

TESTANDO MOTORES E VEÍCULOS

Parte 01 – Dinamômetros e Sistemas para Medição do Consumo de Combustível e de Ar



Introdução

- Equipamentos usados para testes de motores, incluindo dinamômetros e medidores de fluxo de combustível e de ar
- Métodos para medição de pressão e volume em testes de motores
- Técnicas de análise e interpretação dos dados
- Normas de testes de tratores da SAE/ASAE/ISO e OECD



Dinamômetros

- Os dinamômetros para teste de motores devem incluir os seguintes elementos:
 - Controlador do torque aplicado
 - Medidor do torque aplicado
 - Medidor da rotação de trabalho
 - Sistema de dissipação da potência gerada

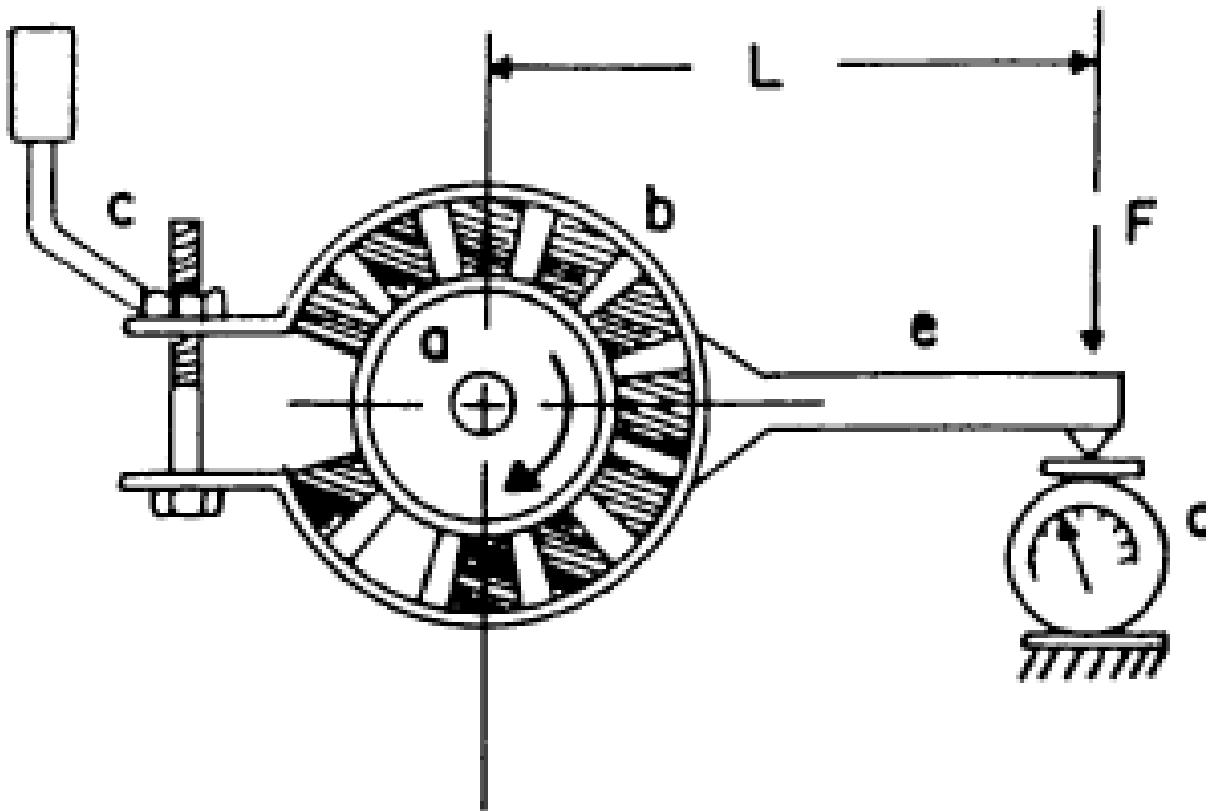


Dinamômetros

- Freio Prony - Dinamômetro mais simples
 - Converte a potência em calor
 - Necessita de sistema de refrigeração
 - Dinamômetro tipo absorção

Dinamômetros

- Dinamômetro freio Prony



- Medições:
 - Força F
 - Rotação n_e

- Cálculos:
 - Torque:
 $T = F \cdot L$

- Potência:
$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot n_e}{60000}$$

