

COMPARAÇÕES ENTRE PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS ESTÁTICOS E QUASE-ESTÁTICOS DE MOTORES A PISTÃO EM DINAMÔMETROS

José Eduardo Mautone Barros

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Depto de Disciplinas Básicas
Av. Amazonas, 7675, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP 30510-000
emautone@zaz.com.br

Vander Ferreira Rodrigues

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – Laboratório de Motores
Av. José Cândido da Silveira, 2000, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP 31170-000
vander@cetec.br

Ramón Molina Valle

Universidade Federal de Minas Gerais – Depto de Engenharia Mecânica
Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901
ramon@vesper.demec.ufmg.br

Resumo. Este trabalho compara o procedimento previsto na norma NBR ISO 1585 para testes em bancada dinamométrica de motores a pistão, usados em veículos de passeio, com dois procedimentos quase-estáticos de ensaio. O primeiro consiste em manter o funcionamento do motor num dado regime de rotação e carga estável por pelo menos 1 minuto e só então alterar sua condição. Isto resulta num ensaio em degraus considerando uma aquisição contínua de dados. O segundo consiste em alterar as condições de rotação e carga no motor continuamente durante todo o ensaio, usando uma aceleração, tal que o equilíbrio do controlador, tipo proporcional, integral e derivativo (PID), entre a carga e a rotação seja mantido. Isto permite obter, em uma única corrida, centenas de pontos de medição. O objetivo é mostrar que estas duas novas metodologias atendem os requisitos da norma brasileira não introduzindo novos erros nas medidas. A vantagem destas metodologias é a redução do tempo de ensaio e também tornar possível a automatização no levantamento das curvas do motor em vários regimes de funcionamento. São apresentados gráficos com curvas de potência obtidas pela três metodologias para um motor 1300 cm³, de quatro cilindros em linha. Os resultados demonstraram que os esquemas de ensaios propostos são equivalentes.

Palavras chave: Motores a combustão interna, Motores a pistão, Dinamômetro, Ensaio de motores

1. Introdução

Os procedimentos usados para teste de desempenho de motores a combustão interna foram adaptados dos equipamentos usados para avaliar os motores a vapor durante o século dezanove. Os dinamômetros utilizam sistemas de frenagem por atrito (por exemplo, o freio de Prony), hidráulicos ou elétricos. Atualmente, os dinamômetros hidráulicos são extensivamente usados em ensaios estáticos, por serem mais baratos, e os elétricos são utilizados em ensaios estáticos e dinâmicos dos motores. Plinty e Martin, 1999 apresentam uma ampla discussão sobre as características e aplicações dos diferentes tipos destes equipamentos.

Nos últimos cinquenta anos, os sistemas de medição passaram de componentes analógicos, em geral não elétricos, para sistemas eletrônicos e mais recentemente para sistema computadorizados de aquisição de dados. Contudo, os procedimentos de ensaios evoluíram em termos de menor incerteza requerida, mas não foram adaptados para todas as potencialidades da aquisição computadorizada. Os sistemas de aquisição manual, usando mostradores analógicos e digitais, exigem um grau de filtragem do sinal bastante elevado para permitir a leitura dos mesmos. Isto mascara as características dinâmicas do conjunto motor-dinamômetro e algumas vezes dificulta a avaliação da repetitividade do sistema de medição. Mesmos alguns modernos equipamentos computadorizados estão programados de forma a funcionar exatamente como os sistemas mais antigos, diminuindo somente a necessidade de mão-de-obra operacional.

Assim, novos procedimentos baseados nas características dinâmicas do conjunto motor-dinamômetro são pouco explorados. Estes novos métodos exigem a capacidade dos sistemas de aquisição computadorizado de obter um grande conjunto de medidas em um curto período de tempo, mesmo com os regimes de funcionamento do motor variando de modo controlado. Além disso, exigem a capacidade computacional necessária ao tratamento estatístico e numérico da grande massa de dados obtidos.

Ao longo deste trabalho serão usados os termos: *Estático* para designar um regime de rotação estável do motor; *Quase-estático* para designar um regime de rotação variável cuja taxa de aceleração ou desaceleração seja muito pequena; e *Dinâmico* para designar um regime de rotação variável com taxas de aceleração ou desaceleração elevadas, sempre em relação à dinâmica do conjunto motor-dinamômetro.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia de ensaio e depuração dos dados, mantendo o motor num regime de funcionamento quase-estático, visando obter dados equivalentes aos obtidos pela metodologia da norma NBR-ISO-1585, com o objetivo de reduzir o tempo total de ensaio e obter uma maior definição de torque e potência na faixa de regimes de rotação do motor.

3. Metodologia

A Norma Brasileira NBR ISO 1585 – Veículos Rodoviários – Código de ensaios de motores – Potência líquida efetiva, especifica as condições de ensaio de motores projetados para veículos rodoviários, as correções nas medidas e as formas de apresentação das curvas de potência e de consumo específico de combustível à plena carga em função da rotação do motor. As incertezas de medição exigidas para os parâmetros medidos são apresentadas na Tab. (1), juntamente com as incertezas levantadas por calibração dos equipamentos utilizados (ABNT ISO 5725).

Os componentes auxiliares a serem montados no motor para a medida da potência líquida efetiva, serão somente os necessários para a operação do motor na bancada de ensaio, mantendo a configuração o mais próxima possível da mesma na aplicação pretendida. As condições de regulação devem ser de acordo com as especificações de produção do fabricante, sem alteração posterior para a aplicação particular.

Tabela 1. Incertezas nas medições exigidas pela Norma NBR-ISO-1585 e verificadas nos equipamentos utilizados

Grandeza	Incerteza Exigida	Incerteza do Equipamento
Torque	$\pm 1 \%$	$\pm 0.8 \%$
Rotação	$\pm 0.5 \%$	$\pm 0.1 \%$
Fluxo de combustível	$\pm 1 \%$	$\pm 3 \%$
Temperatura de combustível	$\pm 2 \text{ K}$	$\pm 1 \text{ K}$
Temperatura do ar	$\pm 2 \text{ K}$	$\pm 1 \text{ K}$
Pressão barométrica	$\pm 100 \text{ Pa}$	$\pm 14 \text{ Pa}$
Contrapressão de exaustão	$\pm 200 \text{ Pa}$	$\pm 67 \text{ Pa}$
Depressão de admissão	$\pm 50 \text{ Pa}$	$\pm 67 \text{ Pa}$
Pressão absoluta de admissão	$\pm 2 \%$	$\pm 0.1 \%$

A norma estipula as condições para a realização do ensaio, tais como, amaciamento prévio, partida e aquecimento do motor; as condições para montagem dos sensores de temperatura e pressão; as condições limites e faixas de trabalho para ar, água e óleo e as condições para obter a máxima potência. As condições atmosféricas devem ser o mais próximo possível das condições de referência, ou seja, 25 °C, 100 kPa e 32 % de umidade relativa, a fim de minimizar o fator de correção. O limite de temperatura para ensaio é 13 até 33 °C. O limite para ensaio da pressão seca é 80 até 110 kPa. A correção de torque e potência medida deve ser feita pelas equações apresentadas na norma, levando em conta, o tipo de motor (Otto ou Diesel), a pressão atmosférica, a umidade relativa e a temperatura local. As correções aplicadas objetivam levar as medidas realizadas para as condições de referência, de forma a permitir comparações com outros ensaios e com os valores declarados pelos fabricantes.

