

AVALIAÇÃO DA PRESSÃO DE TURBO EM TRATOR COM TURBINA DE GEOMETRIA VARIÁVEL

LEONARDO LEONIDAS KMIECIK¹, EDUARDO GRACIETTI², LAURO STRAPASSON NETO³, GUINThER HUGO GRUDTNER⁴, DANIEL SAVI⁵, SAMIR PAULO JASPER⁶

¹Engenheiro Agrônomo, Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR, leonidas.km@gmail.com

²Graduando do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná - UFPR/Curitiba-PR, gracietti35@gmail.com

³Graduando do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná - UFPR/Curitiba-PR, laurostrapasson@gmail.com

⁴Engenheiro Agrônomo, Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR, guinther_grudtner@hotmail.com

⁵Graduando do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná - UFPR/Curitiba-PR, daniel.savi98@gmail.com

⁶Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor Adjunto A, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), UFPR/Curitiba-P, samir@ufpr.br

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: A busca por reduzir o nível de emissões poluentes sem sacrificar o desempenho dos motores agrícolas tem sido de grande importância, e uma das tecnologias desenvolvidas são as turbinas de geometria variável (VGT) em motores turboalimentados. Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a relação, e gerar uma equação, entre a pressão de turbo sob diferentes forças na barra de tração e velocidades de deslocamento em trator 4x2 de 250 kW. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Canguiri, em pavimento de concreto, com o trator Magnum 340, que foi instrumentado com sensores para mensurar a pressão de turbo, a força na barra de tração e a velocidade de deslocamento. O delineamento adotado foi em faixas com cinco repetições, utilizando-se o método de comboio com frenagens controladas na barra de tração para se atingir as forças desejadas. Com os dados tabulados, submeteu-se a análise de regressão e a geração de gráfico com a utilização do software SigmaPlot. Gerou uma equação significativa ($\text{Turbo} = -0,3503 + 0,1508 \cdot \text{VO} + 0,0001 \cdot \text{FBT}$) determinando (96,4% de acurácia) a pressão de turbo em função da velocidade de deslocamento e da força solicitada na barra de tração.

PALAVRAS-CHAVE: Barra de tração, Velocidade Operacional, Sistema de Aquisição de Dados

ASSESSMENT OF TURBO PRESSURE IN TRACTOR WITH VARIABLE GEOMETRY TURBINE

ABSTRACT: The search to reduce the level of polluting emissions without sacrificing the performance of agricultural engines has been of great importance, and one of the technologies developed is the variable geometry turbines (VGT) in turbocharged engines. Thus, the aim of this study was to evaluate the relationship, and to generate an equation, between the pressure of turbo under different forces in the drawbar and travel speeds in a 4x2 tractor of 250 kW. The experiment was developed at Fazenda Experimental Canguiri, on a concrete pavement,

with the Magnum 340 tractor, which was instrumented with sensors to measure the turbo pressure, the drawbar force and the travel speed. The design adopted was in tracks with five repetitions, using the train method with controlled braking on the drawbar to achieve the desired forces. With the tabulated data, regression analysis and graph generation were performed using the SigmaPlot software. It generated a significant equation ($Turbo = -0.3503 + 0.1508 * VO + 0.0001 * FBT$) determining (96.4% accuracy) the turbo pressure as a function of the travel speed and the requested force on the boom traction.

KEYWORDS: Drawbar, Operating Speed, Data Acquisition System.

