

## INSTRUMENTAÇÃO DE BANCADA DINAMOMÉTRICA E ENSAIO DE MOTOR CICLO OTTO

**ALBERTO KAZUSHI NAGAOKA <sup>1</sup>, RONALDO BARBIERI SEGHETTO <sup>2</sup>, DANILO  
POMPERMAIER DE MELO <sup>3</sup>, MARCELO JUSTO KIELING <sup>4</sup>, FERNANDO CÉSAR  
BAUER <sup>5</sup>, VITOR SEIDLER <sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Engº Agrícola, Universidade Federal de Santa Catarina, alberto.nagaoka@ufsc.br

<sup>2</sup>Zootecnista, Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>3</sup>Engº agrº, Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>4</sup>Mestre em Engenharia de Automação, Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>5</sup>Dr em Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>6</sup>Graduando em agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo instrumentar uma bancada dinâmométrica de ensaio e avaliar um motor de dois tempos, aplicado ao uso agrícola. Os dados foram coletados e monitorados por um sistema de aquisição de dados (Datalogger), que foi utilizado para avaliar as perdas de potência, em função do torque e a rotação, que podem atingir valores significativos da capacidade de trabalho. O delineamento experimental foi realizado no esquema fatorial 2 x 2 x 3 (filtro de ar x escapamento x rotação) com 4 repetições. Os resultados foram interpretados por meio da análise de variância, adotando-se o nível de significância de 5% e pelo teste de Tukey. A bancada dinâmométrica se mostrou eficiente para realizar os ensaios, sendo possível observar que a utilização do escapamento e filtro de ar proporcionou perdas do motor para as 3 variáveis dependentes e houve significativamente menores perdas energéticas nos sistemas de alimentação e escape quando não foi utilizado esses acessórios. A utilização do escapamento apresentou maiores valores de perdas para as 3 variáveis dependentes avaliadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** dinamômetro, potência, eletrônica.

### **DYNAMOMETRIC INSTRUMENTATION AND OTTO CYCLE ENGINE TESTING**

**ABSTRACT:** This work aimed to instrument a dynamometric test bench and evaluate a two-stroke engine, applied to agricultural use. To evaluate engine power losses, measurements were carried out on this bench dynamometer, after its instrumentation, where power losses in the air filter and exhaust of a two-stroke Otto cycle engine were measured. The data was collected and monitored by a data acquisition system (Datalogger), which was used to evaluate power losses, depending on torque and rotation, which can reach significant values of work capacity. The experimental design was carried out in a 2 x 2 x 3 factorial scheme (air filter x exhaust x rotation) with 4 replications. The results were interpreted using analysis of variance, adopting a significance level of 5% and the Tukey test. The dynamometer bench proved to be efficient for carrying out the tests, and it was possible to observe that the use of the exhaust and air filter provided engine losses for the 3 dependent variables and there were significantly lower energy losses in the power supply and exhaust systems when these accessories were not used. The use of scaling presented higher loss values for the 3 dependent variables evaluated.