Para a realização de leituras de dados é necessário que o torque, a rotação e as temperaturas estejam constantes a pelo menos um minuto. Sendo que, a rotação não deve desviar mais que 1 % ou ± 10 rpm do valor selecionado. As leituras do torque devem ser tomadas com um intervalo de, pelo menos, 1 minuto e não devem diferir mais que 2% entre si. Deve-se ressaltar que este procedimento visa um sistema de leitura visual e registro a ser executado por um operador humano.

O ensaio é iniciado a máxima rotação, depois reduz-se esta, seguindo um intervalo predeterminado que, em geral, é de 500 rpm ou, algumas vezes, de 250 rpm. O esquema de ensaio típico da norma NBR ISO 1585 é mostrado na Fig. (1). O tempo total de ensaio é de aproximadamente 1.5 horas. Este procedimento se justifica pelo fato do motor estar no regime de máxima rotação ao fim do período de aquecimento, assim é mais fácil diminuir sua rotação. Contudo, como será mostrado a frente, o regime de desaceleração é menos sensível a efeitos dinâmicos do conjunto motor-dinamômetro sobre a medida de torque que o regime de aceleração.

A norma NBR ISO 1585 ainda especifica que as tolerâncias aceitas para comparação entre as curvas de torque e potência versus rotação medidas e os valores declarados. Para ensaios de verificação dos valores declarados as diferenças podem ser de até 4 %. Para ensaios de conformidade de produção as diferenças podem ser de até 6 %.

Neste trabalho o procedimento da norma citada será usado como o procedimento de referência para o *Ensaio Estático* do motor.

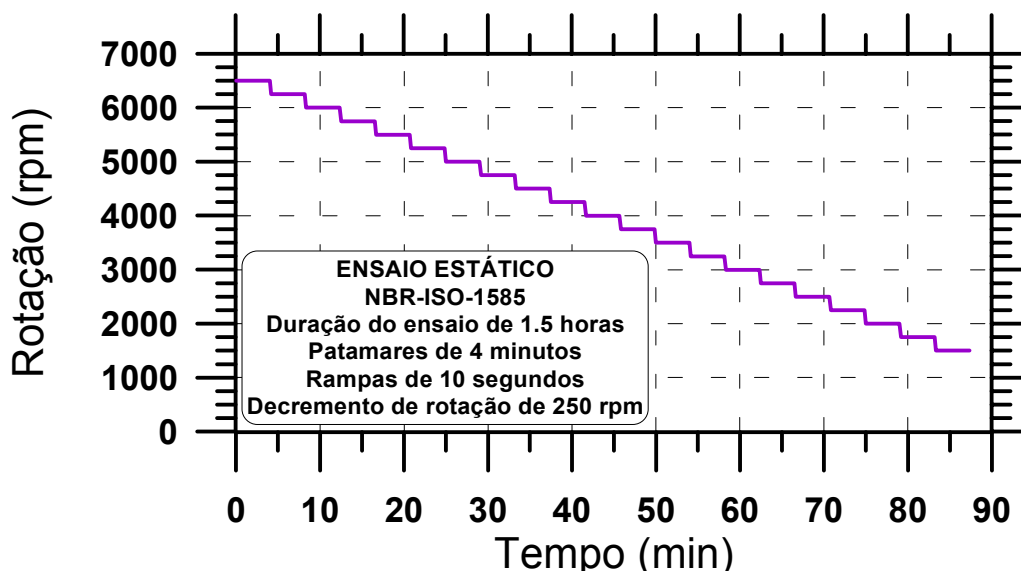


Figura 1. Esquema de Ensaio Estático conforme a NBR ISO 1585

A metodologia do *Ensaio Estático em Degrau* consiste em manter o funcionamento do motor num dado regime de rotação e carga estável por pelo menos 1 minuto e só então alterar sua condição. Isto resulta num ensaio em degraus considerando uma aquisição contínua de dados. O esquema do ensaio estático em degrau é mostrado na Fig. (2). O tempo total de ensaio é de aproximadamente 13 minutos. Os dados são arquivados durante toda a duração do teste. Durante a depuração os dados adquiridos nos tempos de rampa entre as rotações e durante o tempo necessário a estabilização da rotação são desconsiderados. Assim, somente os dados obtidos no regime de rotação estável são utilizados para obter os valores médios de torque e rotação. Este procedimento é equivalente ao da norma NBR ISO 1585, alterando somente a maneira de coletar e processar os dados. O número de medidas é grande permitindo uma análise estatística mais representativa. Os sistemas dinamométricos disponíveis atualmente no mercado oferecem programações de ensaio automático baseados nesta metodologia (AVL, 1999).

