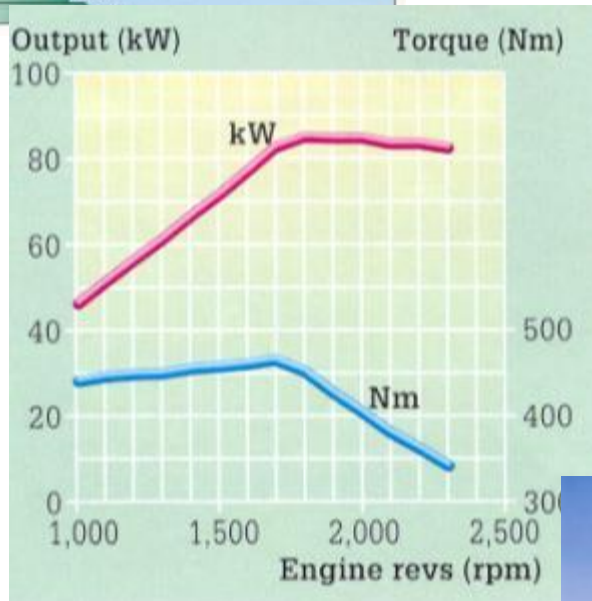
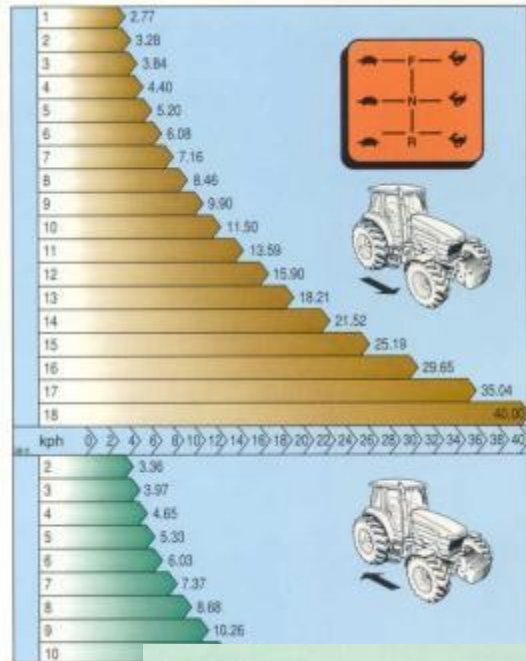


Mecânica e Máquinas Motoras

LER 332

Desempenho de tratores

J. P. Molin



Objetivos específicos

- Conhecer os conceitos e parâmetros básicos que caracterizam o desempenho de um trator;
- Analisar e avaliar o desempenho de tratores agrícolas para sua adequação ao trabalho.

Bibliografia

1. MOLIN, J.P. e MILAN, M. Trator-implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. IPEF. 2002
2. MIALHE, L.G. Máquinas Agrícolas: ensaios & certificação. FEALQ. Piracicaba, SP. 1996. 772p.

LEITURA COMPULSÓRIA

“DesempenhoTrator”

www.esalq.usp.br/departamentos/ler/molin.htm

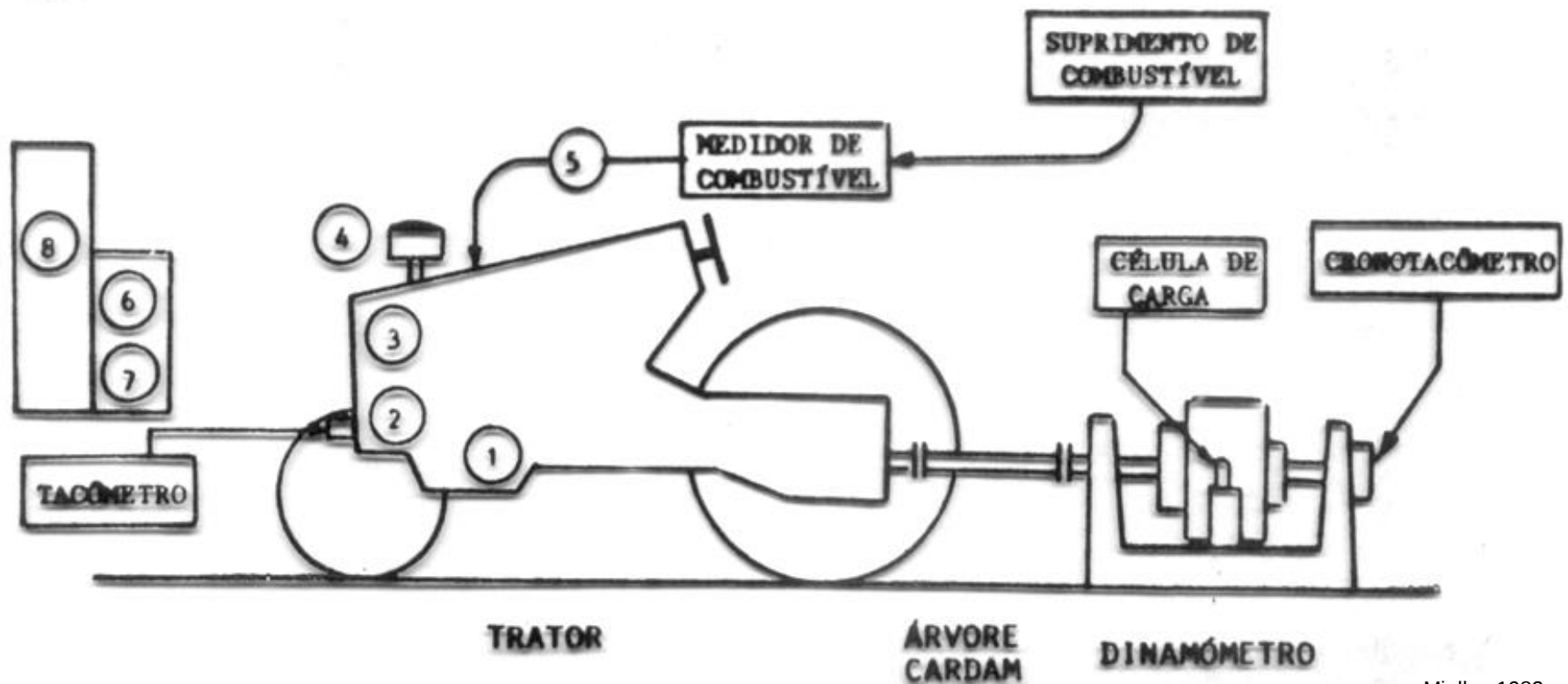
Características de desempenho do trator

Desempenho:

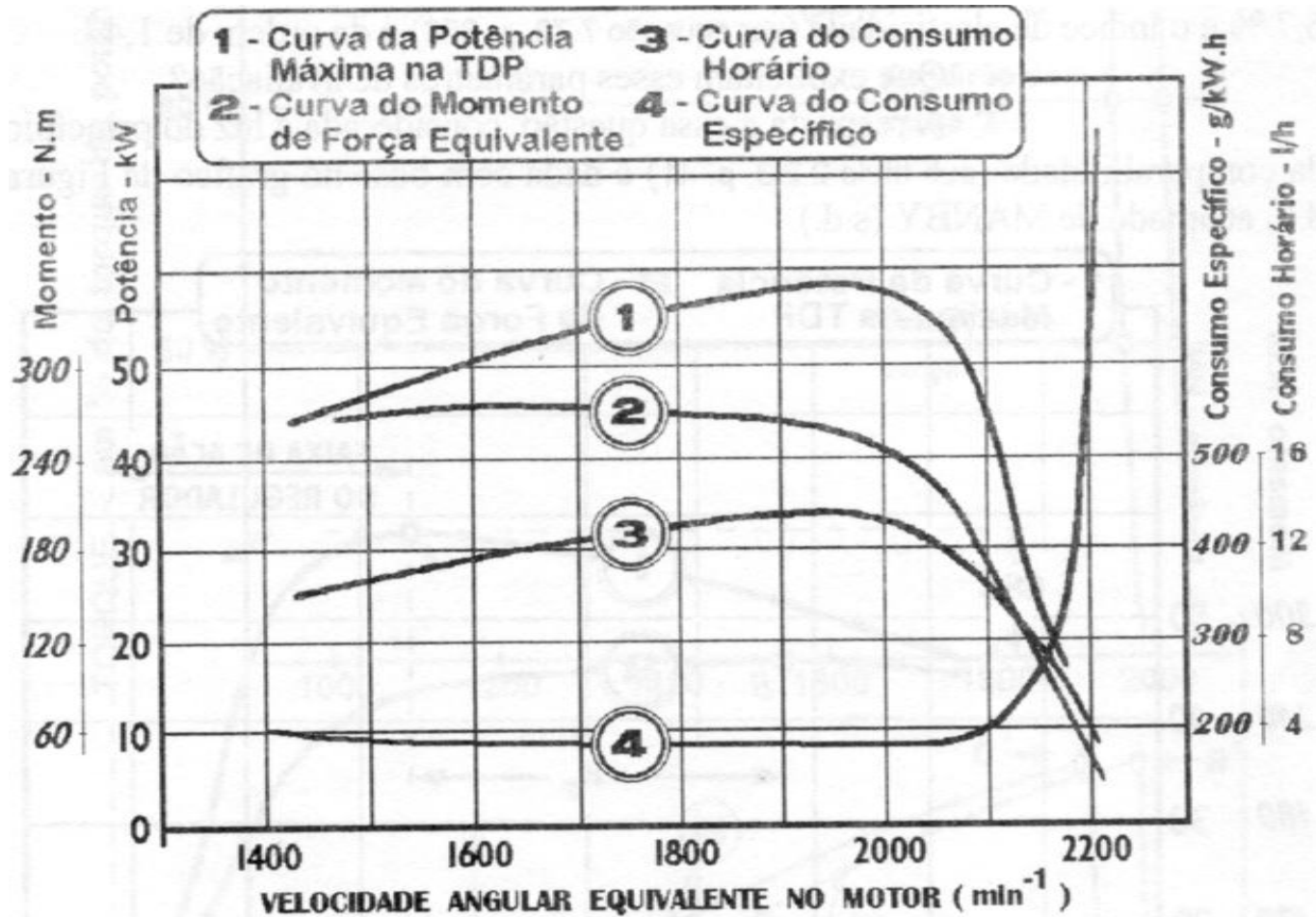
- Do motor – verificado na TDP
 - Ensaio de desempenho na TDP
- Do conjunto – verificado na barra de tração
 - Ensaio de desempenho em pista
- Do sistema hidráulico
 - Ensaio de desempenho do sistema hidráulico