**KEYWORDS:** dynamometer, power, electronics.

**INTRODUÇÃO:** Conforme Mialhe (1974), a avaliação de potência efetiva líquida é onde se avalia a potência desenvolvida pelo motor com todos os acessórios e equipamentos necessários para o seu funcionamento autônomo. E a potência efetiva bruta se avalia a potência desenvolvida pelo motor básico, equipado apenas com os acessórios essenciais para o seu funcionamento. Essas duas potências são encontradas no volante do motor, e é a potência que está disponível no motor para trabalho. Entretanto, essas mesmas máquinas, quando carecem de qualidade ou são manejadas de forma inadequada, resultam em aumento nas emissões de gases de efeito estufa, menor rendimento e elevação do custo de produção. Os motores de combustão de dois tempos possuem maior simplicidade construtiva, mecânica e menor relação peso potência quando comparado com motores de quatro tempos. De acordo com Mialhe (1974), o ensaio não tem por função “aprovar” ou “reprovar” uma máquina, mas sim levantar características técnicas e de desempenho, cujos resultados poderão ser comparados com um “padrão de características mínimas”, estabelecidos por um órgão do governo. De acordo com Márquez (2012), a perda de energia residual contida nos gases de escape pode alcançar entre 30 a 40%, da energia contida no combustível. Sodré et al. (2008), construíram uma bancada de ensaio de motor, realizaram um ensaio com um motor e observaram que, o aumento do comprimento do condutor de ar filtrado, reduziu a potência do motor. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi instrumentar eletronicamente uma bancada dinamométrica e avaliar um motor de combustão de ciclo Otto de dois tempos, de pequeno porte, identificando suas perdas de potência devido à presença do filtro de ar e do escapamento.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os trabalhos experimentais de avaliação e estudos foram efetuados e conduzidos no Laboratório de Mecânica, Motores e Máquinas e no Laboratório de Instrumentação Agrícola pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Para a realização do ensaio foi utilizado: Um motor de combustão interna de dois tempos do ciclo Otto de uma roçadora da marca Stihl, modelo FS 220 com 35.2 cilindradas e 1,7 de potência; Uma bancada dinamométrica da marca Interdidatic, utilizada para realizar o ensaio e fazer a leitura dos parâmetros de desempenho do motor. Junto com a bancada foi utilizado um tacômetro da marca Minipa modelo Mdt-2244B para estabelecer a rotação por minuto (RPM) do motor no momento dos ensaios. Para realizar a medição do torque foi utilizado uma célula de carga da marca Alfa, modelo S-10 com 2.000 mv/V de sensibilidade que permitiu saber a força de freio do motor; Um tacômetro da marca Mitutoyo modelo Mdt-2244B, para medir a rotação; Um termômetro para medir a temperatura do ar, da marca Ageon modelo G101; Um ar-condicionado da marca Springer, para manter a temperatura do ambiente controlada; Um voltímetro e um amperímetro da marca mitutoyo, para medir a energia perdida pelos sistemas elétricos; Para fazer a coleta e leitura dos dados foi utilizado um datalogger da marca Campbell Scientific modelo CR3000 Micrologger. A bancada foi constituída por um equipamento chamado dinamômetro, que foi acoplada ao motor a combustão com seus sensores, instrumentado, conectando-se aos sensores da bancada Interdidatic, para a aquisição de dados ser feita pelo datalogger. A rotação foi regulada com auxílio de um inversor de frequência da marca Telemecanique. Os ensaios foram realizados conforme metodologia citados por MIALHE (1974); MIALHE (1991); MIALHE (1996); MIALHE (1980); MIALHE (2012) e MÁRQUES (2012), com o motor desligado. Os dados foram coletados em três rotações sendo em 1.800 rpm, 2.000 rpm e 2.200 rpm, com quatro repetições, onde cada repetição teve um número total de 800 leituras. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC) realizado no esquema fatorial 2 x 2 x 3 (filtro de ar x escapamento x rotação) com 4 repetições. As variáveis de desempenho do motor (Força, Potência e Torque) foram submetidas a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando-se o software estatístico AgroEstat.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1, encontram-se as médias obtidas para cada variável dependente (força, potência e torque) submetidos às variáveis independentes (com e sem filtro de ar, com e sem escapamento e três rotações) em um motor de ciclo Otto 2 tempos de uma roçadora costal. Observa-se, que não houve diferença de força (N) exigida com e sem o uso dos filtros, mas houve diferença para o uso do escapamento, resultando em 45% de acréscimo de força. A rotação do motor também aumentou a força exigida. Verifica-se que ocorreu um aumento de 64,58% quando a rotação variou de 1.800 rpm para 2.000 rpm e o aumento da força exigida foi de 165,15% quando a rotação variou de 1800 rpm para 2.200 rpm, pois, quanto maior a rotação maior a quantidade gases que passam pelo escapamento do motor. Verifica-se também que não houve diferença na exigência da Potência (cv) com ou sem o uso do filtro de ar, mas houve um aumento de 47,32% na potência exigida quando foi utilizado o escapamento. Houve diferença também na potência exigida com o aumento da rotação, sendo um acréscimo de 82,96%, quando a rotação aumentou de 1.800 rpm para 2.000 rpm e o aumento da potência exigida foi de 224,18% quando a rotação aumentou de 1800 rpm para 2.200 rpm, desta forma entende-se que a potência exigida não é constante, mas varia com a rotação do motor. Observa-se que para variável Torque exigido (N.m), houve o mesmo efeito alcançado para as variáveis força (F) e potência (P). Verificando que para o tratamento com filtro de ar não houve diferença estatística entre as médias alcançadas utilizando e não utilizando o filtro de ar no motor. Este componente é de extrema importância para auxiliar no bom funcionamento do motor, sendo responsável por reter as partículas poluentes antes de chegar no motor. A negligência com o filtro de ar no motor pode prejudicar outros componentes como os pistões e cilindros além de comprometer o meio ambiente. Foi observado que houve um aumento de 45,19% no torque exigido com o uso do escapamento. O aumento da rotação também aumentou o torque exigido sendo que de 1.800 rpm para 2.000 rpm o aumento foi de 65,28% e para aumento na rotação de 1.800 rpm para 2.200 rpm houve um acréscimo de 166,67%. Como o uso do escapamento aumentou a exigência de força, torque e potência, observa-se a necessidade de redimensionamento e melhorias a serem feitas neste acessório, uma vez que o uso do filtro, além de não afetar a exigência de energia do motor, é um item importante e necessário assim como o escapamento do motor.

