

Renan Prade

**INFLUÊNCIA DO LASTRO LÍQUIDO E DA PRESSÃO INTERNA DOS PNEUS NA
RELAÇÃO CINEMÁTICA DE UM TRATOR**

Santa Cruz do Sul

2015

Renan Prade

**INFLUÊNCIA DO LASTRO LÍQUIDO E DA PRESSÃO INTERNA DOS PNEUS NA
RELAÇÃO CINEMÁTICA DE UM TRATOR**

Trabalho de Curso em Engenharia Agrícola II,
apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola
da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

Orientador: Prof. Cristian Josué Franck.

Co-orientador: Msc. Tiago Rodrigo Francetto

Santa Cruz do Sul

2015

Renan Prade

**INFLUÊNCIA DO LASTRO LÍQUIDO E DA PRESSÃO INTERNA DOS PNEUS NA
RELAÇÃO CINEMÁTICA DE UM TRATOR**

Trabalho de Curso em Engenharia Agrícola II
apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola
da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.

MSc. Cristian Josué Franck
Professor Orientador – UNISC

MSc. Maurício Henrique Lenz
Professor examinador – UNISC

MSc. Fernando Machado Pfeifer
Professor examinador - UNISC

Santa Cruz do Sul
2015

Aos meus pais, Victor Hugo Prade e Ane Cristina Machado Prade, dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Victor Hugo Prade e Ane Cristina Machado Prade, pela educação, dedicação e pelo exemplo de caráter.

A minha namorada Aline Martina Grings, pelo companheirismo, carinho, apoio incondicional, compreensão e atenção.

Aos meus avós, vó Marga e vô Oscar, ainda em minha companhia terrena, e aos meus avós que estão comigo em pensamento, vó Zinda e vô Cuniberto pelo carinho, e dedicação.

Ao meu irmão Rodrigo Prade, por tudo que representa pra mim.

Ao curso de Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos compartilhados e apoio.

Aos professores do curso, em especial ao Cristian Josué Franck, orientador e ao amigo Msc. Eng^o. Tiago Rodrigo Francetto, co-orientador deste trabalho, pela confiança, oportunidade, orientações, incentivo e amizade.

Ao coordenador do curso de Engenharia Mecânica Prof. Flávio Thier, Dr. Eng^o, e ao coordenador do curso de Engenharia Agrícola, Prof. Maurício Henrique Lenz, Msc. Eng^o, pelo apoio, confiança, oportunidade e incentivo.

Aos amigos Jonas Pacheco Fogliatto e Robson Schneider, pelo incentivo, amizade, parceria e ajuda.

A SAMAQ Comercial de Máquinas Ltda., representante Massey Ferguson, em especial ao Célio Otto e ao Rodrigo Kaufmann, pela confiança, apoio e oportunidade de realização do trabalho.

A todos amigos e colegas de curso que de alguma forma me incentivaram e apoiaram neste trabalho.

*“Eu não tenho ídolos. Tenho admiração por trabalho, dedicação e competência...”
(Ayrton Senna)*

RESUMO

Uma das principais fontes de potência e de trabalho no meio rural é o trator agrícola. A correta utilização, tipo construtivo de pneus e sua pressão interna, lastragem e velocidade de deslocamento são fatores que interferem significativamente no seu desempenho e capacidade de tração. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação cinemática de um trator agrícola 4x2 equipado com tração dianteira auxiliar (TDA), variando a pressão interna dos pneus em três condições (24, 18 e 12 psi) e a quantidade de lastro líquido em três níveis (75, 50 e 25% do volume interno dos pneus preenchido com água). Os testes foram realizados em pista asfáltica, a fim de padronizar todos os ensaios. Após colhidos e analisados, foram encontrados os seguintes resultados: a pressão interna e a distribuição de lastro exerceram influência significativa na relação cinemática, apresentando tendência de diminuição quando os valores de pressão interna e lastragem também eram diminuídos. A interação entre esses dois fatores também alterou significativamente a relação cinemática, apresentando a melhor condição para a situação de 75% de lastro líquido nos pneus traseiros e dianteiros, com pressão interna de 18 psi, com o valor de 1.0018, e a pior condição para a configuração de 50% de lastro líquido nos pneus dianteiros e traseiros e pressão interna de 12 psi, com o valor de 0.9924.

