

SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DO DESEMPENHO DE TRATORES AGRÍCOLAS

PAULO ALEXANDRE G. MACIAK¹, CRISTIANO MÁRCIO A. DE SOUZA²,
ROBERTO C. ORLANDO², SÁLVIO NAPOLEÃO S. ARCOVERDE³

¹ Engenheiro Agrícola, Agricase, Rod. BR 163/13.945, Parque das Nações, Dourados-MS, Brasil, maciak_pagm@hotmail.com

² Engenheiro Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, csouza@ufgd.edu.br, robertoorlando@ufgd.edu.br

³ Engenheiro Agrícola e Ambiental, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, salvionapoleao@gmail.com

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: O uso de máquinas agrícolas afeta diretamente os custos de produção, buscam-se alternativas voltadas à otimização do desempenho dos sistemas mecanizados. A principal maneira de se avaliar o desenvolvimento de tração de um trator agrícola de pneus, se dá na realização do seu ensaio em pista asfaltada ou em campo. Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados para monitoramento do desempenho de tratores agrícolas de pneus. O sistema consiste em uma central de aquisição de informações dos sinais enviados dos sensores analógicos e digitais, que é responsável por processar e armazenar os dados. Os parâmetros coletados pelo sistema de aquisição são a patinação das rodas motrizes, a relação de avanço, a velocidade de deslocamento, a força disponível na barra de tração e o consumo de combustível. O sistema de aquisição de dados desenvolvido utilizando plataforma ESP-32 pode ser utilizado para ensaios de tratores agrícolas, pois apresentou precisão adequada nas leituras dos dados dos sensores instalados no trator de ensaio, apresentando robustez no armazenamento dos dados coletados e fácil interface homem-máquina, auxiliando na operação do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: mecanização agrícola, instrumentação, ensaio de tração.

LOW-COST DATA ACQUISITION SYSTEM FOR MONITORING THE PERFORMANCE OF AGRICULTURAL TRACTORS

ABSTRACT: The use of agricultural machinery directly affects production costs; alternatives are sought to optimize mechanized systems. The main way to evaluate the traction of an agricultural tractor of tires is in the accomplishment of the test of the tractor on asphalted track or in the field. The objective of this work was to develop a data acquisition system to monitor the performance of agricultural tractors. The system developed consists of an acquisition central of signals sent from analog and digital sensors, and is responsible for processing and storing data. The parameters collected by the data acquisition system are the wheels slip, cinematic relationship between tractor axles, the displacement speed, the drawbar force, and the fuel consumption. The data acquisition system developed using the ESP-32 platform can be used for agricultural tractor testing. It presents adequate accuracy in reading the signal of sensors and presenting robust data storage and an easy man-machine interface.

KEYWORDS: agricultural mechanization, instrumentation, traction testing.

INTRODUÇÃO: A utilização de novas tecnologias e técnicas de produção tem importância no desenvolvimento e no crescimento da produção brasileira (MACIAK, 2018). A área de projeto de máquinas para agricultura recebe destaque no desenvolvimento de tecnologias e equipamentos modernos (COELHO et al., 2018), que além de aumentar a produção também incrementa a capacidade operacional das mais distintas atividades agrícolas. Com o desenvolvimento de novas tecnologias e o seu alto custo, elas não são instaladas em tratores de pequeno e médio porte, estando disponíveis apenas para tratores de grande porte, um exemplo é a leitura dos dados da rede CAM do trator. Diversos fatores afetam o desempenho de tratores agrícolas de pneus, entre eles, os lastros adicionados, o tipo de superfície, a velocidade de deslocamento e o tipo de pneu selecionado (MONTEIRO et al., 2009). A principal maneira de se avaliar o desenvolvimento de tração de um trator agrícola de pneus em operação de campo, se dá na realização do ensaio de trator em solo agrícola (SOUZA et al., 2022). Segundo MASIERO (2010), a análise operacional procura desenvolver técnicas que permitam obter o máximo de rendimento útil de todos os recursos disponíveis, por isso é necessário conhecer a força e a potência disponível na barra de tração. De acordo com BARROS (2012), a elaboração de trabalhos que visem o melhoramento do desempenho e da eficiência do trator agrícola de pneus contribuem de forma significativa para o aprimoramento dos meios de produção do campo. Portanto, este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados para ensaio de tração e monitoramento do desempenho de tratores agrícolas de pneus.