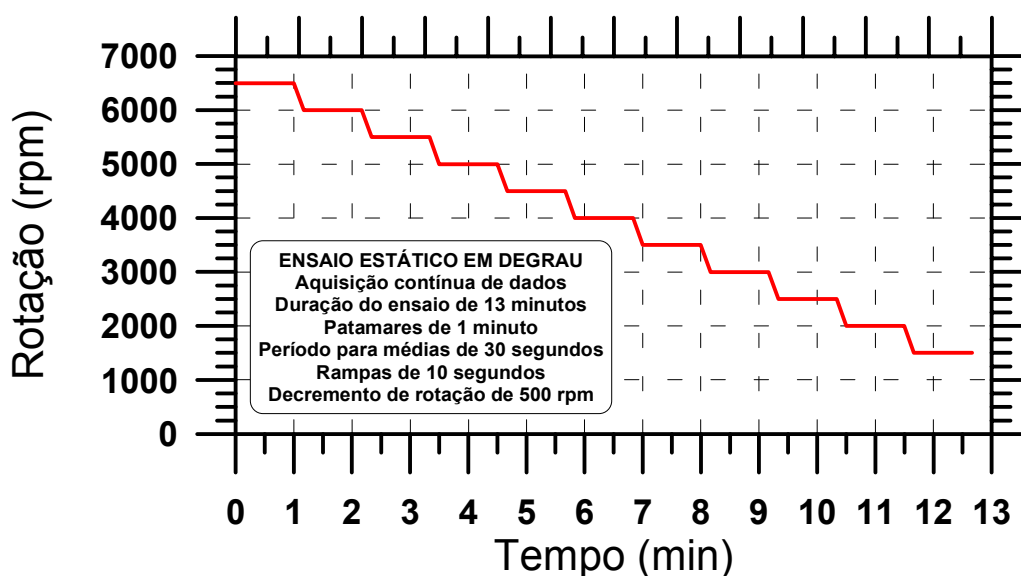


Figura 2. Esquema de Ensaio Estático em Degrau

A metodologia do *Ensaio Quase-estático* consiste em alterar as condições de rotação e carga no motor continuamente durante todo o ensaio, usando uma aceleração, tal que o equilíbrio do controlador PID entre a carga e a rotação seja mantido. O esquema do ensaio quase-estático é mostrado na Fig. (3). O tempo total de ensaio é de aproximadamente 7 minutos. Isto permite obter, em uma única corrida, centenas de pontos de medição. O equilíbrio do controlador foi definido de forma que em nenhum momento da rampa de aceleração e de desaceleração, o sistema motor-dinamômetro-PID gerasse oscilações no torque e na rotação superiores a 1% do valor nominal. Isto foi verificado através da visualização em tempo real do sinal de torque e rotação do sistema.

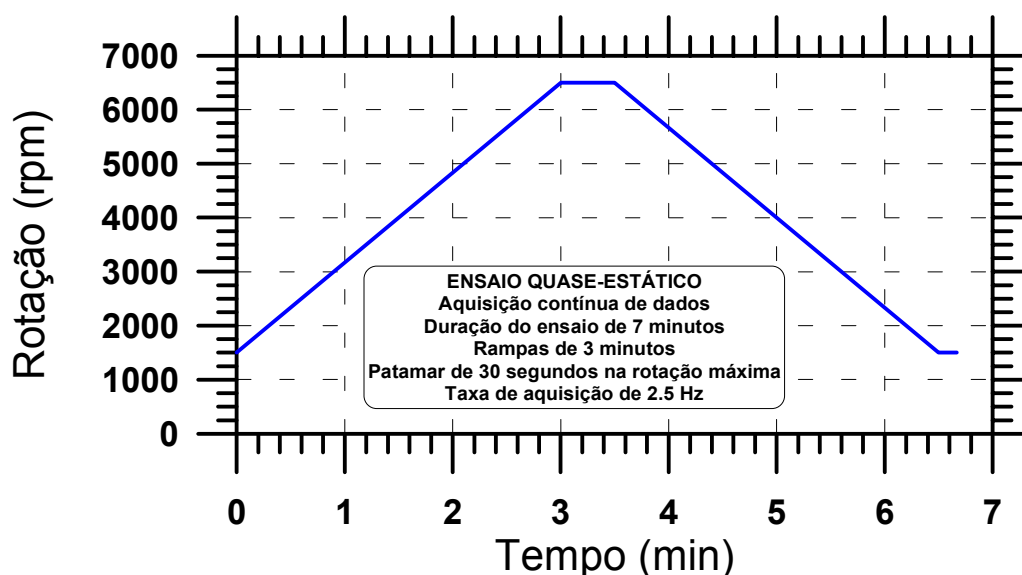


Figura 3. Esquema de Ensaio Quase-Estático

O tempo de rampa pode ser determinado através de alguns ensaios quase-estáticos preliminares, como foi feito neste trabalho. Também é possível avaliar o tempo de rampa através da determinação da frequência natural e do fator de amortecimento do sistema motor-dinamômetro-PID, suposto como sendo de segundo grau, usando ensaios de resposta a degrau. Estes dois parâmetros permitem simular a resposta dinâmica do sistema e avaliar qual o tempo de rampa mínimo para que qualquer influência dinâmica não defase ou amortença o valor real da medida. Este procedimento é descrito no trabalho de Barros et al., 1999.

O uso de ensaios quase-estáticos, ou seja, ensaios dinâmicos envolvendo variações lentas de condições de operações, é baseado na hipótese de regime quase-permanente usada em simulações numéricas da fluidodinâmica. Procedimentos semelhantes, baseados nesta hipótese, foram testados anteriormente com sucesso para avaliação de velocidade de queima de propelentes sólidos (Barros e Carvalho, 1990). Também o trabalho de Mauer, 1991, sobre ensaio dinâmico de aceleração sem carga (“snap test”) mostrou que é possível obter o torque estático de um motor alternativo de combustão interna a partir de medidas de rotação, mesmo em regimes de aceleração angular máxima.

O motor utilizado no ensaio é o FIRE 1.3, 16V fabricado pela FIAT. É um motor comercial, destinado a veículos de passeio, projetado e construído com tecnologias modernas. Sua cilindrada é de 1242 cm³, possui quatro cilindros em linha, com 4 válvulas cada (16 válvulas ao todo) e é equipado com um sistema de injeção eletrônica multiponto, fasado com controle automático da abertura da borboleta de aceleração (“drive-by-wire”). O combustível utilizado nos ensaios foi a gasolina C, cuja qualidade foi atestada por ensaios físico-químicos.

O dinamômetro hidráulico utilizado é o modelo D210-1e fabricado pela SCHENCK. Os dados foram adquiridos através das saídas analógicas dos mostradores de rotação e torque. O sistema de aquisição era constituído por uma placa conversora A/D de 16 bits e um computador compatível com o IBM-PC Pentium III. O programa de aquisição foi escrito em PC-Assembler e Delphi 5.0. A frequência de aquisição usada foi de 2.5 Hz. A aceleração do motor era controlada via programa, através de um conversor D/A que enviava um sinal para a centralina de injeção eletrônica, simulando o pedal do acelerador.

As correções no torque e na rotação previstas pela NBR ISO 1585 foram aplicadas a todos os dados obtidos pelas três metodologias de ensaio. Os fatores de correção foram calculados nas condições ambientais medidas durante cada teste. A pressão seca foi calculada conforme expressão da NBR 5484, usando as temperaturas de bulbo úmido e bulbo seco medidas.