Palavras-chave: Relação cinemática, pressão interna dos pneus, lastragem

ABSTRACT

A major source of power and work in rural areas is the agricultural tractor. The proper use and tires, both its constructive type and its internal pressure are factors that significantly affect their performance, and other factors such as ballasting and forward speed change their traction capacity. This study aims to evaluate the kinematics relationship of a 4x2 tractor equipped with front wheel assist (FWA), varying the internal pressure of the tires on three conditions (24 psi, 18 psi and 12 psi) and the amount of liquid ballast in three levels (75%, 50% and 25% of the internal volume of the tire filled with water). The tests were performed on the asphalt track in order to standardize all tests. Once collected and analyzed, the following results were found: the internal pressure and ballast distribution exerted significant influence on the cinematic relationship, showing downward trend when the internal pressure and ballast were also diminished. The interaction between these two factors also significantly alter the kinematics relationship, presenting the best condition for the situation of 75% of liquid ballast in the front and rear tires, with internal pressure of 18 psi, with a value of 1.0018, and the worst condition setting up 50% of liquid ballast in the front and rear tires and internal pressure of 12 psi, with a value of 0.9924.

Keywords: kinematic relations, internal tire pressure, ballasting

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema de um trator 4x2 TDA.....	16
Figura 2 - Vista esquemática de um rodado pneumático de tração de trator agrícola	18
Figura 3 – Partes constituintes do pneu agrícola	19
Figura 4 – Pneu diagonal (A), pneu radial (B) e pneu BPAF (C)	20
Figura 5– Lastragem insuficiente	23
Figura 6– Lastragem excessiva.....	23
Figura 7– Lastragem adequada	24
Figura 8 - Trator equipado com lastro metálico no rodado traseiro e para-choque dianteiro.....	25
Figura 9– Adição de 75% de água, bico a 90° em relação ao solo	25
Figura 10 – Adição de 50% de água, bico na posição mediana do pneu.....	26
Figura 11 – Adição de 25% de água, bico na posição inferior do pneu.....	26
Figura 12 - Área de ensaio	28
Figura 13 - Pista asfáltica.....	28
Figura 14 - Levantamento de um dos lados do trator para determinação do avanço cinemático.	30
Figura 15 – Comportamento da relação cinemática em função da distribuição de lastro líquido nos pneus.	34
Figura 16 – Comportamento da relação cinemática em função da pressão interna dos pneus.....	35
Figura 17 - Distribuição de lastro líquido x pressão interna do pneu.	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Informações técnicas sobre pneus agrícolas.	21
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação massa/potência do motor do trator para cada tipo de operação.	24
Tabela 2 - Determinação do avanço cinemático do trator MF 4275.....	31
Tabela 3 - Análise estatística ANOVA com as médias dos fatores, seus níveis e o resultado do teste F.....	33
Tabela 4 - Relação cinemática em função da distribuição de lastro líquido no trator de teste.	33
Tabela 5 - Relação cinemática em função da pressão interna dos pneus.	34
Tabela 6 - Médias interação entre valores de distribuição de lastro líquido e pressão interna dos pneus.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 O problema.....	13
1.2 Hipótese	13
1.3 Objetivo geral	14
1.4 Objetivos específicos	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Tratores agrícolas	15
2.1.1 Tratores com tração dianteira auxiliar (TDA).....	15
2.2 Pneus agrícolas.....	17
2.2.1 Rodados agrícolas	17
2.2.2 Pneus	18
2.2.3 Pressão interna dos pneus e capacidade de carga.....	20
2.3 Lastro	22
2.3.1 Tipos de lastro	24
2.4 Avanço cinemático e relação cinemática.....	26
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Área experimental	28
3.2 Trator de teste	29
3.3 Pressões internas dos pneus	29
3.4 Avanço cinemático do trator de teste	29
3.5 Relação cinemática do trator de teste	31
3.6 Tratamentos e análise estatística.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1 Distribuição de lastro líquido	33
4.2 Pressão interna	34
4.3 Interação entre distribuição de lastro líquido e pressão interna dos pneus.....	35
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

O trator agrícola é um veículo desenhado para operar fora (*off-road*) e dentro das vias públicas, sendo capaz de arrastar, empurrar e acionar máquinas, móveis ou estacionárias, e arrastar reboques. Seu significado original é o de uma máquina motriz dedicada à tração de outras máquinas e ferramentas (ORTIZ-CAÑAVATE, 2005).

Segundo Monteiro (2008), a partir da década de 60, o uso de máquinas agrícolas teve uma intensificação relevante, fruto do processo de modernização da agricultura brasileira, tendo o trator agrícola uma papel muito importante, sendo considerado o eixo da mecanização da agricultura moderna. A produção de tratores agrícolas de rodas teve um incremento de 20,7% em unidades produzidas, passando de 64.456 unidades no ano de 2012 para 77.570 unidades em 2013 (ANFAVEA, 2014).

Conforme Márquez (20--), os tratores possuíam somente um eixo motriz maior, chamado habitualmente de trator de simples tração (tipo ST), ou de duas rodas motrizes (2RM). A necessidade de possuir uma superfície maior de apoio, à medida que cresce a potência do motor fez com que o sistema de tração evoluísse, passando o trator a contar com quatro rodas motrizes, equipado com tração dianteira auxiliar (TDA, ou 2+2RM).

