

## MANUTENÇÃO E UTILIZAÇÃO DE TRATORES AGRÍCOLAS

**6- A condução dos tratores.**

**6.1- Utilização do motor.**

**6.2- Utilização dos tratores à tração**

**6.3- Utilização dos tratores à TDF**

**6.4- Utilização dos sistema de ajuda à condução**

## 6.1- A utilização do motor

### Potência motor

$$\text{Potência} = \frac{\text{Trabalho}}{\text{Tempo}} = \frac{\text{Força} * \text{Espaço}}{\text{Tempo}} = \text{Força} * \text{Velocidade}$$

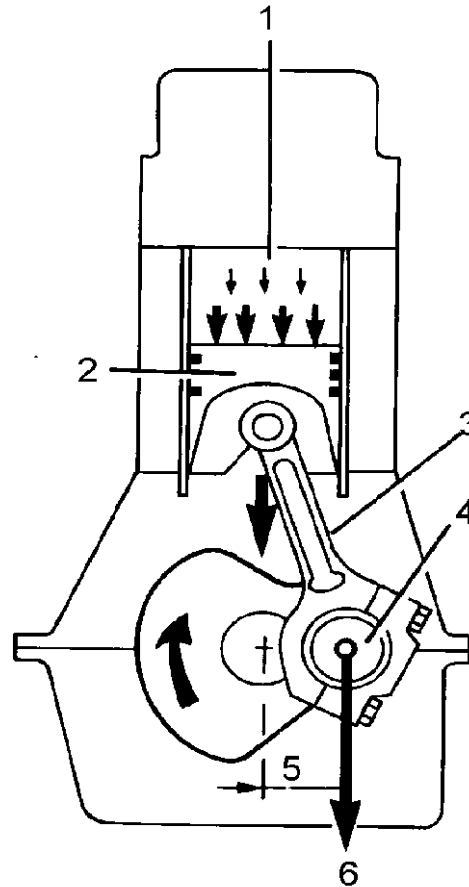
### Fatores que influenciam a potência:

- **cilindrada**,
- **regime motor** (velocidade de rotação da cambota),
- **a taxa de compressão**;
- **tipo de motor** (atmosférico ou sobrealimentado).

A montagem de um turbocompressor, geralmente acompanhada de um sistema de arrefecimento do ar de admissão, permite aumentar a potência e o binário máximo de um motor, sem modificar a cilindrada ou o regime.

A presença de um turbocompressor permite também melhorar o rendimento do motor e seu consumo específico, sem diminuir a vida útil, e sem significativo aumento de peso.

## Binário motor



Pressão exercida no êmbolo e transmissão da força à cambota

1- Pressão dos gases de combustão 2- Êmbolo 3- Biela 4- Cambota  
5- Braço da cambota 6- Força

