

# SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA EM TRATORES DE ESTEIRAS DE BORRACHA<sup>1</sup>

Daniel Marçal de QUEIROZ<sup>2</sup> e Harry G. GIBSON<sup>3</sup>

**RESUMO:** Um modelo matemático foi implementado para simular o comportamento dos tratores de esteira de borracha. Nesse modelo, o sistema de transmissão de potência foi simulado incluindo-se sub-modelos para o motor, caixa de mudança de marchas, sistema diferencial, sistema hidráulico de direção e interface solo/esteiras. Testes experimentais foram realizados para a validação do modelo implementado utilizando-se um trator Challenger 75 fabricado pela Caterpillar. Comparações realizadas entre os resultados obtidos por meio da simulação com o modelo matemático implementado e os obtidos experimentalmente mostraram que o modelo matemático foi capaz de prever satisfatoriamente o torque e a rotação em diferentes componentes do sistema de transmissão de potência do trator.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diferencial, Motor de Combustão Interna, Sistema de Direção

**ABSTRACT:** A mathematical model was implemented to simulate the performance of the rubber-tracked tractors. In this model, the power transmission system was simulated including sub-models for the engine, gear box, differential system, hydraulics steering system and interface soil/tracks. Field tests, by using a Challenger 75 tractor made by Caterpillar, were done to validate the implemented model. Comparing the simulated results to the experimental data it was concluded that the model predicted well the torque and speed of different components of the power transmission system of the tractor.

**KEYWORDS:** Differential, Engine, Steering System

**INTRODUÇÃO:** O trator de esteiras de borracha é uma máquina complexa, um dos mais importantes componentes do trator é o sistema de transmissão de potência. O sistema de transmissão de potência é constituído pelo motor, embreagens, caixa de mudança de marchas, diferencial, redução final, rodas motrizes e esteiras de borracha. O sistema diferencial dos tratores de esteiras borracha geralmente difere do sistema diferencial convencional usado nos tratores de pneus, devido às características especiais do sistema de direção do trator. Um dos sistemas de direção utilizados é o que utiliza um sistema hidráulico de circuito fechado constituído por um sistema de controle, uma bomba acionada por meio do motor de combustão interna do trator e um motor hidráulico bi-direcional que aciona um sistema de engrenagens ligado ao diferencial fazendo com que as rodas motrizes girem a diferentes velocidades quando o sistema de direção é acionado. Para que um trator de esteiras de borracha desenvolva com eficiência o seu trabalho é necessário que todos os seus componentes sejam dimensionados de tal forma a

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de doutorado apresentada pelo primeiro autor à Purdue University.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, Campus da UFV, CEP 36571-000, Viçosa-MG, Fone (031) 899.1882, Fax(031) 899.2735, E-mail queiroz@mail.ufv.br

<sup>3</sup> Professor do Department of Agricultural and Biological Engineering, Purdue University. West Lafayette, IN, 47907, USA. E-mail: gibson@ecn.purdue.edu

ter o máximo aproveitamento de potência. Os objetivos do presente trabalho foram: a) desenvolver de um modelo matemático, incluindo o sistema de transmissão de potência, capaz de simular a performance de um trator de esteiras de borracha; b) realizar testes de campo para o levantamento de dados a serem utilizados na validação do modelo matemático; e c) validar o modelo matemático.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O modelo matemático foi desenvolvido, descrito por Queiroz (1995), utilizando o programa computacional ADAMS (Análise Dinâmica Automática de Sistemas Mecânicos). O trator Challenger 75 fabricado pela Caterpillar Inc foi escolhido como base para a implementação do modelo matemático. Testes experimentais foram realizados em um dinamômetro hidráulico para obtenção de dados utilizados para se ajustar duas curvas polinomiais de segundo grau capazes de prever o torque do motor como uma função rotação quando o acelerador do mesmo era mantido na sua posição máxima. Foram levantados os dados referentes às massas, momentos de inércias e relações de transmissão de todos os componentes do sistema de transmissão de potência do trator. Esses dados juntamente com um sistema de cinco equações diferenciais ordinárias, obtidas por meio de análises dinâmica e cinemática do sistema de transmissão e do balanço de massa e de forças no sistema hidráulico responsável pelo sistema de direção, permitiram a modelagem do sistema de transmissão de potência desde o motor de combustão interna até as rodas motrizes. A interface solo/esteiras foi modelada calculando-se a força de tração produzida a partir das tensões normal e de cisalhamento a que o solo era submetido. Para a validação do modelo, testes experimentais foram realizados em três condições de superfície: piso de concreto; solo firme e solo arado. Os testes envolveram a determinação da rotação e torque no eixo do motor de combustão interna, a rotação e torque no eixo das rodas motrizes, a pressão no sistema de direção hidráulico, a amplitude e direção da força aplicada na barra de tração, e o deslocamento angular do volante de direção do trator.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As Figuras 1, 2 e 3 mostram os dados obtidos experimentalmente e os simulados por meio do modelo matemático implementado para a rotação e torque das rodas motrizes e do motor quando o trator Challenger 75 realizou uma manobra em forma de “U” com uma carga média de 47,1 kN aplicado na barra de tração. O teste foi realizado em solo arado sendo que a força de tração foi produzida por meio de uma grade aradora. A barra de tração foi mantida fixa durante o este teste de campo. Pode-se verificar que o modelo matemático prevê satisfatoriamente o torque e a rotação dos componentes do sistema de transmissão de potência, o erro dos valores previstos pelo modelo matemático foram inferiores a 10%.