Medições

- ① Temperatura do óleo do cârter
- ② ③ Temperaturas de entrada e saída da água de arrefecimento
- ④ Temperatura do ar de admissão
- ⑤ Temperatura do combustível
- ⑥ ⑦ Temperaturas dos termômetros de bulbos seco e úmido
- ⑧ Barômetro



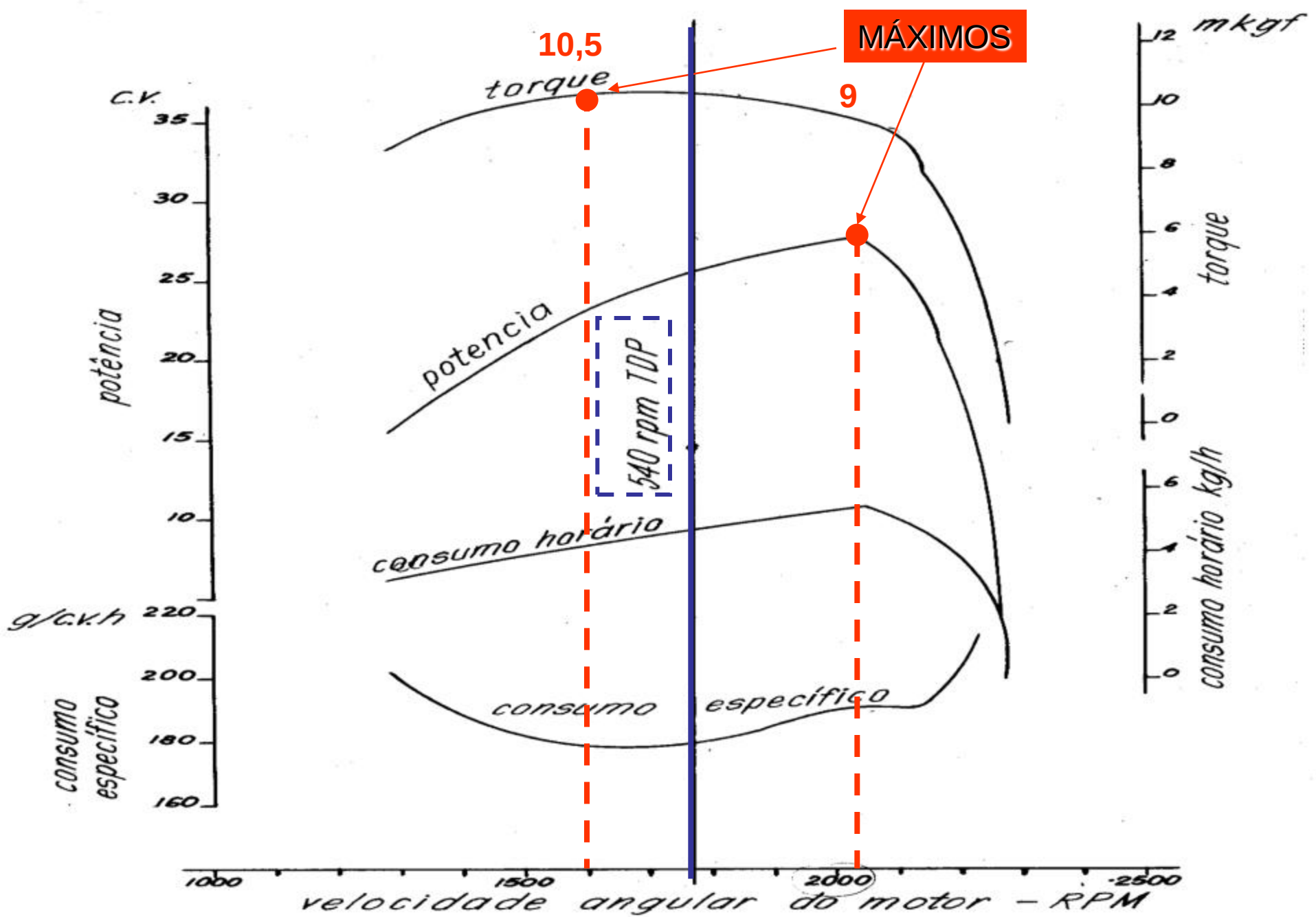
Resultados de ensaio de desempenho na TDP



Reserva de torque

- **Reserva de torque**

$$\text{Res. Torque (\%)} = (T_{\text{max}} - T_{\text{Pmax}} / T_{\text{Pmax}}) 100$$



Exemplo de curvas de desempenho de um motor

Reserva de torque

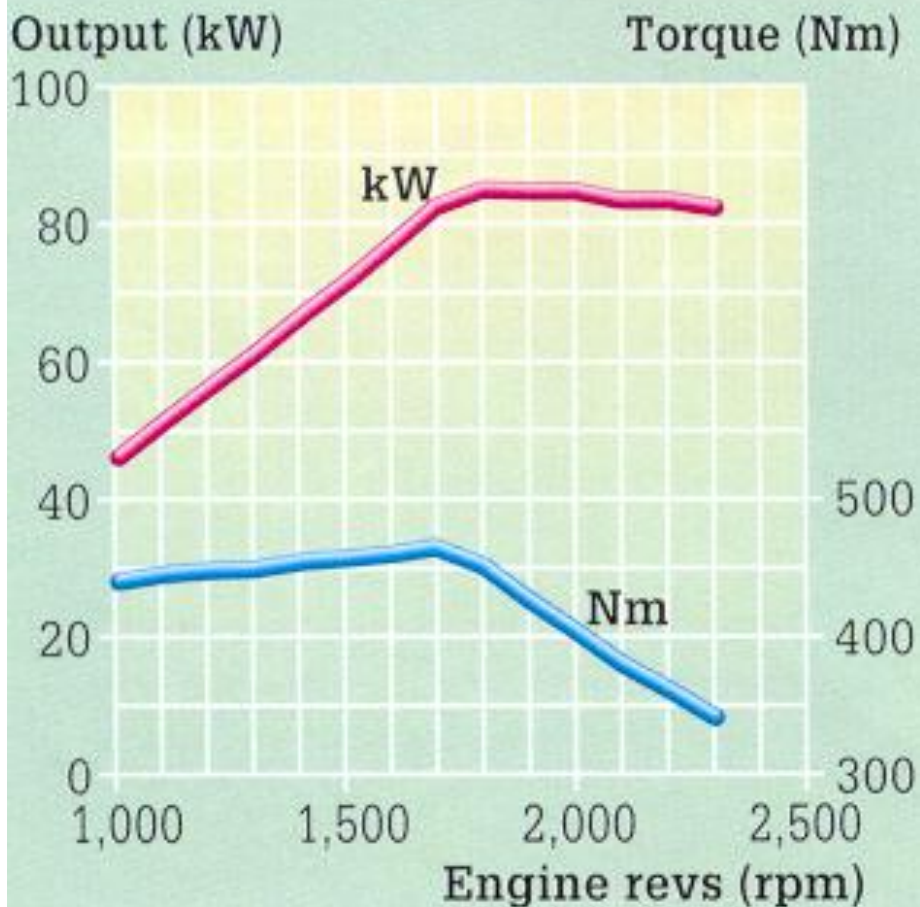
- **Reserva de torque**

$$\text{Res. Torque (\%)} = (T_{\text{max}} - T_{\text{Pmax}} / T_{\text{Pmax}}) 100$$

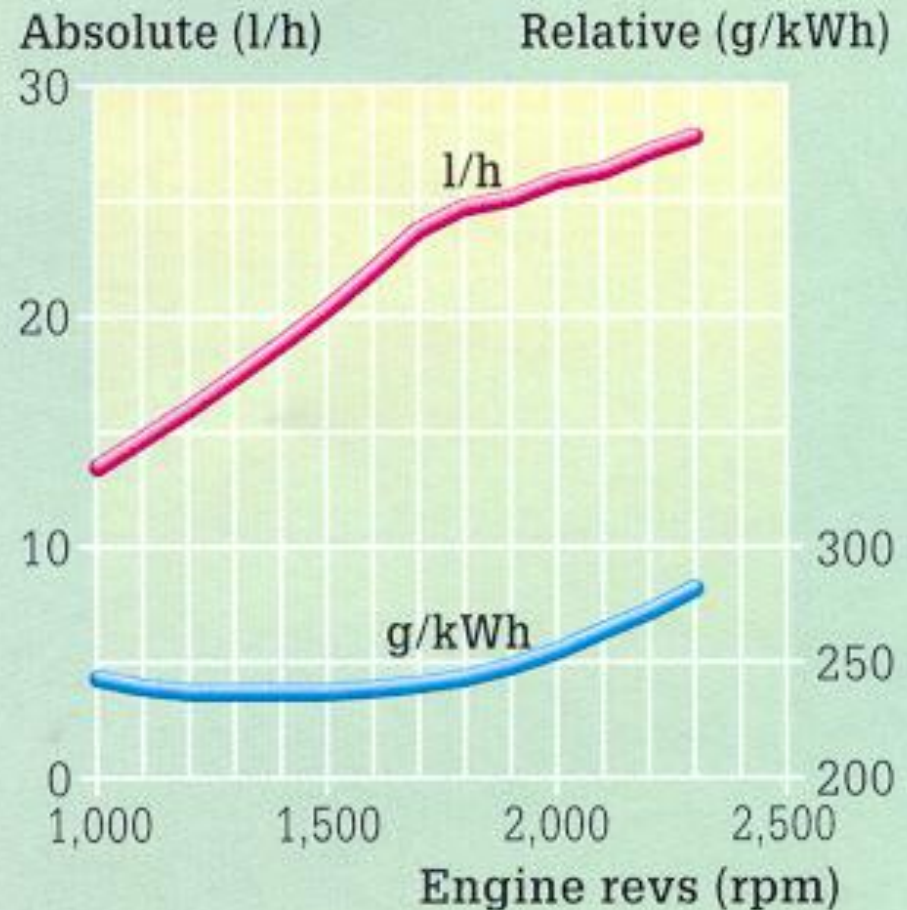
$$\text{Ex: RT} = ((10,5 - 9,0)/9,0) 100 = 16,7\%$$