## Binário motor

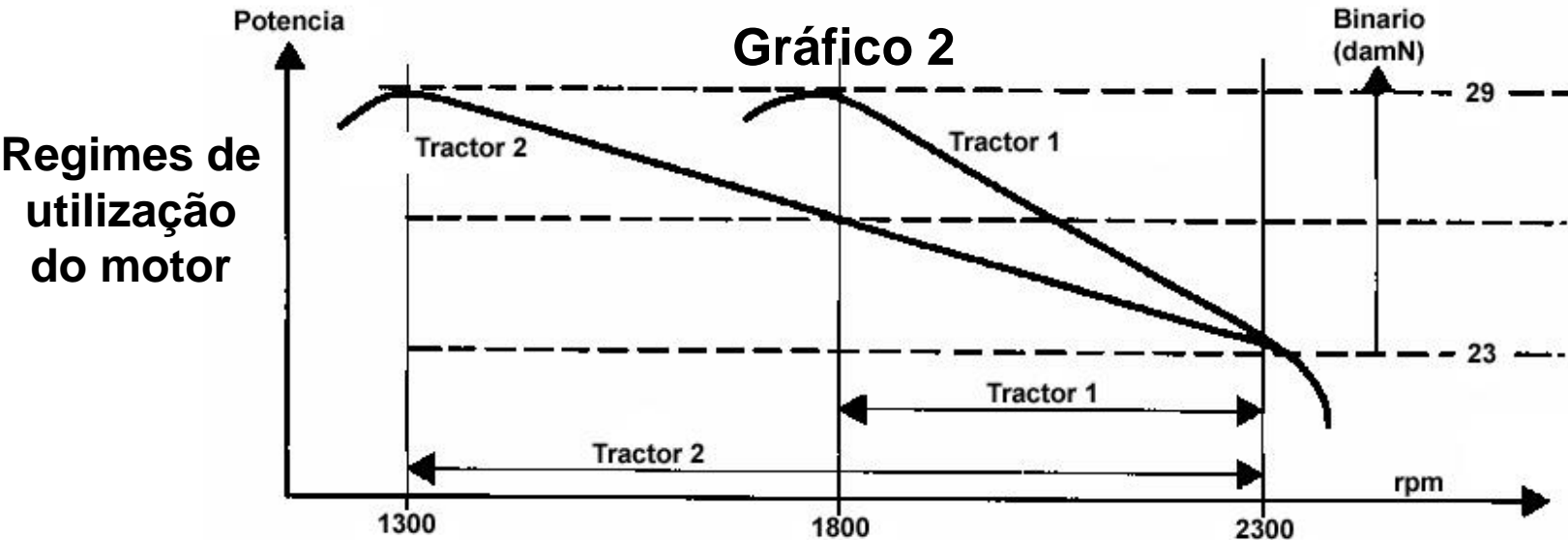
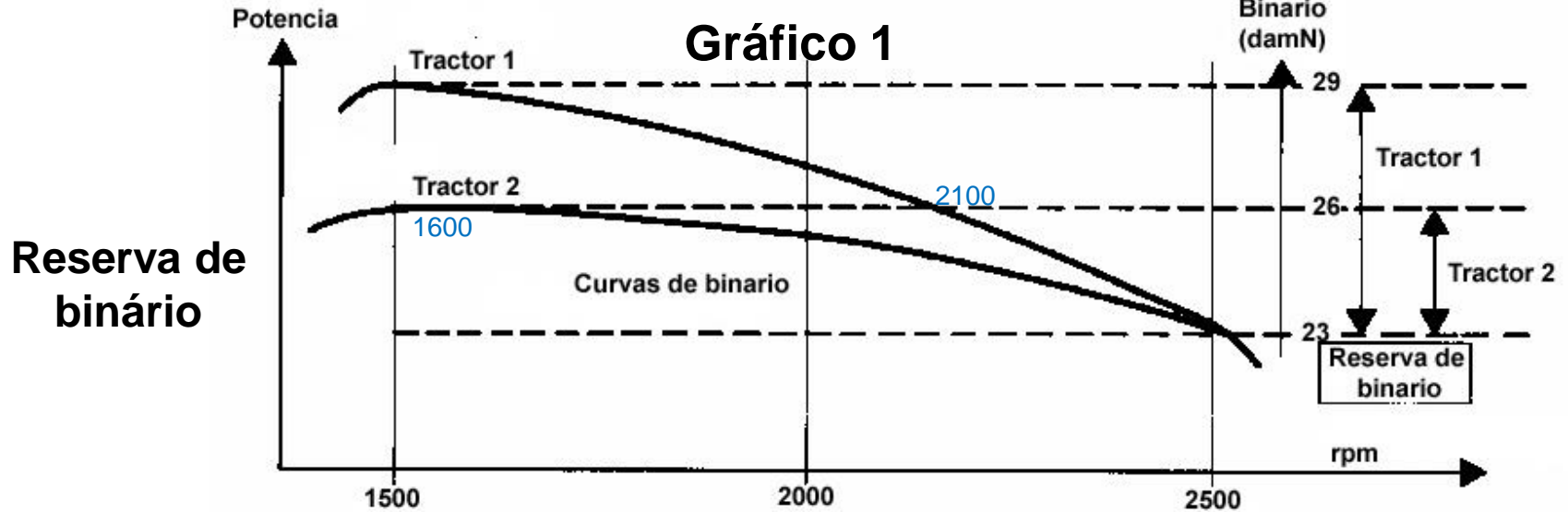
É o **produto da pressão média exercida no topo dos êmbolos pelo braço da manivela da cambota**. Quando a força das "explosões" dentro de cada cilindro aumenta, o binário também aumenta.

## Regime motor vs binário

O valor do binário aumenta quando o regime, a partir do regime nominal (binário nominal) diminui, até ao regime a que se obtém o binário máximo, desde que não se diminua a alimentação do motor.

## Volume de combustível injetado vs binário

O valor do binário motor aumenta quando, mantendo o regime constante, aumenta o volume do combustível injetado. Este aumento resulta da atuação no pedal do acelerador ou, automaticamente, por ação do regulador da bomba injetora.



## Gráfico 1

Permite constatar que o **trator 1** está melhor adaptado às variações de **binário**, pois permite suportar uma sobrecarga superior ao trator 2:

Reserva de binário do trator 1, em % =  $((29 - 23) / 23) * 100 = 26 \%$

Reserva de binário do trator 2, em % =  $((26 - 23) / 23) * 100 = 13 \%$

## Gráfico 2

Permite constatar uma maior variação na gama de regimes de utilização (diferença entre o regime correspondente ao binário nominal e máximo) no trator 2 (1000 rpm 2300-1300) do que no trator 1 (500 rpm 2300-1800), pelo que, em trabalhos de tração:

- o trator 1 à potência nominal tem vantagem pois a perda de velocidade, resultante do acréscimo de sobrecarga, é menor;
- o trator 2 com carga parcial, em que é possível trabalhar a um regime motor mais baixo tem vantagens, pois funciona a um regime mais próximo do correspondente ao binário máximo.

