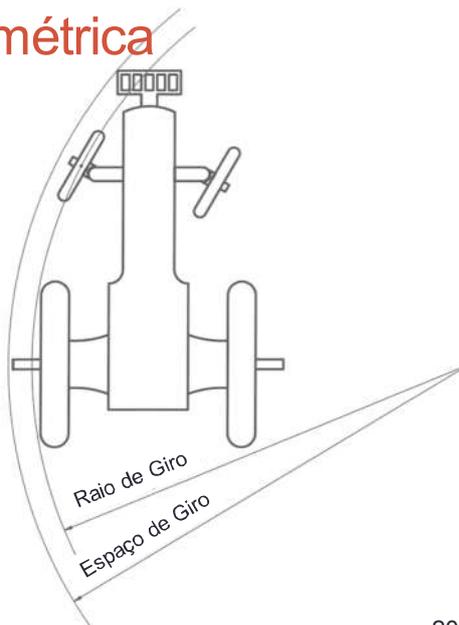
**Raio de Giro:** raio do menor círculo descrito por um ponto da intersecção do plano vertical médio da **roda mais externa do trator**, com o plano de apoio, em nível, sobre o qual a máquina desloca-se em círculo com o volante de direção totalmente esterçado à direita ou à esquerda, com os freios direcionais aplicados ou não.



19

## Configuração Geométrica

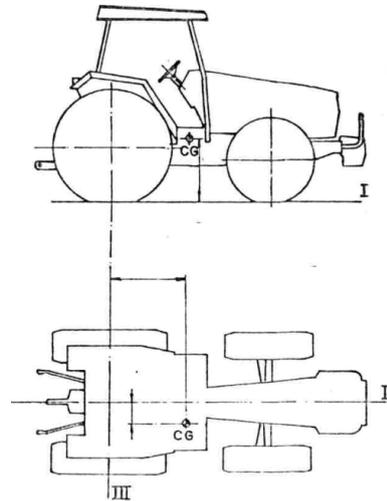
**Espaço de Giro:** espaço circular expresso através do raio de sua circunferência como raio do espaço de giro, delimitado pelo deslocamento do ponto de intersecção da perpendicular baixada **pelo ponto mais externo do trator** com o plano de apoio em nível, sobre o qual o espécime desloca-se em condições idênticas às definidas para o espaço de giro



20

## Características Ponderais

- Massa do trator
  - Com e sem lastro
- Massa dianteira
  - Com e sem lastro
- Massa traseira
  - Com e sem lastro
- Massa dos lastros
  - Dianteiros;
  - Nas rodas traseiras;
  - Nas rodas dianteiras
- Centro de gravidade



21

## CODE 2 – Tractor Performance

### Testes obrigatórios

- Potência fornecida pela TDP em sua rotação nominal e em mais cinco rotações que permitam calcular o consumo de combustível;
- Potência do sistema hidráulico e força de levantamento do engate de três pontos;
- Potência e consumo de combustível através do tracionamento pela barra de tração (sem lastro);

22

## CODE 2 – Tractor Performance

### Testes opcionais

- Potência fornecida pela TDP em mais pontos de rotação;
- Consumo de reagente nos testes de potência na TDP e barra de tração;
- Partida em baixas temperaturas;
- Pontos adicionais no ensaio da barra de tração;
- Teste de dez horas (tratores lastrados);
- Consumo de combustível sob esforços de tração distintos;
- Área e círculo de giro;
- Centro de gravidade;
- Frenagem;
- Ruído externo;
- Teste de resistência à entrada de água
- Nível de ruído no posto do operador;

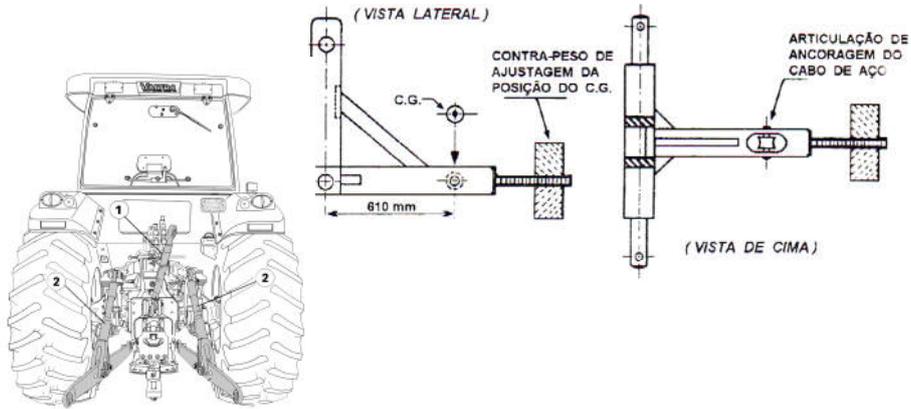
23

## Potência do sistema hidráulico

- Temperatura do óleo hidráulico padronizada (65 +/- 5°C), ou mensurada continuamente
  - Força máxima no olhal braços inferiores
  - Força máxima a uma distância de 610 mm
  - Capacidade do sistema de levantamento em sustentar carga levantada
  - Potência máxima disponível na tomada hidráulica externa