Os tratores equipados com tração dianteira auxiliar possuem uma ligação rígida entre os eixos dianteiros e traseiros, quando o operador aciona a TDA. Com este sistema conectado, o eixo dianteiro gira com uma rotação superior ao eixo traseiro, denominada avanço cinemático. Este avanço varia entre os modelos de trator, de acordo com critérios do fabricante, e tem a função de corrigir as diferenças de diâmetros entre as rodas do eixo dianteiro e traseiro. Como as velocidades periféricas das duas rodas devem ser iguais, os fabricantes recomendam pares compatíveis de pneus, deixando estas velocidades aproximadamente iguais. Já a relação cinemática pode ser alterada, pois depende da pressão interna dos pneus,

carga sobre os pneus, transferência de peso e desgaste diferenciado dos pneus (Ferreira, 1999), afetando diretamente a velocidade, pois o diâmetro externo do rodado é alterado.

Segundo Monteiro (2008), os pneus agrícolas são um dos principais componentes do trator e da maioria das máquinas agrícolas autopropelidas, tendo relevante importância nos custos operacionais e, principalmente, nos custos finais de sua fabricação. Os rodados pneumáticos de um trator agrícola possuem diversas funções importantes tais como garantir o equilíbrio, o deslocamento, o direcionamento, o desempenho operacional e o amortecimento entre as irregularidades do solo e o trator. Esses rodados influenciam nos resultados de desempenho operacional do trator em relação ao tipo de construção, pressão de inflação, carga aplicada, tipo de dispositivo de tração e do seu desgaste.

1.1 O problema

Os tratores agrícolas podem ter sua configuração alterada pelo usuário, com a finalidade de melhorar suas condições de trabalho, economia e eficiência nas operações. Entre as configurações que podem sofrer alterações estão: o lastro líquido, o sólido e sua distribuição, o tipo construtivo dos pneus e a pressão de inflação (MONTEIRO, 2008).

Quando esses aspectos são modificados, a relação cinemática do trator também se altera, podendo chegar em níveis prejudiciais ao conjunto mecânico, desgaste excessivo dos pneus, aumento do consumo de combustível, diminuição da eficiência de tração e até em casos extremos ocasionar o *power hope*, ou galope, prejudicando a ergonomia no posto de operação do trator. Todos esses fatores aumentam a dificuldade do trator operar em sua melhor condição (RUSSINI, 2010).

1.2 Hipótese

Se a relação cinemática do trator é alterada por diversos fatores como lastro líquido, sólido e sua distribuição, o tipo construtivo dos pneus e a pressão interna, então, uma incorreta equalização entre esses fatores pode gerar uma relação cinemática entre os eixos dianteiro e traseiro fora das descritas como aceitáveis.

1.3 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a interação que a pressão interna dos pneus e quantidade de lastro líquido exercem na relação cinemática em um trator agrícola 4x2 TDA, variando estes dois fatores de maneira independente.

1.4 Objetivos específicos

- a) Determinar a influência da pressão de inflação e lastro líquido dos pneus sobre a relação cinemática.
- b) Determinar se diferentes combinações alteram a relação cinemática.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tratores agrícolas

Para Reis et al. (2005) o motor de combustão interna de êmbolos, movido a óleo diesel é a principal fonte de potência no meio rural, sendo que a maioria desses motores encontram-se montados em tratores.

Russini (2010) conceitua o trator como sendo uma máquina de tração projetada e inicialmente recomendada para fornecer potência aos equipamentos agrícolas. Sendo assim, o mesmo proporciona uma força na direção de avanço, permitindo tracionar os equipamentos de preparo de solo e/ou outros implementos agrícolas. O trator, segundo Mialhe (1980), é uma máquina autopropelida que, além de proporcionar apoio estável sobre uma superfície, capacitam-no a tracionar, transportar e fornecer potência mecânica, movimentando órgãos ativos de máquinas e implementos agrícolas.

Monteiro (2008), descreve que o trator foi o eixo do processo de mecanização da agricultura moderna, sendo responsável por uma parcela significativa do aumento da capacidade de produção agrícola. Ainda cita que uma das principais funções dos tratores agrícolas é fazer a transformação da energia química dos combustíveis em energia mecânica, através da força produzida na barra de tração.

2.1.1 Tratores com tração dianteira auxiliar (TDA)

Segundo Rackham e Blight (1985), citados por Ferreira (1999), muitos tratores de acionamento nas quatro rodas foram produzidos entre as décadas de 60 e 70. Em 1982, aproximadamente 50% dos tratores vendidos na Europa possuíam TDA, enquanto em 1977, esse número era aproximadamente 17%.