4. Resultados

A Figura (4) mostra os gráficos de Potência e Torque versus Rotação, a Plena Carga, do motor FIAT FIRE 1.3 16V, para 3 ensaios pelo método estático da norma NBR ISO 1585.

A Figura (5) mostra o gráfico de Potência e Torque versus Rotação, a Plena Carga, do motor FIAT FIRE 1.3 16V, pelo procedimento de ensaio estático em degrau. Os pontos maiores representam as médias durante 30 segundos de rotação estável, ou seja, são a média de 75 medidas de torque e rotação do motor.

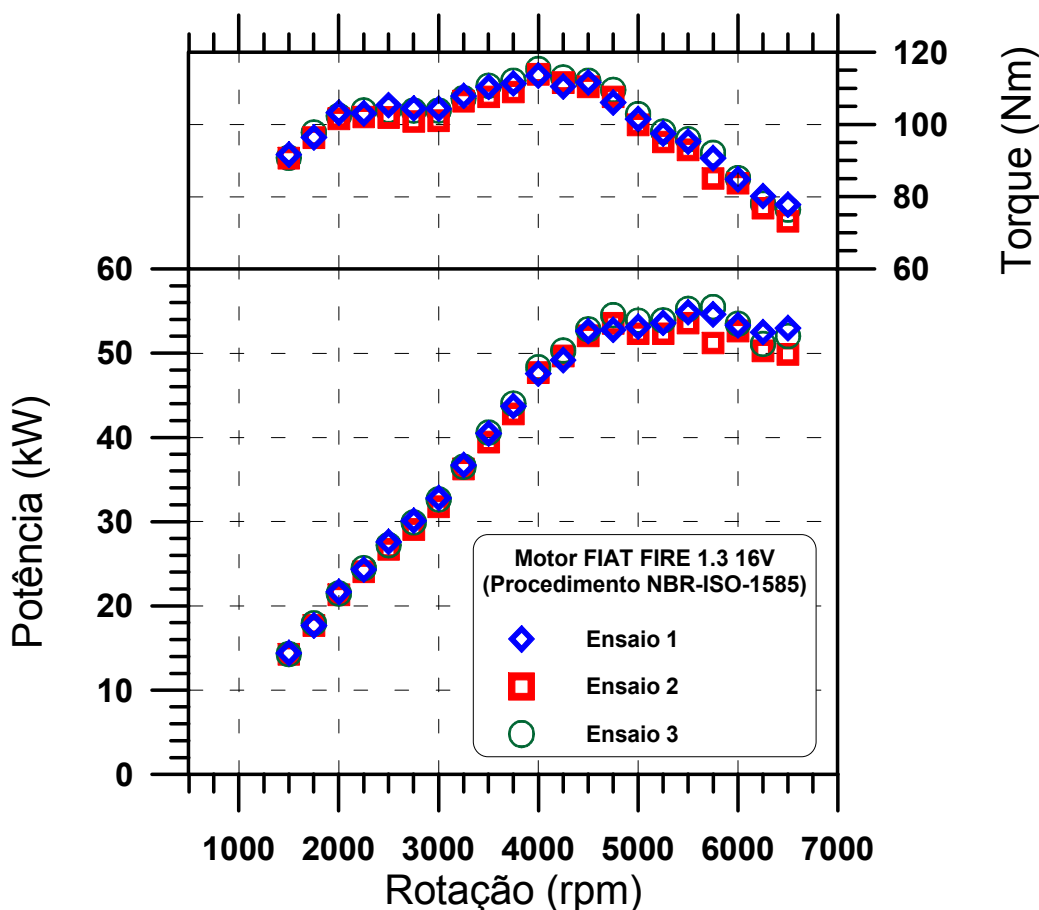


Figura 4. Potência e Torque x Rotação, a Plena Carga, motor FIAT FIRE 1.3 16V, 3 Ensaios pela NBR ISO 1585.

A Figura (6) ilustra o procedimento de obtenção das curvas de Potência e Torque versus Rotação. Foi utilizado um ajuste polinomial de 7ª ordem, usando o método dos mínimos quadrados, pois não existe a possibilidade de se usar médias simples na depuração.

A Figura (7) mostra os gráficos de Potência e Torque versus Rotação, a Plena Carga, do motor FIAT FIRE 1.3 16V, de 2 ensaios pelo procedimento de ensaio quase-estático. Os ensaios consistiam em aceleração seguida de desaceleração do motor, gerando assim, uma curva para aceleração e uma para desaceleração. Foi usado um tempo de rampa de 2 minutos para um ensaio e 3 minutos para o outro. O número de medidas em cada rampa foi de aproximadamente 400 pontos.

5. Análise dos Resultados

A Figura (8) mostra a comparação entre as curvas de Potência e Torque versus Rotação, usando o procedimento de ensaio estático da NBR ISO 1585, medidas neste trabalho, medidas feitas pelo fabricante com um outro motor do mesmo modelo e também com os valores declarados pela FIAT Automóveis.

Para quantificar a diferença entre estas curvas é necessário fazer antes uma análise da adequação do ensaio realizado aos requisitos da NBR ISO 1585.

Em termos de incerteza do equipamento, ver Tab. (1), vemos que somente a medida de consumo está significativamente fora dos requisitos, mas neste trabalho não são comparados os dados de consumo.

Em termos de requisitos operacionais, temos a Fig. (9) que mostra o desvio padrão das medidas de rotação e torque avaliados com dados do ensaio estático em degrau, comparados aos limites aceitos pela norma. Foram utilizados estes dados devido ao maior tamanho de amostra de medições. Pode-se observar que a rotação ultrapassa o limite de variação da norma para valores inferiores a 3000 rpm. Para o torque, o limite de variação ultrapassa o limite tolerado para rotações superiores a 5000 rpm. As variações a baixas rotações podem ser atribuídas ao ajuste ou a falta de resolução do sistema de controle PID. Já as variações a altas rotações podem ser resultado da proximidade de uma das frequências naturais do sistema motor-dinamômetro. Considerando o sistema como de segunda ordem, com uma constante de mola da ordem de 10^6 N/m (célula de carga) e uma massa da ordem de 10^2 kg (dinamômetro), temos que, a frequência natural do sistema, para oscilações verticais, seria em torno de 100 Hz (6000 rpm). Para oscilações de torção a frequência natural seria em torno de 1000 Hz (60000 rpm). Justamente na região de 5500 a 6500 rpm, é onde foi notada a maior oscilação do sinal de torque. Assim, para efeito de comparação de verificação dos valores declarados, somente podemos usar a faixa de 3000 a 5000 rpm. Contudo, para efeito de verificação de conformidade é possível usar toda a faixa, como será mostrado a seguir.