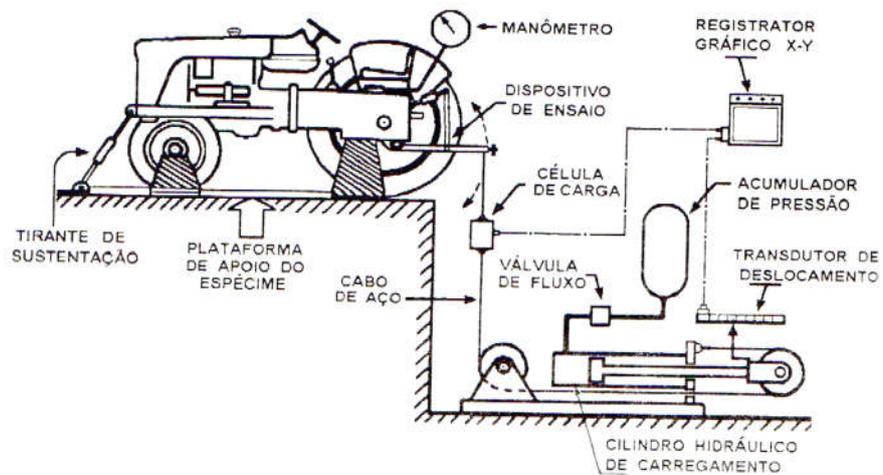
24

## Sistema Hidráulico – Força de Levantamento



25

## Sistema Hidráulico – Força de Levantamento

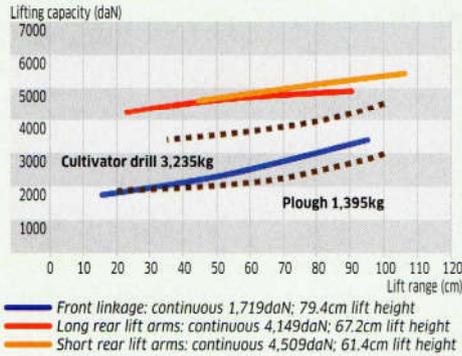


26

## Sistema Hidráulico – Força de Levantamento

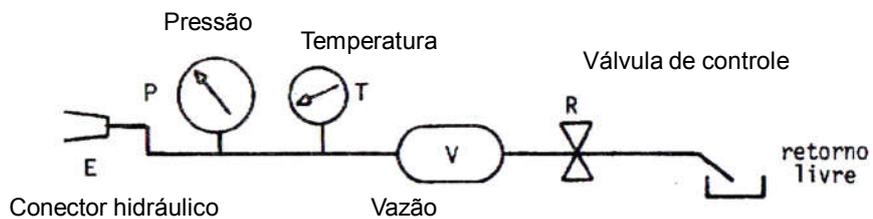
### Lift power and lift requirement

**Clas Arion 450:** The red curve shows the recorded lift capacity (90% of maximum lift) as continuous lift power on the link ends. The yellow curve displays lift capacity with the lift arms shortened – more than 350daN extra lift capacity with a 6cm smaller lift range. Thanks to the rising power curve, the Arion is able to lift a 3.2t power harrow drill combi.



