

XI. ENGENHARIA AGRÍCOLA

DETERMINAÇÃO DA CIRCUNFERÊNCIA DE ROLAMENTO DE PNEUS AGRÍCOLAS UTILIZANDO DOIS MÉTODOS: MANUAL E ELETRÔNICO ⁽¹⁾

ILA MARIA CORRÊA ⁽²⁾, KIYOSHI YANAI ⁽²⁾, JOSÉ VALDEMAR GONZALEZ MAZIERO ⁽²⁾
& KLÉBER PEREIRA LANÇAS ⁽³⁾

RESUMO

A circunferência de rolamento dinâmica dos pneus agrícolas é uma medida importante para o estudo do desempenho de tratores agrícolas. Neste trabalho, compararam-se dois métodos de determinação da circunferência de rolamento dinâmica - um manual e um eletrônico (com instrumentação das rodas de tração) - sob duas velocidades de deslocamento e cinco combinações de pressão de inflação nos pneus dianteiros e traseiros. O método manual forneceu valores estatisticamente superiores aos do eletrônico, com diferença absoluta máxima de 0,24%. A pressão de inflação influenciou significativamente os valores medidos, enquanto a velocidade de deslocamento, para os valores do ensaio (3,0 e 6,0 km.h⁻¹), não apresentou influência significativa.

Termos de indexação: circunferência de rolamento, trator e pneu agrícolas.

ABSTRACT

DETERMINATION OF AGRICULTURAL TIRE ROLLING CIRCUMFERENCE USING MANUAL AND ELECTRONIC METHODS

The dynamic rolling circumference of agricultural tires is an important parameter to take in to account during agricultural tractor performance evaluation. Two measuring meth-

⁽¹⁾ Extraído do Relatório de Ensaio DEA/SMTP 051/94: Medição da circunferência de rolamento dinâmica e estática não carregada em pneus 18.4-34 e 14.9-24, elaborado pelo Instituto Agrônômico. Trabalho apresentado no XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, realizado em Pelotas (RS), em julho de 1999. Recebido para publicação em 10 de março de 1998 e aceito em 10 de março de 1999.

⁽²⁾ Centro de Mecanização e Automação Agrícola, Instituto Agrônômico (IAC), Caixa Postal 26, 13201-970 Jundiaí (SP).

⁽³⁾ Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu (SP).

ods were compared in this paper, one manual and the other using electronic instrumentation of wheel drives. Two forward speeds and five combinations of front and rear tires inflation pressure were analyzed. The results showed that the manual method gave statistically higher values than the electronic one; although the maximum absolute difference had been of 0.24%. The inflation pressure presented significant influence in measured values, while the forward speed, for tested values (3.0 and 6.0 km.h⁻¹), showed no significant influence.

Index terms: tire rolling circumference, agricultural tractor, agricultural tire.

1. INTRODUÇÃO

A circunferência de rolamento dinâmica corresponde à distância percorrida por um pneu agrícola ao longo de uma volta. Sua medida é particularmente importante em projetos de trator com tração dianteira auxiliar, cuja adequada combinação dos pneus dianteiros e traseiros confere melhores características de desempenho em campo.

Em estudos de pneus agrícolas, a medida do comprimento da circunferência de rolamento tem sido usada no cálculo da velocidade de deslocamento teórica de tratores agrícolas (ABNT, 1989), da patinagem das rodas motrizes (Corrêa et al., 1997) e do raio de rolamento dinâmico para a estimativa do desempenho de tração (Wismer & Luth, 1973; Brixius & Wismer, 1978; Burt et al., 1979).

Para a medição da circunferência de rolamento de pneus agrícolas, a ISO - International Organization for Standardization (1997), elaborou a norma ISO 11795, que não existia em 1994, época da realização deste estudo.

A motivação para o presente trabalho surgiu a partir de questionamentos levantados por uma empresa fabricante de tratores aos fabricantes de pneus agrícolas, sobre se as medidas constantes em catálogos de pneus poderiam ser conferidas na fábrica ou no campo, por algum método, com a finalidade de confirmar o avanço do eixo dianteiro. Em virtude de as medições do fabricante de pneus serem realizadas com o pneu suportando a carga máxima admissível para a sua capacidade de lonas, o que não havia condições

de ser viabilizado, pela quantidade exagerada de lastros metálicos necessários, essa questão não podia ser respondida positivamente. Podia-se, entretanto, tentar estabelecer alguma relação entre tais medidas, o que não foi objeto deste estudo.

Um método expedito (manual) já vinha sendo praticado nos ensaios oficiais pelo Instituto Agrônomico (Campinas); almejando, porém, maior precisão, definiu-se um método que utilizasse instrumentação eletrônica para medida e armazenamento dos dados coletados. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar os valores da circunferência de rolamento obtidos segundo um método manual e um eletrônico (com sensores instalados nas rodas motrizes).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os pneus utilizados, equipados em um trator Valmet 1180 com tração dianteira auxiliar e potência no motor de 83 kW⁽⁴⁾ a 2.300 r.min⁻¹ foram:

a) dianteiros: Goodyear 14.9-24, Dyna Torque II, 10 lonas, 96 kPa;

b) traseiros: Goodyear 18.34-34, Dyna Torque II, 10 lonas, 110 kPa.