INTRODUÇÃO: Com as recentes normas de emissão de gases poluentes para motores diesel sendo cada vez mais restritivas, novas tecnologias para reduzir a difusão de óxidos de nitrogênio e material particulado tem sido desenvolvidas. Atualmente grande parte dos motores diesel são turboalimentados e equipados com turbinas de geometria variável (VGT), que aliado a outros sistemas, reduzem as emissões sem sacrificar a performance do equipamento (KIM et al, 2018). Este tipo de turbina apresenta mecanismo que regula a área transversal do fluxo que altera a massa de ar que flui através da turbina, ou seja, em baixas rotações do motor a área é reduzida aumentando a velocidade da turbina e em altas rotações a área é aumentada para reduzir o fluxo evitando o aumento excessivo da pressão (LI et al, 2018). O torque no motor a diesel depende da disponibilidade de ar e da injeção de combustível, ou seja em baixas rotações não é possível injetar mais combustível para melhorar o torque pois aumentaria a quantidade de fumaça devido ao menor volume de ar, e com o uso da VGT isto se torna possível, elevando a produção de energia com o incremento da força no pistão (RAMANI et al, 2018). O objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento da pressão de turbo de trator dotado de turbina com geometria variável sob velocidades de deslocamento e força na barra de tração, possibilitando gerar uma equação que relacione estas variáveis.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Canguiri, pertencente a Universidade Federal do Paraná, em pavimento de concreto com declividade de 1%, conforme norma ASAE (EP 496.2, 2003). O delineamento experimental adotado foi em faixas, em esquema fatorial duplo (4x4), sendo quatro cargas na barra de tração (3.500; 7.000; 10.500; 14.000 kgf) e quatro velocidades de deslocamento (4; 6; 8; 10 km/h), com quatro repetições cada, sendo cada repetição a coleta de vinte segundos de ensaio. Utilizou-se o trator Magnum 340, de potência nominal de 250 kW (340 cv), motor diesel 6 cilindros de 8,7 litros, com turbina de geometria variável (eVGT), intercooler e transmissão Full PowerShift de 18 marchas a frente e 4 a ré. Foram utilizados pneus Goodyear 710/70R42, duplados no eixo traseiro com pressão de insuflagem de 69 kPa (10 PSI), enquanto no eixo dianteiro, utilizou-se pneus Goodyear 780/70R34, também duplados, com pressão de insuflagem de 96 kPa (14 PSI), promovendo índice de antecipação de 1,60%. Utilizou-se da lastragem de 40% de água em todos os pneus, aliado a 18 placas de 45 kg na dianteira e 4 anéis de 454 kg e 2 de 227 kg no eixo traseiro. A massa total do trator foi mensurada com o uso de balança de sapatas da marca CELMI, que resultou em 18.625 kg, distribuídos 42% na dianteira e 58% na traseira. Foi acoplado ao trator teste, através de cabo de aço, um trator freio modelo Steiger 370 Case IH, com 275 kW de potência nominal, transmissão 16x2, full PowerShift, dotado de pneus dianteiro e traseiros duplados, modelo Goodyear 710/70R42, conduzido na forma de comboio que através de frenagens controladas forneceu as cargas na barra de tração do trator teste. A velocidade operacional foi medida com o uso de sensor de velocidade modelo SVA-60 da marca Agrosystem que funciona através do sinal de satélite GPS, enquanto que a força

na barra de tração foi determinada através de célula de carga da marca Bermann, devidamente aferida e com capacidade de 300 kN, sensibilidade de 2,0+0,002 mV/V e precisão 0,01 kN. A pressão de turbo foi medida no coletor de admissão, através de transdutor de pressão piezoresistivo modelo MPX 5700DP (Motorola Inc.). Todos estes sensores estavam conectados a sistema de aquisição de dados de placa de circuito impresso, com frequência de aquisição de 1 Hz e armazenados em HD externo. Todos os dados gerados foram submetidos ao teste F e posteriormente análise de regressão e a geração de gráfico com a utilização de software SigmaPlot.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os parâmetros avaliados Velocidade Operacional (VO) e Força na Barra de Tração (FBT) geraram uma equação significativa, ao nível de 1%, pelo teste F (132,27), Figura 1, descrevendo o comportamento da pressão de turbo na admissão.

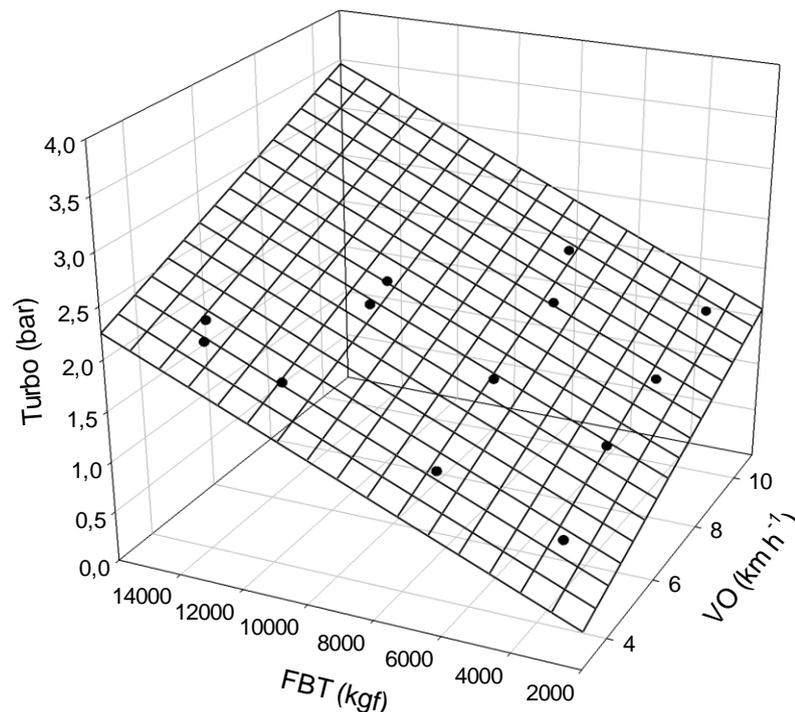


Figura 1: Gráfico da relação Pressão de turbo (Turbo) x Força na Barra de Tração (FBT) x Velocidade Operacional (VO)