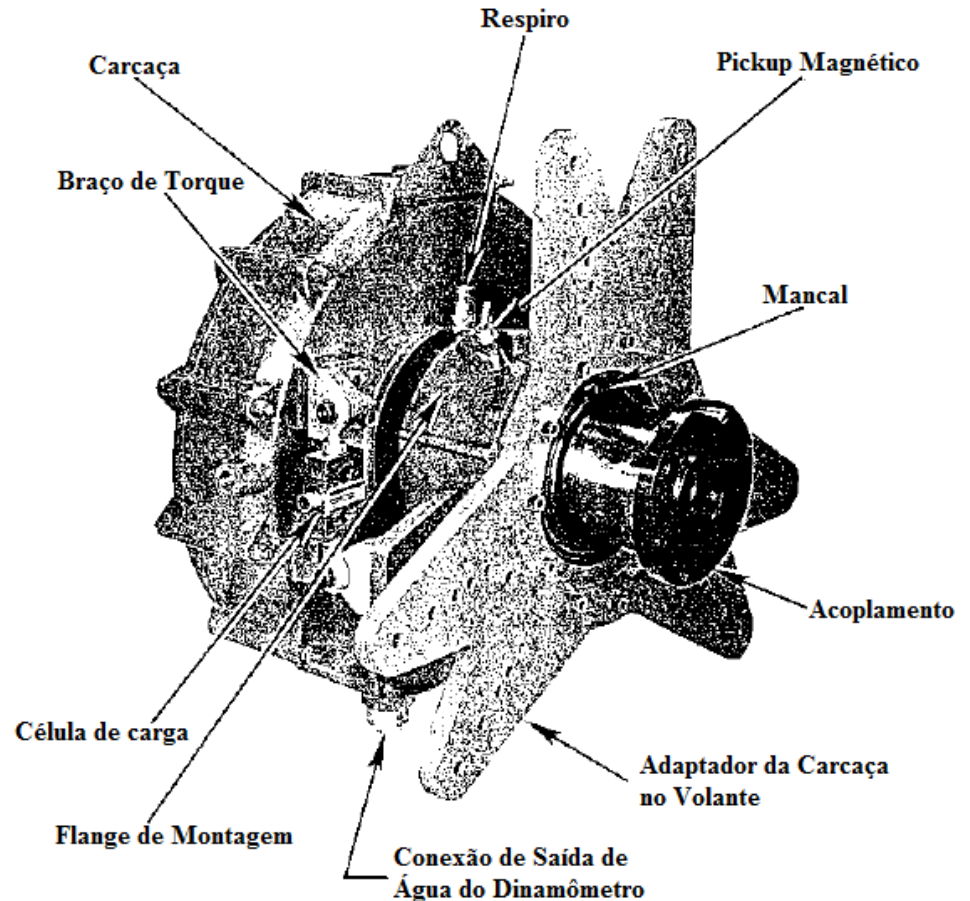
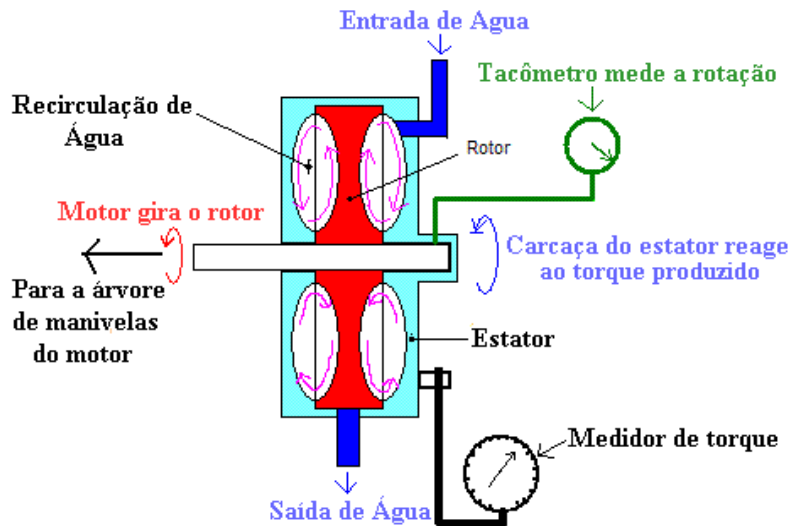


Dinamômetros

- **Dinamômetros hidráulicos:**
 - Dispositivo destinado a absorção e medição de potência produzida por uma fonte capaz de acioná-lo.
 - É necessário suprimento contínuo de água para absorver a energia mecânica e trocar o calor gerado no processo

Dinamômetros

- Dinamômetros hidráulicos:



Dinamômetros

- Dinamômetros tipo motor elétrico/gerador:
 - Montado em berço.
 - É um gerador elétrico que acionado pela máquina em prova, produz energia elétrica, a qual será consumida por uma carga variável (cuba eletrolítica ou resistores).
 - Quando a carga elétrica é aplicada ao gerador, por exemplo, pela conexão a um banco de resistências, a carcaça tende a girar, mas o braço de carga não deixa isso acontecer.

Dinamômetros

- Dinamômetros tipo motor elétrico/gerador:
 - O torque é controlado regulando o acoplamento eletromagnético que existe entre o rotor e a carcaça.
 - A medição exige correção de instrumentos elétricos para compensar o rendimento do gerador.
 - Tem a vantagem de poder ser utilizado como motor elétrico para medição de potência de atrito em máquina de prova.

Dinamômetros

- Dinamômetro elétrico





Dinamômetros

- Dinamômetros de correntes de Foucault:
 - Montado em berço
 - É constituído por um rotor acionado pela máquina em prova, girando em um campo magnético.



Dinamômetros

- Dinamômetros de correntes de Foucault:
 - A intensidade do campo é controlada por meio de uma bobina alimentada por corrente contínua, podendo-se, assim, variar a carga aplicada.
 - São refrigerados a ar ou a água.
 - São utilizados para ensaios de maior precisão.

Dinamômetros

- Dinamômetros portáteis para oficinas:

- Opção 01

- Utiliza o princípio de freio a água, isto é, a TDP aciona uma bomba que bombeia água contra uma restrição controlada.

Dinamômetros

- Dinamômetros portáteis para oficinas:

- Opção 02

- A TDP do trator aciona um tambor rotativo.
- Sapatas de freio hidraulicamente acionadas freiam o tambor para produzir torque.
- O sistema de freio é conectado a um braço de carga na extremidade do dinamômetro.
- Um pequeno cilindro hidráulico na extremidade do braço transmite pressão para o indicador de torque.

Dinamômetros

- Dinamômetros portáteis para oficinas:
 - Esses dinamômetros são usados por oficinas para testar os tratores antes e depois do recondicionamento de motores.

Dinamômetros

- Dinamômetro portátil





Medição do consumo de combustível

- Medidores de fluxo baseado em volume
 - Medição do consumo de combustível é geralmente feita durante os testes de motores

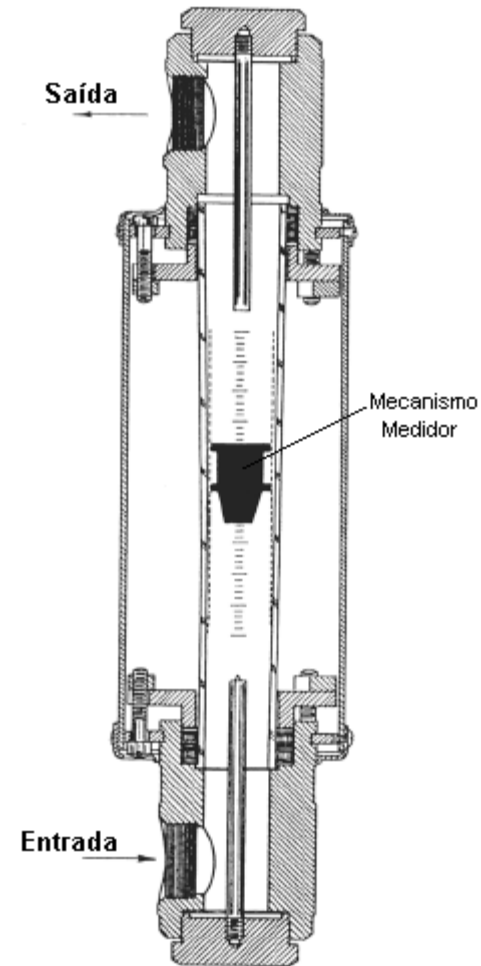


Medição do consumo de combustível

- Medidores de fluxo baseado em volume
 - Rotâmetros:
 - Medição do fluxo volumétrico
 - Dependente da viscosidade e da temperatura do combustível
 - Seleção do rotâmetro é feita em função da viscosidade do combustível
 - As leituras são corrigidas em função da temperatura do fluido