Vamos analisar o desempenho de um trator de mercado a partir das curvas do ensaio da TDP

Output and Torque



Fuel Consumption



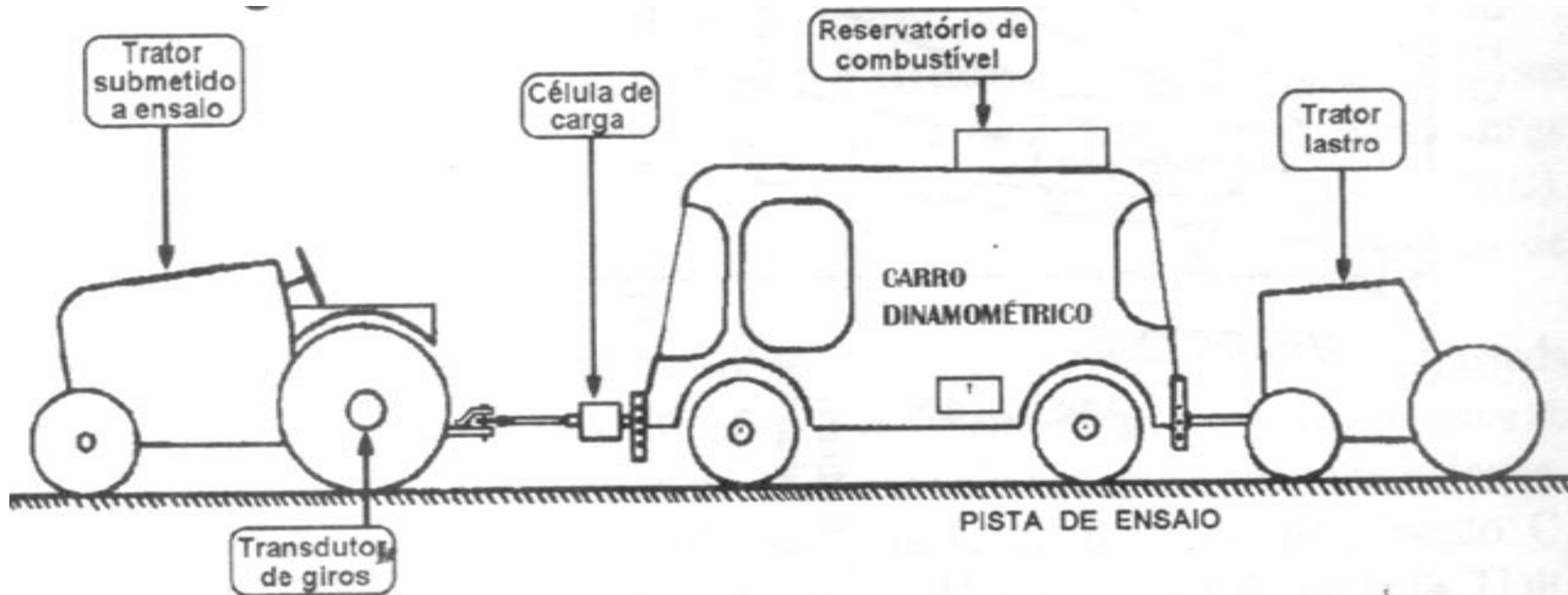
Ensaio de desempenho em pista



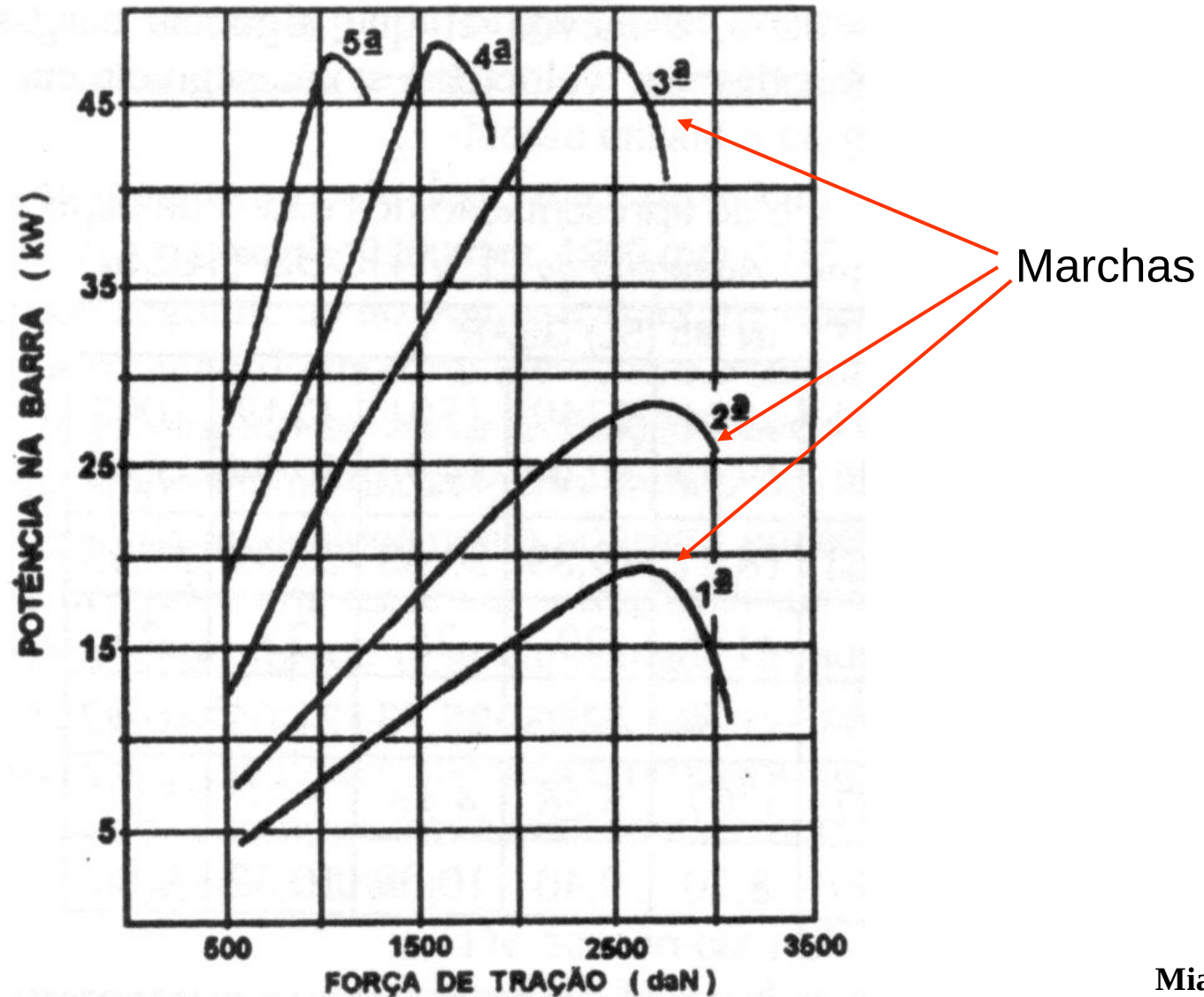
Qualifica o desempenho
na barra de tração em
condição controlada