Para Reis et al. (2005), o trator equipado com tração dianteira auxiliar (TDA) (Figura 1), é um trator de quatro rodas em que os fabricantes introduziram um eixo dianteiro motriz, no qual é montado um par de pneus com o diâmetro inferior ao traseiro, com a finalidade de manter a concepção original do projeto como peso, manobrabilidade e dimensões, podendo essa tração ser ligada ou desligada pelo operador, de acordo com a necessidade de tração.

Figura 1- Esquema de um trator 4x2 TDA



Fonte: Adaptado de Russini, 2010.

No trator equipado com TDA, o aumento da capacidade de tração máxima, se comparado com o de duas rodas motrizes (2RM) com a mesma massa total, pode ser superior a 15%, além de outras vantagens relacionadas a maior estabilidade, fazendo com que o trator 4x2 TDA ofereça em potências inferiores, a mesma capacidade de tração de um trator 2RM (MÁRQUEZ, 20--).

Russini (2010), diz que estes tratores 4x2 TDA, são também conhecidos como “tracionados”, pois as rodas dianteiras também são providas de pneus motrizes, embora sejam menores que as traseiras. Ainda salienta e recomenda que a distribuição de peso estático entre o eixo dianteiro e o eixo traseiro deve ser de 40% e 60%, respectivamente, e em condições dinâmicas esta relação deve ser de 30% e 70%.

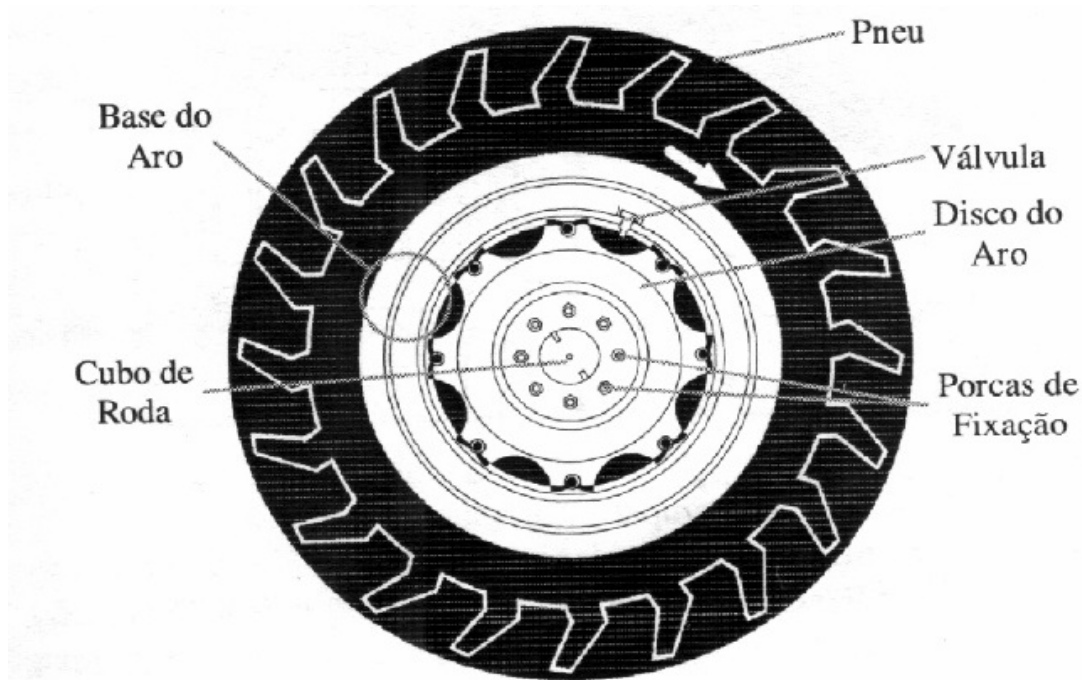
2.2 Pneus agrícolas

2.2.1 Rodados agrícolas

Os primeiros tratores agrícolas eram dotados de rodas metálicas, possuindo garras como elementos de locomoção, o que acabava limitando, e até impossibilitando, sua circulação em rodovias, causando também danos e afundamento em solos macios, fazendo-se necessário buscar outros materiais para confecção do rodado. As primeiras proteções de borracha maciça deram o primeiro passo para, em 1930, surgir o primeiro trator com rodas pneumáticas, o que foi uma verdadeira revolução do trator (MÁRQUEZ, 20--).

Para Reis et al. (2005), o rodado de um trator é um dos elementos da interface máquina-solo e, através deles que se exercem as principais funções esperadas do trator, como: sustentar e apoiar seu peso, possibilitar o direcionamento, capacidade de autolocomoção e geração de esforço de tração. O rodado pneumático de um trator agrícola (Figura 2) é formado basicamente por: cubo de roda, aro e pneu.