## Gráfico 1

Um acréscimo na força de tração que conduza a um valor de binário de 260 Nm vai fazer com que o regime do trator 1 diminua para **2100 rpm** e o do trator 2 para **1600 rpm**.

**Importante-** em qualquer destas situações é possível ultrapassar essa sobrecarga sem precisar de mudar de relação de transmissão, pois não se atingiu o regime correspondente ao binário máximo.

Considerando que um trator polivalente deve ter:

- uma reserva de binário de 20 - 30 %;
- uma gama de utilização de regimes de 800 - 1000 rpm.

## Gráfico 2

O trator 2 é mais polivalente que o trator 1 pois a reserva de binário é obtida numa maior variação de regime.

**Nota:** estes tratores têm a mesma potência, mesmo regime nominal, mesmo binário máximo e mesma reserva de binário (26 %).

## Consumo específico e consumo horário

O consumo específico (**g/kW.h**) dos motores indica, por cada kW fornecido pelo motor, o consumo de combustível, em gramas por hora.

O consumo específico traduz o rendimento do motor, pois permite comparar a energia consumida com a fornecida (kW.h)

O consumo horário, expresso em L/h, obtém-se multiplicando o consumo específico pela potência do trator (kW).

### Regime motor vs variação do consumo específico:

- **baixos regimes** - o aumento do consumo deve-se às maiores perdas de calor através das paredes dos cilindros, à condensação do fluido, devido à sua maior riqueza em combustível e à oscilação da pressão nas condutas de admissão;
- **altos regimes** - o aumento do consumo, deve-se, principalmente, à diminuição do rendimento mecânico da transmissão do movimento.



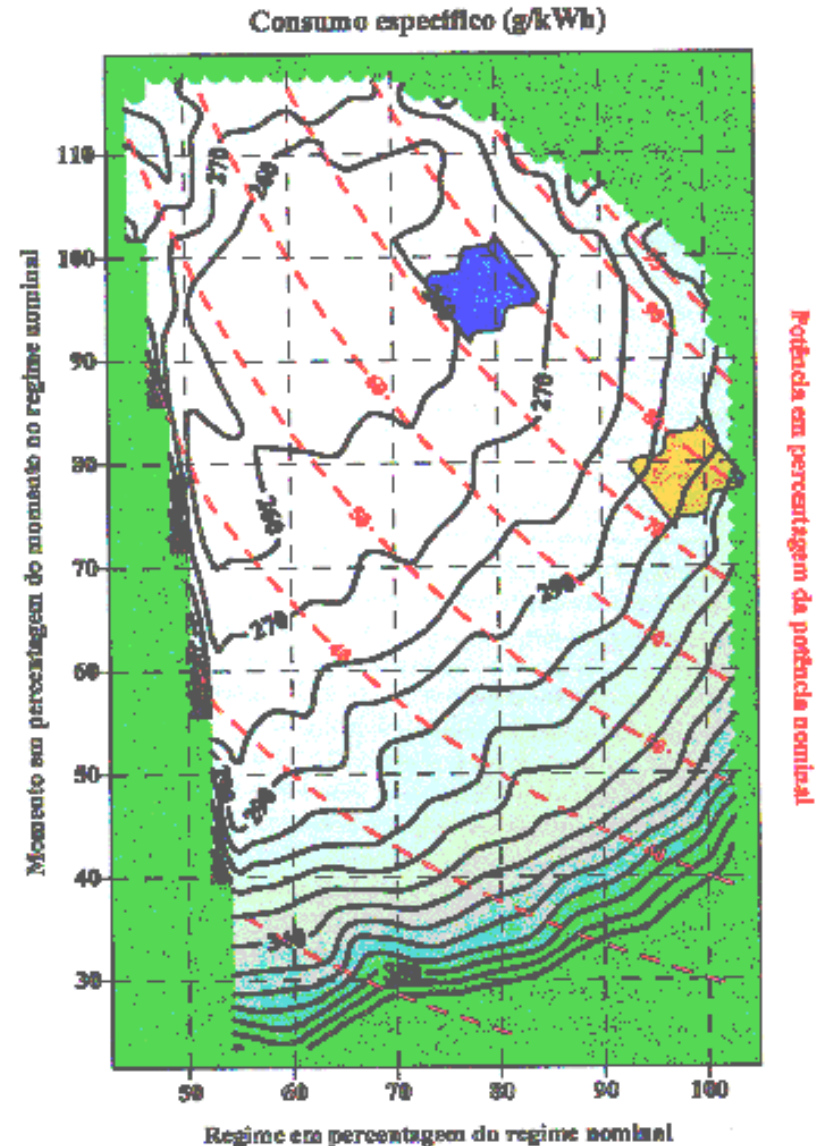
Consumo específico de um trator em duas situações de utilização:

Situação a castanho (> consumo):

- 70 - 80 % da potência nominal;
- regime, próximo do nominal;
- binário,  $\pm$  80 % do binário máximo.