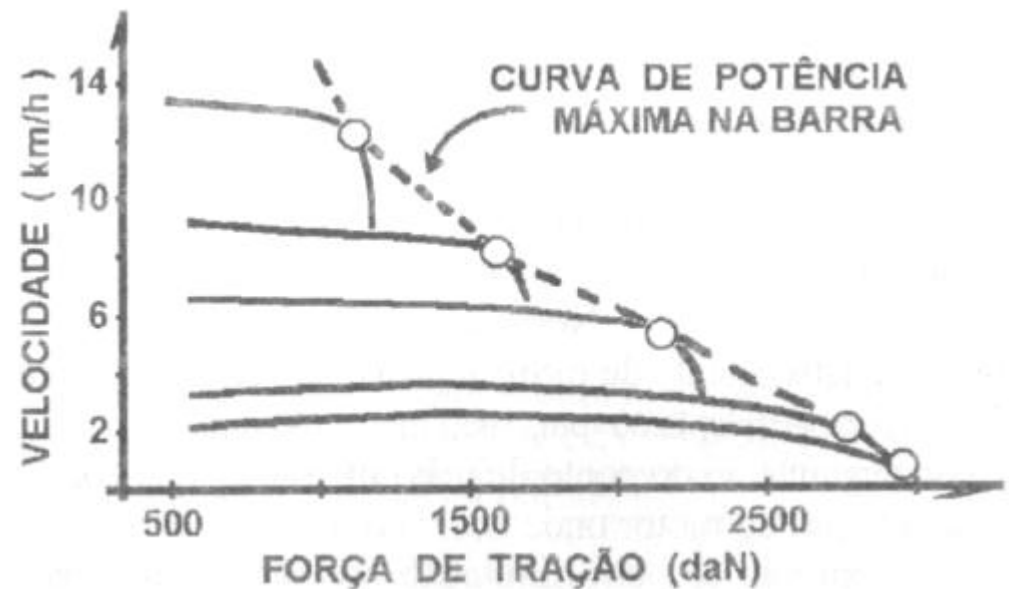
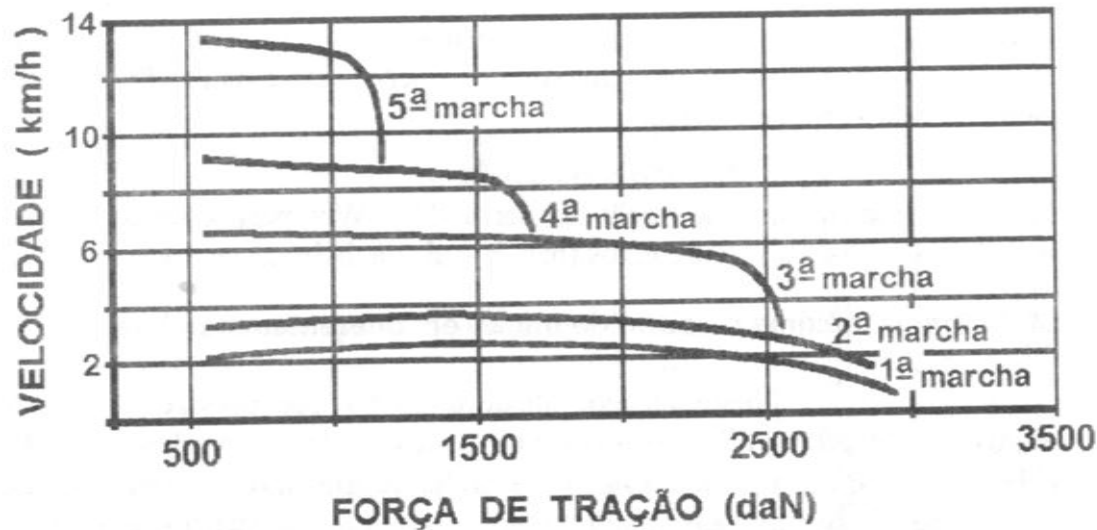
Ensaio nas diferentes marchas com cargas crescentes e bomba injetora na posição de débito máximo



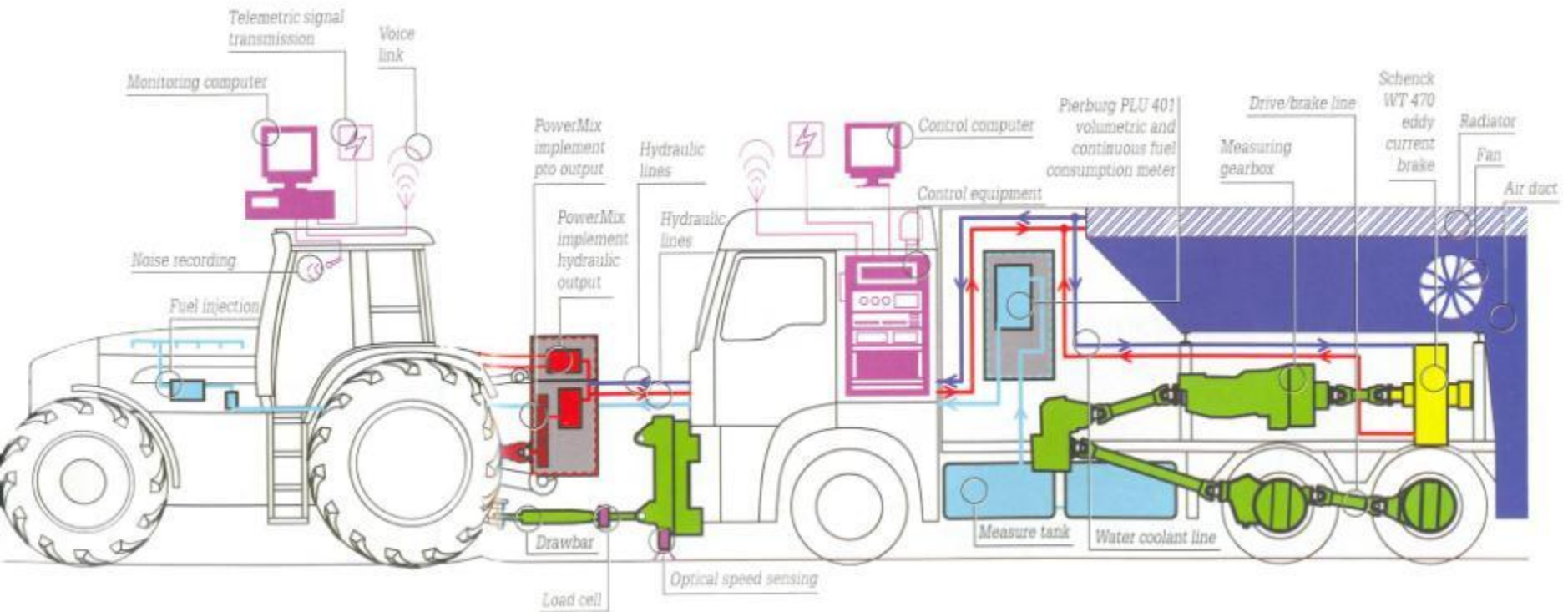
Curvas resultantes de ensaio de tração na barra



Curvas resultantes de ensaio de tração na barra



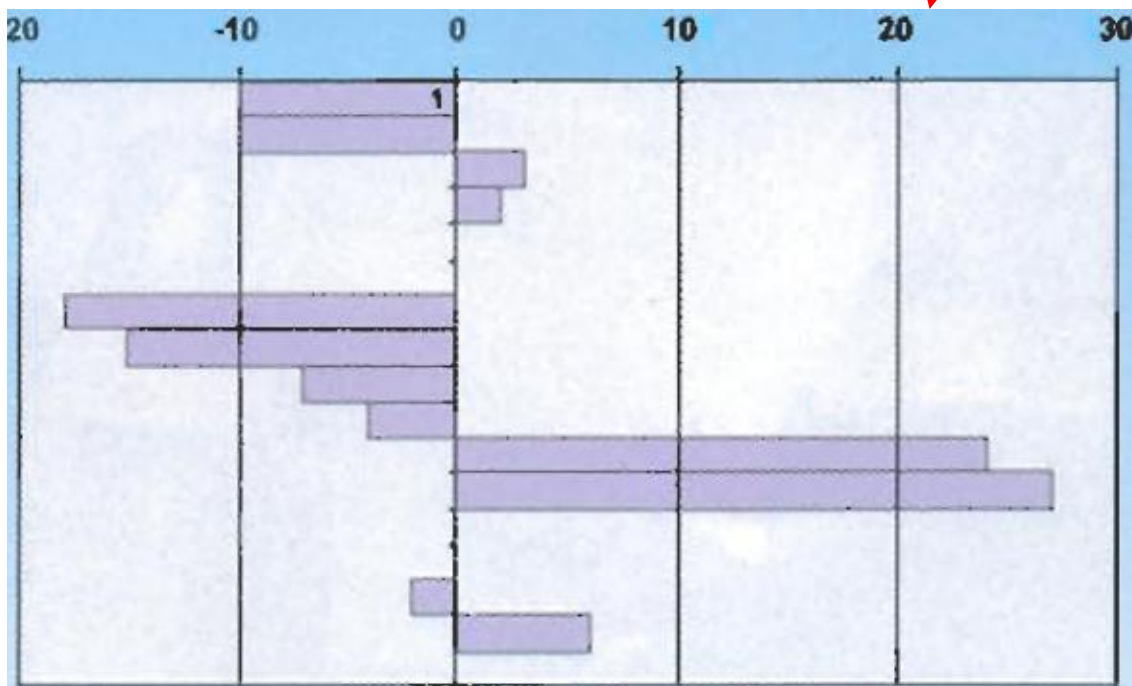
O novo procedimento do DLG (Alemanha)



O novo procedimento do DLG (Alemanha)

