

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE FORMATURA

MOTOR PADRÃO DE IGNição POR CENTELHA PARA ENSAIO DE COMBUSTIVEIS

Autor : Marcos Ferreira Pinheiro Junior
Orientador : Prof. Nedo Eston de Eston

new 195

MOTOR PADRÃO DE IGNição POR CENTELHA PARA ENSAIO DE COMBUSTÍVEIS

1. Método de Ensaio de Características Antidetonantes de Combustíveis
Aplicáveis a Motores de Ignição por Centelha
 - 1.1 Antidetonação
 - 1.2 Objetivo do Método
 - 1.3 Número de Octano
2. Aparelhagem
 - 2.1 O Motor Padrão
 - 2.2 Fundação
 - 2.3 Combustível de Referência
 - 2.4 Condições Padrão de Detonação
3. Procedimento
 - 3.1 Partida e Parada do Motor
 - 3.2 Intensidade Padrão de Detonação
 - 3.3 Ajuste do Pino de Choque
 - 3.4 Verificação das Condições de Ensaio
 - 3.5 Resumo do Ensaio
 - 3.6 Ajuste da Taxa de Compressão e do Carburador
 - 3.7 Combustíveis de Referência

.../...

3.8 Classificação

4. Número de Octanas

4.1 Número de Octanas - ASTM

4.2 Reprodutibilidade de Resultados

5. Manutenção

5.1 Inspeção e Manutenção da aparelhagem

6. Montagem do Motor

6.1 Introdução

6.2 Montagem

7. Aplicação do Motor Padrão

8. Observações

.../...

MOTOR PADRÃO PARA ENSAIO DE COMBUSTÍVEIS

INTRODUÇÃO :

Este trabalho, específico para o motor CFR Nº403585 da Waukesha Motor Company, pretende apresentar um método para determinação de propriedades anti-detonantes de combustíveis aplicáveis a motores de combustão por centelha, mostrando ainda as características de construção, e funcionamento do motor padrão.

O presente foi elaborado com base em um motor CFR Nº403585 da Waukesha Motor Company.

Tem-se nesse volume, material para o ensaio desses combustíveis, incluindo, além do método de operação a manutenção do motor e possíveis aplicações no estudo de combustíveis alternativos.

Este trabalho foi realizado sob a orientação do engenheiro Nedo Eston de Eston, assessor da diretoria executiva do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e professor, na cadeira de motores, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Devo agradecer pela colaboração do engenheiro Marcos Fortunato H. D'Agostini e de Silas Ferreira Pimenta do Setor de Motores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

A montagem e restauração do sistema objeto deste trabalho, bem como dados teóricos e todo o material necessário, foram obtidos na Divisão de Engenharia Mecânica - Setor de Motores, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

166a515

1. Método de Ensaio de Características Antidetonantes de Combustíveis

Aplicáveis a Motores Ciclo Otto.

1.1 ANTIDETONAÇÃO :

A antidetonação é a resistência dos combustíveis à autoignição em motores Otto. É a principal propriedade em um combustível, no que se refere à potência e economia do motor. É medida em nº de octanas ou octanagem. Não sendo da finalidade do livro entrar em detalhes quanto à estrutura química dos combustíveis, citaremos apenas alguma coisa a respeito.

Para que haja uma combustão constante nos motores Ciclo Otto, é necessário moléculas pequenas em combustíveis leves e antidetonantes. As olefinas e parafinas (hidrocarbonetos com moléculas longas) são menos antidetonantes do que os aromáticos, naftenos e isoparafinas (hidrocarbonetos com estruturas moleculares compactas em cadeias cílicas e ramificadas). Moléculas insaturadas, pouco hidrogenadas, são mais detonantes do que as saturadas. As olefinas são mais antidetonantes do que as parafinas e os aromáticos mais que os naftenos.

Os hidrocarbonetos, sintéticos ou naturais, com ponto de ebulição adequado para motores Otto, entre 32 e 200°C, como a gasolina, dependem do petróleo de onde são obtidos e do processo de obtenção. De maneira geral, as características antidetonantes desses produtos, não satisfazem às exigências dos motores atuais, o que implica na utilização de aditivos.

O aditivo mais eficaz é o chumbo tetra-estila Pb (Cz Hs) 4 que aplicado por exemplo a uma gasolina com 65 octanas a 0,05%, faz com que esta atinja de 75 a 77 octanas.

1.2 OBJETIVO DO MÉTODO :

Este método de ensaio pretende determinar as características anti-detonantes em termos de uma escala arbitrária de números de octano, de gasolinas e combustíveis equivalentes para uso em motores de ignição por centelha, exCLUídos motores para aviação. É aplicável apenas a pressões atmosféricas não inferiores a 724 mm de Hg (28,5 pol de Hg).

1.3 NÚMERO DE OCTANO - ASTM :

O número de octano ASTM, de um combustível para motores de ignição por centelha é o número inteiro mais próximo ao número de octano (veja nota 1) de uma mistura de iso-octano com heptano normal que apresenta características de detonação iguais às do combustível ensaiado.

Nota 1 : Número de octano é definido por e é numéricamente igual à porcentagem em volume, de iso-octano (2,2,4 - Trimetilpentano) em uma mistura de iso-octano e heptano normal, usado como um padrão primário para a medição de características antidetonantes. Assim, por definição, heptano normal tem um número de octano 0 (zero) e iso-octano 100 (cem).

2. Aparelhagem

2.1 O MOTOR PADRÃO (figura 1) :

O motor que a seguir vai ser descrito, inclusive com restauração e modificações feitas, é um projeto datado de 1937, desenvolvido pela Waukesha Motor Company sob aprovação do Co-operative Fuel Research Committee.

.../...

Tendo sido abandonado por muito tempo e transferido para diferentes locais, ao ser recebido no IPT, apresentava-se bastante incompleto e por conseguinte de impraticável utilização. Partiu-se então para uma restauração total, pensando-se desde então na sua possível aplicação em pesquisa de combustíveis alternativos e estudo através de aparelhagem especial como transdutores de pressão e osciloscópios, das curvas de pressão na câmara de combustão, quando da explosão no funcionamento da máquina.

Passamos então à montagem do motor. Será apresentado em seguida, o motor como foi originalmente concebido e logo após, as modificações sofridas.

A aparelhagem total consta de um motor monocilíndrico com taxa de compressão variável continuamente, equipamentos e instrumentos montados em uma base estacionária.