Medição do consumo de combustível

- Rotâmetro





Medição do consumo de combustível

- Medidores de fluxo baseado em volume
 - Medidor de vazão tipo turbina: mesmo comportamento em relação à viscosidade e temperatura que os rotâmetros

Medição do consumo de combustível

- Medidor de fluxo tipo turbina

Turbine Wheel Flowmeter DRS



Measuring range: 2,0-50 l/min. water
Connection: G1/2, G 3/4, 3/4 NPT
Material: Noryl, Ultem
Max. pressure: 16 bar
Max. temperature: 80 °C
Accuracy: $\pm 1,5$ % FS
Pulse output, analogue output,
Contacts, digital-/pointer indicator



Measuring
•
Monitoring
•
Analyzing

Medição do consumo de combustível

- Medidor de fluxo tipo palheta

Low Volume Rotating Vane Flowmeter DPM



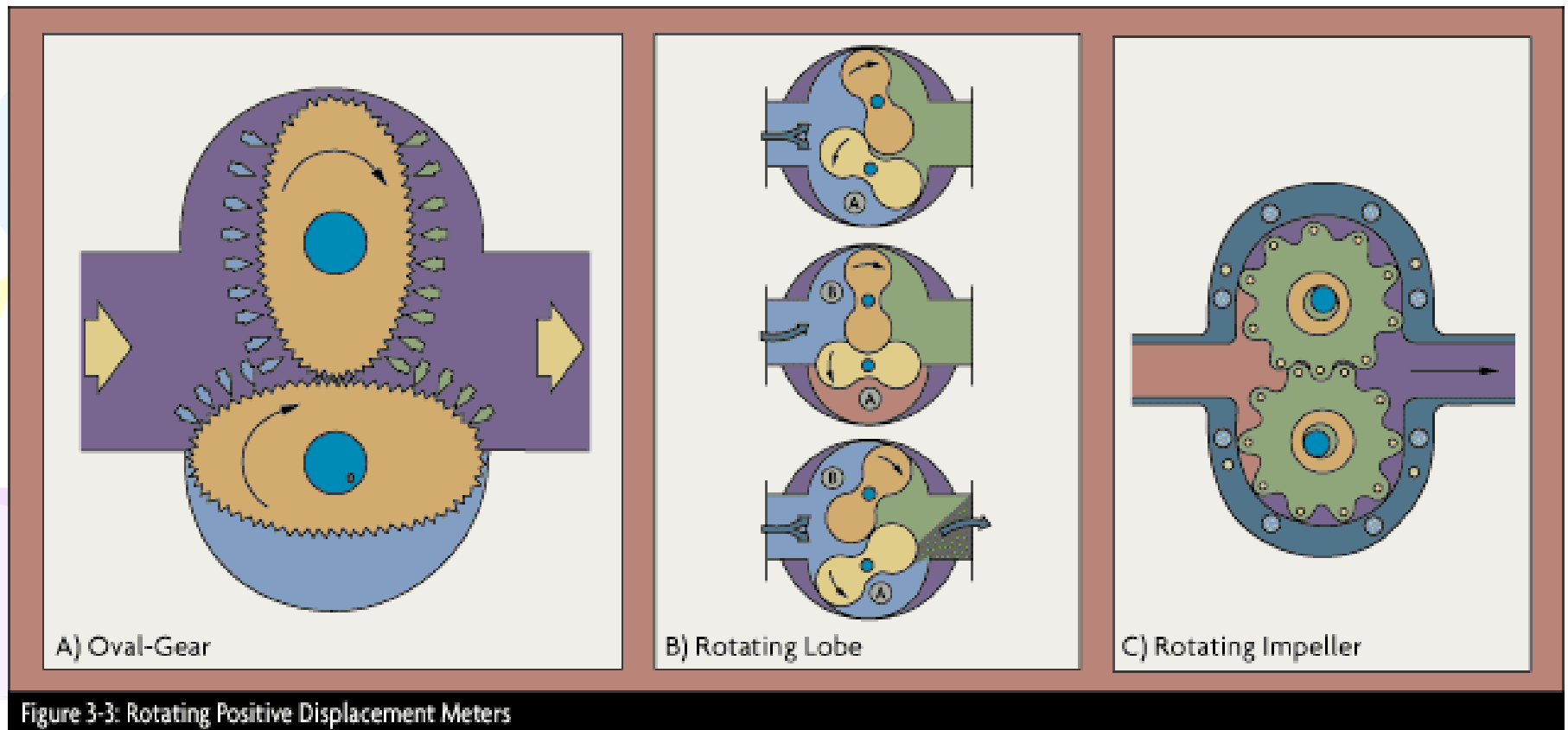
Measuring range: 0,015-0,7 l/min ...0,05-5 l/min. water
connection: G 1/8, G1/4, 1/8 NPT, 1/4 NPT
Material: brass nickle plated, st. st.
Max. pressure: 16 bar
Max. temperature: 80 °C
Accuracy: ± 1 (2,5) % FS
Pulse output, analogue output,
Contacts, digital-/pointer indicator



Measuring
•
Monitoring
•
Analyzing

Medição do consumo de combustível

- Medidor de fluxo tipo engrenagem





Medição do consumo de combustível

- Medidor com base em fluxo de massa
 - Uma balança é usada para medir o fluxo de massa de combustível
 - Consumo é medido por diferença de peso do recipiente
 - Fotocélulas são usadas para detectar movimento do combustível e para acionamento dos temporizadores
 - Sistema de controle: enchimento do recipiente, temporizador eletrônico, etc.