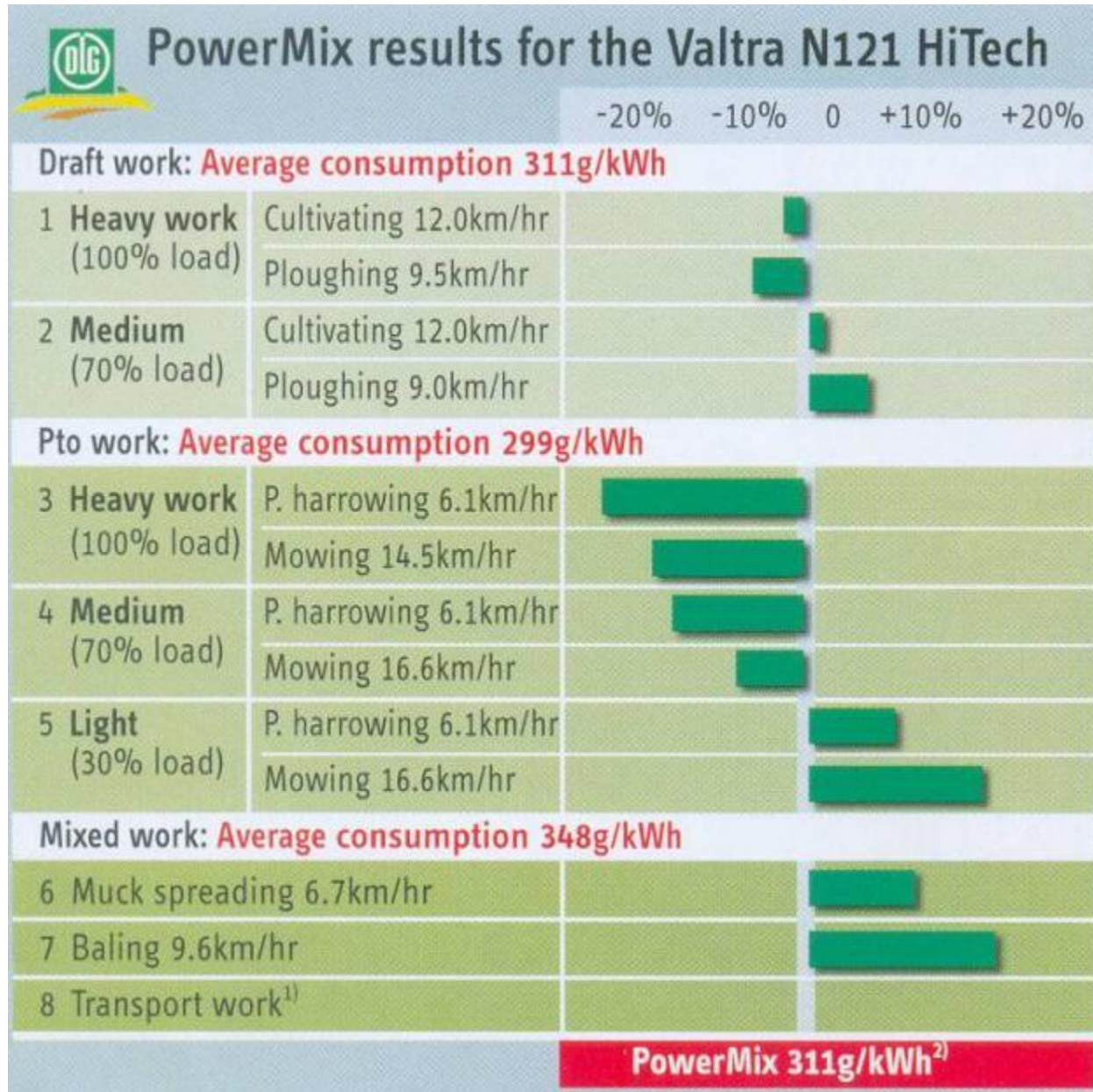
Em resumo, produz uma avaliação do trator que caracteriza o seu desempenho e mensura o **consumo médio** em diferentes tipos de operações e com diferentes cargas, sob:

- Tração
- TDP
- Misto (tração + TDP + Hidráulico)



Ciclos	Tração	Consumo médio - 284 g/kW.h
1	Pesada (carga de 100%)	aração (9 km/h) cultivo (12 km/h)
2	Média (carga de 60%)	aração (9km/h) cultivo (12 km/h)
TDP		Consumo médio - 296 g/kW.h
3	Pesada (carga de 100%)	rotativa niveladora (6 km/h) fenação (16 km/h)
4	Média (carga de 70%)	rotativa niveladora (6 km/h) fenação (16 km/h)
5	Leve (carga de 40%)	rotativa niveladora (6 km/h) fenação (16 km/h)
Trabalho misto		Consumo médio - 296 g/kW.h
6	espalhador de esterco (7 km/h)	
7	enfardadora (10 km/h)	
8	transporte	

O novo procedimento do DLG (Alemanha)



Technical data

Engine: 91kW/125hp at 2,300rpm, water-cooled four-cylinder SisuDiesel engine, boosted up to 101kW/137hp in transport, 4ACWA designation with common-rail injection technology, turbo-charger and an intercooler; 4.4-litre piston displacement; 220-litre fuel tank capacity

Transmission: 36F/36R speeds; four main gears and three ranges; electrohydraulic engagement, three-step semi-powershift transmission with automatic functions and powershuttle. Maximum travel speed of 40km/hr or 10km/hr; turbo clutch

Brakes: Wet and hydraulic disc brakes on rear wheels; accumulated hand brake, designed as work brake on shuttle lever; optional air system

Electrics: 12V, one battery of 174amp, 120amp alternator; 3.0kW/4.1hp starter motor

Linkage: Cat. II; ELC with draft link control and shock absorption (slip control option)

Hydraulics: Gear pump, 73 litres/min, 190 bar, two double-acting spools (max of four). Available oil for external use is 30 litres (max 40 litres)

Pto: 540/1,000 or 540/540E or 540E/1,000, optional ground-speed pto. 1.3/0in, 22 or six splines, dry stub change

Axles and running gear: Planetary axle with multi-plate differential lock; electrohydraulic engagement of 4WD and diff lock; 130/60R26 front tyres and 450/60R38 rear tyres in test

Service and maintenance: 13 litres of engine oil (500-hour intervals); 55 litres of gearbox and hydraulic oil (1,000 hours); 22-litre cooling system

Price: €44,290 for base HiTech model, excl. VAT. Tested options include front linkage (€2,700), front axle suspension (€2,300) and air brakes (€1,500). There is no charge for 10km/hr max travel capability, although in this instance front axle suspension and air brakes are a 'must'

Results from the test station

Pto output:
Maximum (at 1,800rpm) 85.4kW
At rated speed (2,300rpm) 79.1kW

Fuel consumption: (pto at work)
Specific at max output 251g/kWh
Specific at rated speed 288g/kWh
Absolute max/at rated speed 25.4/28.9l/hr

Torque:
Max 486Nm (1,300rpm)
Torque rise 43.4%
Engine speed drop 40.9%
Start-off torque 143%

Transmission:
No. of gears in 4-12km/hr range 30

Rear lift: (90% of max oil pressure, 190 bar)
Bottom/middle/top 8,460/6,130/4,095daN
Lift range under load 70.6cm (20.0 to 90.6cm)

Front lift: (90% of max oil pressure, 190 bar)
Bottom/middle/top 2,590/3,075/3,445daN
Lift range under load 71.3cm (14.2 to 85.5cm)

Hydraulic output:
Operating pressure 197 bar
Max flow 76.5l/min
Max output 30.9kW (73.3hp/min @ 190 bar)

Drawbar power:
Max (1,800rpm) 77.0kW (201hp/kWh)
At rated speed 118.6kW (318hp/kWh)

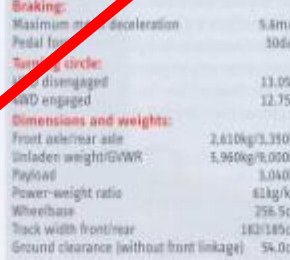
Noise level: (Under load, driver's ear)
Cab closed/open 74.3/82.6dB(A)

Braking:
Maximum max. deceleration 5.8m/s²
Pedal force 308daN

Turning circle:
With disengaged 13.05m
4WD engaged 12.75m

Dimensions and weights:
Front axle/rear axle 2,610kg/3,350kg
Unladen weight/GVWR 3,960kg/8,000kg
Payload 3,040kg
Power-weight ratio 61kg/kW
Wheelbase 276.5cm
Track width front/rear 163/185cm
Ground clearance (without front linkage) 54.0cm

Output and Torque



Fuel economy at typical performance

Working area	Output	Speed	g/kWh	l/hr
Standard speed pto 540rpm	100%	1.874	246	25.5
Economy speed pto 540Erpm	100%	-	-	-
Standard speed pto 1,000rpm	100%	2.000	261	26.8
Economy pto 1,000rpm	100%	-	-	-
Engine in top speed range	80%	max	330	23.3
High output	80%	90%	265	19.9
Transport work	40%	90%	328	12.3
Low output, 1/2 speed	40%	80%	265	10.0
High output, 1/2 speed	80%	60%	268	14.0

The test results

Engine: O
Performance characteristics 2.2
Fuel economy 3.2
Drawbar power 3.5
Drive power 3.5
Consumption at rated speed is relatively high.

Transmission: O
Gear spacing 3.1
Shifting/functions 2.5
Clutch/throttle 2.4
Pto 3.4
Slipky smooth ratio changes, decent speed band and useful automatic functions. Only the three powershift steps. Main downgrade system offering just the two standard pto speeds.

Axles and running gear: +
Steering 2.3
Four-wheel drive 2.3
Handlift lock 1.9
Front-axle suspension 2.0/NA
Weight and payload 2.8
Average turning radius for the tyres on profil's test machine; optional for axle suspension system; suspended axle will be available in 2007. Practical automatic systems for four-wheel drive and other aspects of driveline management.

Linkage/hydraulics: +/O
Lift power and lift height 1.3
Operation 2.8
Hydraulic output 3.4
Spool valves 3.1
Hydraulic couplers 2.8
Muscular lift capacities, but lift power peaks in lower regions of the arc. Rear linkage is average. Average hydraulic system for this spec; rear plate pump is only fitted on the Advance version.

Cab: +
Space and comfort 2.4
Visibility 2.0
Heating/ventilation 2.4
Noise level 2.9
Electrical system 2.8
Build quality 2.8
Maintenance 2.3
Clear access, ample space and good ground operator visibility. Footwell heating is welcome feature. Ergonomics and design could do with an update.

Ability: - - - - -
Basic standards - - - - -
Average standards - - - - -
High standards - - - - -
Field work - - - - -
Grassland work - - - - -
Transport work - - - - -
Loader work - - - - -

Price: - - - - -
€32,000 to €35,000
Typical farmer buying price after discount excl VAT for base specification Valtra N121 HiTech.