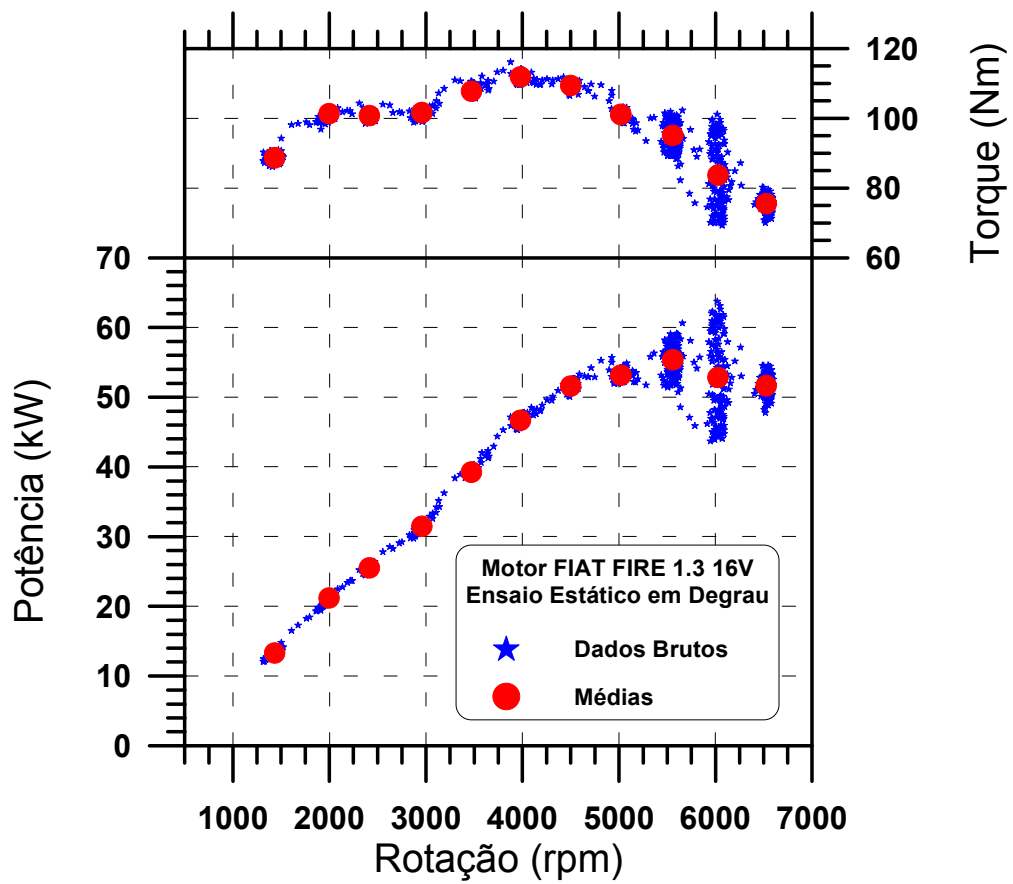


Figura 5. Potência e Torque x Rotação, a Plena Carga, motor FIAT FIRE 1.3 16V, Ensaio Estático em Degrau

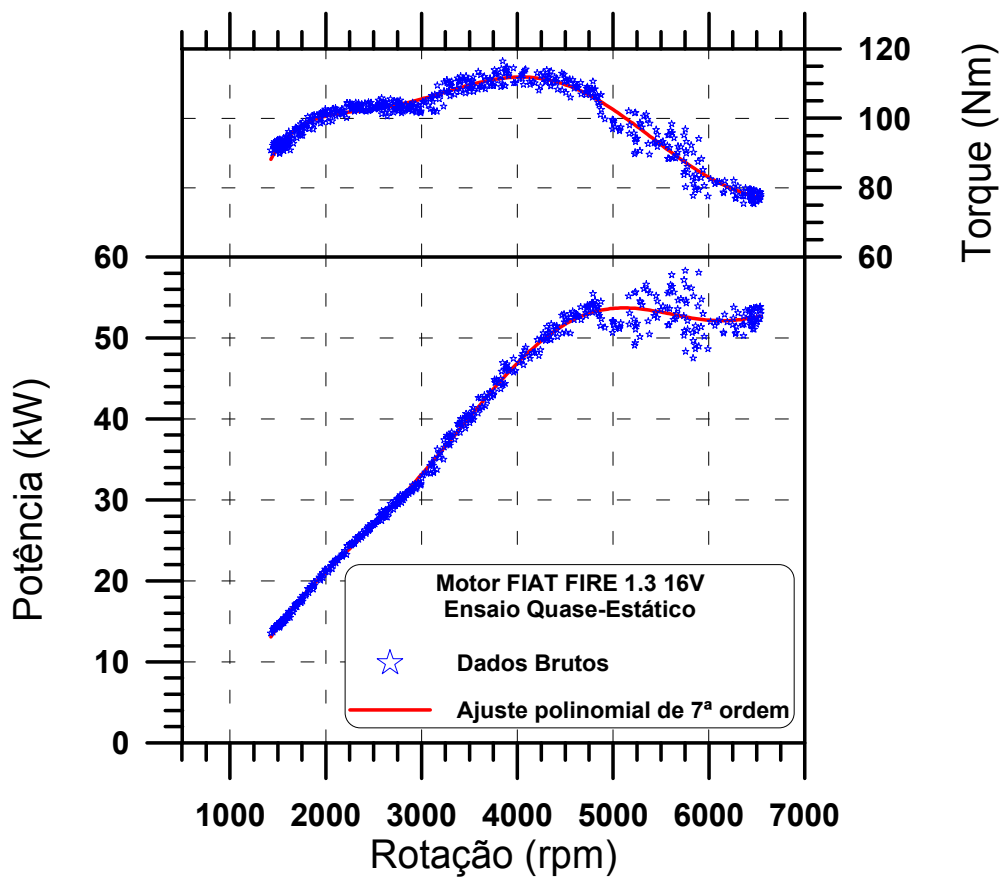


Figura 6. Procedimento de Ajuste para obter as Curvas de Potência e Torque x Rotação, a Plena Carga, motor FIAT FIRE 1.3 16V, Ensaio Quase-Estático em Desaceleração