Medição do consumo de combustível

- Medidor de consumo de combustível em motores diesel
 - Nos motores diesel parte do combustível retorna ao tanque
 - Consumo é medido pela quantidade de combustível que deixou o tanque menos o que retornou
 - Quando se usa medidores volumétricos uma opção é o retorno ser direcionado para a linha de alimentação e não para o tanque. Nesse caso pode ser necessário um trocador de calor para resfriar o combustível de retorno.

Medição do consumo de ar

- Importante porque a potência produzida pelo motor depende da quantidade de ar consumida
- Para manter o processo de combustão, a quantidade de ar fornecida tem que ser superior à necessária para queimar a massa de combustível
- Embora a potência é resultado da taxa de combustível alimentada, limitações no suprimento de ar restringe a potência gerada pelo motor

Medição do consumo de ar

- O consumo de ar é geralmente medido usando um orifício calibrado na linha de suprimento de ar para o motor
- Na medida que o fluxo de ar aumenta, aumenta-se a perda de carga no orifício calibrado
- Um transdutor diferencial de pressão é então usado para medir o fluxo de ar
- O ar entra no orifício à pressão atmosférica, a perda de carga no orifício faz com que a pressão do ar na entrada do motor seja negativa. Em alguns casos é necessário usar um ventilador para compensar a perda de carga no orifício calibrado

TESTANDO MOTORES E VEÍCULOS

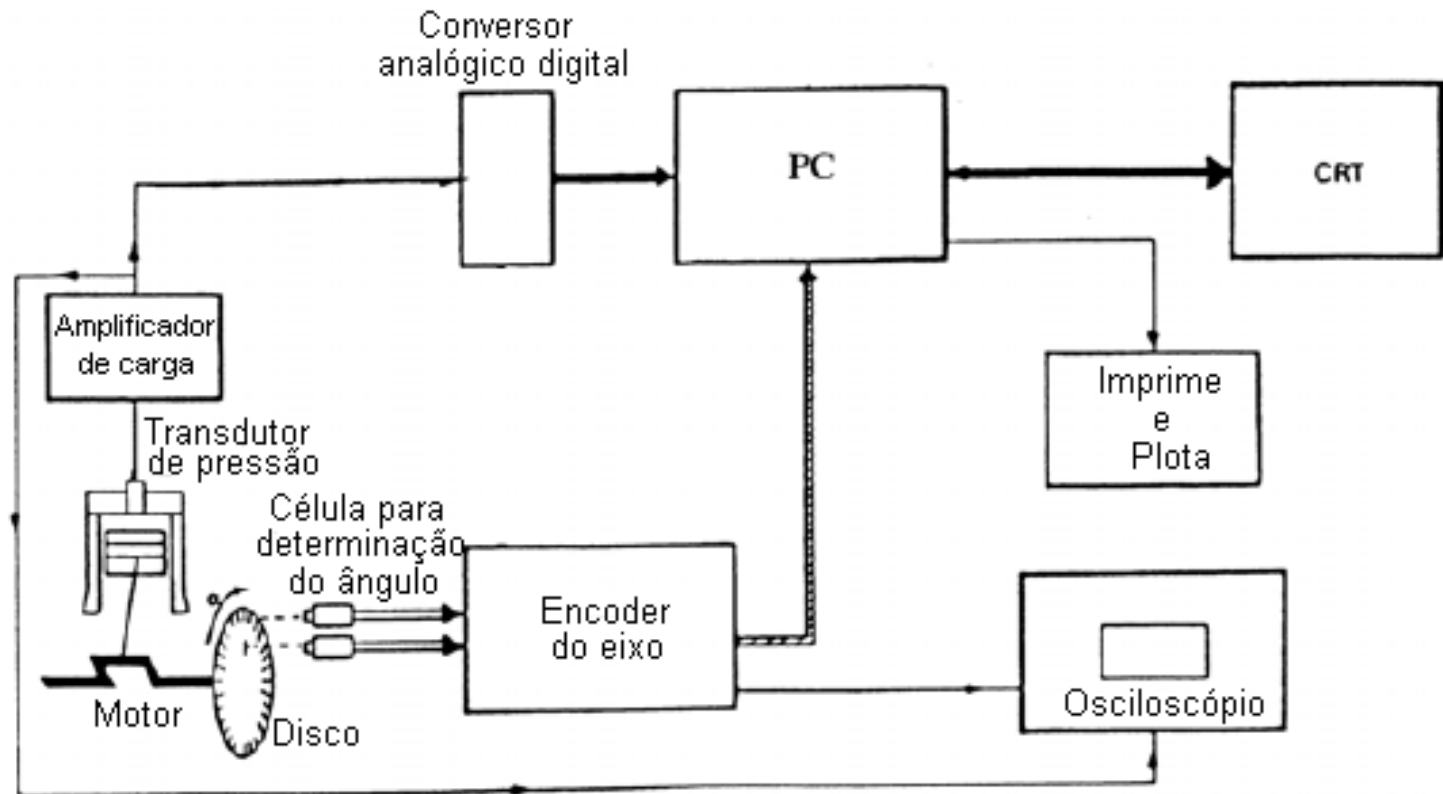
Parte 02 – Aquisição e Interpretação de Dados da Combustão

Aquisição e interpretação de dados de combustão

- Uso de sistemas de aquisição automática de dados e microcomputadores tornou possível a obtenção as curvas pressão versus volume (P-V) na câmara de combustão muito mais fácil de serem obtidas