Situação a azul (< consumo):

- 70 - 80 % da potência nominal;
- regime,  $\pm$  80 % do regime nominal,
- binário, próximo do máximo



## Variação do consumo específico em função do regime e carga motor

A observação das curvas de igual consumo específico em todos os regimes e cargas permitem concluir que:

- consumos mais altos verificam-se nos regimes mais elevados e com fracas cargas (400 g/kWh);
- consumos mais baixos situam-se nos regimes próximos do regime correspondente ao binário máximo e com cargas elevadas (220 g/kWh)

Em trabalhos de tração, em que o operador disponha de uma certa liberdade na escolha do regime motor, ele pode optar por, mantendo a mesma velocidade de deslocamento, **escolher uma RT superior com uma redução do regime motor**, aproximando-se do regime correspondente ao binário máximo.

Nesta situação o motor funciona em maior carga, menor consumo específico para a mesma potência fornecida, e menor consumo / h.

# Departamento de Agronomia

## Importância do consumo horário na escolha de um trator

Dados:

- 2 tratores de  $\pm 70$  kW

- utilização anual de 700 h (300 em carga elevada e 400 em baixa).

Resultados dos ensaios dos consumos / hora:

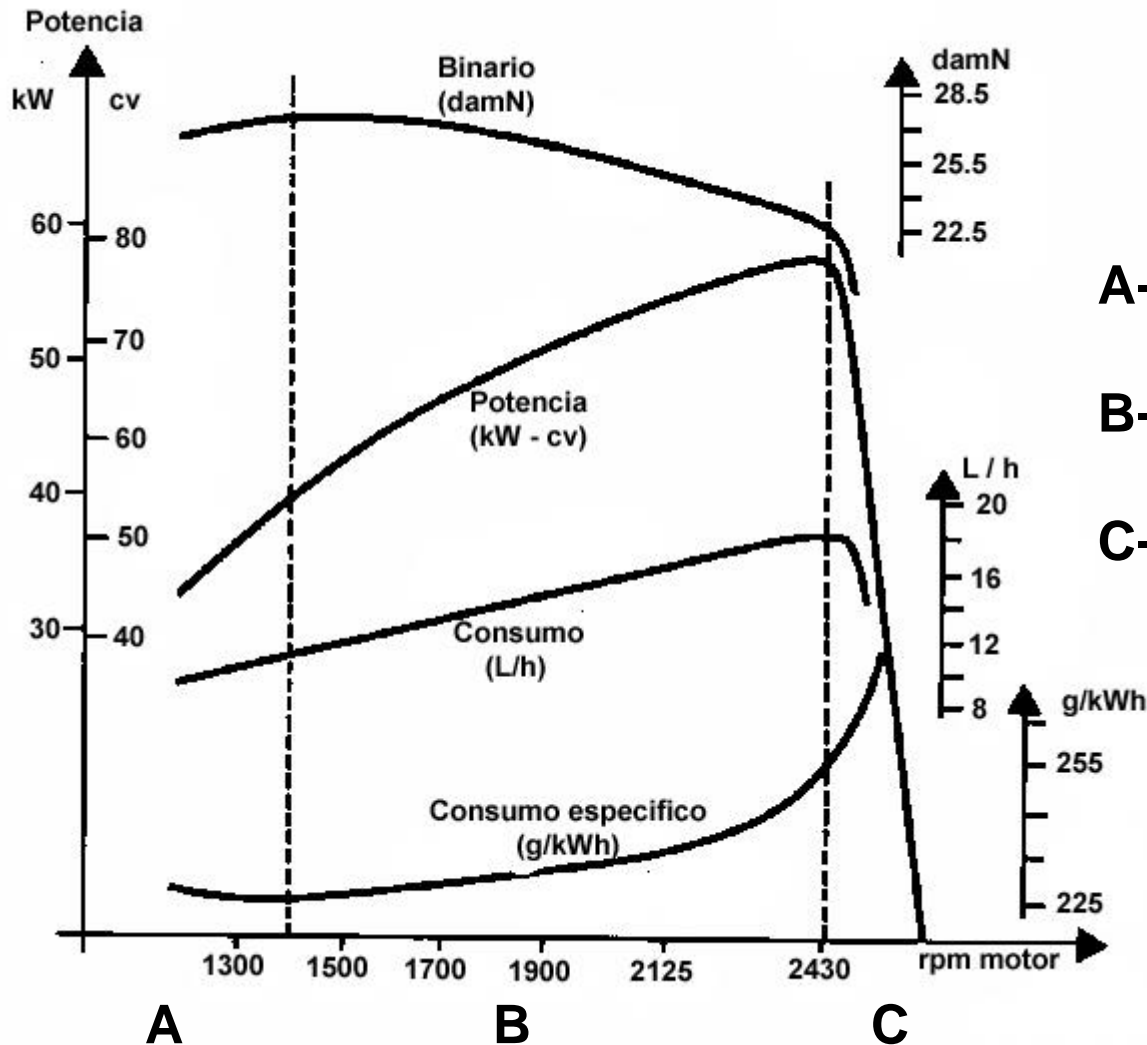
trator	Potência (kW)	Regime (rpm)	Cons.esp. (g/kWh)	L/h Carga elevada	L/h Carga baixa
A	68.0	2 200	255	18.46	11.80
B	67.6	2 461	253	20.15	13.08