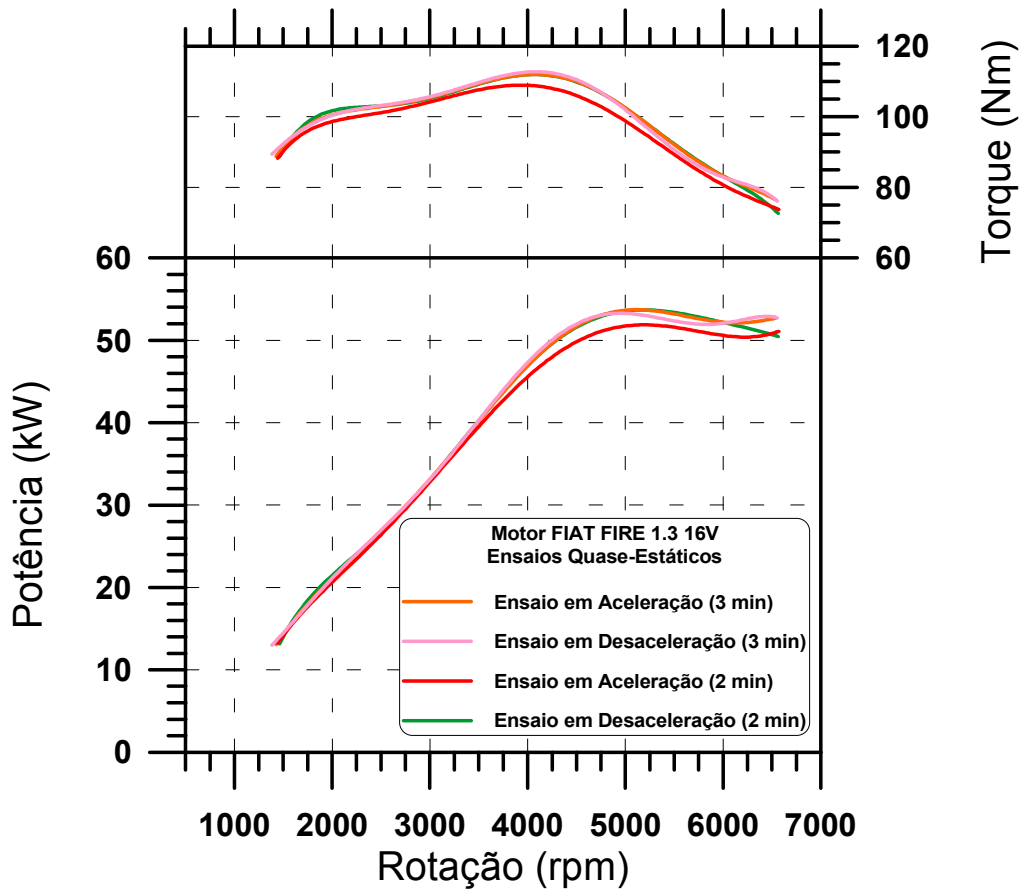


Figura 7. Potência e Torque x Rotação, a Plena Carga, motor FIAT FIRE 1.3 16V, 2 Ensaio Quase-Estáticos

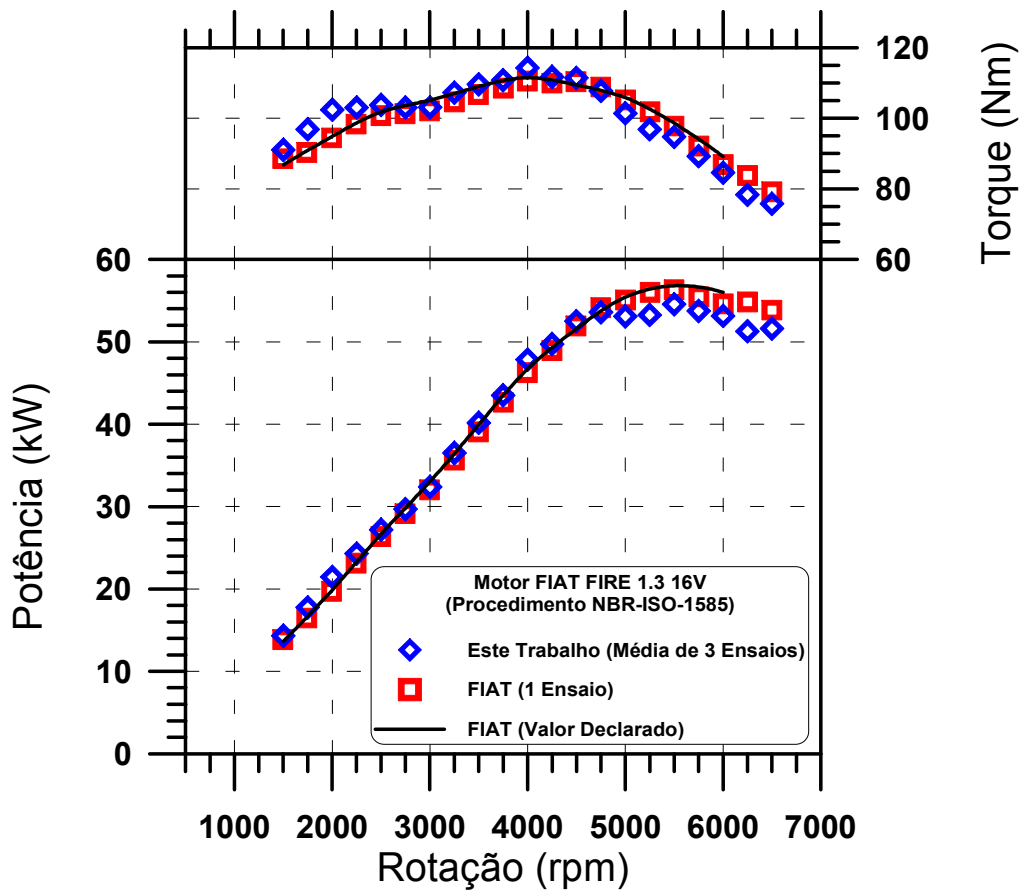


Figura 8. Comparação entre as Curvas de Potência e Torque x Rotação, a Plena Carga, motor FIAT FIRE 1.3 16V, pela NBR ISO 1585, Medidas Neste Trabalho, Medidas pelo Fabricante e os Valores Declarados.