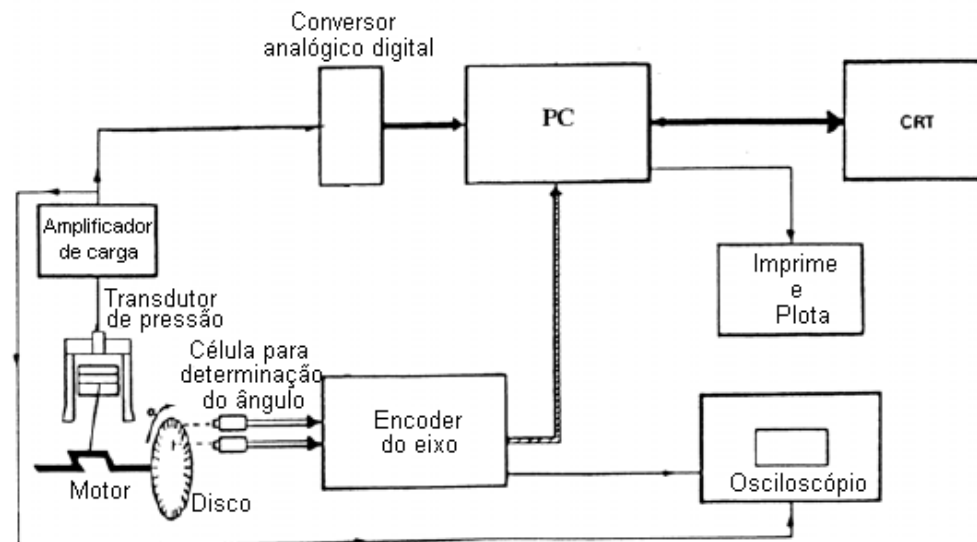
Aquisição e interpretação de dados de combustão

- Sistema usado para medição de pressão/volume em teste de motor



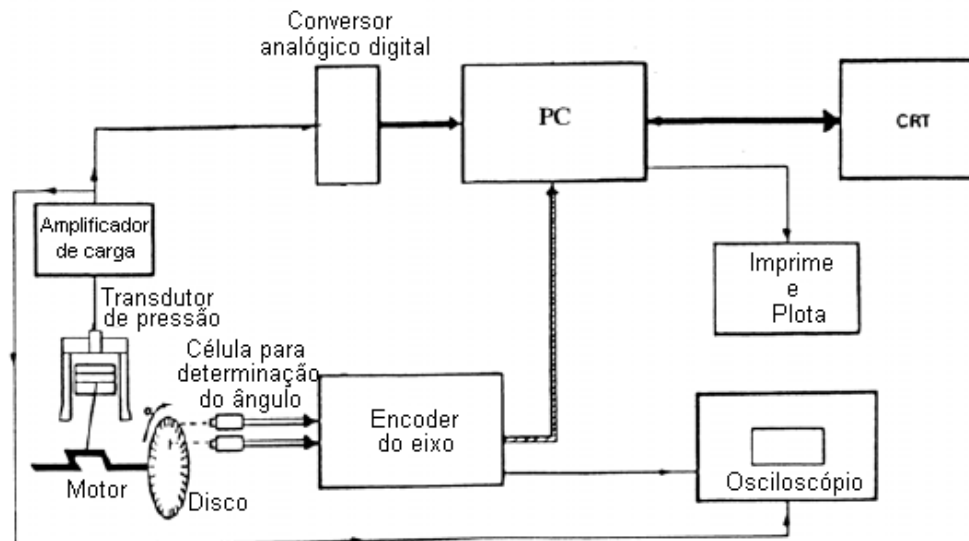
Aquisição e interpretação de dados de combustão

- Um encoder óptico de dois canais é acoplado à árvore de manivelas
 - Num canal é produzido um pulso quando o primeiro pistão atinge o PMS (ponto morto superior)
 - No outro canal é produzido um pulso a cada $0,25^\circ$ (ou menos) de rotação da árvore de manivelas



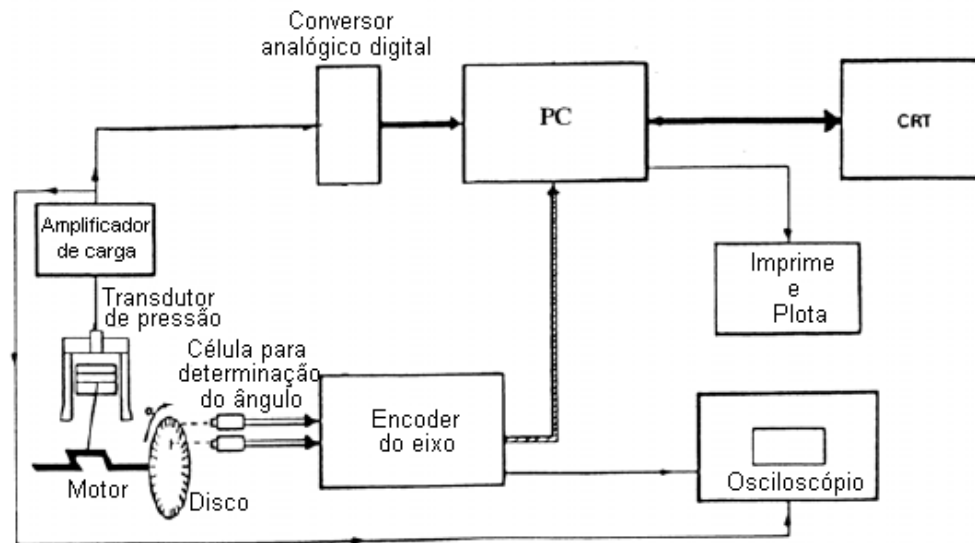
Aquisição e interpretação de dados de combustão

- Um transdutor de pressão piezoelétrico é instalado na câmara de combustão. O transdutor é refrigerado a água e recebe uma proteção contra a radiação de calor pelo motor