Figura 2 - Vista esquemática de um rodado pneumático de tração de trator agrícola



Fonte: Adaptado de Reis et al., 2005.

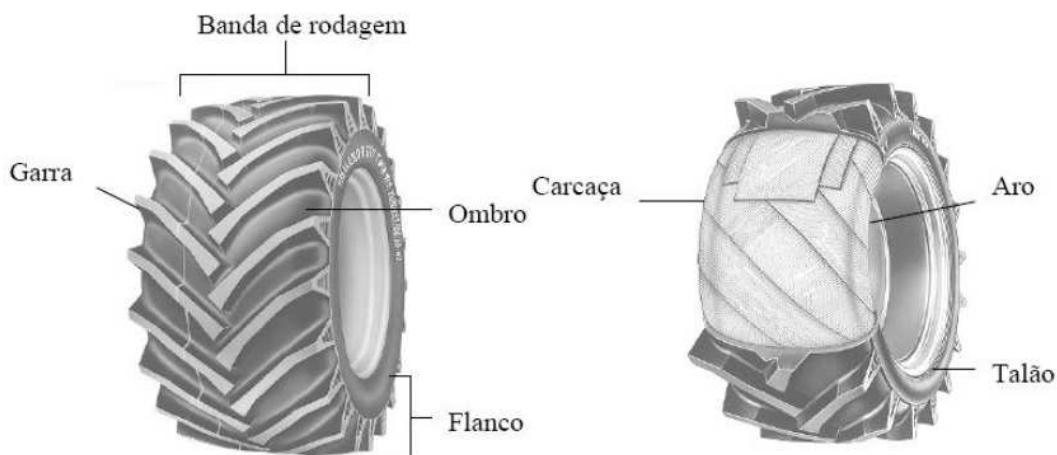
2.2.2 Pneus

Reis et al. (2005), descreveram o pneu como uma coroa circular de seção transversal cilíndrica, feita de materiais flexíveis, envolvendo a base do aro de forma estanque, sendo preenchido com ar sob pressão. Para Ortiz-Cañavate (2005), o pneu é preso no aro metálico, que por sua vez está preso no disco do aro, recobrendo a câmara, que tem como função conter ar sob pressão, sendo conectada com o meio exterior através de uma válvula.

Os pneus agrícolas são aqueles que seu local de uso é essencialmente o campo, participando de operações de preparo de solo, semeadura, cultivo e colheita (PIRELLI, 20--). Pirelli (20--), ainda informa que os pneus agrícolas devem ter características construtivas que proporcionem uma maior resistência a lacerações e picotamentos, causar menor compactação do solo e capacidade de autolimpeza, durabilidade elevada e boa capacidade trativa.

Reis et al. (2005), descrevem que os pneus agrícolas de tração são formados por talão, flancos, carcaça e banda de rodagem, como pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Partes constituintes do pneu agrícola



Fonte: adaptado de Trelleborg do Brasil, 20--.

Para Ortiz-Cañavate (2005), o talão é uma parte rígida dos pneus e tem a função de segurar o pneu no aro, o flanco protege a estrutura do pneu, envolvendo-o em borracha dura vulcanizada, e a banda de rodagem é formada por nervos, garras ou perfis exteriores, com objetivo de melhorar a capacidade de tração.

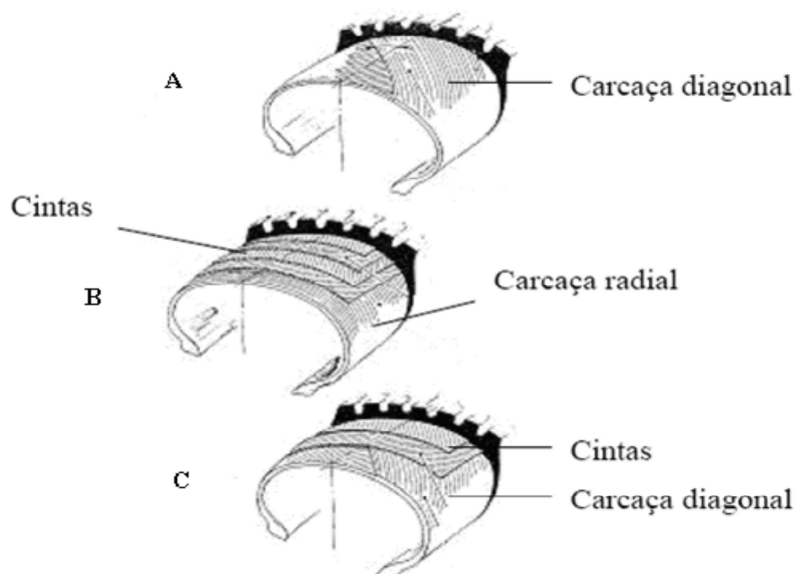
Os pneus, segundo Márquez (20--), possuem três formas construtivas em que se colocam as capas no pneus, mudando seu sentido de orientação (Figura 4), podendo ser:

- Convencionais ou diagonais: apresentam os cordonéis das lonas do talão em ângulos de 40 a 45 graus em relação ao plano médio do pneu.