MATERIAL E MÉTODOS: O equipamento foi desenvolvido no Laboratório de Projeto de Máquinas da FCA/UGD, Dourados (MS). O sistema de aquisição de dados foi desenvolvido utilizando uma plataforma *open-source* de prototipagem eletrônica, ESP-32, com sistema dual-core, dois CPUs Xtensa LX6. As rotinas de programação foram feitas usando a linguagem C++. O sistema desenvolvido consiste em uma central de aquisição dos sinais enviados dos sensores, que é responsável por processar e armazenar os dados coletados. Os sensores foram instalados em pontos específicos no trator agrícola (Figura 1a). Os parâmetros de avaliação do trator coletados pelo sistema de aquisição foram a patinagem das rodas (encoder), relação de avanço, velocidade de deslocamento, força na barra (célula de carga, 50 kN) e consumo de combustível (fluxômetros M-III, 1 mL por pulso). Na Figura 1b é observada a curva de calibração da célula de carga proveniente do equipamento desenvolvido. O sinal em $mV V^{-1}$ da célula de carga é amplificado para leituras variando de 0 a 3 V, convertendo esse sinal para um valor numérico. Para o ensaio em pista de asfalto foi demarcado 50 m. Foi projetado um sensor usando SolidWorks® e impressora 3D, para determinar a patinagem e a relação de avanço, utilizando sensores infravermelhos. Nos testes foi usado um trator TL85E, 4x2 TDA, com 64,8 kW no motor e 56,7 kW na TDP, pneus traseiro 18,4-34 e dianteiro 14,9-24, massa de 4,5 Mg, altura da barra de 0,47 m e distância entre eixos de 2,35 m.

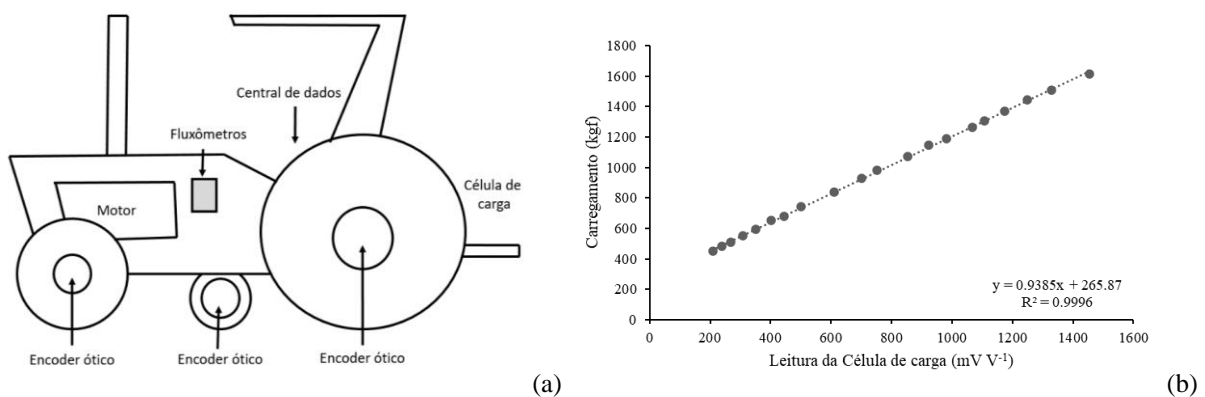


FIGURA 1. Esquema de ligação dos sensores instalados no trator cabinado de ensaio (a), e curva de calibração da célula de carga proveniente do equipamento desenvolvido (b).