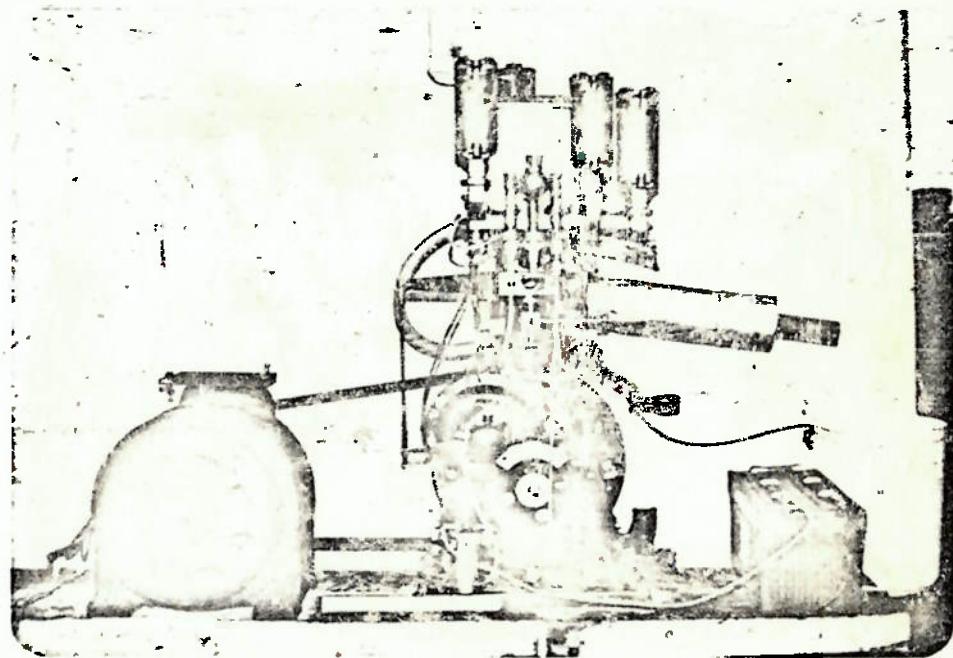


Figura 1 - Conjunto

.../...

a) Motor : Motor com taxa de compressão variável, um cilindro, com as seguintes dimensões :

Escala de taxa de compressão	4 a 10
Diâmetro do pistão (pol)	3,25
Curso (pol)	4,50
Cilindrada (pol ³)	37,33
Assento de Válvulas, diâmetro int. mfn. (pol)	1,187
Mancal de Biela :	
Diâmetro (pol)	2,25
Comprimento (pol)	1,625
Mancal Principal Dianteiro :	
Diâmetro (pol)	2,25
Comprimento (pol)	2,00
Mancal Principal Traseiro :	
Diâmetro (pol)	2,25
Comprimento (pol)	4,25
Pino do pistão, flutuante, diâmetro (pol)	1,25
Mancal, centro a centro (pol)	10,00
Face da engrenagem de distribuição (pol)	1,00
Anéis de pistão, número	5
Tubo de exaustão, diâmetro (pol)	1,25
Velas tamanho, mm	18
Peso do motor, lb (aproximado)	475
Peso da unidade completa, lb (aproximado)	1375

.../...

- b) Eixo de Manivela - Totalmente usinado, tratado termicamente e contrabalanceado.
- c) Carter - Ferro fundido, com paredes rígidas.
- d) Biela - Perfurada com madril, aço SAE 1045, tratado termicamente, mancal de liga fundida diretamente na extremidade maior.
- e) Mancais Principais - Com buchas renováveis e forrados de metal ptente.
- f) Válvulas - Silcrome : Válvula de admissão com capuz especialmente desenhado. Válvulas e assentos de Stellite são opcionais.
- g) Tempo de Válvulas - A folga para verificação em ambas as válvulas é de 0,010 pol (para folga com motor em movimento, ver seção 6, ítem). A válvula de admissão abre 18° após o ponto morto superior e fecha 34° após o ponto morto inferior. A válvula de escape abre 40° antes do ponto morto superior e fecha 15° após o ponto morto superior.
- h) Hastes de Válvulas - Tipo cogulmelo, com ajuste por contraporca.
- i) Cilindro - Em uma única peça com cabeçote, em liga de ferro fundido, furado e brunido, com dureza 220 ± 20 Brinell.
- j) Sistema de Refrigeração - Evaporativo
- k) Lubrificação - Alimentada por pressão para os mancais principais, do eixo de manivelas, do pino do pistão, do eixo de comando de válvulas e para o prisoneiro da engrenagem intermediária e engrenagens.

.../...

- l) Aquecedor de Óleo : Aquecedor elétrico na base para levar o óleo à temperatura de operação rapidamente e um termômetro no painel de instrumentos para indicar quando a temperatura de equilíbrio é alcançada.
- m) Ignição : No caso, é utilizado um sistema de bobina. Um tubo de neon indicador de centelha é montado dentro do motor. O avanço de ignição é ajustado automaticamente enquanto a taxa de compressão é alterada.
- n) Vela - A vela utilizada deve ter as tolerâncias e características térmicas de número 8 (A-64-S) fornecida pela Champion.
- o) Carburador - (figura 2) O equipamento apresenta um carburador de múltiplas cubas. Ele tem um jato de medição para cada cuba um jato atomizador horizontal na corrente de ar e um venturi com garganta interna mínima de $0,563 \pm 0,001$ pol. de diâmetro. Cada cuba é ajustável individualmente para o nível de combustível em diferentes razões de mistura, sendo o nível de combustível para uma dada relação combustível-ar, dependente do tamanho do jato de medição. A admissão do carburador é ajustada com um cotovelo e um silencioso de admissão montado verticalmente.

.../...



Figura 2 - Carburador

p) Disco do acelerador - Este é instalado entre o carburador e a tubulação de admissão, com uma junta padrão de asbestos e cobre entre o disco e o carburador; e uma junta padrão de asbestos e cobre, uma blindagem contra o calor, de aço inoxidável com o disco para baixo e uma junta especial de cobre e asbestos isolante contra o calor de 0,375 pol de espessura, entre o disco e a tubulação. Este disco do acelerador deve ter uma abertura vertical localizada no centro com extremidades semi-circulares, de $1,312 \pm 0,005$ pol em comprimento e $0,250 \pm 0,005$ pol em largura.

.../...