As medições foram realizadas apenas nos pneus traseiros, primeiramente, em duas condições de velocidade de deslocamento (3,0 e 6,0 km.h⁻¹). Previa-se, também, uma velocidade de 9,0 km.h⁻¹, mas não foi

⁽⁴⁾ Segundo folheto de especificações técnicas do produto, código 080 872 079.

possível obtê-la com o método manual. Posteriormente, para ampliar as possibilidades de análise, as medições a 3,0 km.h⁻¹ foram realizadas com cinco combinações de pressão de inflação entre os pneus dianteiros e traseiros, escolhidas entre aquelas usuais para o conjunto. As combinações de pressão utilizadas foram: 165/110, 165/138, 96/165, 138/165 e 165/165 kPa, respectivamente, nos pneus dianteiros e traseiros.

Em cada condição, efetuaram-se seis repetições, estando o trator com a tração dianteira acionada.

Antes das medições, o trator deslocou-se à velocidade próxima de 25 km.h⁻¹ durante 15 minutos para aquecimento e acomodação dos pneus.

Método manual

Consistiu em fazer o trator se autopropelir, à velocidade selecionada, sem exercer força de tração na barra, em superfície de concreto. Uma marca de giz, feita previamente na lateral do pneu, servia de referencial para a contagem de cinco voltas do pneu, marcadas também com giz na superfície de concreto. A distância entre o primeiro e o último referencial na superfície de apoio foi medida com trena de 50 m, com subdivisão de 1 mm, e a divisão dessa distância por cinco voltas determinava a circunferência de rolamento dinâmica.

Método eletrônico

Consistiu em fazer o trator deslocar-se num percurso de 150 m, em pista de concreto, cuja delimitação foi feita colocando-se em cada extremidade referenciais com altura de 0,120 m fixos à superfície de apoio. As rodas motrizes do trator foram equipadas com discos denteados de 20 ressaltos e sensores indutivos, para indicação do número de impulsos elétricos do total do percurso.

Um painel, instalado na parte traseira do trator, continha um cronômetro e os totalizadores de pulsos elétricos. Da chave de seu acionamento, foi derivada uma ligação em paralelo até um dispositivo constituído de uma haste metálica com contato normalmente aberto, presa à barra de tração do trator. A

extremidade da haste ficava a uma altura de 0,100 m da superfície de apoio do trator, o que lhe permitia tocar os referenciais instalados na pista, possibilitando o acionamento e o desligamento automático dos sensores, quando o trator passava na velocidade selecionada.

A circunferência de rolamento dinâmica era determinada fazendo-se o seguinte cálculo:

$$CRD = 150.000 \times 20 / prt$$

onde:

CRD = circunferência de rolamento dinâmica, em mm;

150.000 = distância percorrida, em mm;

20 = número de ressaltos da roda denteada;

prt = pulsos elétricos da roda de tração.

Para comparar estatisticamente os dois métodos, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, analisando-se as diferenças percentuais entre eles.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, encontram-se os valores obtidos pelos dois métodos, para o pneu traseiro 18.4-34, com o trator se deslocando a 3,0 e a 6,0 km.h⁻¹. A velocidade de 9,0 km.h⁻¹, inicialmente prevista, apresentou impossibilidade operacional para ser realizada pelo método manual, pois a pessoa responsável pela marcação dos referenciais de giz na superfície de apoio não conseguia acompanhar a velocidade do trator e fazer uma referência precisa. Mesmo a velocidade de 6,0 km.h⁻¹ já apresentou um pouco de dificuldade para ser executada apenas com uma pessoa.

A utilização de duas pessoas - uma para marcar a referência inicial e outra, para marcar a final - pode tornar a medição mais confortável de realizar. Nesse caso, a pessoa responsável pela marcação final deveria ficar posicionada em local próximo de onde ocorreria a última das cinco voltas. Sem essa previsão, é possível que, em vez de cinco, se considerem quatro, seis ou mais voltas. Isso provavelmente não

Quadro 1. Valores da circunferência de rolamento dinâmica do pneu 18.4-34, medidos em duas velocidades de deslocamento e pressão de 96 e 110 kPa, nos pneus dianteiros e traseiros respectivamente, no trator Valmet 1180

Velocidade de deslocamento	Circunferência de rolamento			Diferença do manual sobre o eletrônico		
	Método manual	Método eletrônico	Média de velocidade			
km.h ⁻¹	mm				%	
3,0	{ Média	4.970 a	4.958 b	4.964 A	12	0,24
	{ CV %	0,18	0,06			
6,0	{ Média	4.971 a	4.962 b	4.967 B	9	0,18
	{ CV %	0,18	0,08			
Média dos métodos		4.971 a	4.960 b			

⁽¹⁾ CV = coeficiente de variação das medições.