Com os dados obtidos durante a coleta de dados, procedeu-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, na qual as médias se comportaram de maneira normal ($P=0,394$) a 1% de significância. Nota-se o aumento da pressão de turbo com o acréscimo da força na barra de tração, mas também com o incremento da velocidade de deslocamento, todavia, não foi possível atingir todas as cargas alvo na barra de tração nas diferentes velocidades estudadas, principalmente nas mais altas. Com as médias obtidas, foi possível relacionar a variável pressão de turbo com os parâmetros velocidade operacional e força na barra de tração através da equação $Turbo = -0,3503 + (0,1508 * VO) + (0,0001 * FBT)$, apresentando coeficiente de determinação de 96,4%. O aumento na demanda energética ocasionado pela velocidade e força na barra de tração ocasiona acréscimo da pressão de turbo resultando em maior quantidade de ar na câmara de combustão, promovendo maior rendimento do motor, como observado por Gonca & Sahin (2016). Oiole et al (2019) em estudo com trator de 93 kW com motor diesel turboalimentado, obteve significativo aumento na pressão de turbo com o incremento da força de tração. A variação de velocidade operacional do trator de 250 kW

avaliado por Neto et al (2020), promoveu aumento significativo da pressão de turbo, provendo melhor eficiência térmica do motor, acarretando redução no consumo específico de combustível. El-Adawy et al (2018) relaciona a produção de maiores torques no motor com o aumento da pressão de turbo, que devido a maior quantidade de ar na câmara, possibilita maiores injeções de combustível, provendo então aumento no desempenho.

CONCLUSÕES: No trator de 250 kW de motor turboalimentado com turbina de geometria variável foi possível concluir que a pressão de turbo é influenciado de maneira direta pela carga solicitada na barra de tração e velocidade de deslocamento. Através dos dados gerados, foi possível estabelecer uma equação que, em 96,4% das vezes explica a pressão de turbo em função da velocidade operacional e da força na barra de tração

REFERÊNCIAS:

- EL-ADAWY, M.; EL-KASABY, M.; ELDRAINY, Y. A.; Performance characteristics of a supercharged variable compression ratio diesel engine fueled by biodiesel blends. **Alexandria Engineering Journal**, v. 57; p. 3473-3482; 2018.
- GHAZIKHANI M.; DAVARPANAH M.; MOUSAVI SHAEGH A.S. An experimental study on the effects of different opening ranges of waste-gate on the exhaust soot emission of a turbo-charged DI diesel engine. **Energy Conversion and Management**; v. 49; p. 2563-2569; 2008
- GONCA, G.; SAHIN, B.; The influences of the engine design and operating parameters on the performance of a turbocharged and steam injected diesel engine running with the Miller cycle. **Applied Mathematical Modelling**. v. 40; p. 3764-3782; 2016
- KIM, S.; JIN, H.; CHOI, S. B.; Exhaust Pressure Estimation for Diesel Engines Equipped With Dual-Loop EGR and VGT. **IEEE Transactions on Control Systems Technology**; v. 26; n. 2; p. 382–392; 2018
- LI, N.; GAO, W.; HU, Y.; Nonlinear Model Predictive Controller Design for Air System Control of Variable Geometry Turbocharged Diesel Engine. **IFAC-PapersOnLine**; v. 51; n. 31; p. 714–719; 2018
- NETO, L. S.; KMIECIK, L. L.; JASPER, S. P.; ZIMMERMANN, G. G.; SAVI, D.; Interference of the number of remote control valves in use on the energy performance of an agricultural tractor with productivity management. **Engenharia Agricola**; v. 40; n. 3; p. 356-362, 2020
- OIOLE, Y. A.; KMIECIK, L. L.; PARIZE, G. L.; SILVA, T. X. DA; JASPER, S. P.; Energy performance in disc harrowing operation in different gradients and gauges. **Engenharia Agricola**; v. 39, n. 6; p. 769-775; 2019
- RAMANI, V. S.; MUTHUSAMY, A.; BAHL, S.; RAMANATHAN, H.; HALBE, V. G.; Comparative Studies of Different VGT Designs on Performance and Smoke of CRDe Engine. **SAE Technical Paper Series**; 2018-28-0074; 2018