- q) Conjunto Aqucedor - Consiste de (1) tubo, (2) aquecedor elétrico de imersão, reostato e uma chave de segurança automática, e (3) um termômetro especial de mercúrio com um campo adequado. O elemento aquecedor deve ser instalado de forma que (a) a abertura entre as duas pontas fique diretamente oposta à admissão do carburador, (b) as pontas sejam retas e paralelas entre si, colocadas bem no centro com relação às paredes do tubo, e (c) as extremidades inferiores das pontas estejam de $0,125 \pm 0,010$ pol abaixo de plano horizontal através do centro do tubo de saída. O termômetro deve estar na vertical e localizado de forma que o centro do bulbo esteja no centro do tubo, $1,875 \pm 0,010$ pol do eixo central de seção vertical do tubo e $0,375 \pm 0,010$ pol da face da flange de saída do tubo.
- r) Instrumentos - A intensidade de detonação é medida por meio de um "pino de choque" em conjunto com um medidor de detonação. O "pino de choque" de lâmina ajustável é preferido. Este consiste de um pino cilíndrico de aço com $0,218 \pm 0,001$ pol de diâmetro em cuja extremidade superior está fixada uma ponta de fibra, de modo que o comprimento total do pino e da ponta sejam de $7,000 \pm 0,015$ pol. O pino é mantido em posição vertical no motor, por duas buchas em uma barra perfurada. A extremidade inferior

.../...

apoia-se em um diafragma de aço-mola endurecido com $0,543 \pm 0,003$ pol de diâmetro e $0,0015 \pm 0,0005$ pol de espessura que é travado no fim da barra com uma porca. Ligadas à cabeça da barra e devidamente isoladas estão duas molas de lâmina com os pontos de contato imediatamente acima do "pino de choque". Estas molas devem ter $0,021 \pm 0,0005$ pol de espessura. Existem parafusos de ajustagem da tensão das molas e folgas entreferros. O medidor de detonação é um mecanismo para a ligação da corrente que percorre o circuito do "pino de choque" quando os contatos são fechados pelo movimento ascendente do "pino de choque" resultante da detonação. A corrente é suprida por um pequeno gerador de corrente direta, acionado por correia da unidade de absorção. Esta corrente percorre um elemento de resistência de aquecimento localizado perto de um termopar. O potencial produzido na junção do termopar quando a corrente percorre o elemento de aquecimento atua o medidor de detonação e produz uma indicação contínua da intensidade de detonação.

- s) Unidade de Absorção - O motor é ligado por correias tipo "V" a de Potência um gerador elétrico que de preferência deve ser um motor de indução com características síncronas mas pode ser qualquer gerador elétrico capaz de manter condições próprias de operação. Na maioria dos casos o gerador elétrico atuará como um mo-

.../...

tor de arranque para partir o motor de combustão, mas se um gerador de corrente direta é usado e nenhuma fonte externa de corrente existe, o motor deverá ter partida manual.

- t) Tubo de Escape - Um tubo de escape separado deve ser usado para cada motor. Ele deve ser feito com tubo de diâmetro interno igual ou maior do 1 1/4 pol, tendo um máximo de dois "elos" e um comprimento máximo de 20 pés. O uso de um silencioso reto e curto com 1 1/4 pol de diâmetro interno é permitível.

2.2 FUNDAÇÃO :

A fundação deve ser de concreto a no mínimo a 15 pol de altura acima do nível do chão, apoiado, se possível, diretamente no solo. Do contrário deve-se preparar uma base especial para evitar-se vibrações que poderiam influenciar nas avaliações. Para conveniência de operação a base deve estar localizada a no mínimo 2 pés de qualquer parede.

2.3 COMBUSTÍVEIS DE REFERÊNCIA :

- a) Combustíveis Primários - Estes devem ser iso-octano (2,2,4 - tri-metilpentano) e heptano normal.
- b) Combustíveis Secundários - Para assegurar-se um maior grau de reproduzibilidade nos ensaios, é preferível o uso de combustíveis secundários que tenham sido calibrados contra

.../...

os combustíveis primários de referência em um grande número de motores. Tais combustíveis secundários de referência podem ser "straight-run" ou outras gasolinas estáveis no caso. A calibração deve ser expressa em termos da escala de número de octano, deve ser baseada em resultados confiáveis por esse método de outros laboratórios.

2.4 CONDIÇÕES PADRÃO DE OPERAÇÃO :

O motor deve rodar sob as seguintes condições padrão :

- a) Velocidade do Motor : 900 ± 9 rotações por minuto, constantes.
- b) Temperatura da Camisa : Constante dentro de mais ou menos 1°F ($0,6^{\circ}\text{C}$) e a uma temperatura entre 209 e 215°F (98 e 102°C).

NOTA 2 - Para testes de rotina a pressões barométricas abaixo de $28,5$ pol de mercúrio, uma solução de etileno-glicol pode ser usada para manter-se a temperatura padrão da camisa. Não é usado em testes de referência.

c) Avanço de Ignição - Controlado automáticamente

26,0 graus a uma taxa de compressão de $5,0:1$ (ajuste básico)
24,0 graus a uma taxa de compressão de $5,5:1$
22,0 graus a uma taxa de compressão de $6,0:1$
19,0 graus a uma taxa de compressão de $7,0:1$

.../...

- d) Temperatura da Mistura - Esta deve ser mantida a $149 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$!
 $(300 \pm 2^{\circ}\text{F})$ conforme indicação do termômetro de mercúrio.
- e) Ajuste do Carburador - O carburador deve ser ajustado para detonação máxima. A leitura do nível de combustível para detonação máxima deve estar entre 0,8 a 1,8 polegadas. Para atingir-se esse requisito no caso de alguns combustíveis pode ser necessário mudar-se o tamanho do jato do carburador.
- f) Conjunto do "Pino de Choque" - A folga de ajuste deve estar entre 0,002 e 0,005 polegadas (veja nota 3). A sensibilidade não deve ser menor do que quatro divisões na escala do medidor de detonação por número de octano e a flutuação nas divisões do medidor durante uma leitura não deve exceder 20% da sensibilidade.

NOTA 3 - Um ajuste correto deve fornecer uma leitura no medidor de detonação de 55 a 60 para uma mistura de 65% de iso-octano e 35% de heptano normal sob as condições padrão, (ver seção 8), Para testes de combustíveis com mais de 82 octanas, o ajuste correto deve resultar na mesma leitura para uma mistura de 90 octanas a uma taxa de compressão de $7,1 \pm 2:1$ corrigida para a pressão barométrica (ver seção 10 (b)).