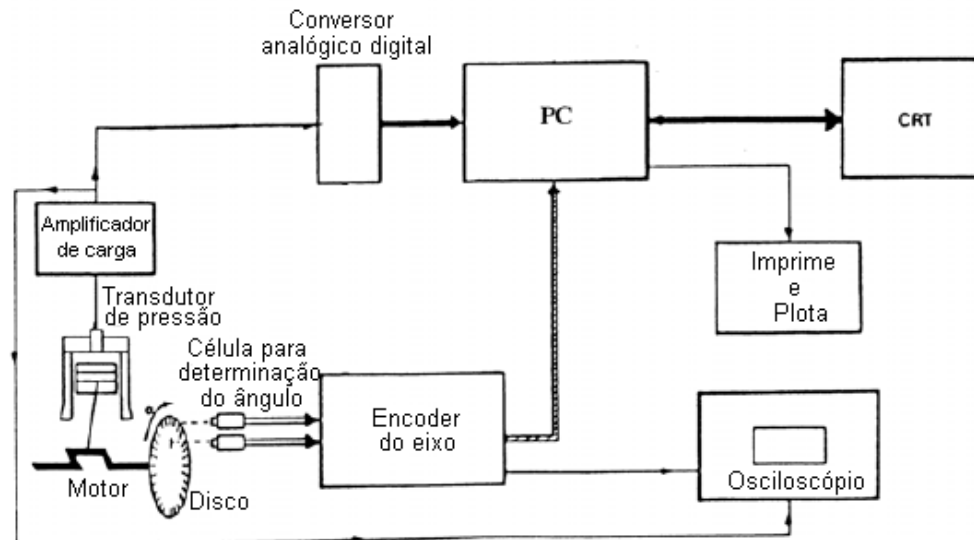
Aquisição e interpretação de dados de combustão

- O transdutor gera um sinal proporcional a pressão na câmara de combustão e o conversor analógico-digital converte o sinal para digital que é transferido para o microcomputador



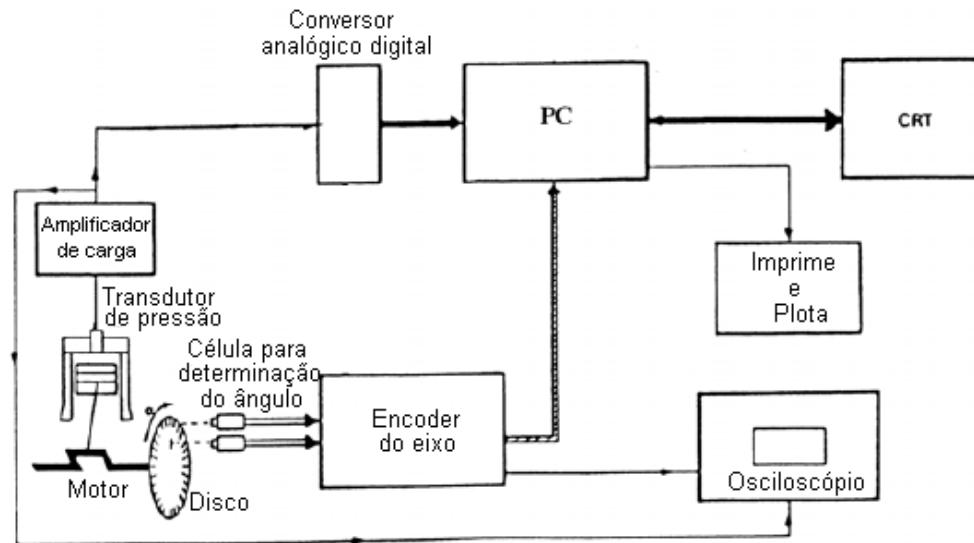
Aquisição e interpretação de dados de combustão

- Quando o pulso do primeiro encoder é produzido (pistão no PMS), o microcomputador começa a armazenar os dados de pressão a cada $0,25^\circ$ até que o motor complete duas voltas (motor de quatro tempos)



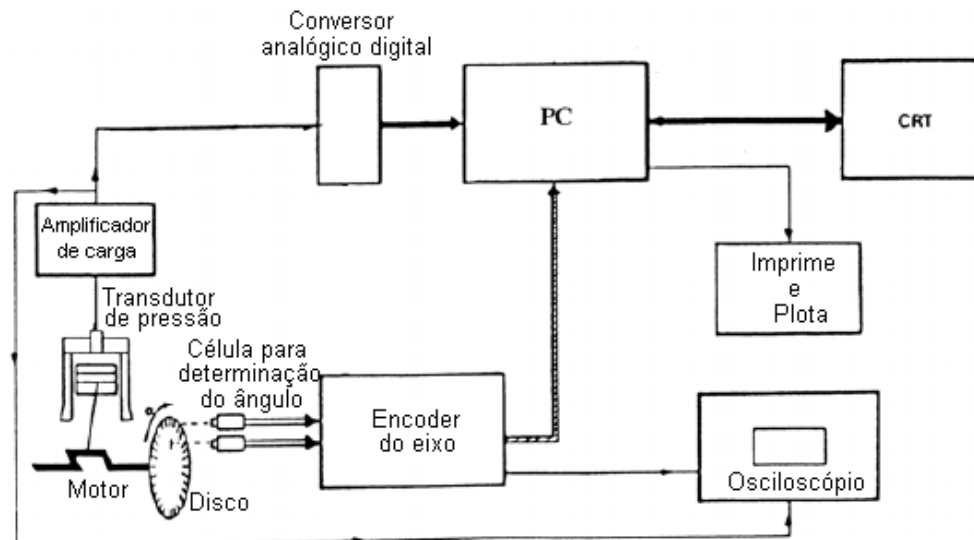
Aquisição e interpretação de dados de combustão

- Geralmente vários ciclos consecutivos são armazenados para obtenção de uma curva P-V média



Aquisição e interpretação de dados de combustão

- Se o motor gira a 2400 rpm, 57600 leituras por segundo devem ser armazenadas, portanto, necessita-se de um sistema de aquisição com elevada taxa de aquisição de sinais



Aquisição e interpretação de dados de combustão

- Um uso dos dados de pressão é para plotar o diagrama P-V do motor.
- A partir do diagrama P-V determina-se a pressão média efetiva indicada
- O computador calcula o volume da câmara de combustão por meio da equação:

TESTANDO MOTORES E VEÍCULOS

Parte 03 – Padrões de Testes para Tratores

Padrões de testes para tratores

- Testes padronizados oferecem informações para que se possa comparar desempenho de tratores de diferentes fabricantes e de diferentes modelos
- Quando os testes são realizados por agências independentes dos fabricantes, os resultados podem estimular a competição entre os fabricantes na busca de máquinas mais eficientes



Padrões de testes para tratores

- A primeira agência independente foi o Laboratório de Testes de Trator de Nebraska, da University of Nebraska.
- Os testes de tratores tornaram-se obrigatórios nos EUA a partir de 1919.