Grading system: O average
++ very good - - - - -
+ good - - - - -
- below average - - - - -

The individual marks are extracts from our assessments and do not necessarily result in a mathematically conclusive overall mark

Dados técnicos disponibilizados pelo fabricante

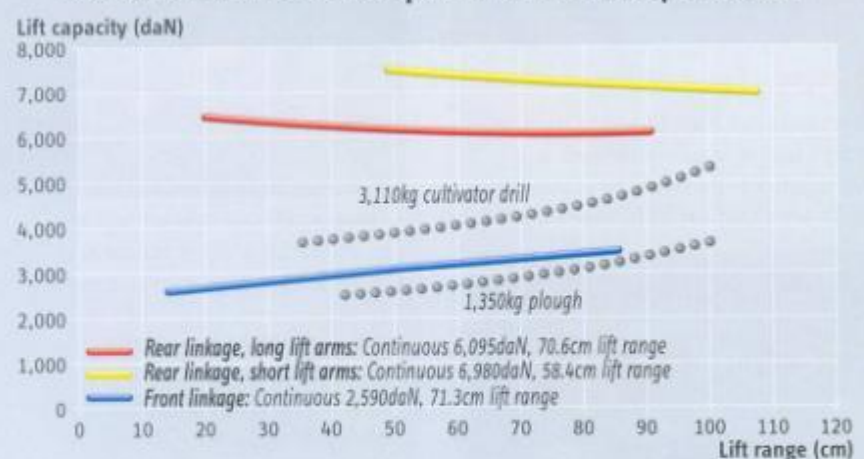
Resultados do ensaio

Desempenho do motor

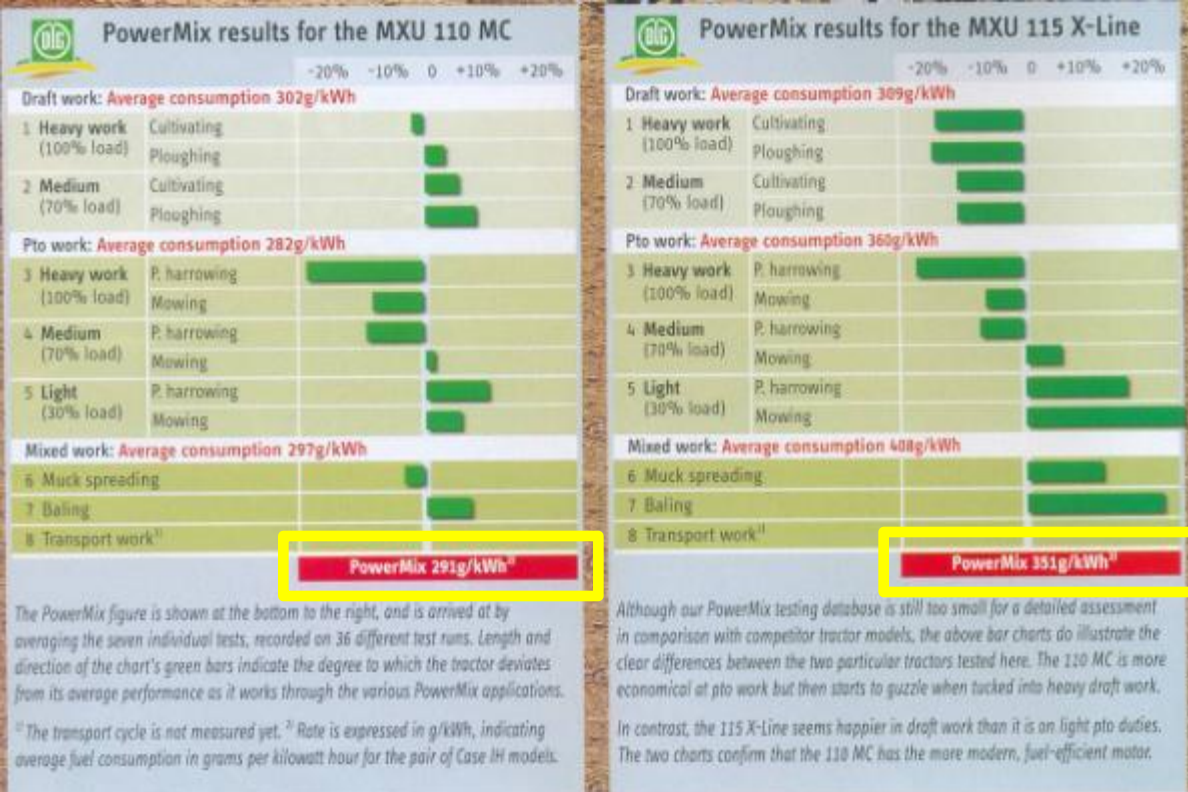
Avaliação de itens importantes feita pela equipe técnica do Centro de Ensaios

Desempenho do sistema hidráulico

Valtra N121 HiTech: Lift power and lift requirement

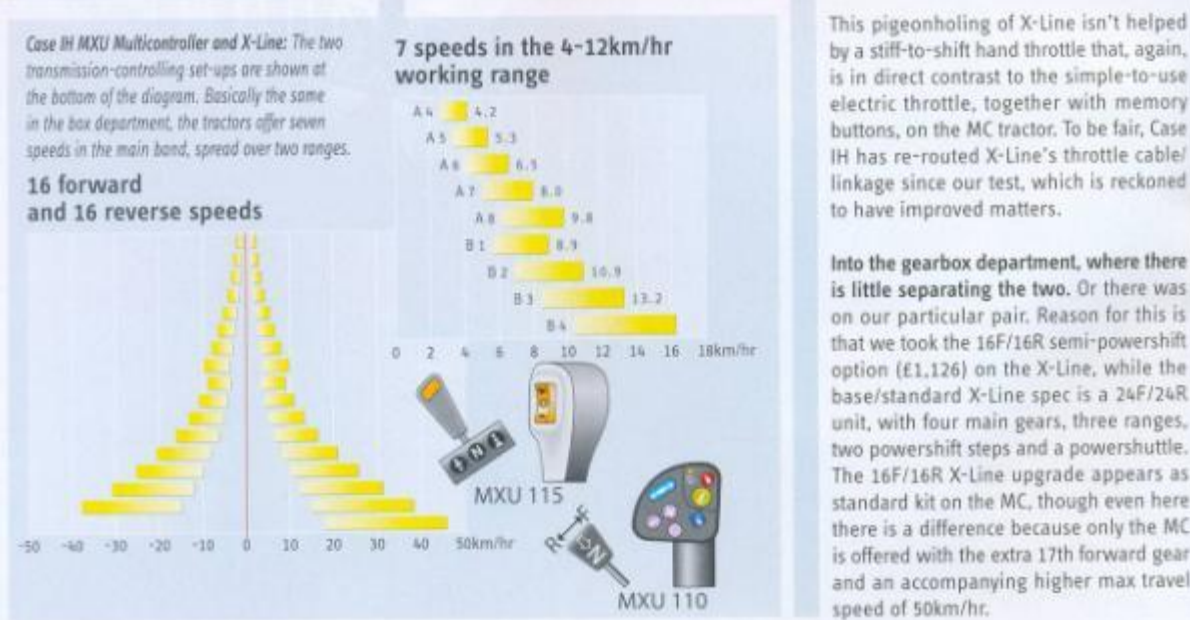


Valtra N121 HiTech: The red curve shows the recorded lift capacity (90% of maximum lift) as continuous lift power on the link ends, whereas the yellow curve illustrates the lift capacity with lift arms shortened. The result is nearly 1t of extra lift capacity but a 12cm smaller lift range. Lift curves appear to be more muscular in the bottom linkage range rather than at the top. However, capacities should be sufficient for all 130hp-type tasks.



Comparativo de dois tratores:

O 115 destaca-se por consumir menos em operação de tração, mas consome mais em operação mista. Porém, na média, o 110 consome menos que o 115.



Recentemente a DLG passou a comparar os tratores dentro da população de todos já ensaiados nessa nova metodologia

Powermix parameter, obtained from the 21 tractors tested so far, is currently 305g/kWh.



Powermix Claas Axion 850

-20 % -10 % 0 +10 % +20 %

Draft work: Average consumption 277g/kWh and 10.35l/ha

1 Heavy work (100% Load)	Plough	
	Cultivator	
2 Medium (70% Load)	Plough	
	Cultivator	

Pto work: Average consumption 286g/kWh and 3.83l/ha

3 Heavy (100% Load)	Power harrow	
	Mower	
4 Medium (70% Load)	Power harrow	
	Mower	
5 Light (40% Load)	Power harrow	
	Mower	