.../...

- g) Intensidade Padrão - Deve ser aquela obtida com uma mistura em de Detonação volume de 65% de iso-octano e 35% de heptanol normal sob condições padrão de operação deste método a uma taxa de compressão de 5,3:1 e uma pressão barométrica de 760 mm de Hg (29,92 pol de Hg) (ver seção 8).
- h) Volume da Câmara de Combustão - Este, medido até a face superior do furo do "pino de choque" deve ter $140 \pm 0,5$ ml com o motor no ponto morto superior e com uma taxa de compressão de 5,5:1 (ver nota 4). Com esse volume, o micrômetro deve estar posicionado na leitura 0,500 pol.

NOTA 4 - Cilindros restaurados não devem ser usados para testes de referência. Quando cilindros retificados são usados em ensaios de rotina esse volume torna-se :

$140,8 \pm 0,5$ ml para 0,01 pol acima do tamanho original

$141,6 \pm 0,5$ ml para 0,02 pol acima do tamanho original

$142,5 \pm 0,5$ ml para 0,03 pol acima do tamanho original

- i) Pressão de Compressão - A uma razão de compressão de 5,3:1 corrigida para a pressão barométrica (ver seção 8). A pressão de compressão deve ser 114 ± 2 psi absoluta (99 ± 2 lb manométrica) e a uma taxa de compressão de 7,1:1 corrigida para pressão barométrica (ver seção 10 (b)), 162 ± 3 psi

.../...

absoluta (147 \pm 3 lb manométrica). Pres-
sões de compressão fora desses limites !
podem ser devidas a imprecisão do manôme-
tro. Deve-se manter a lubrificação em sua
válvula.

- j) Abertura do Platinado - 0,020 pol.
- k) Vela - Folga de 0,025 pol.
- l) Folga das Válvulas, Frio - Válvula de admissão = 0,008 pol
Válvula de escape = 0,010 pol
- m) Óleo do Carter - SAE - 30
- n) Pressão do óleo - 25 a 30 psi sob condições de operação
- o) Temperatura do óleo - O aquecedor elétrico de óleo deve ser usado
apenas para elevar a temperatura do óleo rá-
pidamente à temperatura de equilíbrio de
operação, 49 a 50°C (120 a 150°F), sendo
que a operação normal mantém a temperatura
daí em diante. Por temperatura de equilíbrio
entende-se aquela constante atingida pelo
óleo, em operação contínua do motor, sem o
uso do aquecedor.
- p) Líquido Refrigerante - Água destilada pluvial

.../...

3. Procedimento

3.1 PARTIDA E PARADA DO MOTOR :

Enquanto o motor está sendo rodado pelo motor elétrico a ignição deve estar ligada e o carburador posicionando de forma a drenar combustível de uma das cubas. Para parar-se o motor, o combustível e a ignição devem estar desligadas e então o motor elétrico é desligado. Para evitar-se corrosão nas válvulas e assentos entre perfodos de operação, o motor deve ser girado com a mão até que as duas válvulas estejam fechadas.

3.2 INTENSIDADE PADRÃO DE DETONAÇÃO :

Com a temperatura do motor em equilíbrio a intensidade de detonação própria para a determinação do número de octanas deve ser aquela obtida com uma mistura em volume de 65 partes de iso-octano e 35 partes de heptano normal (ver nota 5) a uma taxa de compressão de 5,3:1 num teste à pressão barométrica de 760 mm de Hg (29,92 pol de Hg) e com o carburador ajustado para detonação máxima. Para outras pressões barométricas acima de 724 mm de Hg (28,5 pol de Hg) (ver nota 6) a taxa de compressão deve ser aquela obtida da seguinte equação :

$$R.C = 5,30 + (29,92 - B) 0,16 , \quad \text{com :}$$

R.C = Relação de Compressão

B = Pressão barométrica em polegadas de mercúrio medida numa escala de latão, corrigida para uma temperatura de $-1,95^{\circ}\text{C}$ ($28,5^{\circ}\text{F}$).

.../...

NOTA 5 - Uma mistura de combustíveis secundários de referência equivalentes à mistura de 65% de iso-octano e 35% de heptano normal (em volume) pode ser usada.

NOTA 6 - Para testes de rotina a pressões barométricas abaixo de 28,5 pol, a pressão de compressão padrão pode ser aproximada por um aumento na pressão efetiva de admissão. Isto pode ser feito, removendo-se o disco de aceleração e aumentando-se o venturi ou por um superalimentador. A taxa de compressão para intensidade padrão de detonação deve ser aquela definida acima, substituindo-se "pressão efetiva de admissão" por "pressão barométrica" na equação. Isto não deve ser usado em ensaios de referência.

3.3 AJUSTE DO "PINO DE CHOQUE" :

Para inspeção e ajustes preliminares, o "pino de choque" deve ser retirado do motor. A inspeção deve ser feita para ver se os pontos de contato estão em boas condições (lisos), se todas as uniões estão firmes e se o diafragma está bom (um teste a 200 psi manométricas é suficiente). Após os ajustes preliminares das tensões nas molas e folgas do conjunto do "pino de choque", este deve ser recolocado no motor para ajuste final. Com o motor funcionando à intensidade padrão de detonação e com a sensibilidade e folga prescritas para o "pino de choque", a leitura no medidor de detonação deve ser 55 a 60. Para complementar, pode ser necessária uma leve alteração na folga e tensões de molas.

.../...

3.4 VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ENSAIO :

- a) Condições de ensaio e motor não devem ser tomadas como corretas a menos que uma mistura de 68% de Benzeno (1 grau) e 32% de heptano normal seja equivalente a uma mistura em volume de 65 \pm 0,3% de iso-octano e 35 \pm 0,3% de heptano normal, pelo processo especificado neste método. Se isto não puder ser obtido sob condições padrão, pelo ajuste do "pino de choque", as condições mecânicas do motor devem ser verificadas.
- b) Para ter-se certeza de que as condições de ensaio e motor estão corretas dentro de todo o campo de ensaio, uma verificação deve ser feita com um combustível de referência com número de octano 90. A leitura padrão de medidor de detonação (55 a 60) deve ser obtida a uma taxa de compressão de 7,1 \pm 0,2:1 corrigida para uma pressão barométrica de acordo com a fórmula seguinte :
- $$R.C = 7,1 + (29,92 - B).0,21 \quad \text{com:}$$
- R.C = Razão de compressão
- B = Pressão barométrica em polegadas de mercúrio medida numa escala de latão, corrigida para uma temperatura de $-1,95^{\circ}\text{C}$ ($28,5^{\circ}\text{F}$).
- c) Para ensaios subsequentes em amostras de combustível, a taxa de compressão deve ser ajustada para duplicar a intensidade de detonação conforme parágrafo (b) usando o medidor de detonação como cuia, de modo que nenhuma mudança tenha sido feita no ajuste do "pino de choque" no meio tempo. Em nenhum caso, os ensaios devem ser feitos se o motor não cessar as explosões quando a ignição for interrompida.