27

## Sistema Hidráulico – Potência Hidráulica



$$N(W) = Q \left( \frac{m^3}{s} \right) * p (Pa)$$

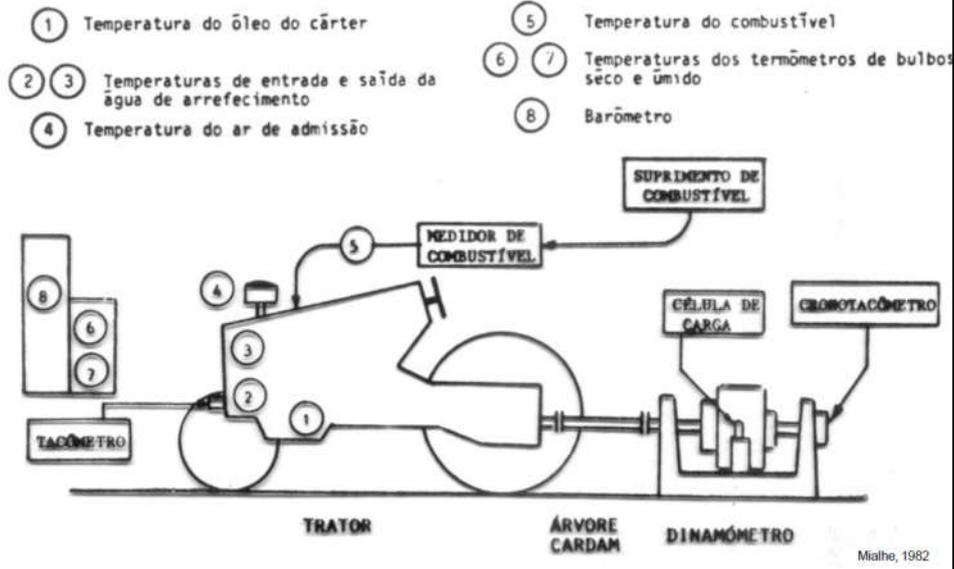
Potência

Vazão

Pressão

28

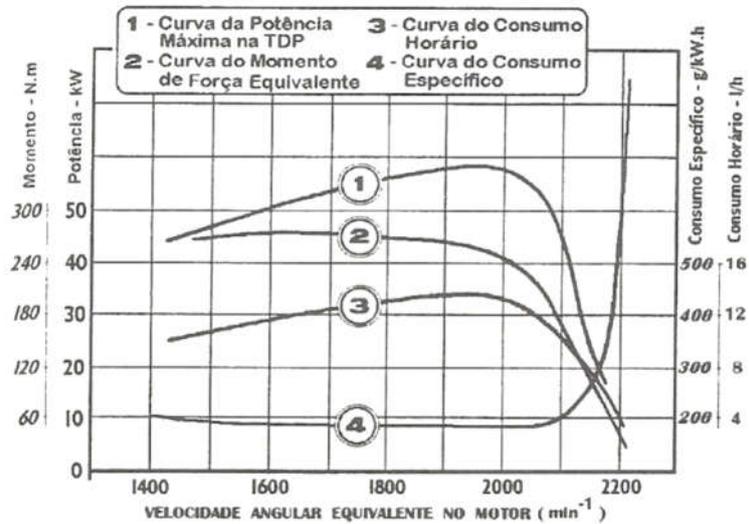
## Desempenho na TDP e do motor



## Desempenho na TDP e do motor

- Medidas
  - rotações, torque, consumo de combustível, temperaturas, pressão barométrica
- Resultados na forma gráfica:
  - Potência em função da rotação (velocidade tangencial)
  - Torque (equivalente) na árvore de transmissão do motor
  - Consumo horário e específico em função da rotação
  - Consumo específico em função da potência

## Desempenho na TDP e do motor



## Consumo de combustível

- **Horário ( $C_h$ ):** em relação ao tempo, mensurado através dos instrumentos que compõem a bancada dinamométrica. Pode ser expresso em  $\text{kg h}^{-1}$  ou  $\text{L h}^{-1}$ 
  - Cuidados com a mensuração volumétrica, pois a densidade é alterada com a temperatura – necessário tomar nota de ambas
- **Específico ( $C_e$ ):** em relação ao trabalho mecânico desenvolvido, obtido pela relação entre o consumo horário e a potência desenvolvida. Expresso em  $\text{g kWh}^{-1}$ .

$$C_e = \frac{C_h * 1000}{H}$$

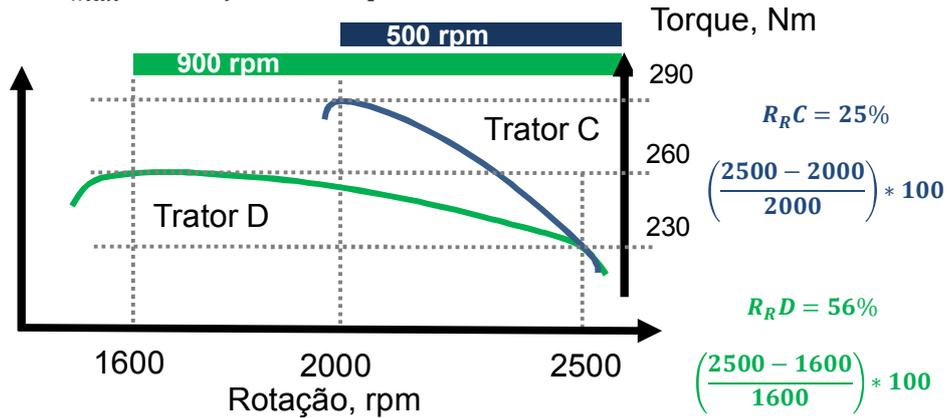
H = Potência, kW

**Reserva de rotação → flexibilidade em operações leves**

$$R_R = \text{reserva de rotação} \quad R_R = \left( \frac{RP_{max} - RT_{max}}{RT_{max}} \right) * 100$$