- Radiais: apresentam os cordonéis arrumados com ângulo de 90 graus de talão a talão, em relação a linha de centro da banda de rodagem. Isso faz com que o pneu radial tenha maior flexibilidade.

- Baixa pressão e alta flutuação (BPAF): tem lonas com cordonéis arrumados diagonalmente em relação a linha de tração do pneu, a banda de rodagem possui cintas, proporcionando ao pneu uma característica plana. Esse aspecto construtivo confere a esse tipo de pneu uma banda de rodagem radial e flanco diagonal, dando maior flexibilidade e resistência ao mesmo tempo.

Figura 4 – Pneu diagonal (A), pneu radial (B), e pneu BPAF (C)



Fonte: Adaptado de Trelleborg do Brasil, 20--.

Lopes et al. (2005), estudaram o desempenho de um trator agrícola 4x2 TDA, levando em consideração o tipo de pneu que o equipava (radial, diagonal e de baixa pressão), e a condição de lastragem (com e sem água nos pneus) e quatro velocidades (1,8; 3,1; 4,5 e 5,0 km h⁻¹). Para as situações estudadas, o pneu radial apresentou vantagens em desempenho.

2.2.3 Pressão interna dos pneus e capacidade de carga

Dentre todos os fatores que podem exercer alguma influência na capacidade de tração de um trator agrícola, destacam-se a pressão de inflação e a carga sobre o rodado motriz (YANAI et al., 1999).

Pirelli (20--), diz que a vida útil de um pneu, depende do uso, de pressões de inflação corretas e de boa manutenção, não recomendando o uso dos mesmos com pressões excessivas ou insuficientes, sempre acompanhando e controlando este parâmetro para evitar contratemplos e prejuízos.

A maioria dos danos aos pneus, segundo Associação Latino Americana de Pneus e Aros (ALAPA, 2005), são causados, ou agravados por pressões de inflação incorretas, devendo ser inflados de acordo com a carga que suportam, estabelecido

pelo manual de normas técnicas de pneus, aros e válvulas, e em condições também previstas neste manual, além de sempre consultar o fabricante de pneus e rodas.

A ALAPA (2005) também preconiza que os valores de pressão de inflação devem ser ajustados com o pneu frio, pois durante a operação, devido ao aquecimento dos pneus a pressão poderá aumentar em torno de 20%.

A utilização de elevadas pressões de inflação dos pneus remete a pequenas diminuições da capacidade de trabalho (de 3 a 5%) e um aumento significativo do consumo de combustível por hectare (de 10 a 25%), com valores de patinamento de 7 a 15%, avaliando-se a pressão de inflação dos pneus em um conjunto trator e grade de discos (SERRANO, 2008).

Masiero (2010), avaliou o desempenho de um trator agrícola em função da variação de inflação dos pneus e da força na barra de tração. Esse estudo mostrou que pressões abaixo das recomendadas pelo fabricante resultam em maior potência e rendimento na barra de tração, devido a maior área de contato dos pneus com o solo, derivando em maior capacidade tratória, porém as pressões recomendadas pelos fabricantes resultaram em menor consumo de combustível.

Os pneus agrícolas são projetados para suportar uma determinada carga a uma pressão interna específica. Quando respeitadas estas condições, a deflexão da carcaça fica dentro dos limites, resultando no máximo rendimento do pneu. Recomenda-se que a capacidade de carga do pneu seja compatível com a carga que ele estará sujeito, considerando além do peso do equipamento, também qualquer dispositivos que irá transferir carga, como lastros líquidos e metálicos e implementos (Quadro 1). A incidência de sobrecarga ocasiona um aumento na temperatura dos pneus e uma excessiva solicitação da estrutura da carcaça, reduzindo a durabilidade, levando a perda prematura do pneu (PIRELLI, 20--).