.../...

3.5 RESUMO DO ENSAIO :

O número de octanas de um combustível deve ser obtido pela comparação da intensidade de detonação para esse combustível com aquelas obtidas para várias misturas de combustíveis de referência até que duas misturas diferindo em no máximo dois números de octano sejam encontradas, sendo que uma dessas fornece uma intensidade de detonação maior do que a do combustível e a outra, uma intensidade menor. A intensidade de detonação deve ser medida pelo indicador do "pino de choque" em conjunto com o medidor de detonação. Antes que a amostra e as misturas de combustíveis de referência possam ser comparadas, a taxa de compressão, deve ser ajustada para fornecer a intensidade padrão própria para a amostra com o carburador ajustado para dar a máxima detonação.

3.6 AJUSTE DA TAXA DE COMPRESSÃO E DO CARBURADOR :

- a) Usando o combustível, cuja avaliação deve ser feita, a taxa de compressão e carburador devem ser ajustados como se segue: após uma cuba do carburador ter sido enchida com a amostra de combustível, a taxa de compressão deve ser ajustada para dar uma leitura de 55 a 60. (como qualquer ajuste necessário irá aumentar a leitura no medidor de detonação, pode-se economizar tempo, com um ajuste em 55 ou em alguns casos menor).
- b) O nível de combustível deve então ser ajustado para a posição de máxima detonação, como se segue : com um posicionamento do nível de combustível, por exemplo, de 1,3 pol na escala gravada no vidro, a agulha do medidor de detonação deve ser capaz de atingir o equilíbrio e as leituras são então marcadas para esta posição. Leituras do medidor de detonação devem então ser obtidas e anotadas para relações ar-combustível mais ricas, aumentan-

.../...

do o nível do combustível na cuba por incrementos de 0,1 pol., para valores de 1,2, 1,1, ... até que a leitura no medidor de detonação tenha baixado no mínimo cinco divisões a partir da leitura máxima anotada. O nível do combustível deve agora ser levado à posição para a qual, a leitura de máxima detonação foi observada, como por exemplo 1,2 pol. Partindo desse ponto, o mesmo procedimento acima descrito deve ser seguido para relações ar-combustível mais pobres por posicionamentos do nível da cuba em, por exemplo, 1,1, 1,4, ... até que a leitura do medidor de detonação tenha baixado no mínimo cinco divisões a partir da máxima leitura registrada. O nível de combustível não deve ser colocado na posição para a qual a máxima leitura do medidor de detonação tenha sido obtida e registrada ou entre as duas posições para as quais as mesmas leituras máximas tenham sido obtidas, por exemplo, 1,25 pol. Esta é a posição para detonação máxima, mas deve-se verificar no mínimo uma vez, posicionamentos em níveis a 0,1 pol de cada lado do valor máximo.

No exemplo, toma-se 1,15 e 1,35 pol. Se esta verificação indicar, devido a uma leitura mais alta no medidor de detonação em uma dessas posições, que o posicionamento para máxima detonação mostra um erro, o procedimento deve ser repetido. Para cada posicionamento do nível de combustível usado, o ponteiro do medidor de detonação deve estar livre para atingir o equilíbrio antes de se registrar as leituras.

.../...

c) Finalmente, a taxa de compressão deve ser ajustada para dar uma leitura no medidor de detonação de 55 a 60. Este ajuste para a taxa de compressão deve ser deixado inalterado pela permanência do ensaio.

3.7 COMBUSTÍVEIS DE REFERÊNCIA :

- a) Uma mistura teste dos combustíveis de referência de alta e baixa octanagem, baseada no valor de detonação esperado da amostra em teste, deve ser colocada em uma outra cuba e o motor deve funcionar com essa mistura teste. O nível dessa cuba deve ser ajustado para a posição de máxima detonação de modo similar ao descrito na seção 12.
- b) Comparando-se a leitura do medidor de detonação com aquela obtida para a amostra na seção 12, uma segunda amostra de combustíveis de referência diferindo da primeira no máximo de dois números de octano deve ser colocada na terceira cuba e o nível desta deve ser ajustado para detonação máxima. Estas misturas de combustíveis de referência devem ser de tal modo escolhidas que a leitura do medidor para a amostra esteja entre as leituras para as referências.
- c) Na mudança de combustíveis dos recipientes e tubulação, o combustível deve ser drenado totalmente por meio da válvula de drenagem. Uma pequena quantidade do novo combustível deve percorrer a tubulação antes de se fechar o dreno. Bolhas de ar que possam existir na tubulação, são indicadas por flutuação no nível do combustível. Elas devem ser eliminadas injetando-se combustível através da válvula de drenagem após o enchimento das cubas. Ao se proceder assim, a válvula de dreno deve ser aberta e fechada rapidamente e deve-se tomar cuidado para não permitir que o nível do combustível caia abaixo do campo de visor de vidro.

.../...

3.8 CLASSIFICAÇÃO :

- a) Com as cubas ajustadas em razões ar-combustível para detonação máxima, deve-se anotar várias leituras de intensidade de detonação para a amostra e para os dois combustíveis de referência. Em cada caso o ponteiro de medidor de detonação deve estar livre para atingir o equilíbrio antes do registro das leituras.
- b) A amostra deve ser enquadrada entre duas misturas de combustíveis de referência no mínimo por três vezes, conforme determinado pelas leituras no medidor, (um procedimento simples para fazer-se isto é registrar leituras em ordem, para o segundo combustível de referência, para o combustível em teste, para o primeiro combustível de referência, para o combustível em teste, para o segundo combustível de referência, para o combustível em teste, para o primeiro combustível de referência). Ao mudar-se um desses combustíveis para outro, deve-se esperar no mínimo um minuto para que o motor e o medidor de detonação atinjam o equilíbrio. Com alguns combustíveis esse tempo pode ser maior.