$RP_{max}$  = rotação de potência máxima

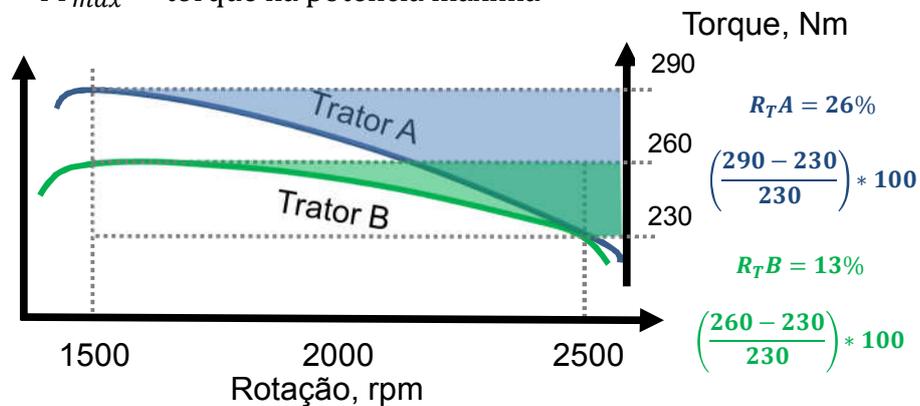
$RT_{max}$  = rotação de torque máximo

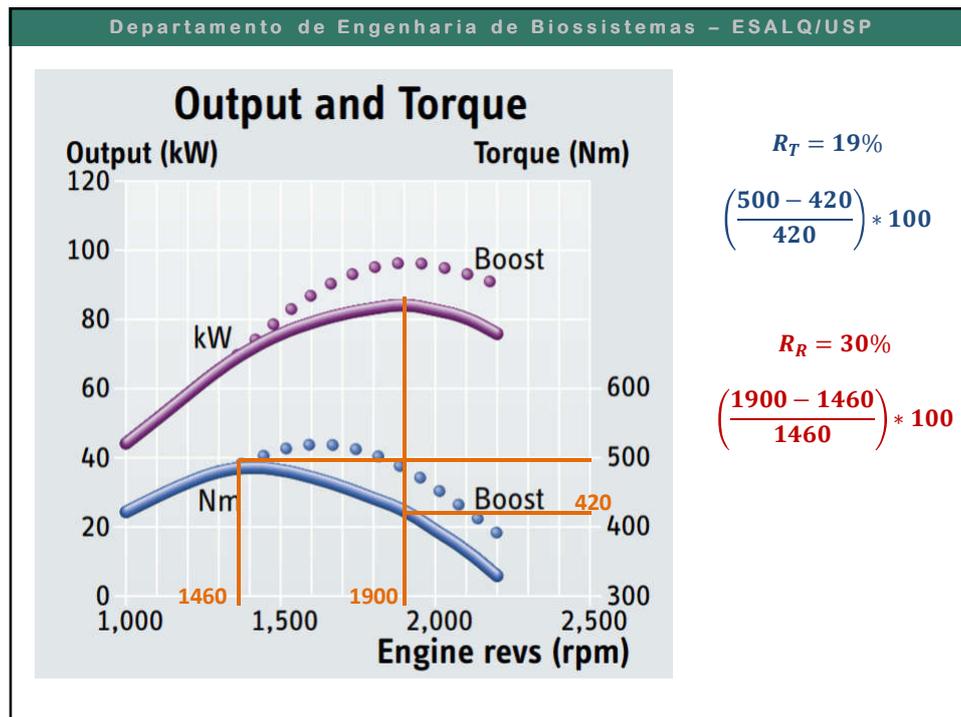
**Reserva de torque → suportar carga momentânea**

$$R_T = \text{reserva de torque} \quad R_T = \left( \frac{T_{max} - TP_{max}}{TP_{max}} \right) * 100$$

$T_{max}$  = torque máximo

$TP_{max}$  = torque na potência máxima





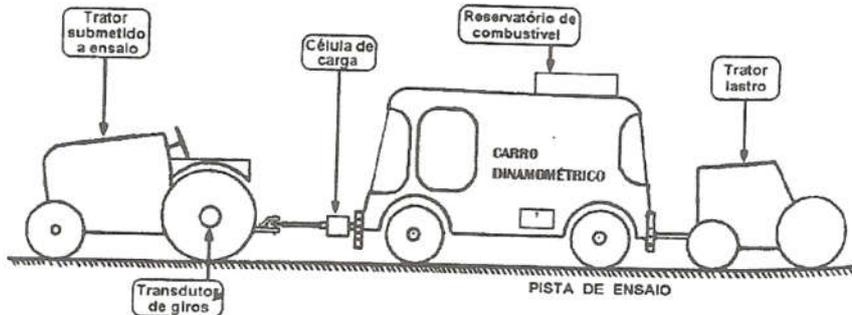
Departamento de Engenharia de Biosistemas – ESALQ/USP

## Potência na barra de tração e consumo de combustível

- Pista de concreto ou asfalto plana e sem remendos;
- Pneus novos;
- Linha de tração horizontal, respeitando limites de dirigibilidade
- Testes com e sem lastragem de acordo com o especificado pelo fabricante e pressão de pneus segundo fabricante dos pneus;
- **Limite de patinagem** para tratores de rodas **15%**
- Marchas no intervalo entre 2,5 e 17 km h<sup>-1</sup>
  - Em cada marcha combinação de velocidade e torque que gere a maior potência

36

## Desempenho do conjunto

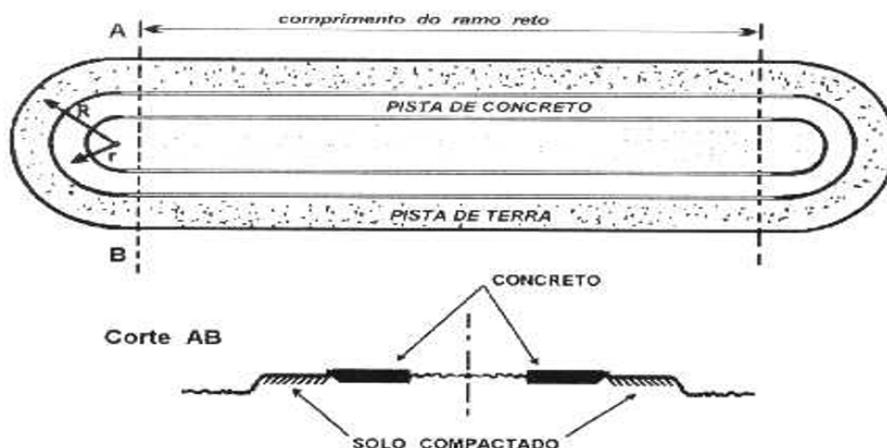


- Rotação do motor
- Força de tração
- Velocidade
- Patinação
- Consumo de combustível

- Temperaturas:
- combustível
  - óleo lubrificante
  - fluido de arrefecimento

Condições atmosféricas.