Padrões de testes para tratores

- Atualmente não é obrigatório o teste de tratores com menos de 30 kW e nem tratores produzidos para fins não agrícolas
- As normas para os testes foram desenvolvidas e são periodicamente revistas pela SAE em colaboração com a ASAE
- As normas SAE/ASAE são muito similares às normas ISO
- Com a globalização, a partir de 1980 as normas da OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) passaram a ser aceitas em todo mundo.
- As normas da OECD foram desenvolvidas na Europa nos anos 1960.



Padrões de testes para tratores

- Três normas de testes são amplamente utilizadas para testes de tratores, incluindo: a norma ASAE/SAE/ISO, o teste restrito da OECD e o teste completo da OECD.
- Os testes da OECD são diferenciados por códigos

Padrões de testes para tratores

- Código I – Norma OECD para testes oficiais de desempenho de tratores agrícolas
 - Testes obrigatórios
 - 1. TDP
 - 2. Força e potência do sistema de levante hidráulico
 - 3. Força na barra de tração, trator lastrado
 - 4. Área para manobra e raio de giro
 - 5. Posição do centro de gravidade
 - 6. Capacidade de frenagem (excluído para tratores de rodas)
 - 7. Nível de ruído externo (somente para tratores de rodas)

Padrões de testes para tratores

- Código I – Norma OECD para testes oficiais de desempenho de tratores agrícolas
 - Testes realizados e divulgados de acordo com o fabricante
 - 8. Motor
 - 9. Desempenho na tomada de potência por correia
 - 10. Desempenho em condições de altas temperaturas
 - 11. Partida a frio
 - 12. Potência na barra de tração e consumo de combustível para o trator sem lastros

Padrões de testes para tratores

- Código II – Norma OECD para testes restritos de desempenho de tratores agrícolas
 - Testes obrigatórios
 - 1. TDP
 - 2. Força e potência do sistema de levante hidráulico
 - 3. Força na barra de tração, trator sem lastros
 - Testes de 3 a 11 podem ser realizados e divulgados se o fabricante desejar.

Padrões de testes para tratores

- Código III – Norma OECD para teste oficial da estrutura protetora de tratores agrícolas (testes dinâmicos)
- Código IV – Norma OECD para teste oficial da estrutura protetora de tratores agrícolas (testes estáticos)
- Código V – Norma OECD para teste oficial da medida de ruídos na estrutura protetora de tratores agrícolas

Interpretação de relatórios de testes

- Os relatórios de testes da OECD são muito longos para distribuição ao público
- O Laboratório de Nebraska produz um resumo do teste similar aos relatórios realizados antes de se usar as normas OECD
- Deve-se tomar cuidado ao comparar resultados de testes realizados usando-se diferentes normas

Interpretação de relatórios de testes

- Se o trator tem TDP (tomada de potência)
 - Um teste com duas horas de duração deve ser realizado para produzir a máxima potência
 - Testes rápidos são realizados à rotação nominal do motor e à rotação padrão da TDP se elas forem diferentes da rotação que produz a potência máxima
 - Testes rápidos também são realizados na faixa em que a rotação do motor é controlada pelo regulador (maior que a rotação nominal) e na faixa em que a rotação é controlada pela carga (rotação menor que a nominal) para obtenção da reserva de torque

Interpretação de relatórios de testes

- Se o trator tem TDP (tomada de potência)
 - Durante os testes além da potência e rotação são medidos o consumo de combustível do motor
 - Desprezando-se as perdas de potência entre a TDP e o motor pode-se calcular o torque e a rotação do motor
 - A temperatura e a pressão barométrica do ambiente é medida durante o teste

Interpretação de relatórios de testes

- Nos testes da barra de tração pela norma OECD tem-se:
 - Os testes são conduzidos em cada marcha desde que não ultrapasse o limite de patinagem
 - O primeiro teste apresentado no relatório é o teste realizado na marcha que produz a máxima potência na barra de tração
 - Depois são apresentados os resultados dos testes para uma força na barra de tração equivalente a 75% e 50% da força máxima

Interpretação de relatórios de testes

- Nos testes da barra de tração pela norma OECD tem-se:
 - Depois são apresentados os resultados dos testes para uma força na barra de tração equivalente a 75% e 50% da força máxima, mas a uma velocidade reduzida do motor (marcha com menor relação de transmissão)
 - Depois realiza-se uma série de testes em cada marcha para determinar a máxima potência disponível em cada uma delas
 - Uma outra série de testes é realizada com o motor trabalhando na rotação nominal

Interpretação de relatórios de testes

NEBRASKA OECD TRACTOR TEST 1678—SUMMARY 150 JOHN DEERE 7200 SYNCROPLUS DIESEL 12 SPEED

Location of Test: Tractor Testing Laboratory,
University of Nebraska, Lincoln, Nebraska 68583-
0832

Dates of Test: May 10 to June 1, 1994

Manufacturer: John Deere Tractor Works, P.O.
Box 270, Waterloo, Iowa 50704

FUEL OIL and TIME: Fuel No. 2 Diesel Cetane
No. 53.9 Specific gravity converted to 60°/60°
F (15°/15°C) 0.8400 Fuel weight 6.994 lbs/gal
(0.838 kg/l) Oil SAE 15W-40 API service
classification SG/CE To motor 4.251 gal
(16.093 l) Drained from motor 4.178 gal
(15.817 l) Transmission and hydraulic lubricant
John Deere Hy-Gard fluid Front axle lubricant
John Deere GL-5 Gear Lubricant Total time engine
was operated 20.0 hours.