Tabela 1. Comparação das médias para os tratamentos filtro de ar (Fator A), escapamento (Fator B) e rotação por minuto (Fator C) para variável Força (F), Potência (P) e Torque (T).

<b>Fatores</b>	<b>Força (N)</b>	<b>Potência (cv)</b>	<b>Torque (Nm)</b>
<b>Filtro de Ar</b>			
Com Filtro	18,80 a	0,378 a	1,31 a
Sem filtro	17,98 a	0,358 a	1,24 a
<b>Escapamento</b>			
Com Escapamento	21,67 a	0,439 a	1,51 a
Sem Escapamento	14,92 b	0,298 b	1,04 b
<b>Rotação por minuto</b>			
1800 rpm	10,36 c	0,182 c	0,72 c
2000 rpm	17,05 b	0,333 b	1,19 b
2200 rpm	27,47 a	0,590 a	1,92 a

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**CONCLUSÕES:** De acordo com as condições em que o experimento foi conduzido e com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

A instrumentação da bancada dinamométrica se mostrou eficiente para realizar os ensaios de perda de potência em um motor 2 tempos Ciclo Otto;  
A presença do filtro de ar não resultou em perdas de força, de torque e de potência do motor;  
A presença do escapamento apresentou perda de força, torque e potência;  
Maiores rotações do motor apresentaram maiores perdas de força, torque e potência do motor;

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Rural que possibilitou a realização e apresentação deste trabalho.

#### **REFERÊNCIAS:**

MÁRQUEZ, L. Tractores agrícolas: tecnología e utilización. B & H Grupo Editorial. 2012, 846p.

MIALHE, L. G. Manual de mecanização agrícola. São Paulo. Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1974. 302 p.

MIALHE, L. G. Curso de atualização tecnológica em tratores agrícolas de rodas. Piracicaba, 1991. 84p. (Apostila).

MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 723 p.

MIALHE, L. G. Máquinas motoras na agricultura. Piracicaba, 1980, v.2, 368p.

SODRÉ, J. R., COSTA, R. C., SILVA, R. H. “Efeitos do comprimento do conjunto de admissão na performance de um motor de combustão interna”, Anais da I Jornada Científica e VI FIPA do CEFET, Bambuí, MG, 2008.