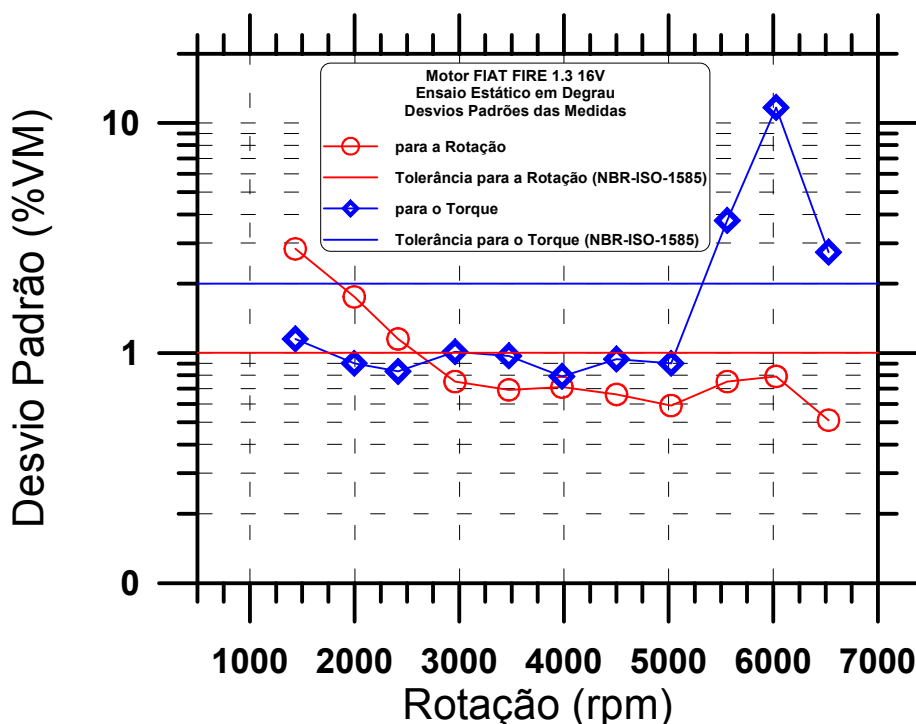


Figura 9. Desvio Padrão das Medidas de Rotação e Torque x Rotação, a Plena Carga, motor FIAT FIRE 1.3 16V, Ensaio Estático em Degrau comparado com as Tolerâncias Operacionais da NBR ISO 1585.

Na faixa de rotações de 3000 a 5000 rpm, a maior diferença, em relação aos valores declarados, da média dos ensaios pela NBR ISO 1585 foi de 2.48 %, bem inferior aos 4 % tolerados pela norma e inferior aos 3 % usados como faixa de controle de qualidade dos motores na fabricação (FIAT Automóveis). Em toda a faixa a maior diferença foi de 5.11 %, que é inferior aos 6 % tolerados pela norma para conformidade de fabricação. A diferença média em relação aos valores declarados foi de 1.98 %. Assim, pode-se concluir que os 3 ensaios seguindo o procedimento da NBR ISO 1585 foram válidos, e a partir de agora, serão usados como referência para comparar com as outras duas metodologias propostas.

Na Figura (7), vemos que o tempo de rampa de 2 minutos não foi suficiente para eliminar a influência dinâmica no torque de aceleração. Com um tempo de rampa de 3 minutos a curva na aceleração é idêntica a curva na desaceleração, que por sua vez é idêntica a curva na desaceleração em 2 minutos. Isto indica que não houve influência dinâmica no ensaio com rampa de 3 minutos. Portanto, foi descartada a curva de aceleração com rampa de 2 minutos.

A Figura (10) mostra a comparação entre as curvas de Potência e Torque x Rotação para ensaio estático pela NBR ISO 1585, ensaio estático em degrau e ensaio quase-estático. A diferença máxima, em relação ao ensaio estático pela NBR ISO 1585, para o ensaio estático em degrau foi de 3.34 %, e para o ensaio quase-estático foi de 2.81%. Novamente, estas maiores diferenças foram observadas acima de 5000 rpm. A diferença média para o ensaio estático em degrau foi de 1.49 %, e para o ensaio quase-estático foi de 1.10%. Estas diferenças médias são inferiores aos 2 % tolerados para diferença entre medições consecutivas, indicando que os resultados dos três ensaios são idênticos.

6. Conclusões

- Pelos dados mostrados no item 5, podemos dizer que o ensaio pelo procedimento da NBR ISO 1585 pode ser executado usando a metodologia do Ensaio Estático em Degrau, ou a metodologia do Ensaio Quase-Estático sem aumento de incerteza de medição.
- O Ensaio Quase-Estático pode ser executado em um tempo 12 vezes menor que o da NBR ISO 1585 e o Ensaio Estático em Degrau pode ser executado em um tempo 7 vezes menor.
- Também, uma maior definição de torque e potência na faixa de regimes de rotação do motor pode ser obtida pelo procedimento de Ensaio Quase-Estático, pois as medidas são feitas varrendo um número elevado de pontos de rotação uniformemente distribuídos ao longo do ensaio.
- Os dois métodos propostos exigem um sistema de aquisição automática de dados e um processamento computacional de depuração mais elaborado. Em especial, o Ensaio Quase-Estático exige pré-ensaios para determinar o tempo de rampa mais adequado. Ambos teriam aplicação vantajosa, em termos de tempo, em sistemas de controle de qualidade de motores.
- A medida de consumo de combustível ainda deve ser avaliada para o procedimento do Ensaio Quase-Estático. O uso de medidores contínuos, e não em batelada, seria mais indicado.