Quadro 1 - Informações técnicas sobre pneus agrícolas

Medida	Desenho GOODYEAR	Índice de Carga e Velocidade	Pressão de Ar Lb/Pol ²	Carga Máxima (kg)	Largura da Seção sem Carga (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Circunferência de Rolamento (mm)	Lastro de Líquido** (Litros=kg)	Câmara de Ar Recomendada (válvula TR 218A) Pneu sem Câmara (válvula TR 618A)	Aro de Medição (pol.)	Código
13.6-38	POWER TORQUE	6	22	1.500	345	1.565	4.670	215	12.4-38;13.6-38	12.00	1150200
		14	50	2.430							1150201
14.9-28		8	26	1.700	378	1.367	4.119	201	14.9-28	13.00	1150211
16.9-28		8	24	1.950	429	1.435	4.315	261	16.9-28;18.4-28	15.00	1150221
18.4-26		12	32	2.650	467	1.450	4.318	299	Sem Câmara	16.00	1150234
18.4-26	POWER TORQUE II	10	26	2.360	467	1.450	4.318	300	18.4-26	16.00	1150232
		12	32	2.650							1150233
9.5-24	SUPER CUARTEADORA	6	30	850	241	1.048	3.144	64	9.5-24	8.00	1150600
12.4-38	SUPER LAMEIRO	6	24	1.320	315	1.514	4.523	165	12.4-38;13.6-38	11.00	1150840
		12	48	2.220							1150900
20.8-34	HI-TRACTION LUG	8	18	2.650	551	1.851	5.156	485	20.8-34	18.00	1150410US
380/90R46*	ULTRA SPRAYER	168A8/B	78	5.580	365	1.844	5.512	287	Sem Câmara	12.00	1156700US
9.5-16*	DURATORQUE	8	40	750	241	843	2.515	45	9,5-16	8.00	1156111US
480/85R34	ULTRATORQUE	149A8/B	23	3.243	480	1.666	5.004	376	Sem Câmara	15.00	1154914US
520/85R38		155A8/B		3.878	515	1.849	5.562	504		16.00	1156780US
12.4-36	TRACTION TORQUE	12PR	48	2.110	315	1.464	4.310	160	Sem Câmara	11.00	1156000

Fonte: GoodYear, 20--.

2.3 Lastro

O lastro, segundo Reis et al. (2005), pode ser considerado como o peso móvel que pode ser adicionado ou retirado do veículo, tendo como finalidade a otimização de seu desempenho de acordo com as variações das condições de operação. Deve ser adicionado para que se realizem de maneira mais eficiente as operações que demandam maior esforço de tração, como por exemplo preparo do solo.

Monteiro, Lanças e Masiero (20--), relatam que na atualidade os tratores estão se tornando cada vez mais leves, por consequência a relação peso/potência vem sendo reduzida. Esta redução permite mais versatilidade ao trator, porém em operações que exigem grande demanda de esforço de tração, ocorre uma alta dependência de lastro, acarretando em sérios problemas de excesso de patinamento, *power hope* “galope”, reduzindo o rendimento operacional, aumentando o consumo de combustível, além de desgaste prematuro de componentes mecânicos do trator e pneus.

Monteiro, Lanças e Masiero (20--), citam como objetivos da adição de lastro os seguintes itens: aumento de produtividade, economia de combustível, controle de compactação do solo e diminuição da patinamento das rodas.

Uma das formas de se avaliar se o lastreamento está correto, já com o trator trabalhando é a observação das marcas deixadas no solo pelo pneu que exercem tração, levando em consideração a deformação do solo e indícios de patinamento. Marcas pouco definidas (Figura 5) indicam excesso de patinamento, havendo a necessidade de aumentar o lastro. Marcas claramente definidas (Figura 6) indicam excesso de lastro. Marcas dos pneus bem definidas nas bordas e sinais de deslizamento no centro (Figura 7), indicam que o lastro está adequado (REIS et al. 2005).

Figura 5– Lastragem insuficiente



Fonte: Albiero e Monteiro, 2012.

Figura 6– Lastragem excessiva



Fonte: Albiero e Monteiro, 2012.

Figura 7– Lastragem adequada



Fonte: Albiero e Monteiro, 2012.

Os critérios para a determinação da relação peso/potência recomendado para tratores e distribuição de peso para cada aplicação, são definidos através da relação de peso por cv “cavalo vapor” do motor. Essa relação peso/potência varia de acordo com o solo e as condições de operação (Tabela 1). Tendo posse dessa informações é possível determinar o peso total de um trator para cada tipo de operação a ser executada (MONTEIRO, LANÇAS E MASIERO, 20--).

Tabela 1 - Relação massa/potência do motor do trator para cada tipo de operação

Tipo de lastragem	Leve	Média	Pesada
Peso/potência	50	55	60

Adaptado de Monteiro, Lanças e Masiero (20--)

2.3.1 Tipos de lastro

Segundo Albiero e Monteiro (2012), há basicamente dois tipos de lastro que podem ser adicionados aos tratores: lastro metálico e lastro líquido.

Os lastros metálicos, segundo Ferreira (2010), podem ser fixados diretamente nas rodas dianteiras ou traseiras quanto ao para-choque dianteiro do trator (Figura 8). Dependendo do fabricante, podem ser fixados tanto na parte interna quanto na externa dos aros, podem ser fixados ao cubo de roda ou ao disco do aro. O lastro dianteiro, nas rodas ou para-choque é utilizado para que se tenha carga suficiente sobre o rodado dianteiro, a fim de manter a habilidade de fazer curvas e evitar a patinagem excessiva dos tratores com TDA.