Os tratores A e B têm características semelhantes mas os consumos hora diferentes:

trator A:  $18.46 \text{ L/h} * 300 \text{ h} + 11.80 \text{ L/h} * 400 \text{ h} = 10\ 258 \text{ L}$

trator B:  $20.15 \text{ L/h} * 300 \text{ h} + 13.08 \text{ L/h} * 400 \text{ h} = 11\ 277 \text{ L}$

## A condução económica de um trator



A condução económica de um trator (cont).

A condução económica de um trator consiste em adaptar a potência disponível à potência necessária.

## C- Zona de carga parcial ou zona de ação do regulador

É a zona compreendida entre o **regime máximo e o regime nominal**; é geralmente de 150 - 200 rpm.

O consumo nesta zona é elevado, sendo tanto mais elevado quanto menor for a carga motor.

## B- Zona de plena carga

É a zona compreendida entre o regime nominal e o regime correspondente ao binário máximo. Nesta zona o consumo é baixo, sendo tanto mais baixo quanto mais se aproxima do regime do binário máximo.

## A- Zona de “calage”

É a zona correspondente ao regime inferior ao do binário nominal. Neste regime a carga solicitada ao motor é superior à que o motor pode desenvolver.

**Em conclusão:**

A gama de utilização de regimes do motor está compreendida entre o regime nominal e o regime correspondente ao binário máximo (regime de binário máximo).

## Adaptação da potência disponível à potência necessária

Sendo a potência desenvolvida pelo motor igual à potência que lhe é solicitada, aquela pode ser obtida com um regime situado na zona C ou na zona B, **mas como a zona C corresponde a consumos mais elevados há todo o interesse em situar o regime na zona B.**

**Exemplo:**

**Considere-se que para fazer uma mobilização a 6 km/h, pode-se utilizar três RT, com os seguintes regimes:**

**-1600 rpm; 2000 rpm; 2200 rpm.**

**Considera-se que o regime correspondente ao:**

- binário máximo obtido a 1400 rpm;**
- binário nominal obtido a 2100 rpm**
- binário mínimo obtido a 2300 rpm.**

**A zona de ação do regulador é de 200 rpm (2300 - 2100)**

# Departamento de Agronomia

	Regime em carga (rpm)	Consumo (L/h)	Regime em vazio (rpm)
1º RT	2200	21.6	2250
2º RT	2000	20.0	2100
3º RT	1600	17.5	1800

Sendo a zona de ação do regular de 200 rpm o regime, em carga, da 1 e 2ª RT “caem” na zona C (ação do regulador) pelo que conduzem a consumos mais altos que a 3º RT, cujo regime já “cai” na zona B (entre o binário máximo e o nominal). (binários max, nom, min obtidos a 1400, 2100 e 2300 rpm)

A utilização de regimes correspondentes à zona C permitem, no entanto, diminuir as variações de regime resultantes da variação das cargas como, por exemplo, das resultantes da heterogeneidade do terreno. Quanto maior for a heterogeneidade do terreno maior terá de ser a reserva de binário.

Com a 3ª RT está-se a trabalhar junto da potência máxima permitida por esse regime, pelo que a reserva de binário é praticamente nula.



## Utilização do trator em tração

Em trabalhos de tração existem numerosos fatores consumidores de potência o que implica que a potência disponível à barra possa ser bastante inferior à potência do motor.

### Principais fatores que condicionam a capacidade de tração:

- 1- a caixa de velocidades;
- 2- os órgãos de locomoção e as características do solo;
- 3- a massa do trator e sua distribuição nos eixos.

#### 1- A caixa de velocidades

- número de relações de transmissão;
- escalonamento das relações de transmissão

#### Número de relações de transmissão

A caixa de velocidades de um trator deve ter um número suficiente de relações de transmissão entre os 4 - 10 km/h, para permitir uma melhor adaptação das características do motor aos diferentes trabalhos.

