

## DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DINAMOMÉTRICA PARA ENSAIOS DE TRAÇÃO EM IMPLEMENTOS MONTADOS

**MARCONI RIBEIRO FURTADO JÚNIOR<sup>1</sup>, HAROLDO CARLOS FERNANDES<sup>2</sup>,  
ANDERSON CANDIDO DA SILVA<sup>3</sup>, PAULO ROBERTO FORASTIERE<sup>4</sup>, FLORA  
MARIA DE MELO VILLAR<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, +55 (31) 3899 - 1879, marconi.furtado@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, +55 (31) 3899 - 1883, haroldoufv@gmail.com

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, +55 (31) 3899 - 3461, andersoncandido@hotmail.com

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, +55 (31) 3899 - 2047, paulo.forastiere@gmail.com

<sup>5</sup> Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, +55 (31) 3899 - 1877, flora.villar.ufv@gmail.com

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho desenvolver uma plataforma dinamométrica que permita facilitar a determinação da força exigida para a tração de implementos agrícolas montados. Foi utilizada metodologia conceituada para projeto de máquinas agrícolas, constituído das seguintes etapas: 1<sup>a</sup>) esclarecimento da tarefa, 2<sup>a</sup>) projeto conceitual e 3<sup>a</sup>) projeto detalhado. As dimensões e geometrias do protótipo virtual, provenientes da fase de desenvolvimento, foram utilizadas para orientar os processos construtivos. Foram obedecidas as dimensões, limites e tolerâncias estabelecidas no projeto de modo a otimizar a ajustagem mecânica dos componentes do protótipo e garantir seu correto funcionamento. A plataforma dinamométrica constitui-se de um sistema convencional de levante hidráulico de três pontos, montado em um chassi com rodas de sustentação e que apresenta engate para conexão com o trator, por meio da barra de tração. O sistema de controle remoto do trator coordena o levante de três pontos da plataforma dinamométrica, onde é acoplado o implemento a ser ensaiado. Os testes de validação mostraram que a plataforma dinamométrica desenvolvida é uma ferramenta válida para execução de ensaios com implementos montados, sendo uma forma precisa, segura e rápida para essas avaliações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de levante hidráulico, força de tração, ensaio de máquinas agrícolas

### DEVELOPMENT OF A DYNAMOMETRIC PLATFORM FOR TRACTION TESTS ON MOUNTED IMPLEMENTS

**ABSTRACT:** The objective of this work was to develop a dynamometric platform to facilitate the determination of the force required for the traction of mounted agricultural implements. It was used methodology for the design of agricultural machinery, consisting of the following stages: 1<sup>st</sup>) clarification of the task, 2<sup>nd</sup>) conceptual design and 3<sup>rd</sup>) detailed design. The dimensions and geometries of the virtual prototype, from the development phase, were used to guide the constructive processes. The dimensions, limits and tolerances established in the design were obeyed in order to optimize the mechanical adjustment of the components of the prototype and ensure its correct functioning. The dynamometer platform consists of a conventional three-point hydraulic lift system, mounted on a chassis with support wheels and that has a coupling for connection to the tractor, by means of the drawbar. The

remote control system of the tractor coordinates the three-point lift of the dynamometer platform, where the implement to be tested is coupled. The validation tests showed that the developed dynamometric platform is a valid tool for performing assays with mounted implements, being an accurate, safe and fast way for these evaluations.

**KEYWORDS:** Hydraulic lifting system, traction force, testing of agricultural machinery

**INTRODUÇÃO:** Para determinar a força necessária para a operação com implementos acoplados à barra de tração do trator, denominados implementos de arrasto, deve-se posicionar um transdutor de força intermediando a conexão entre trator e implemento. A força de tração requerida para o acionamento de implementos e máquinas montadas no sistema de levante hidráulico pode ser obtida experimentalmente, através de método indireto, denominado comboio. Neste método são utilizados dois tratores, sendo um responsável apenas por abaixar e levantar o implemento no solo, e outro por tracionar através de um cabo de aço o trator que suporta o implemento, conforme descrito em Simikić et al. (2014). Apesar de ser uma prática consagrada e bastante utilizada, o comboio apresenta alguns pontos desfavoráveis, tais como: maior demanda de mão-de-obra, maior área para estabilização do conjunto, maior tempo para execução de manobras e a necessidade de dois tratores. Além disso, o dinamismo das forças resultantes da tração do implemento pode culminar na alteração do peso em cada eixo do trator em condição dinâmica (Porteš et al., 2013), o que pode influenciar na resistência ao rolamento dos pneus do trator que suporta o implemento e ocasionar erros durante a determinação da força exigida pelo implemento.