Para testar o sistema de aquisição de dados foram realizados experimentos em pista de asfalto com o trator, com rotação do motor fixa em 2.000 rpm, onde foi selecionado 2 marchas para o ensaio: na segunda gama e selecionando a terceira e quarta marcha. Para a realização dos carregamentos, foi utilizado um trator de lastro, modelo MF295 4x2, com 80,9 kW. O sistema de aquisição foi conectado ao barramento de cabos dos sensores do trator, que estava equipado com um Field Logger, mesmo usado por SOUZA et al. (2022). Após o experimento, os dados foram transferidos para um computador para serem processados e analisados. Inicialmente, os dados foram comparados aos do Field Logger, pelo teste F; em seguida submetidos a análise de regressão, sendo os modelos selecionados com base no coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O equipamento de aquisição de dados desenvolvido conta com leds de sinalização juntamente com botões de operação, para iniciar e parar a coleta de dados, salvar e criar um arquivo novo, e zerar o tempo (Figura 2a). Os dados de tempo de ensaio, patinagem, relação de avanço, consumo de combustível e força na barra de tração são salvos em formato de arquivos CSV, possibilitando determinar a potência desempenhada pelo trator, energia consumida, etc. Na Figura 2b tem o comportamento das leituras da força de tração com o trator de ensaio na primeira marcha, sendo considerado semelhante ao adquirido pelo Field Logger ($p < 5\%$). Observa-se que o comportamento da força de tração se manteve constante dentro do ensaio, isto era esperado por se tratar de uma pista asfaltada. Este comportamento constante nas leituras comprova a robustez do sistema de aquisição de dados, uma vez que os dados coletados não sofreram alterações significativas e nem ficaram dispersos, variando, aleatoriamente, dentro da precisão da célula.

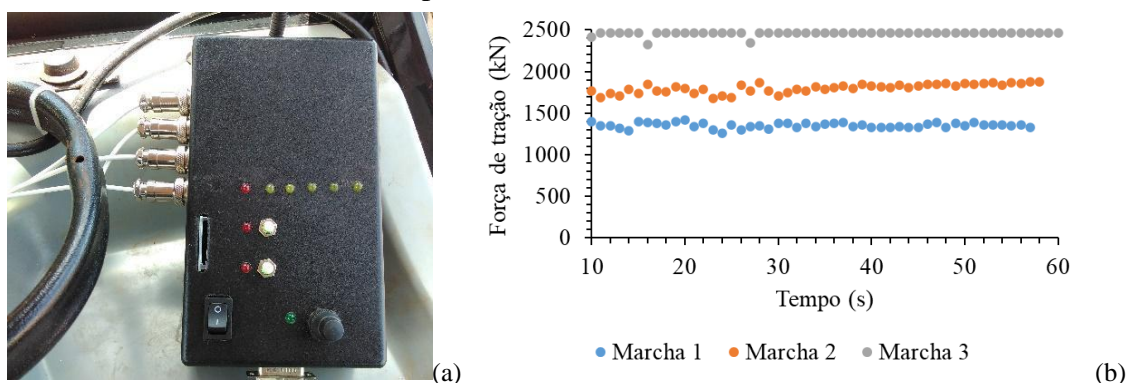


FIGURA 2. Interface do sistema de aquisição de dados (a), e força de tração do trator ensaiado com o trator de lastro em três marchas (b).

A força de tração apresenta um comportamento quadrático com a patinagem (Figura 3a). Observa-se que com o aumento da patinagem ocorre um aumento da força de tração chegando a valores máximos com aproximadamente 8% de patinagem. A força diminui para patinagens maiores devido ao escorregamento dos rodados. Ao aumentar a força disponível na barra de tração tem-se um aumento diretamente proporcional ao avanço (Figura 3b). Este comportamento é devido a transferência de carga do eixo dianteiro para o eixo traseiro quando o trator se encontra realizando força de tração. Uma vez que ao se deslocar a carga do eixo dianteiro para o eixo traseiro tem-se que ele aumenta o raio de rolamento do eixo dianteiro, proporcionando uma maior relação de avanço entre os eixos dianteiro e traseiro. Ressalta-se que o raio das rodas dianteira e traseira influenciam diretamente a relação cinemática entre os eixos do trator (SCHLOSSER, 2004). Valores superiores a 8% de patinagem geram um escorregamento excessivo dos rodados motrizes proporcionando uma redução da potência disponível e desgaste excessivo dos pneus do trator para uma pista asfaltada. Segundo os dados mostrado na Figura 3c, com o incremento do consumo de combustível tem-se uma relação

linear com a disponibilidade de potência na barra de tração, resultados semelhantes foram encontrados por SIQUEIRA et al. (2013).