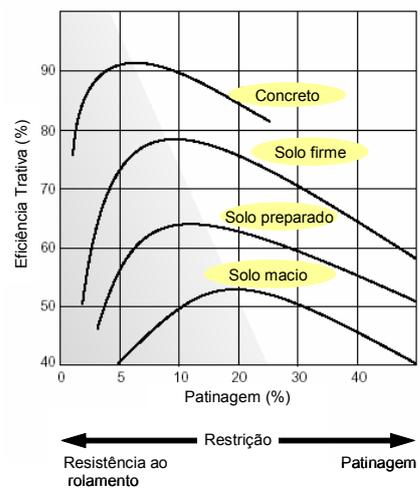
## Potência na barra de tração e consumo de combustível



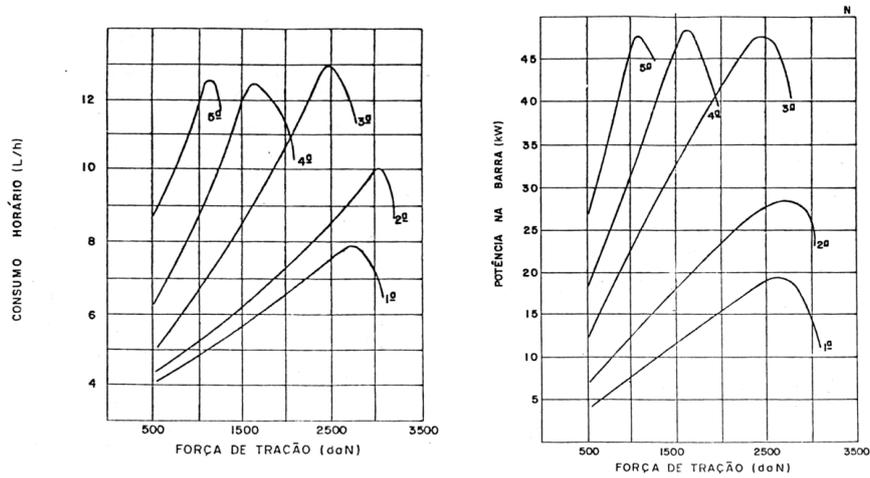


## Desempenho em solos

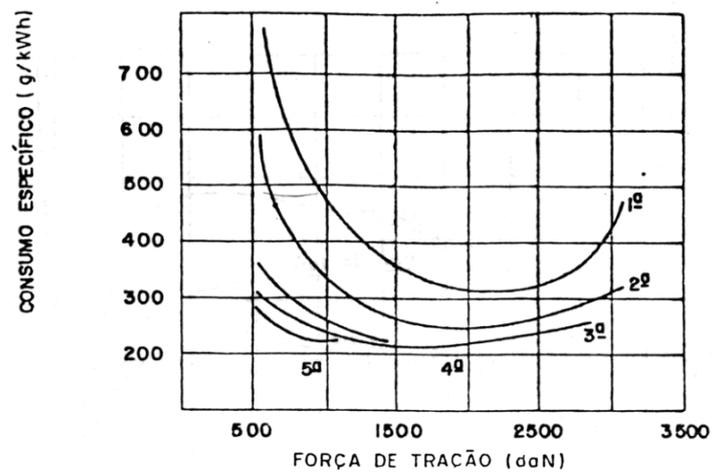
$$\text{Eficiência Tração (\%)} = \frac{\text{Potência na Barra de tração}}{\text{Potência no rodado}}$$



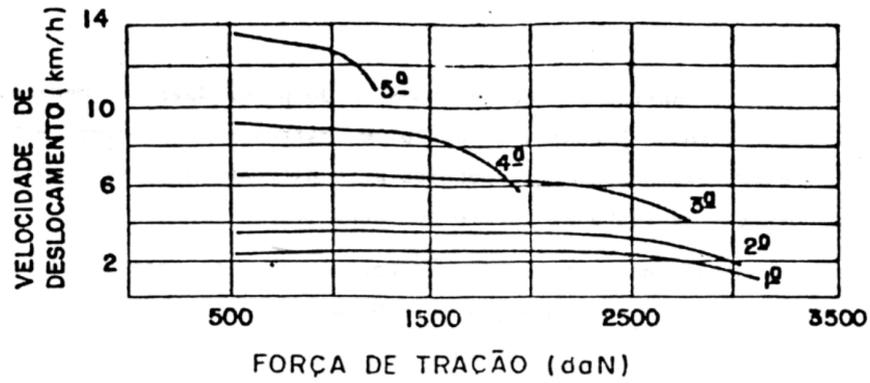
## Potência na barra de tração e consumo de combustível