## Importância de dispor de um número elevado de RT

Consideremos que :

- a **RT3** permite obter uma força de tração de **10000 N**;
- a **RT4** permite obter uma força de tração de **5000 N**, mas com o dobro da velocidade da RT3.

Considerando uma situação em que a FT necessária seria de 6000 N, apenas se poderia utilizar a RT3, com uma velocidade bastante inferior à possível de obter com a RT4.

A presença de uma RT “entre” as duas anteriores permitiria desenvolver a força de tração necessária e obter uma velocidade superior.

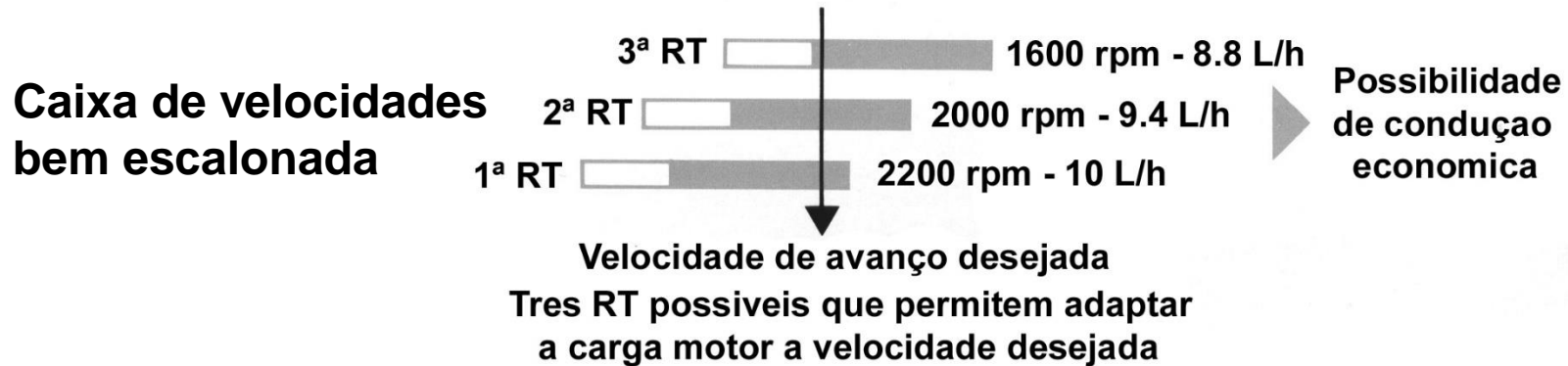
# Departamento de Agronomia

## Importância do escalonamento da caixa de velocidades

Tractor 1



Tractor 2

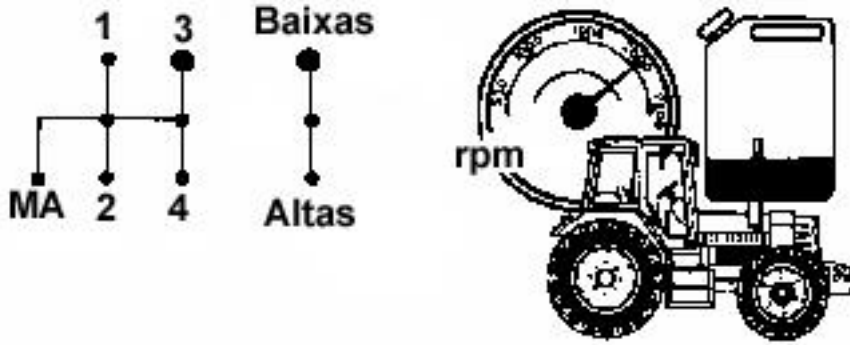


**Nota: As zonas claras das barras correspondem a sobrecargas do motor**

# Departamento de Agronomia

## Influência do regime motor e da potência desenvolvida no consumo

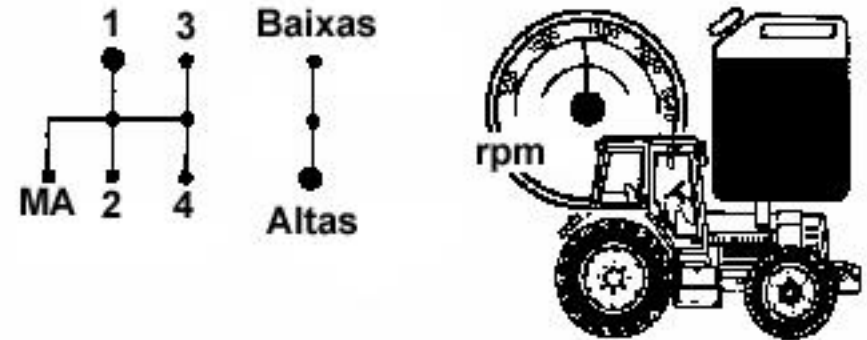
5.5 km/h



Tractor em 3ª B a 2000 rpm  
consumo elevado  
Pontos 1 e 3 do grafico

[Slide seguinte](#)