Diante dos fatos relatados, pode-se inferir que a determinação da força necessária para tracionar determinado implemento/máquina montado, pelo método do comboio, apresenta variações em função da dinâmica do trator de apoio. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho desenvolver e avaliar um protótipo para realização de ensaios em implementos montados.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento constituiu-se do desenvolvimento, construção e avaliação de um protótipo para realização de ensaios de tração em implementos montados. Os procedimentos foram realizados no Laboratório de Mecanização Agrícola, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais. Foi utilizada a metodologia proposta por Pahl e Beitz (2005), sendo o desenvolvimento do protótipo norteado pelas seguintes etapas: *Esclarecimento da Tarefa; Projeto Conceitual; Projeto Detalhado; Construção do Protótipo e Avaliação*. Foram realizados experimentos em campo com a finalidade de obter a força necessária para a tração de implementos montados em condições reais de operação, utilizando o protótipo desenvolvido e o método do comboio, o qual serviu como base para comparação entre os resultados obtidos com as duas metodologias de ensaio. Na avaliação do protótipo foi utilizado um escarificador de cinco hastes. As condições de operação com os implementos foram variadas no experimento de acordo com os parâmetros fornecidos pela norma D497.7 da ASAE (2011), que também serviu como base para comparação dos resultados obtidos com a utilização do protótipo.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Foi elaborada uma montagem virtual do protótipo com base nas premissas estabelecidas na fase de projeto conceitual, sendo determinado de forma detalhada as dimensões e geometrias das peças constituintes do protótipo. O protótipo virtual é composto de um chassi com dois pneus laterais de sustentação e um cabeçalho para acoplamento à barra de tração do trator. O chassi dá sustentação aos componentes responsáveis por acoplar e controlar a movimentação vertical e tracionar o implemento ensaiado (Figura 1). Esses componentes foram elaborados conforme elementos padronizados

do sistema de levante hidráulico de tratores agrícolas disponíveis no mercado, com intuito de reduzir os custos e garantir sua resistência mecânica. Na Figura 2 observa-se o protótipo após a fase de construção e acabamento, indicando o modo de acoplamento da célula de carga através do suporte na barra de tração.

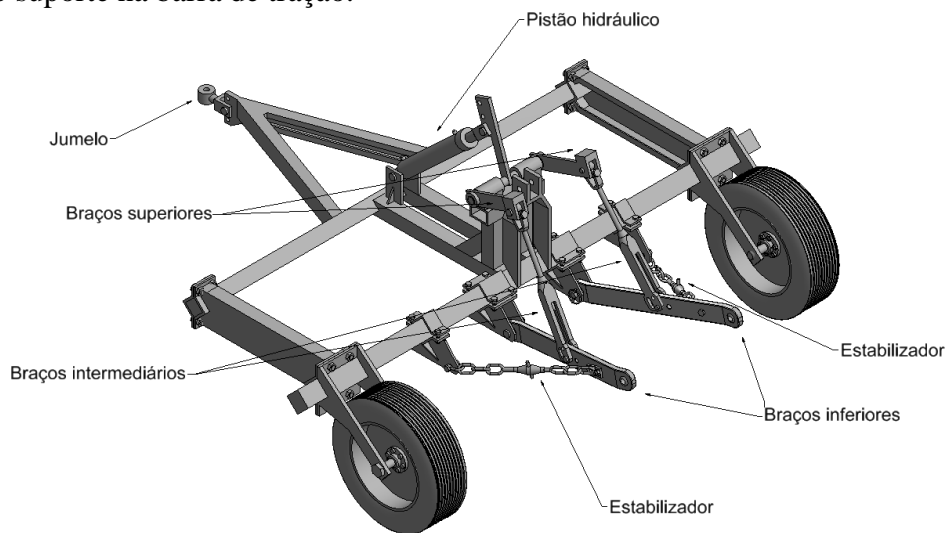


FIGURA 1. Vista isométrica superior/esquerda e componentes.



FIGURA 2. Versão final do protótipo e suporte para conexão com a barra de tração.