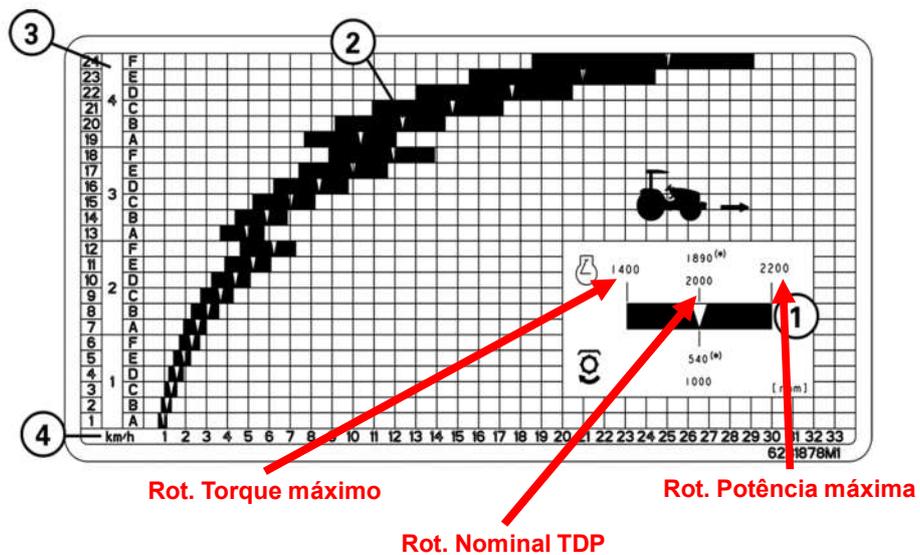
## Potência na barra de tração e consumo de combustível



## Potência na barra de tração e consumo de combustível

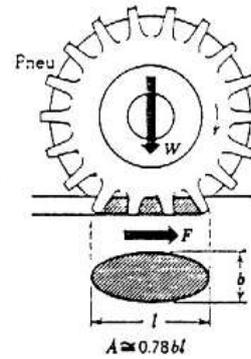
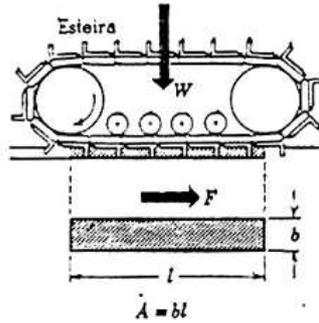
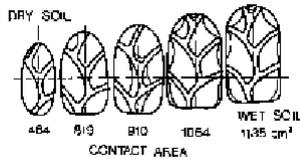


## Seleção da marcha de trabalho



## Interação Solo-Rodado

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



## Lastragem

- Operações com baixo esforço de tração
  - 35 a 40 kg de lastro para cada cv de potência
- Operações com elevado esforço de tração
  - 55 a 60 kg de lastro para cada cv de potência

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

# ALGUNS RESULTADOS

## DLG - OCDE

**profil Tractor test**



**Technical data, test results**

**Class Arion 450**

**Technical data**

**Results from the test station**

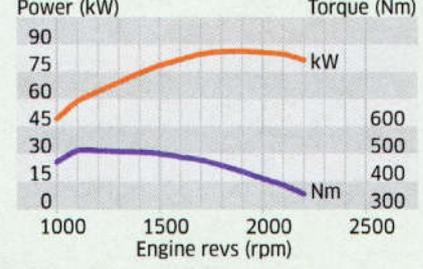
**The test results**

**Output and torque**

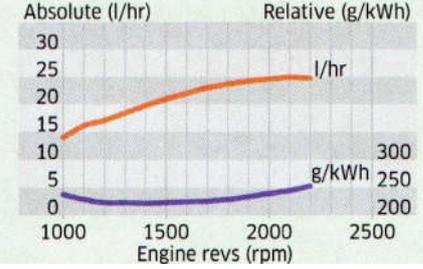
**Fuel consumption**

**Fuel economy at typical performance**

### Output and torque



### Fuel consumption



## DLG - OCDE

### Results from the test station

#### Pto output

Max (1,900rpm)	86.5kW
At rated speed	81.4kW

#### Diesel/AdBlue consumption

Max output	233+22.4g/kWh
At rated speed	252+23.3g/kWh
Absolute max/at rated	24.2/24.7l/hr

#### Torque (no boost)

Max	510Nm (1,200rpm)
Torque rise	44%
Engine speed drop	45%
Start-off torque	132%

#### Transmission

No. of gears in 4-12km/hr range	Nine
---------------------------------	------

#### Rear lift capacities (90% max oil pressure, cor.)

Bottom/middle/top	4,149/4,585/4,788daN
Lift range under load	67.2cm (23.0-90.2cm)

#### Front lift capacities (90% max oil pressure, cor.)

Bottom/middle/top	1,719/2,362/3,321daN
Lift range under load	79.4cm (15.6-95.0cm)