5.5 km/h

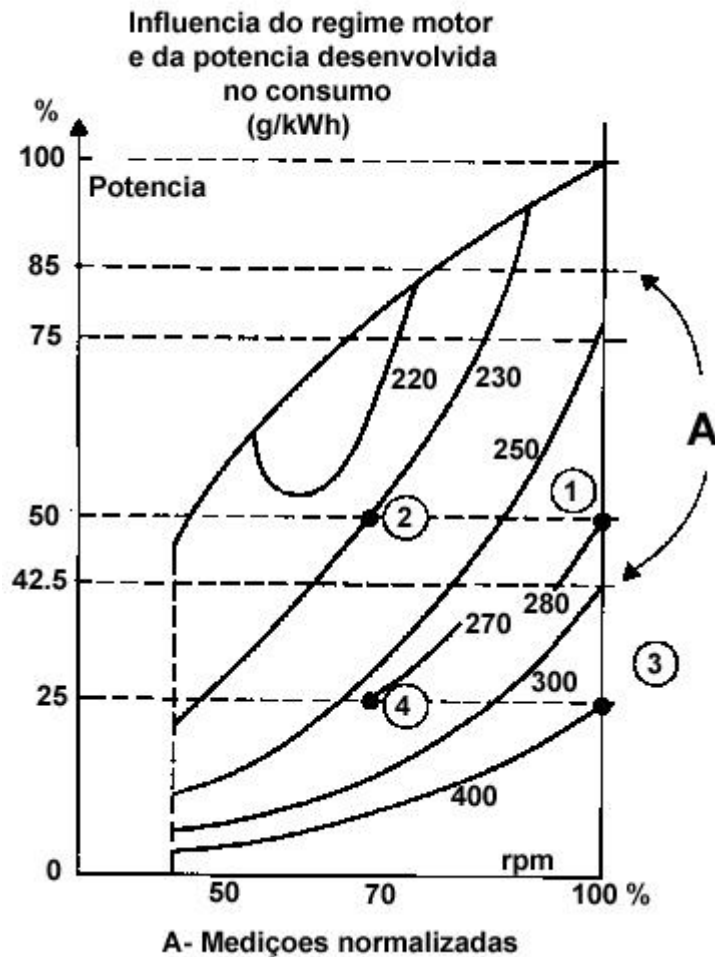


Tractor em 1ª A a 1400 rpm  
economia de 30 % de combustível  
Pontos 2 e 4 do grafico

[Slide seguinte](#)

### Importante:

Manter a mesma velocidade de deslocamento mas utilizando RT superiores com regimes inferiores, desde que a força de tração desenvolvida não seja limitante. (Gear - up trothel down)



**Ponto 1 - Motor a 50 % da sua potência e ao regime nominal (2000 rpm).**

**Consumo - 280 g/kWh**

**Ponto 2- O motor a 50 % da sua potência e a 70 % do regime nominal (1400 rpm)**

**Consumo - 230 g/kWh**

**Do ponto 1 para o 2, o consumo baixa 18 %**

**Ponto 3- O motor a 25 % da sua potência e ao regime nominal (2000 rpm).**

**Consumo - 400 g/kWh**

**Ponto 4 - Motor a 25 % da sua potência e a 70 % do regime nominal (1400 rpm)**

**Consumo - 270 g/kWh.**

**Do ponto 3 para o 4, o consumo baixa 33 %**

## Utilização dos tratores à TDF.

As perdas de potência motor para a TDF são bastante baixas, pois dependem praticamente da potência necessária para vencer o atrito da cadeia de transmissão.

Comparando dois tratores cujos motores tenham a mesma reserva de binário e regimes nominais próximos, o mais interessante para trabalhos à TDF é o que tiver o regime motor, que permite o regime normalizado da TDF, mais próximo do regime correspondente ao binário máximo, pois permite manter mais constante o regime da TDF e a velocidade de deslocamento do trator.

## Importância de dispor de mais que uma velocidade na TDF.

Possibilidade de escolher a RT da TDF mais elevada, mas fazendo-a funcionar ao regime normalizado (540 rpm) a um regime mais baixo do motor. Esta opção só é possível se a potência desenvolvida for suficiente para trabalhar com o equipamento em causa.