Mixed work: Average consumption 282g/kWh and 3.89l/ha

6 Manure spreader	
7 Baler	
8 Transport ¹⁾	

Powermix 282g/kWh



Powermix Fendt 936 Vario

-20 % -10 % 0 +10 % +20 %

Draft work: Average consumption 263g/kWh and 9.88l/ha

1 Heavy work (100% Load)	Plough	
	Cultivator	
2 Medium (70% Load)	Plough	
	Cultivator	

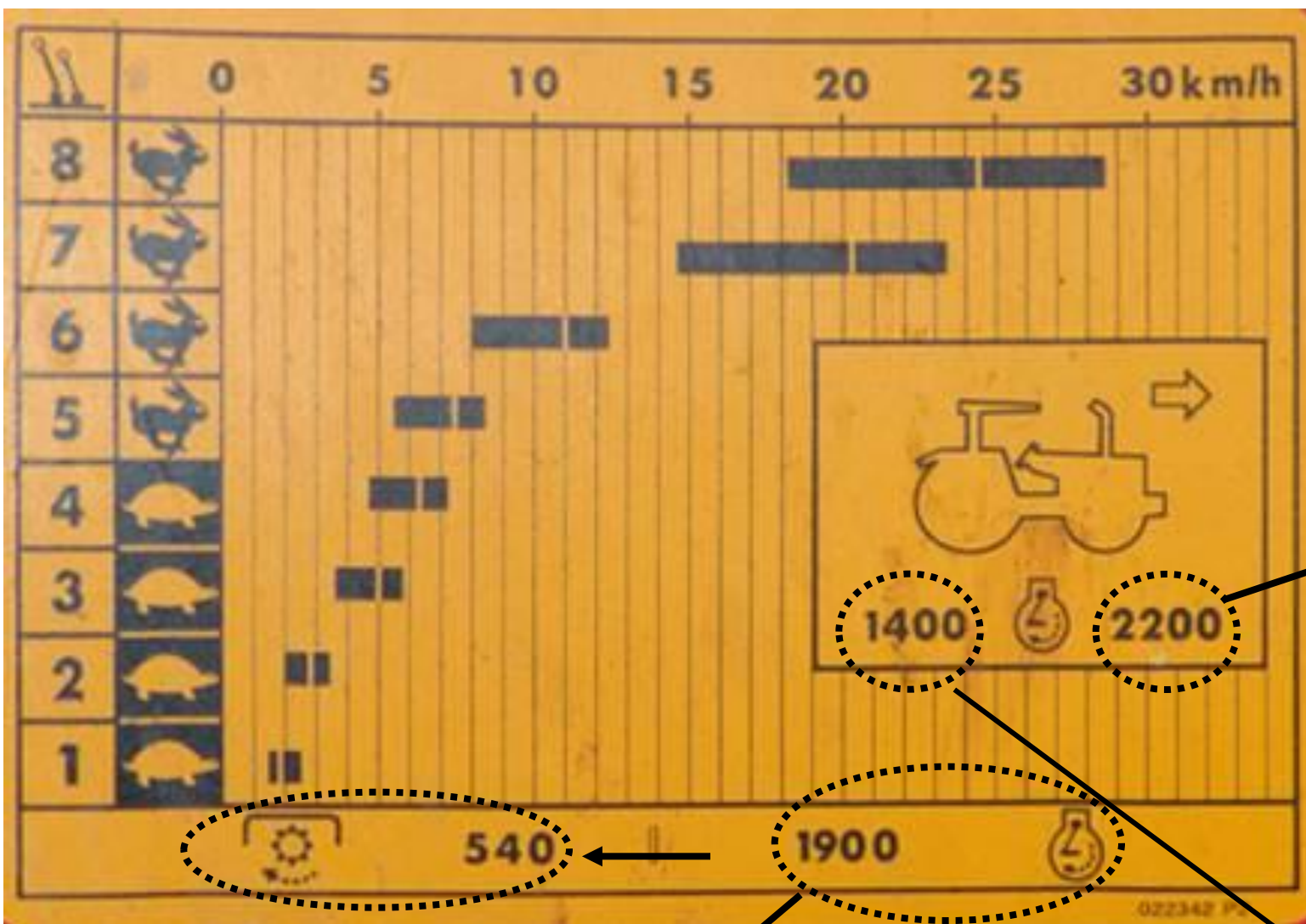
Pto work: Average consumption 259g/kWh and 3.60l/ha

3 Heavy (100% Load)	Power harrow	
	Mower	
4 Medium (70% Load)	Power harrow	
	Mower	
5 Light (40% Load)	Power harrow	
	Mower	

Mixed work: Average consumption 266g/kWh and 3.69l/ha

6 Manure spreader	
7 Baler	
8 Transport ¹⁾	

Powermix 261g/kWh



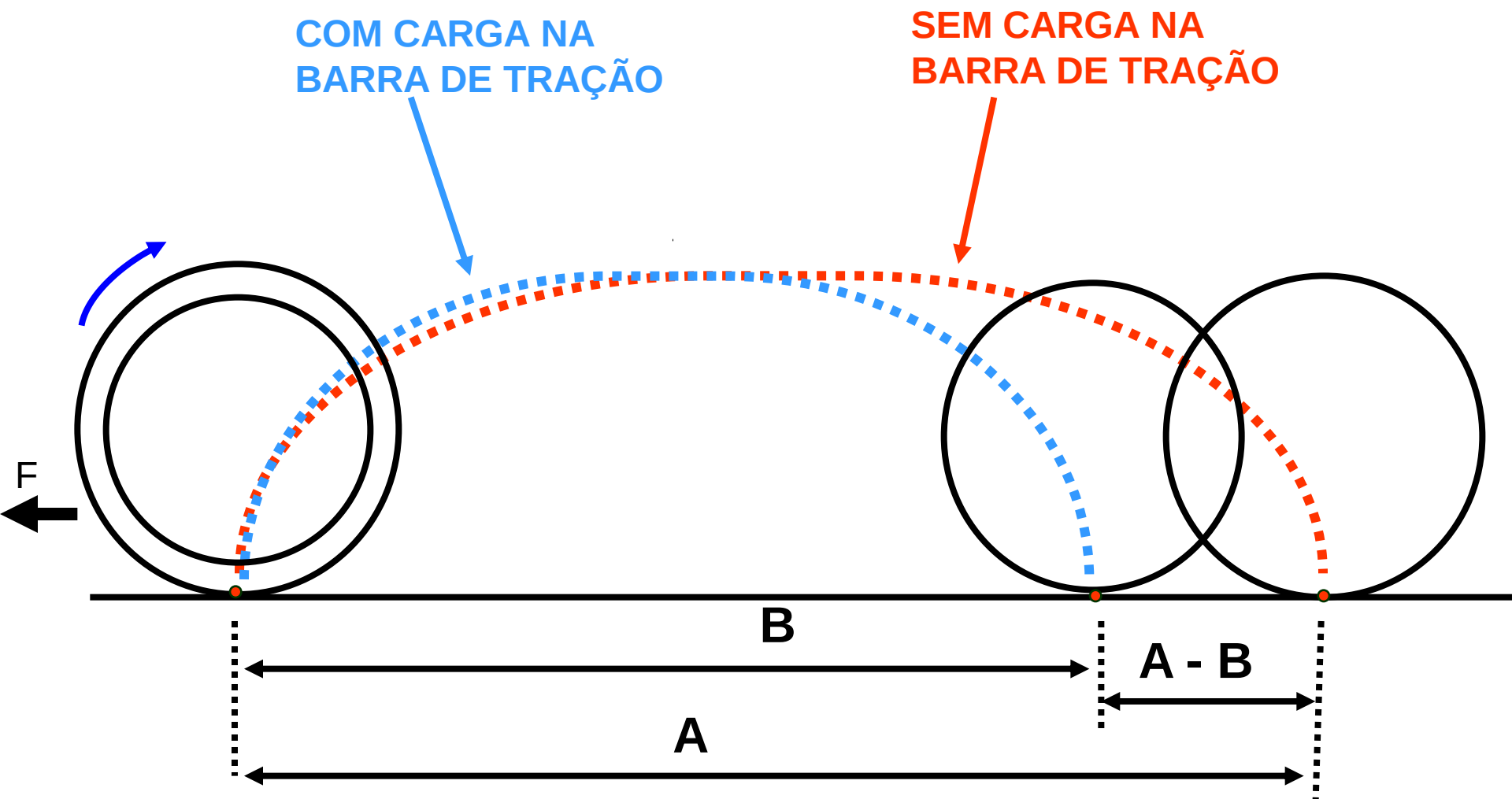
Indica a rotação de potência máxima no motor

Indica a rotação do motor que corresponde à rotação padrão na TDP

Indica a rotação de torque máximo no motor

Velocidade

- A velocidade especificada não leva em conta a patinagem
- Portanto a sua checagem deve ser feita exatamente sobre a área a ser trabalhada e tracionando o equipamento