#### Hydraulic output

Operating pressure	185 bar
Max flow	104.7l/min
Max output	27.7kW (99.7l/min, 167 bar)

#### Drawbar power

Max (1,900rpm)	79.6kW (254.0g/kWh)
At rated speed	74.2kW (276.0g/kWh)

#### Noise level (under load at driver's ear)

Cab closed/open	75.7/78.9dB(A)
-----------------	----------------

#### Braking

Maximum mean deceleration	4.2m/s <sup>2</sup>
Pedal force	45.0daN

#### Turning circle

4WD disengaged	11.20m
----------------	--------

49

## DLG - OCDE

### Test weight

Front axle	2,830kg
Rear axle	3,040kg
Kerb weight	5,870kg
Gross axle weight (front/rear)	4,000/6,800kg
Max permissible weight	8,500kg
Payload	2,630kg
Power-weight ratio	63kg/kW
Wheelbase	253cm
Track width front/rear	197/194cm
Ground clearance	53.0cm

50

## DLG - OCDE

### Claas Arion 450

#### Technical data

**Engine:** 92kW/125hp (ECE-R 120) at 2,200rpm; water-cooled, 4.5-litre, four-cylinder FPT N45, Stage IV (Tier 4F) with DOC, SCR and AdBlue; turbo-charger; inter-cooling; 190-litre fuel tank, 22-litre AdBlue tank

**Transmission:** 24F/24R Hexashift with six powershift steps and four main ranges, powershuttle, automatic functions for field and road; 40km/hr, optional creeper box starts at 140m/hr

**Brakes:** Wet disc brakes at the rear, mechanical hand brake; air brakes standard for 2018

**Electrics:** 12V, 180amps battery, 200amps alternator, 4.2kW/5.7hp starter power

**Linkage:** Cat II/III; ELC with draft link control and load compensating drop-rate control; front linkage and pto are options

**Hydraulics:** 110l/min swash plate pump (standard 60l/min gear pump), 190 bar, up to six spools (four + two electric spools with time and flow control); 25/50 litres of available oil for external implements

**Pto:** 540/540E/1,000; 1 3/8in, six/ 21 splines, electro-hydraulic engagement

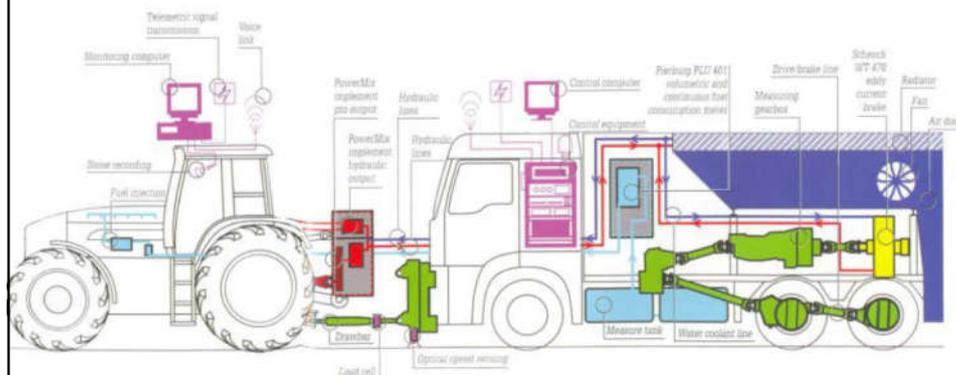
**Axles and running gear:** Flanged axle, multi-plate differential locks, electro-hydraulic engagement as for 4WD. Tested tyres 480/65 R28 at front and 600/65 R38 at rear

**Service and maintenance:** 12.3 litres of engine oil (oil change intervals of 600 hours); 67.0 litres of transmission/hydraulic oil (1,800 hours), 16.0-litre cooling system

**List price:** Arion 450 in base spec from £87,640, CSI spec £92,090, CIS+ spec £100,070, Hexashift £2,275, front suspension £4,400, cab suspension £1,640, front loader (incl brackets) £8,940, front linkage £2,810