4. Número de Octanas

4.1 NÚMERO DE OCTANAS - ASTM :

Das leituras do medidor de detonação obtidas na seção 14, devem ser tiradas as médias para a amostra e para cada um dos combustíveis de referência. O número de octanas da amostra é obtido por interpolação a partir das médias obtidas, e o número inteiro mais próximo será o valor procurado.

.../...

Quando o final do número encontrado for 0,50, o número inteiro abaixo mais próximo deve ser tomado. Por exemplo, para 68,5 deve ser tomado o valor 68 e não 69.

4.2 REPRODUBILIDADE DE RESULTADOS :

Resultados obtidos por esse processo para diferentes motores CFR em diferentes laboratórios não devem diferir por mais de dois números de octano. Esta é a precisão do método e sua sensibilidade deve permitir detecção de diferenças como 0,2 números de octano entre duas amostras de características diferentes, por comparação direta, pelo processo descrito na seção 14.

5. Manutenção

5.1 INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DA APARELHAGEM :

Recomenda-se que seja realizada uma inspeção sistemática no equipamento de teste a cada 100 horas de operação, no máximo. Se, com a intensidade de detonação (seção 8) as condições padrão não puderem ser mantidas (seção 10), a manutenção deverá ser realizada em períodos mais curtos. Na inspeção, deve-se dar importância a :

a) Sistema de Combustível: Deve-se remover todo e qualquer elemento estranho ao sistema, injetando-se ar comprimido e em seguida gasolina ou benzol por exemplo.

b) Conjunto de Tubulação : Tubulação de admissão, lâminas de aquecimento e bulbos de termômetros devem ser inspecionados, ajustados e limpos.

.../...

- c) Pino de Choque : Falta de sensibilidade ou flutuação na leitura do medidor pode ser indicação de problemas no diafragma, pontos de contato ou tensão das molas. O diafragma pode estar vazando ou pode ter-se deteriorado e necessita ser trocado. Os pontos de contato devem ser lisos.
- d) Platinado : Deve ser limpo e ter sua folga ajustada ou ter seus contatos trocados. O avanço de ignição deve então ser reajustado.
- e) Velas : Deve-se inspecionar a porcelana e o ajuste da folga. Deve-se retirar qualquer depósito de carbono antes do ajuste.
- f) Câmara de Combustão: Depósitos de carbono devem ser removidos por raspagem.
- g) Pistões e Anéis. Deve-se proceder à remoção de depósitos
- h) Desgaste dos Cilindros: Os cilindros devem ser renovados (ou re-tificados para testes de rotina) quando apresentarem um desgaste de 0,006 pol ou perderem compressão. Em caso algum deve-se usinar os cilindros mais do que 0,03 pol, além da medida padrão.
- i) Pressão de Compressão : A causa de qualquer variação entre duas inspeções deve ser encontrada e eliminada.
- j) Válvulas : Estas devem ser removidas e esmerilhadas a não ser que haja uma linha de contato polida na válvula e no assento. A válvula de admissão deve ser inserida com

.../...

a abertura do capuz em direção ao "pino de choque".
Após isso, o cilindro deve ser invertido com as válvulas em posição, e gasolina é usada para determinar-se quando as válvulas estão estanques. Ajusta-se então as folgas.

- k) Guias de Válvulas : As diferenças em diâmetro entre as hastes de válvulas e suas guias deve ser $0,0025 \pm 0,0005$ pol para a válvula de admissão e $0,0035 \pm 0,0005$ pol para a de escape. As guias devem ser trocadas quando os limites superiores dessas folgas são excedidos por mais de 0,001 pol. Deve-se observar o alinhamento das guias.
- l) Sistema de Refrigeração : Quaisquer vazamentos encontrados devem ser reparados.

6. MONTAGEM DO MOTOR :

6.1 INTRODUÇÃO :

Antes de apresentar uma lista de peças a serem reparadas, trocadas ou fabricadas e a montagem do motor, vamos tentar dar uma visão do estado do equipamento.

Segundo uma inspeção feita pela Petrobrás, em junho de 1963 o motor já deveria estar parado e fora de condições de funcionamento há mais de 15 anos. Portanto, hoje temos um motor há pelo menos 32 anos parado e desmontado sem uma determinada ordem.

Vamos efetuar neste trabalho, a montagem do motor de combustão acoplado ao motor elétrico. Existe um gerador e uma balança, que servirão para medidas de carga no motor, mas sua montagem não será descrita aqui.

O sistema foi desmontado sem um critério e posto de lado. Não existe um esquema de montagem do fabricante ou de alguma reforma anterior que pudesse ter sido feita. Partiu-se assim para a obtenção de dados sobre o motor. Foi encontrado o seguinte material : livro anual da ASTM sobre características antidetonantes de combustíveis (1979), publicação da ASTM e IBP de 1972 sobre o método em questão (P-MB-457), publicação da Waukesha sobre seus motores (Laboratory Engines), publicação da ASTM sobre testes em motores desse tipo (ASTM Research Report Nº RR-D2-1031 de 01.06.77). As primeiras cinco partes do trabalho basearam-se na publicação anual de 1938 da ASTM; as partes seguintes referem-se à montagem (parte prática).

.../...

O trabalho teve início com base na última publicação da ASTM sobre o assunto, mas devido à grande quantidade de modificações sofridas pelo sistema desde 1937, preferiu-se utilizar a publicação de 1938, referente ao motor que está sendo montado. Apresentamos o método de utilização do sistema original, que praticamente não será usado, já que as normas da ASTM não permitem alterações no cilindro, vela, bobina, etc. A intenção na utilização do sistema será mais o estudo de detonação a diferentes taxas de compressão para diversos combustíveis; não só gasolina.

6.2 MONTAGEM :

Vamos descrever a montagem sob forma de lista de componentes do motor, para melhor visualização do trabalho feito :

6.2.1 - Bloco do Motor : Compreende apenas a carcaça do motor de combustão, que não apresentava defeitos.

Apenas foi feito um enchimento nos mancais do eixo de manivelas e uma limpeza geral.

O filtro (tela) de óleo encontra-se em bom estado e o sistema de lubrificação funciona normalmente.

6.2.2 - Eixo de Manivela : Foi ratificado nos mancais de apoio e da biela. Não se mexeu nos contrapesos.