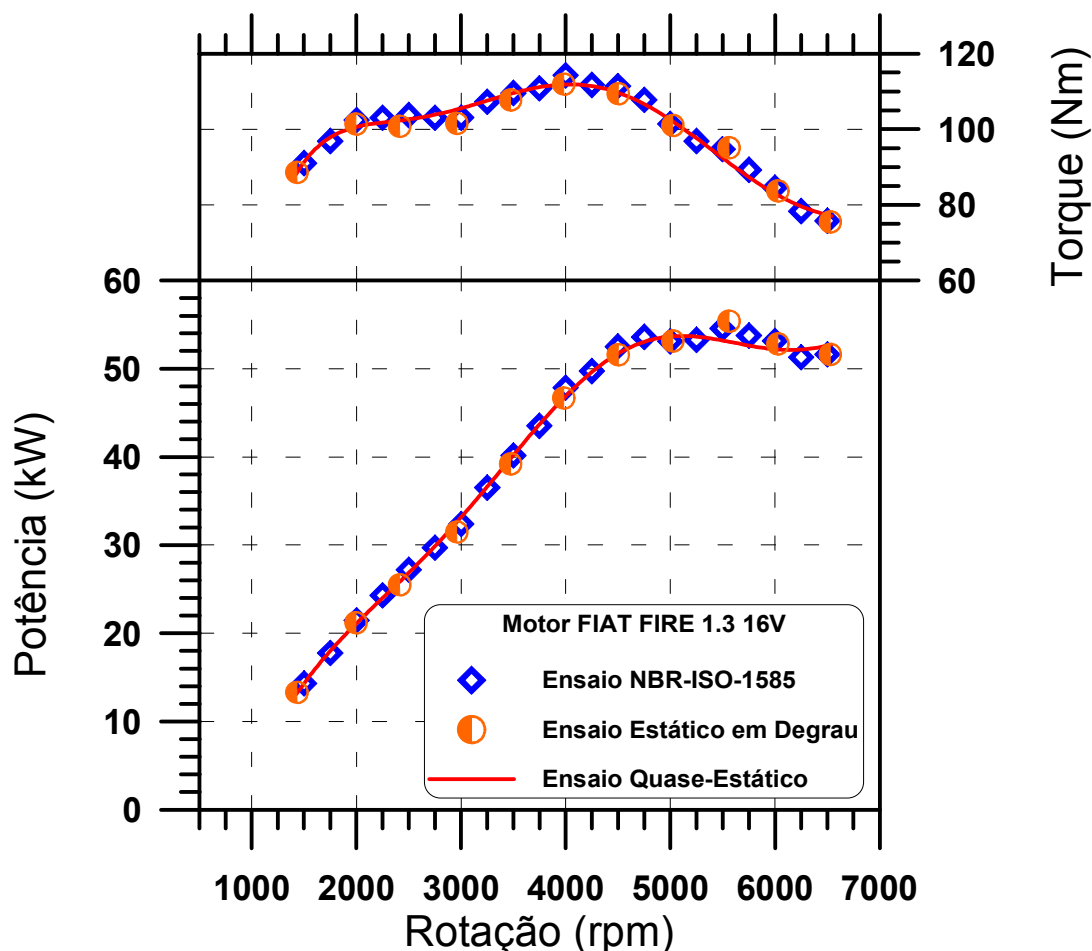


Figura 10. Comparação entre as Curvas de Potência e Torque x Rotação, a Plena Carga, motor FIAT FIRE 1.3 16V, para Ensaio Estático pela NBR ISO 1585, Ensaio Estático em Degrau e Ensaio Quase-Estático

7. Agradecimentos

Este trabalho faz parte do projeto TEC 80822/98, financiado pela FAPEMIG. Agradecemos o empenho dos alunos de Iniciação Científica, Lucas de Carvalho Alves e Salomão Henrique Brasil e Silva durante a realização dos ensaios. Agradecemos também a FIAT Automóveis, em especial ao Eng^o Alberto Puga, por ceder o motor utilizado e por todo apoio dado ao projeto.

8. Referências

- ABNT ISO 5725-1 a 6:1994, Ago. 1998, “Guia para a Expressão da Incerteza de Medição”, ABNT-IMETRO., Rio de Janeiro, 2^a ed., Brazil
- AVL, 1999, Manual: “AVL PUMA – Basic Functions”, AT0605E11, Out/1998, Graz, Austria
- Barros, J. E. M., Valle, R. M., Barros, C. P. e Figueiredo, R. D. 1999, “Projeto de Banco de Ensaio de Motor Aeronáutico”, In: Anais do IV Congreso Iberoamericano de Ingenieria Mecanica, 23-26 Nov. 1999, Universidad de Santiago de Chile, v. 3, Santiago de Chile, Chile, 9p.
- Barros, J. E. M. e Carvalho, M. A. M., 1990, “Determinação de Velocidade de Queima de Propelentes BD Usando Motores Testes de Queima Não Neutra”, 1^o Simpósio Brasileiro de Tecnologia Aeroespacial, Ago. 1990, São José dos Campos, Brazil, 6p.
- Mauer, G. F., 1991, “On-line determination of available torque in internal combustion engines”, International Congress and Exposition, Detroit, MI, USA 1991 Feb 25-Mar 1 SAE Technical Paper Series, SAE Paper 910855, SAE, Warrendale, PA, USA, 6p.
- NBR 5484, Fev/1985, “Motores alternativos de combustão interna de ignição por compressão(Diesel) ou ignição por centelha(Otto) de velocidade angular variável – Ensaio – Método de ensaio”, Associação Brasileira de Normas Técnicas(ABNT), Rio de Janeiro, Brazil, 8p.
- NBR ISO 1585, Jun/1996, “Veículos rodoviários - Código de ensaio de motores - Potência líquida efetiva”, Associação Brasileira de Normas Técnicas(ABNT), Rio de Janeiro, Brazil, 26p.
- Plint, M., Marty, A., 1999, “Engine Testing Theory and Practice”, SAE International, 2^a ed., Warrendale, USA, 363 p.

9. Nomenclatura

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR – Norma Brasileira
PID – Proporcional, integral e derivativo
rpm – Rotações por minuto
A/D – Analógico para digital
D/A – Digital para analógico
VM – Valor da medição

COMPARATION BETWEEN STATIC AND QUASI-STATIC DYNAMOMETRIC TEST PROCEDURES OF PISTON ENGINES

José Eduardo Mautone Barros

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Depto de Disciplinas Básicas
Av. Amazonas, 7675, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP 30510-000
emautone@zaz.com.br

Vander Ferreira Rodrigues

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – Laboratório de Motores
Av. José Cândido da Silveira, 2000, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP 31170-000
vander@cetec.br

Ramón Molina Valle

Universidade Federal de Minas Gerais – Depto de Engenharia Mecânica
Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901
ramon@vesper.demec.ufmg.br

Abstract. *This work compares the ISO-1585 piston engine test procedures with two different quasi-static procedures. One of the quasi-static procedures is based on keeping constant the rotational engine speed for 1 minute before changing it. This procedure results in a step test when using a continuous data acquisition system. The other quasi-static procedure is based on changing the rotational speed continuously from idle point to its maximum value, and back to idle point, in a way that load and speed stay always on PID equilibrium. So, it is possible to acquire hundred of data. The objective is to demonstrate the equivalence between three test procedures, in an attempt to reduce the test time. The advantage is to reduce the time required to execute engine test. Curves of performance are shown for a in-line four-cylinders, 1300 cm³, 16 valve engine for the three procedures. The results showed the equivalence between the static and the quasi-static test procedures.*

Keywords. *Internal combustion engine, Piston engine, Dynamometer, Engine testing*