$$\text{Patinagem (\%)} = (A - B / A) \cdot 100$$

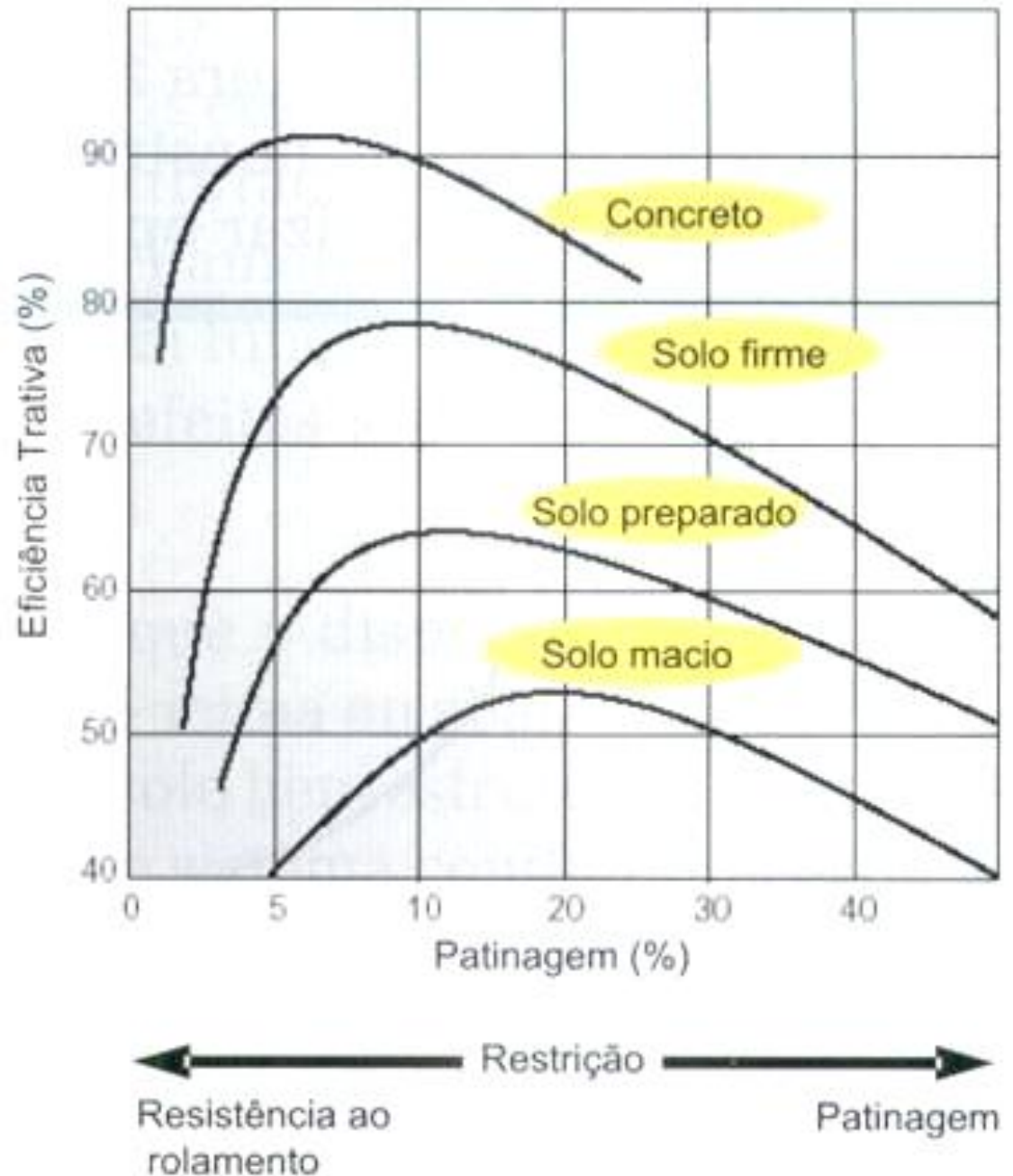
Patinagem

Varia em função da:

- Tração exigida
- Características mecânicas do solo (ângulo de atrito interno, coeficiente de cisalhamento)
- Tipo de rodado
- Tipo de cobertura do solo
- Condição de lastragem

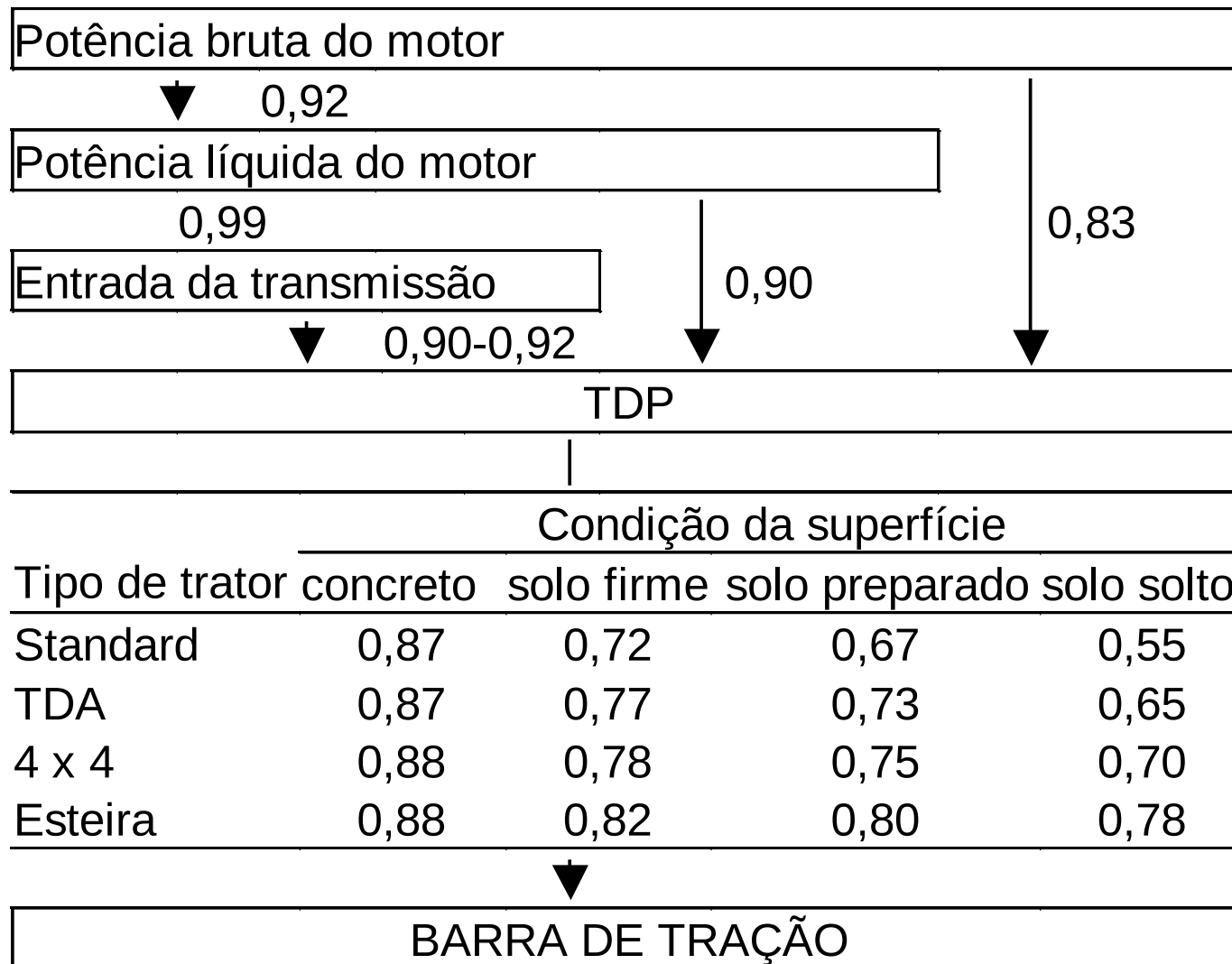
Eficiência trativa para demanda máxima de tração em diferentes superfícies e patinagem ótima

Eficiência trativa = quanto da potência disponível no rodado é transformada em tração na barra



Modelo de estimativa de desempenho de tratores - ASABE

ASABE = American Society of Agricultural and Biological Engineers



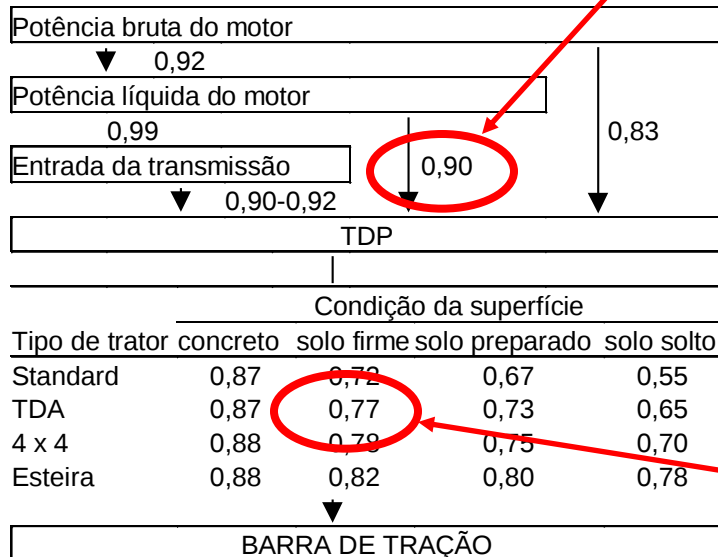
Relações fundamentais

- m (motor) e r (rodado)
- $T_m \times N_m \times E_t = T_r \times N_r \cong \text{constante}$
 - Eficiência de transmissão $> E_t = P_r / P_m$
- $P_b = F \times v = E_r \times P_r$
 - Eficiência de tração do rodado $> E_r = P_b / P_r$
- $P_b = P_m \times E_t \times E_r$
 - Rendimento tratório $> \eta_t = P_b / P_m$

VAMOS DESENVOLVER UM EXEMPLO

- trator 4 x 2 TDA com 145 cv no motor (potência líquida)
- trabalhando em solo firme
- tracionando escarificador a 4,5 km/h

- A potência líquida do motor é multiplicada por 0,90 ($145 \times 0,90$)



- Resulta em uma potência estimada de 130,5 cv da TDP

- Essa potência multiplicada por 0,77 ($130,5 \times 0,77$)

- Resultará em 100,5 cv ou 73,9 kW na barra de tração

Qual a força disponível na barra de tração?

$$\text{Potência } (P) = \text{Força } (F) \times \text{Velocidade } (v)$$

P é a potência em watts - W (1000 W = 1 kW = 1,36 cv)

F é a força em Newtons - N (1 N = 9,81 kgf)

v é a velocidade em m/s (1 m/s = 3,6 km/h)

$$F = \frac{P}{v}$$

Qual a força disponível na barra de tração?

$$\text{Potência } (P) = \text{Força } (F) \times \text{Velocidade } (v)$$

P é a potência em watts - W (1000 W = 1 kW = 1,36 cv)

F é a força em Newtons - N (1 N = 9,81 kgf)

v é a velocidade em m/s (1 m/s = 3,6 km/h)

$$F = \frac{P}{v} = \frac{73900W}{1,25m/s}$$

A estimativa de força de tração na barra é de 59120 N ou aproximadamente 6000 kgf

Ver outro exemplo em:

MOLIN, J.P. e MILAN, M. Trator-implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. IPEF. 2002

Atenção para as leituras obrigatórias

- Conceitos de:
 - Potência e perdas
 - Eficiências
 - Reserva de torque
 - Nova metodologia DLG
 - Artigo “Adaptação ao trabalho” completo!