6.2.3 - Biela : Recebeu enchimento no mancal.

6.2.4 - Cabeçote : O cilindro foi brunido e foram feitos anéis novos.

.../...

6.2.5 - Válvulas : As válvulas foram retificadas, bem como suas sedes. O eixo de comando permaneceu inalterado, já que se apresentava em perfeitas condições. As semi-esferas de folga (do lado da haste) junto aos balancins estão com um pequeno defeito que foi atenuado mas não eliminado. Não haviam as semi-esferas do lado das válvulas e portanto foram fabricadas (ver desenho 1)

6.2.6 - Pistão : Não foi mexido.

6.2.7 - Sem Fim - Corda : O sistema de variação de taxa de compressão apresenta-se em funcionamento normal.

6.2.8 - Carburador : O carburador foi remendado pois uma das cubas estava separada das outras (a base estava quebrada. Fez-se novos filtros de combustível (camurça) e nova tubulação para o combustível. As válvulas de drenagem receberam vedação nova (camurça e cortiça) e a tubulação também foi feita (tubos de cobre). O carburador propriamente dito estava bom. Colocou-se as juntas e placa deflectora originais. Os gicleurs são iguais (62).

6.2.9 - Tubo Condensador : Foi trocada a serpentina do condensador, e uma nova tubulação instalada. Para isso, foi necessária a fabricação de uma peça para conexão dos tubos. Na camisa do cilindro, foi também adaptada uma conexão.

.../...

6.2.10 - Bobina : A bobina original foi testada, e com o uso aquecia-se e interrompia o funcionamento; por isso foi trocada.

6.2.11 - Platinado : Este encontra-se em bom estado.

6.2.12.- Vela : A vela não estava em condições de uso, por isso foi substituída por uma de características próximas da original.

6.2.13 - Sistema de Engranagens do Distribuidor : Em perfeitas condições de funcionamento.

6.2.14 - Motor Elétrico : Encontra-se em perfeitas condições de utilização.

6.2.15 - Resistência de Aquecimento de Mistura : Não foi testada.

6.2.16 - Medidor de detonação : Não existe. A utilização de um transdutor de pressão será necessária.

6.2.17 - Resistência de Aquecimento do Carter : Existe, mas não foi ligada.

6.2.18 - Juntas : Foram quase todas substituídas.

.../...

Tendo todos esses componentes em condições, iniciou-se a montagem. Alguns parafusos e vidros dos medidores de nível foram trocados.

O sistema foi colocado em base de madeira (provisória) e o acoplamento entre os motores foi feito por meio de correias (novas). O motor foi então ligado, apenas para uma verificação das condições de funcionamento; e funcionou normalmente.

1

7. APLICAÇÃO DO MOTOR PADRÃO :

7.1 O motor como se encontra agora, não poderá ser usado em testes de referência segundo a ASTM, pois a camisa foi brunida. Mas para ensaios de rotina não há problema. Entretanto a utilização desse motor deverá ser outra que não a determinação do índice de octanas de gasolina.

7.2 Uma utilização seria a queima de álcool e ensaio de variação carga, taxa de compressão, avanço. Para isso, haveria a necessidade de um dinamômetro, ou então a restauração do gerador e balança da General Electric, feitos para o motor.

8. OBSERVAÇÕES :

8.1 Não foram efetuados ensaios no motor por falta de tempo para a restauração do dinamômetro. Tentou-se montá-lo mas foi impraticável, pois não se tem informação alguma a respeito do gerador e seu funcionamento e um estudo mais a fundo para sua montagem demandaria muito tempo.

O que se fez, foi medir o volume da câmara à menor taxa de compressão (leitura no micrômetro igual a um) e à maior taxa (leitura no micrômetro igual a zero), para estabelecer uma relação entre as leituras no micrômetro e as relações de compressão.

.../...

Obtivemos a seguinte relação :

Leitura no Micrômetro

1,00

0,00

Volume da Câmara

12,20 pol³

4,27 pol³

Donde

$$T.C. = \frac{4,5 + 0,515 + m}{0,515 + m} = \frac{5,015 + m}{0,515 + m}$$

com :

T.C. = Taxa de Compressão

m = Leitura no Micrômetro

Dessa equação podemos montar a tabela :

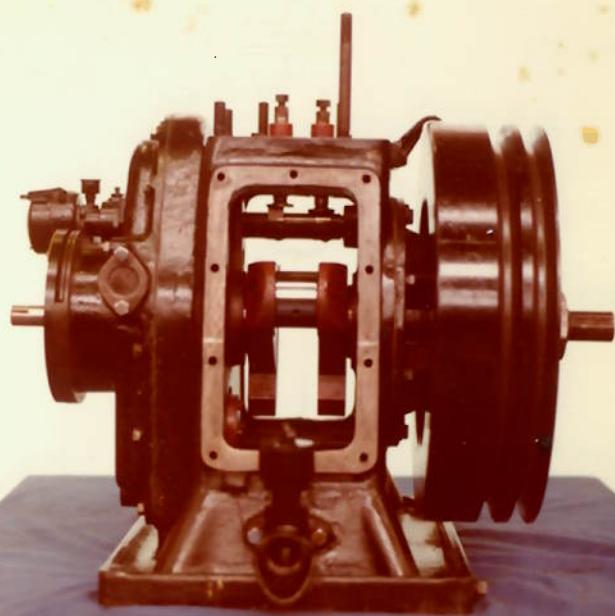
m	T.C.								
0,00	9,74	0,22	7,12	0,44	5,71	0,66	4,83	0,88	4,23
0,01	9,57	0,23	7,04	0,45	5,66	0,67	4,80	0,89	4,20
0,02	9,41	0,24	6,96	0,46	5,62	0,68	4,77	0,90	4,18
0,03	9,26	0,25	6,88	0,47	5,57	0,69	4,73	0,91	4,16
0,04	9,11	0,26	6,81	0,48	5,52	0,70	4,70	0,92	4,14
0,05	8,96	0,27	6,73	0,49	5,48	0,71	4,67	0,93	4,11
0,06	8,83	0,28	6,66	0,50	5,43	0,72	4,64	0,94	4,09
0,07	8,69	0,29	6,59	0,51	5,39	0,73	4,61	0,95	4,07
0,08	8,56	0,30	6,52	0,52	5,35	0,74	4,59	0,96	4,05
0,09	8,44	0,31	6,45	0,53	5,31	0,75	4,56	0,97	4,03
0,10	8,32	0,32	6,39	0,54	5,27	0,76	4,53	0,98	4,01
0,11	8,20	0,33	6,33	0,55	5,23	0,77	4,50	0,99	3,99
0,12	8,09	0,34	6,26	0,56	5,19	0,78	4,47	1,00	3,97
0,13	7,98	0,35	6,20	0,57	5,15	0,79	4,45		
0,14	7,87	0,36	6,14	0,58	5,11	0,80	4,42		
0,15	7,77	0,37	6,08	0,59	5,07	0,81	4,40		
0,16	7,67	0,38	6,03	0,60	5,04	0,82	4,37		
0,17	7,57	0,39	5,97	0,61	5,00	0,83	4,35		
0,18	7,47	0,40	5,92	0,62	4,96	0,84	4,32		
0,19	7,38	0,41	5,86	0,63	4,93	0,85	4,30		
0,20	7,29	0,42	5,81	0,64	4,90	0,86	4,27		
0,21	7,21	0,43	5,76	0,65	4,86	0,87	4,25		