⁽²⁾ D.M.S. 5% (diferença mínima significativa) = 5,52 mm.

⁽³⁾ Letras minúsculas iguais, na horizontal, não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

⁽⁴⁾ Letras maiúsculas iguais, na vertical, não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

afete a medição, mas colabora para que o método não tenha uniformidade de leituras.

As determinações realizadas em baixa velocidade (3,0 km.h⁻¹) e com as combinações de pressão de inflação nos pneus dianteiros e traseiros, encontram-se no Quadro 2.

Analisados estatisticamente, os valores constantes nos Quadros 1 e 2 mostraram diferenças significativas (Tukey, 5% de probabilidade) entre os métodos manual e eletrônico. Verifica-se, entretanto, no Quadro 1, uma pequena diferença percentual entre eles: o manual apresentou valores de 0,24 e 0,18% superiores ao eletrônico, respectivamente, para as velocidades de 3,0 e 6,0 km.h⁻¹. As diferenças foram ainda menores (de 0,08 a 0,14%) quando se repetiram as medições a 3,0 km.h⁻¹ variando-se a pressão dos pneus.

Segundo a ISO (1997), as medidas da circunferência de rolamento para o cálculo da velocidade

teórica de tratores agrícolas não requerem tanta precisão quanto as que se destinam à adequação das rodas dianteiras e traseiras, em tratores com tração dianteira auxiliar. As diferenças percentuais encontradas, portanto, sob certo aspecto, podem ser consideradas insignificantes.

Observa-se ainda, no Quadro 1, que não houve diferença estatística entre as velocidades de deslocamento de 3,0 e 6,0 km.h⁻¹, o que faz supor que, nessa faixa, as medições possam ser realizadas com qualquer velocidade.

Quanto à variação de pressão - Quadro 2 - como já era esperado, afetou os valores medidos até em 1,31% - diferença percentual entre o menor e o maior valor - pois esta muda o raio do pneu carregado, mas, no presente trabalho, essa informação tem importância secundária. A variação de pressão foi imposta apenas para aumentar os casos de comparação entre ambos os métodos.

Quadro 2. Valores da circunferência de rolamento do pneu 18.4-34, medidos à velocidade de 3,0 km.h⁻¹, sob diferentes combinações de pressão nos pneus dianteiros e traseiros do trator Valmet 1180

Pressão de inflação (diant./tras.)		Método manual	Método eletrônico	Média de pressão	Diferença do manual sobre o eletrônico	
kPa		mm				%
165/110	{ Média	4.999a	4.994b	4.996D	5	0,10
	{ CV %	0,17	0,04			
165/138	{ Média	5.052a	5.048a	5.050B	4	0,08
	{ CV %	0,10	0,08			
96/165	{ Média	5.010a	5.003b	5.006C	4	0,14
	{ CV %	0,03	0,06			
138/165	{ Média	5.064a	5.060a	5.062A	2	0,08
	{ CV %	0,03	0,04			
165/165	{ Média	5.060a	5.056a	5.058A	4	0,08
	{ CV %	0,02	0,06			
Média dos métodos		5.037a	5.032b			

⁽¹⁾ CV = coeficiente de variação das medições.

⁽²⁾ D.M.S. 5 % (diferença mínima significativa) = 1,93 mm.

⁽³⁾ Letras minúsculas iguais, na horizontal, não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

⁽⁴⁾ Letras maiúsculas iguais, na vertical, não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4. CONCLUSÕES

1. Os métodos manual e eletrônico diferiram estatisticamente entre si, embora com pequenas diferenças percentuais.

2. Os valores medidos pelo método manual apresentaram resultados até de 0,24% superiores aos do eletrônico.

3. As velocidades de deslocamento de 3,0 e 6,0 km.h⁻¹ não influíram nos valores de circunferência de rolamento.

4. O método manual mostrou limitação de execução com relação à velocidade de deslocamento: com 6,0 km.h⁻¹ já apresentou alguma dificuldade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Valmet do Brasil o fornecimento do trator, e à Goodyear do Brasil o fornecimento dos pneus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - MB-3162. *Trator agrícola de rodas*: Determinação da velocidade de deslocamento. Rio de Janeiro, ABNT, 1989. 6p.
- BURT, E. C.; BAILEY, A. C.; PATTERSON, R. M. & TAYLOR, J. H. Combined effects of dynamic load and travel reduction on tire performance. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, **22**(1): 40-45, 1979.
- BRIXIUS, W. W. & WISMER, R. D. *The role of slip in traction*. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1978. 8p. (Asae Paper n. 78-1538)
- CORRÊA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G. & MOLINA JR, W. F. Trator agrícola equipado alternadamente com pneu de baixa pressão e pneu diagonal: desempenho comparativo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, **17**(2):64-70, 1997.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 11795 - Agricultural tractor drive wheel tyres: method of measuring tyre rolling circumference*. Genebre, ISO, 1997. 4p.
- WISMER, R. D. & LUTH, H. J. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. *Journal of Terramechanics*, Great Britain, **10** (2):49-61, 1973.