51

## DLG Powermix

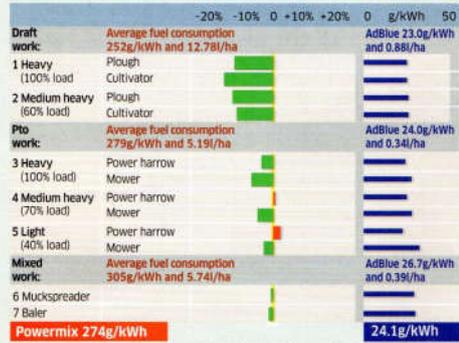


52

# DLG Powermix

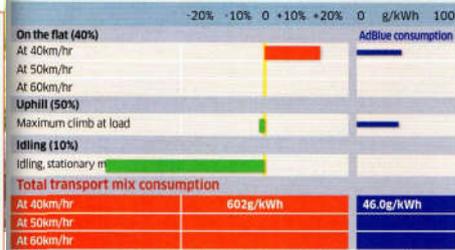
## Claas Arion 450

### Fuel consumption in field work



The Powermix figure is shown at the bottom to the left and is arrived at by averaging the seven individual tests. The table shows average results for the categories draft work, pto work and mixed work, measuring fuel consumption in grams per kilowatt hour and in litres per hectare. The right graph charts the AdBlue consumption curve (AdBlue is not a fuel but is diesel exhaust fluid and used by the SCR system). The bars are narrower here because AdBlue is less expensive than diesel. Blue text marks the average rates. The yellow line in the left graph shows the average result obtained from all previous Powermix tests. The length of the individual bars indicates tractor performance in this specific type of work was better than (green) or fell short of (red) the average result of all Powermix candidates tested to date. The average Powermix parameter, obtained from all tractors tested to present, is currently 28.9g/kWh. For all types of work the Arion 450's Powermix was below average. The overall Powermix result for diesel consumption is 4.8% below our current running average. But we still need to account for the AdBlue, and in this part of the test we achieved an average of 6.9 litres of DEF per 100 litres of diesel.

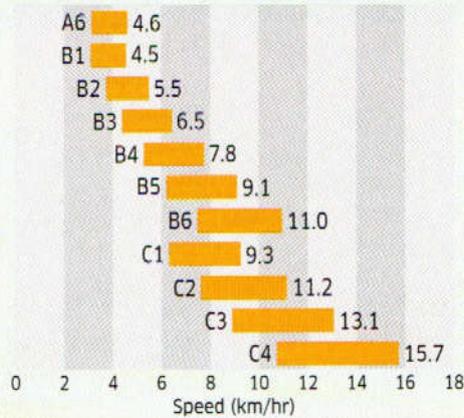
### Fuel consumption in transport work



The DLG transport test is currently carried out on the road. The test tractor travels around a course, pulling a trailer with a load balanced to the tractor's pto output. Each measurement is repeated three times. Light work accounts for 50% of the total result, travelling on a flat surface represents 40% and idling for 10%. The yellow lines in the graph mark the average result obtained from all tractors which have participated in the transport test so far. The length of the bars indicates the percentage by which the test candidate was better than (green) or fell short of (red) the average result. The current average for the Powermix transport test is 590g/kWh at 40km/hr and 575g/kWh at 50km/hr. At 40km/hr the Claas was higher than average. Here the overall consumption was only 2% higher than the average rate obtained from all tractors tested up to now.

# DLG Powermix

## 9 speeds in the 4-12km/hr band

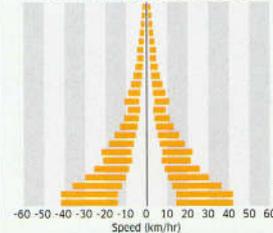


## Speed ratios

Hexashift gearbox with 24/24 speeds, nine of which are in the 9-12km/hr range (but some are very closely spaced). A 50km/hr option is not available, although a creeper offers speeds from 140m/hr.



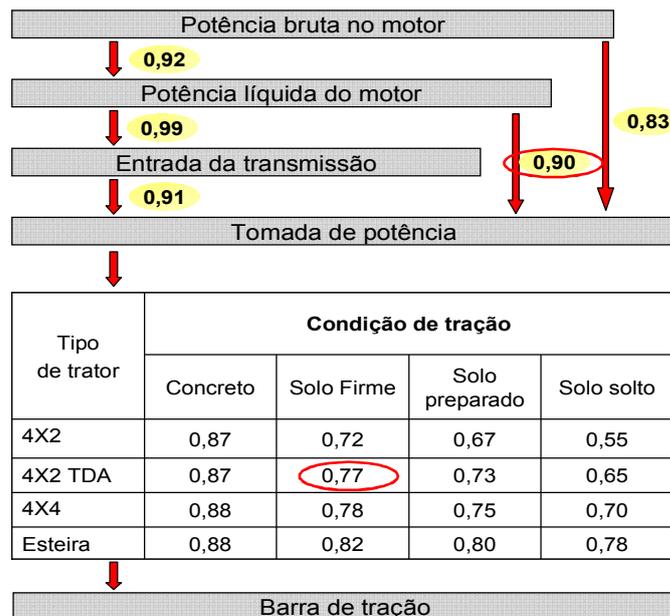
## 24 forward/reverse speeds



## Exercício

Qual a força disponível na barra de tração de um trator 4x2 TDA de 150 cv tracionando um equipamento de preparo do solo a  $5 \text{ km h}^{-1}$ , em terreno firme?

- Velocidade:  $5 \text{ km h}^{-1} \div 3,6 = 1,39 \text{ m s}^{-1}$
- Potência no eixo =  $150 * 0,9 \rightarrow 135 \text{ cv}$
- Potência na barra =  $135 * 0,77 \rightarrow 104 \text{ cv}$
- Potência (W) = Força (N) \* Velocidade ( $\text{m s}^{-1}$ )
- $104 * 735 = F * 1,39$  (1 cv = 735 W)
- $F = 54992 \text{ N} \rightarrow 54,9 \text{ kN}$ 
  - Ou aproximadamente 5610 kgf (1 N = 0,102 kgf)



Fonte: ASABE



FIM

---

Leandro M. Gimenez  
[lmgimenez@usp.br](mailto:lmgimenez@usp.br)