8.2 O motor não possui um filtro de óleo exceto uma tela no interior do cárter. Pode ser colocado um filtro externo.

8.3 A resistência existente na parte inferior do motor não foi ligada, e só deve ser usada em lugares muito frios.

8.4 A regulagem do avanço de ignição é automática. Uma vez regulado para uma determinada taxa de compressão, variando-se a taxa, o avanço variará automaticamente através da haste existente entre o cabeçote e o distribuidor.

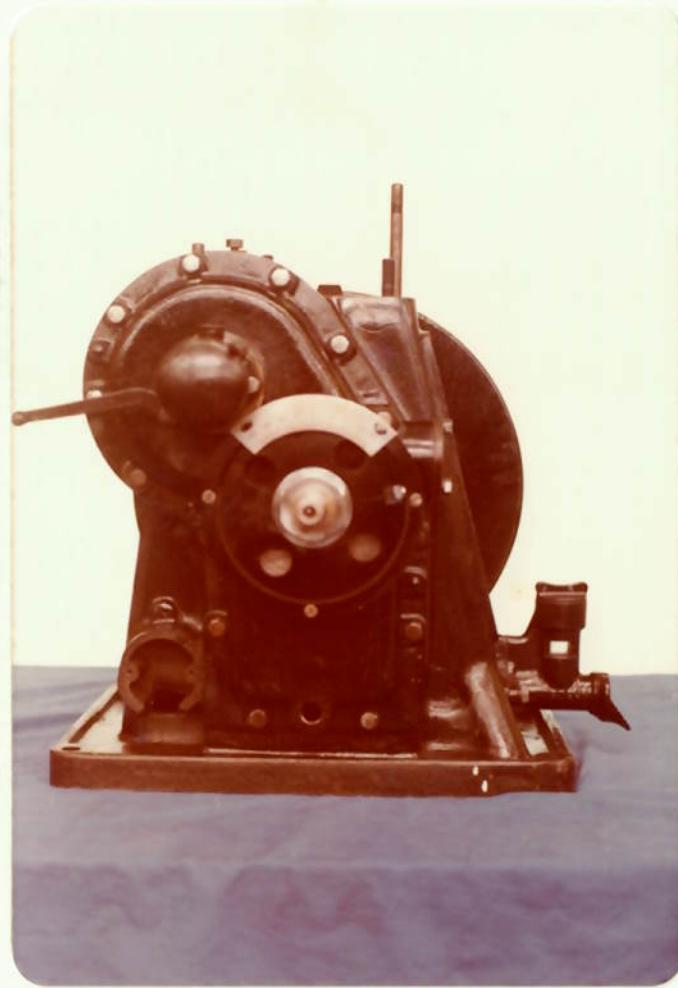
Bloco do motor mostrando eixo de manivela e eixo de comando de válvulas.



Cabeçote e sistema de variação de taxa de compressão



Pistão e biela



Bloco do motor

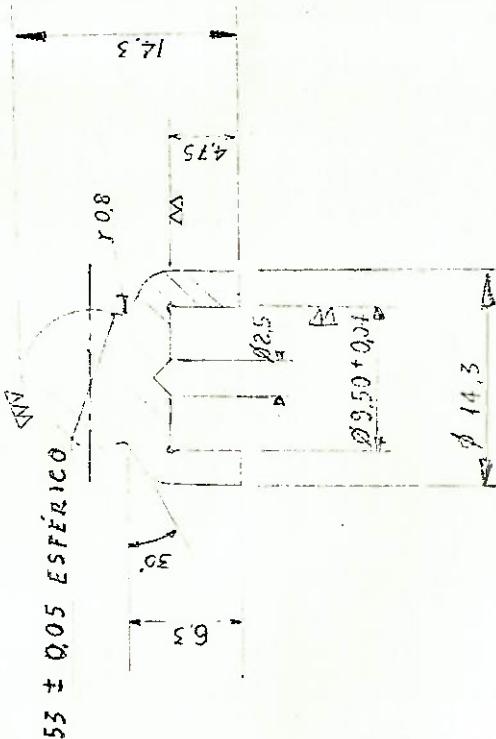
AÇO SAE 4340 TEMPERADO E REVENDIDO PARA

50 - 54 RC

2 PEÇAS

ACABAMENTO GERAL: ▽

MEDIDAS EM MILÍMETROS
ESC: 2:1



DESENHO 1

22/10/80

MAACOS F PINHEIRO JR

José Pinheiro

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM - American Society for Testing and Materials
1979, Annual Book of ASTM Standards - Test Methods for Rating
Motor, Diesel, Aviation Fuels.
Easton, Md, USA, 1979, 470 p. ilus. tab.

ASTM - American Society for Testing and Materials
Bulletin 85 M - Waukesha Laboratory Engines for Rating Gasoline and
Diesel Fuels and for Experimental Purposes.
Wisconsin.

ASTM - American Society for Testing and Materials
Research Report - nº RR D-2 - 1031
Philadelphia, Pa, 1976

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - P-MB- 457

IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo
Determinação das Características Anti-detonantes de Combustíveis.
Índice de Octano - Método Motor
Rio de Janeiro - 1972

ASTM - American Society for Testing and Materials
ASTM Tentative Standards
Philadelphia, 1938, 1758p.

Refinaria Presidente Bernardes
Relatório de Inspeção do Motor de Octanas do IPT
São Paulo, 1963