## Os sistema de ajuda à condução

Os sistemas eletrónicos de ajuda à condução permitem:

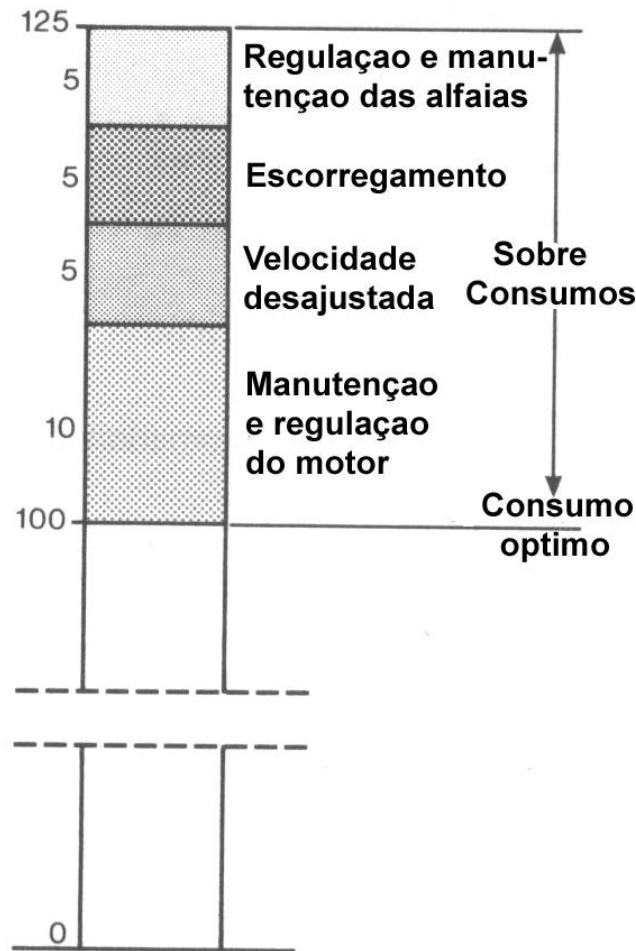
- obter o melhor rendimento da máquina;
- controlar o funcionamento do trator;
- gerir o trabalho efetuado pelo trator e equipamento

**Importante:**

- a presença de um medidor de débito que indique, em tempo real, o consumo instantâneo, permite ao operador escolher o regime vs relação de transmissão, correspondente ao menor consumo.
- a presença de um radar e de um dispositivo eletrónico de medição da velocidade teórica, permite limitar o escorregamento.

A indicação do consumo / hora, permite determinar os encargos com os combustíveis gastos nos transportes, trajetos para as parcelas, operações culturais, etc.

## Fatores que em utilização normal aumentam o consumo de combustível





## Bibliografia

Santos, F. (1996). Características e prestações dos motores alternativos. Vila Real. UTAD. 19 pp.

Contribuição para a otimização do sistema dinâmico trator-alfaia de mobilização do solo (1997)

Peça, J; Serrano, J.; Pinheiro, A.; Carvalho, M.; Nunes, M.; Ribeiro, L.; Santos, F. (1998). trator Performance Monitor-optimizing tractors and implement dynamic in tillage operating. Paper nº 98-A-131. Oslo. AgEngOslo

Serrano, João. M., Peça, J. O., Pinheiro, A., Carvalho, M., Nunes, M., Ribeiro, L. e Santos, F. (2000). Solicitações de tração em grades de discos: Validação de modelos de previsão em solos do Alentejo. 2as Jornadas Nacionais de Mecanização Agrária. Santarém

Serrano, J.; Peça, J.; Pinheiro, A, Carvalho, M.; Nunes, M.; Ribeiro, L.; Santos, F. (2000). *The effects of gang angle of offset disc harrows in work rate and fuel consumption.* Paper. Warwick. AgEng Warwick 2000.

## Bibliografia (cont)

Peça, J.; Serrano, J.; Pinheiro, A.; Carvalho, M.; Nunes, M.; Ribeiro, L.; Santos, F. (2000). Simple settings towards fuel economy in disk harrowing. Paper nº R 3113. XIV Memorial CIGR World Congress 2000. University of Tsukuba. Japan.

Serrano, J.; Peça, J. O.; Pinheiro, A.; Carvalho, M.; Nunes, M.; Ribeiro, L.; Santos, F. (2001). Validação de modelos de previsão de tração em grades de discos. Proceedings do "1er Congreso Nacional de Ingeniería para la Agricultura y el Medio Rural-AgroIngeniería2001", Volumen I, Universidad Politécnica de Valência, Valência, 19-21 de Septiembre de 2001, 125-130.

Serrano, J.; Peça, J.; Pinheiro, A.; Carvalho, M.; Nunes, M.; Ribeiro, Santos, F. (2002). Ficha técnica de um ensaio de tratores agrícolas em mobilização do solo. Vida Rural nº 1677: 18-19

Serrano, J.; Peça, J.; Pinheiro, A.; Carvalho, M.; Nunes, M.; Ribeiro, L.; Santos, F. (2002). Condução eficiente do trator agrícola em tração. 2as Jornadas Politécnicas de Engenharia. Setúbal. 8 pp.