ENGINE: Make John Deere Diesel Type six
cylinder vertical with turbocharger Serial No.
TO6059T431193 Crankshaft lengthwise Rated
engine speed 2100 Bore and stroke (as specified)
4.19" x 4.331" (106.5 mm x 110.0 mm) Compression
ratio 17.8 to 1 Displacement 359 cu in (5880 ml)
Starting system 12 volt Lubrication pressure Air
cleaner two paper elements and aspirator Oil filter
one full flow cartridge Oil cooler engine coolant heat
exchanger for crankcase oil, radiator for hydraulic and
transmission oil Fuel filter one paper element and
prestrainer Fuel cooler radiator for inlet fuel Muffler
underhood Exhaust vertical Cooling medium
temperature control two thermostats and variable
speed fan

ENGINE OPERATING PARAMETERS: Fuel
rate: 37.3-40.3 lb/h (16.9-18.3 kg/h) High idle:
2225-2325 rpm Turbo boost nominal 8.7-10.2 psi
(60-70 kPa) as measured 9.0 psi (65 kPa)

CHASSIS: Type front wheel assist Serial No.
RW7200S001437 Tread width rear 60.0" (1524
mm) to 100.3" (2548 mm) front 60.0" (1524 mm)
to 88.0" (2235 mm) Wheel base 103.3" (2625 mm)
Hydraulic control system direct engine drive
Transmission selective gear fixed ratio Nominal
travel speeds mph (km/h) first 1.43 (2.30) second
2.00 (3.22) third 2.64 (4.25) fourth 3.03 (4.87) fifth
4.24 (6.82) sixth 4.82 (7.75) seventh 5.59 (9.00) eighth
6.74 (10.85) ninth 8.90 (14.33) tenth 9.99 (16.08)
eleventh 13.98 (22.50) twelfth 18.46 (29.71) reverse
1.75 (2.81), 3.70 (5.96), 5.89 (9.48), 12.21 (19.65)
Clutch multiple wet disc hydraulically actuated by
foot pedal Brakes wet multiple disc hydraulically
actuated by two foot pedals which can be locked
together Steering hydrostatic Power take-off 540
rpm at 2080 engine rpm and 1000 rpm at 2093 engine
rpm Unladen tractor mass 12522 lb (5680 kg)

REPAIRS AND ADJUSTMENTS: No repairs or
adjustments

REMARKS: All test results were determined from
observed data obtained in accordance with official
OECD, SAE and Nebraska test procedures. For the
maximum power tests, the fuel temperature at the
injection pump return was maintained at 156° F
(69°C). This tractor did not meet manufacturers claim
of 72.0 dB(A) cab sound level. The performance results
on this summary were taken from OECD tests
conducted under the Code II Restricted Standard Test
Code procedure.

We, the undersigned, certify that this is a true and
correct report of official Tractor Test No. 1678,
Summary 150, July 21, 1994.

LOUIS I. LEVITICUS
Engineer-in-Charge

R.D. GRISSO
M.F. KOCHER
K. VON BARGEN
Board of Tractor Test Engineers

Interpretação de relatórios de testes

NEBRASKA OECD TRACTOR TEST 1678—SUMMARY 150 JOHN DEERE 7200 SYNCROPLUS DIESEL 12 SPEED

POWER TAKE-OFF PERFORMANCE

Power HP (kW)	Crank shaft speed rpm	Gal/hr (l/h)	lb/hp-hr (kg/kWh)	Hp-hr/gal (kW-h/l)	Mean Atmospheric Conditions
---------------------	--------------------------------	-----------------	----------------------	-----------------------	--------------------------------

MAXIMUM POWER AND FUEL CONSUMPTION

Rated Engine Speed—(PTO speed—1003 rpm)					
94.02 (70.11)	2099	5.40 (20.44)	0.402 (0.244)	17.42 (3.43)	
Maximum Power (2 hours)					
95.06 (70.88)	1900	5.21 (19.71)	0.383 (0.233)	18.26 (3.50)	

VARYING POWER AND FUEL CONSUMPTION

94.02 (70.11)	2099	5.40 (20.44)	0.402 (0.244)	17.42 (3.43)	Air temperature
82.93 (61.84)	2184	5.02 (19.00)	0.423 (0.257)	16.52 (3.26)	80°F (27°C)
63.10 (47.06)	2209	4.29 (16.24)	0.475 (0.289)	14.71 (2.90)	Relative humidity
42.07 (31.37)	2227	3.39 (12.83)	0.563 (0.343)	12.41 (2.45)	65%
21.16 (15.78)	2245	2.53 (9.58)	0.836 (0.509)	8.36 (1.65)	Barometer
0.90 (0.67)	2260	1.72 (6.49)	13.266 (8.070)	0.53 (0.10)	29.06" Hg (98.44 kPa)

Maximum Torque 311 lb.-ft. (422 Nm) at 1400 rpm

Maximum Torque Rise 32.5%

Torque rise at 1700 engine rpm 20%

Interpretação de relatórios de testes

NEBRASKA OECD TRACTOR TEST 1678—SUMMARY 150 JOHN DEERE 7200 SYNCROPLUS DIESEL 12 SPEED

DRAWBAR PERFORMANCE FUEL CONSUMPTION CHARACTERISTICS

Power Hp (kW)	Drawbar pull lbf (kN)	Speed mph (km/h)	Crank- shaft speed rpm	Slip %	Fuel Consumption		Temp. °F (°C)		Barom. inch Hg (kPa)
					lb/hp-hr (g/kWh)	Hp-hr/gal (kWh/l)	cool- ing med	Air dry bulb	
Maximum Power—6th (C1) Gear									
82.70 (61.67)	6456 (28.72)	4.80 (7.73)	2101	3.97	0.457 (0.278)	15.31 (3.02)	196 (91)	70 (21)	28.73 (97.29)
75% of Pull at Maximum Power—6th (C1) Gear									
65.16 (48.39)	4838 (21.52)	5.05 (8.13)	2198	3.49	0.505 (0.307)	13.86 (2.73)	190 (88)	70 (21)	28.74 (97.32)
50% of Pull at Maximum Power—6th (C1) Gear									
44.99 (33.10)	3229 (14.36)	5.16 (8.39)	2221	2.33	0.603 (0.367)	11.60 (2.29)	186 (86)	70 (21)	28.74 (97.32)
75% of Pull at Reduced Engine Speed—8th (C2) Gear									
65.26 (48.67)	4843 (21.54)	5.05 (8.13)	1572	3.49	0.440 (0.268)	15.90 (3.13)	192 (89)	70 (21)	28.74 (97.32)
50% of Pull at Reduced Engine Speed—8th (C2) Gear									
44.34 (33.06)	3223 (14.34)	5.16 (8.39)	1589	2.41	0.491 (0.299)	14.23 (2.80)	184 (84)	70 (21)	28.74 (97.32)