Na Figura 3 tem-se um comparativo entre os modelos gerados para descrever a força de tração exigida pelo escarificador em função da profundidade, obtida com o protótipo e com o método do comboio, juntamente com os resultados fornecidos pela equação da ASAE (2011), que apresenta margem de erro de 30%. O modelo estimado para o protótipo apresentou menor coeficiente angular que o do comboio, o que faz com que os resultados obtidos na maior profundidade sejam maiores para esse método. Esse comportamento pode ser explicado pela elevada massa do trator que suporta o implemento durante a realização do comboio, onde foi observado uma força de 1532 N para tracionar apenas o trator (sem o implemento acoplado). Já para tracionar apenas o protótipo foi necessária uma força de 467 N, o que corresponde a três vezes menos a força para tracionar o trator no método do comboio. Outro fator que provavelmente influenciou nos resultados foi a transferência de peso proporcionado pela dinâmica entre trator e implemento, pois quanto maior a exigência de tração do escarificador maior será a transferência de peso para o trator, o que proporciona acréscimo na resistência ao rolamento dos pneus do mesmo

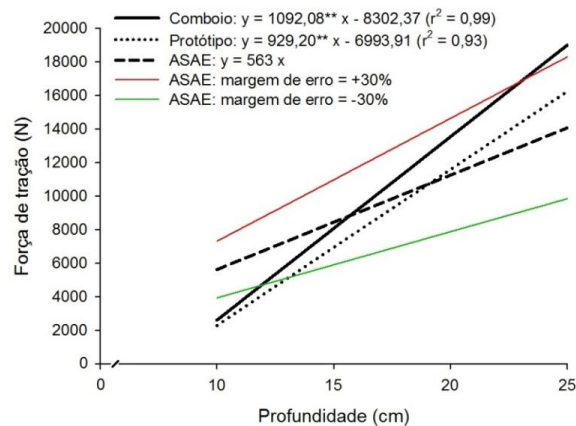


FIGURA 3. Modelos ajustados para descrever o comportamento da força de tração obtida com o protótipo e com o método do comboio, em adição o modelo de estimativa da ASAE (2011). \*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Os resultados obtidos com o protótipo e com o comboio assemelham-se aos encontrados por Karparvarfard e Rahmanian-Koushkaki (2015), onde os autores avaliaram o efeito da profundidade e da velocidade na demanda energética durante operação de escarificação em solo argiloso. Esses autores observaram que, para a velocidade de  $4,0 \text{ km h}^{-1}$ , a profundidade teve efeito linear e positivo na força exigida para a tração do escarificador. O aumento da profundidade proporciona incremento na área de solo mobilizada para cada haste do escarificador, o que culmina em maior demanda energética para suplantar as forças de coesão e adesão do solo, tendência essa que é comum para implementos agrícolas de mobilização de solo (IBRAHMI et al., 2015).

**CONCLUSÕES:** A força de tração obtida com o método do comboio foi maior que a obtida com o protótipo em todas as situações avaliadas, sendo possível inferir que o método do comboio superestima os resultados. Os dados obtidos com o protótipo apresentam tendência semelhante aos estimados pela ASABE e aos obtidos com o método do comboio. O protótipo desenvolvido pode substituir com êxito a metodologia do comboio para ensaio de implementos montados.

## REFERÊNCIAS:

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS: **Agricultural Machinery Management Data: ASAE D497.7**. ASABE Standard. St. Joseph, Michigan. 2011.
- IBRAHMI, A.; BENTAHER, H.; HBAIEB, M.; MOUAZEN, A. M. Study the effect of tool geometry and operational conditions on mouldboard plough forces and energy requirement: Part 1. Finite element simulation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 117, p. 258-267, 2015.
- KARPARVARFARD, S. H.; RAHMANIAN-KOUSHKAKI, H. Development of a fuel consumption equation: Test case for a tractor chisel-ploughing in a clay loam soil. **Biosystems Engineering**, v. 130, p. 23-33, 2015.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J. E.; GROTE, K. H. **Projeto na Engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e Aplicações**. São Paulo, v 6: Edgard Blucher, 2005.
- PORTEŠ, P.; BAUER, F.; ČUPERA, J. Laboratory-experimental verification of calculation of force effects in tractor's three-point hitch acting on driving wheels. **Soil and Tillage Research**, v. 128, n. 0, p. 81-90, 2013.
- SIMIKIĆ, M.; DEDOVIĆ, N.; SAVIN, L.; TOMIĆ, M.; PONJIČAN, O. Power delivery efficiency of a wheeled tractor at oblique drawbar force. **Soil and Tillage Research**, v. 141, n. 0, p. 32-43, 2014.