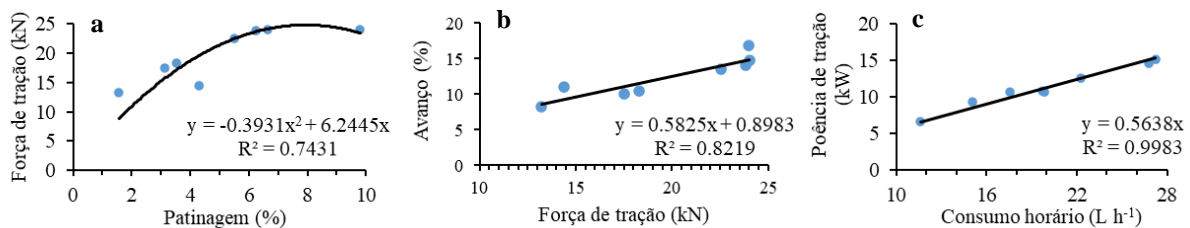


FIGURA 3. Força de tração em função da patinagem (a), relação cinemática de avanço pela força de tração (b) e potência de tração em função do consumo horário de combustível (c).

CONCLUSÕES: O sistema de aquisição de dados desenvolvido pode ser utilizado para ensaios e monitoramento de desempenho de tratores, pois apresenta: a) precisão adequada na leitura dos sensores instalados no trator, com robustez no armazenamento dos dados coletados; b) fácil interface homem-máquina, auxiliando na operação do sistema e facilitando a realização do ensaio em campo; c) possibilidade de avaliação de tratores agrícolas de diversas marcas, visando a adequação dos conjuntos tratorizados para uma maior eficiência no campo.

AGRADECIMENTOS: À FUNDECT-MS e à CAPES, pelo apoio à realização e disseminação da pesquisa. Ao CNPq e à CAPES, pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS:

- BARROS, P.R.P. **Simulação da capacidade de tração de um trator 4x2 com tração dianteira auxiliar em diferentes condições de superfície**. 2012. 90f. (Doutorado em Engenharia Agrícola), UFV, Viçosa-MG.
- COELHO, A.L. de F.; QUEIROZ, D.M. de; VALENTE, D.S.M.; PINTO, F. de A. de C. An open-source spatial analysis system for embedded systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.154, p.289-295, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.019>
- MACIAK, P.A.G. **Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados para monitoramento do desempenho de tratores agrícolas**. 2018. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – FCA, UFGD, Dourados, MS, 2018. <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2770>
- MASIERO, F.C. **Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4X2 TDA)**. 2010. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - FCA, UNESP, Botucatu, 2010.
- MONTEIRO, L.A.; LANÇAS, K.P.; GABRIEL FILHO, A. Desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo do pneu e da lastragem líquida em três velocidades de deslocamento na pista com superfície firme. **Engenharia na Agricultura**, v.24, n.1, p.68-84, 2009.
- SCHLOSSER, J. F.; LINARES P.; MÁRQUEZ L. Influência do avanço cinemático das rodas dianteiras sobre a eficiência em tração de tratores com quatro rodas motrizes não isodiamétricas. **Ciência Rural**, v.34, p.1801-1805, 2004.
- SIQUEIRA W. C., FERNANDES H., TEIXEIRA M. M., SANTOS N. T., ABRAHÃO S. A. Desempenho na barra de tração de um trator agrícola de pneus, alimentado com misturas de óleo diesel e óleo de soja reutilizado. **Revista Ceres**, v. 60, n.6, p. 793-801, 2013.
- SOUZA, C. M. A. de; CANTEIRO, N. O.; COARESMA, M. O.; ARCOVERDE, S. N. S.; MACIAK, P. A. G. Performance of a planter-fertiliser under reduced soil preparation: furrowers, speeds and depths when sowing maize. **Revista Ciência Agronômica**, v.53, p.e20207476, 2022. <https://www.scielo.br/j/rca/a/f4RpKhRk73NHS7Nq6c5Pqck/>