**CONCLUSÕES:** A partir dos resultados obtidos no presente trabalho pode-se constatar que o modelo matemático implementado que incorpora não só os fatores que ocorrem na interface solo/máquina mas também, o sistema de transmissão de potência de tratores de esteiras de borracha prevê com exatidão satisfatória o torque e a rotação em diferentes componentes do trator.

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:**

QUEIROZ, D. M. **Steering performance simulation of a rubber-tracked tractor.**  
Purdue University, IN. 1995. 233 páginas (Tese Ph.D.).

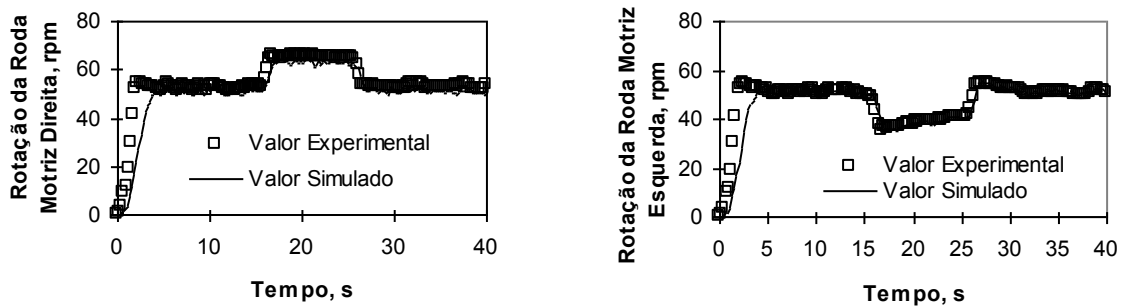


FIGURA 1 - Rotação das Rodas Motrizes Obtidas Experimentalmente e Por Meio de Simulação

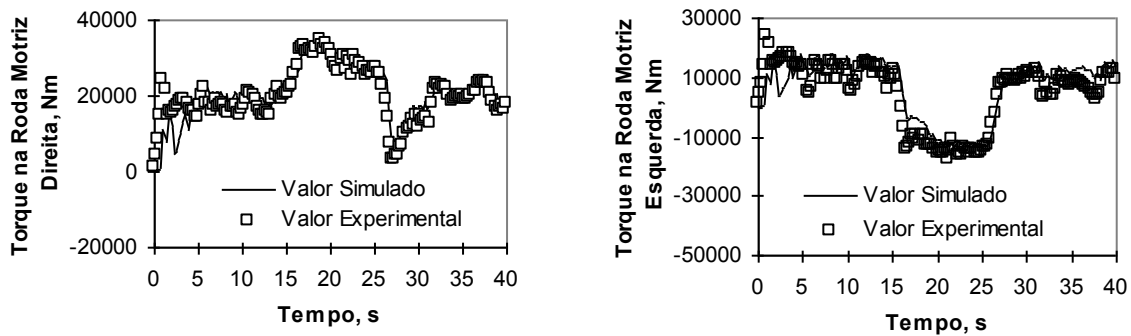


FIGURA 2 - Torque das Rodas Motrizes Obtidas Experimentalmente e Por Meio de Simulação

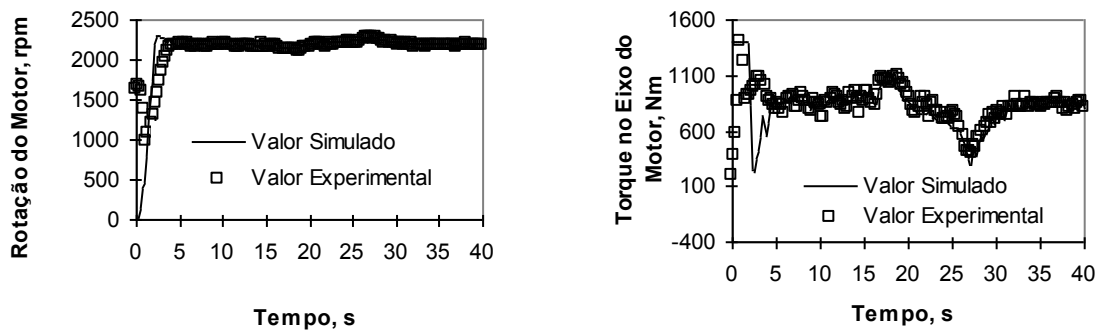


FIGURA 3 - Torque e Rotação do Motor Obtidos Experimentalmente e Por Meio de Simulação