Figura 8 - Trator equipado com lastro metálico no rodado traseiro e para-choque dianteiro



Fonte: Acervo digital disponível em: <http://www.eaeagricola.com.br/produto/fichatecnica/Trator-Agricola-/Massey-Ferguson-4283/02-03-2015/maquina/193>

O lastro líquido consiste basicamente em colocar água nos pneus, segundo recomendações do fabricante. A quantidade e proporção de água que se coloca nos pneus é determinado pela posição do bico em relação à superfície do solo, (Figuras 9, 10 e 11) (MONTEIRO, 2008). Essa adição de água, segundo Ferreira (2010), deve ser sempre menor do que 75% do volume interno do pneu, se for superior a isso o pneu torna-se muito rígido, aumentando risco de rompimento da carcaça. Cita ainda que o enchimento deve ser feito com o pneu suspenso e com a válvula de enchimento na posição mais alta. Deve-se também utilizar um adaptador com tubo de purga, para permitir a saída do ar de dentro do pneu à medida em que se adiciona água.

Figura 9— Adição de 75% de água, bico a 90° em relação ao solo



Fonte: Adaptado de Monteiro, 2008.

Figura 10 – Adição de 50% de água, bico na posição mediana do pneu



Fonte: Adaptado Monteiro, 2008.

Figura 11 – Adição de 25% de água, bico na posição inferior do pneu



Fonte: Adaptado de Monteiro, 2008.

2.4 Avanço cinemático e relação cinemática

Ferreira (1999), descreve que os tratores equipados com tração dianteira auxiliar, possuem uma ligação rígida entre os eixos dianteiros e traseiros, quando o operador aciona a TDA. Com este sistema conectado, o eixo dianteiro gira com uma rotação superior ao eixo traseiro, denominada avanço cinemático. Este avanço varia entre os modelos de trator, de acordo com critérios do fabricante, e tem a função de corrigir as diferenças de diâmetros entre as rodas do eixo dianteiro e traseiro. Como as velocidades periféricas das duas rodas devem ser iguais, os fabricantes recomendam pares compatíveis de pneus, deixando estas velocidades aproximadamente iguais. Esta relação cinemática pode ser alterada, já que depende da pressão interna e carga sobre os pneus, transferência de peso e o desgaste diferenciado dos pneus.

A relação cinemática entre os eixos do trator depende basicamente de dois fatores, da relação de velocidades entre os eixos, e dos raios das rodas dianteira e traseira. O primeiro fator é fixo e depende exclusivamente do projeto do fabricante, que o estabelece por meio de relações de transmissão entre os dois eixos diferenciais, sendo esta relação de velocidade maior do que 1, a favor do eixo dianteiro, girando mais rápido que o traseiro. O segundo fator depende do raio das rodas, que podem ser alterados pelo usuário, através da troca de pneus ou da alteração de pressão de inflação dos mesmos. Quanto maior é esta relação de avanço cinemático, a eficiência de tração da máquina tem uma diminuição (SCHLOSSER, LINARES E MARQUEZ, 2004).

Russini (2010), ressalta que a relação cinemática em tratores 4x2 TDA pode variar de 0,97 a 1,13, mas quando se deseja alta eficiência de tração, este valor deve estar entre 1,01 e 1,05, caracterizando uma relação entre 1% e 5%, para um deslocamento adequado do veículo, quando com a TDA acionada.

Monteiro et al. (2008), avaliaram o desempenho energético de um trator exercendo forças de 15, 20 e 25 kN, e três diferentes condições de avanço do trator (3%, 6% e 12%) em superfície asfáltica. Constataram que o consumo específico e o índice de patinamento foram menores para valores de avanço de 3%, se comparados com os tratamentos que possuíam avanço de 6% e 12%, os valores de potência na barra de tração não sofreram alterações significativas.

A inclusão da tração dianteira auxiliar no eixo dianteiro, com rodas de menor tamanho, segundo Schlosser, Linares e Marquez (2004), geram complicações adicionais, já que, entre os dois eixos do trator não se inclui um sistema diferencial que compense esta diferença, ocorrendo uma discordância cinemática fixa entre os eixos, fazendo com que a velocidade teórica entre as rodas possa variar, ainda que as velocidades reais de avanço devam ser iguais. Os autores ainda ressaltam que o usuário tem condições de mudar a diferença cinemática, pois lastrando o trator e modificando pressão interna dos pneus e a posição das massas de lastro, pode-se chegar a uma solução mais adequada para cada circunstância.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi realizado no campus da Universidade de Santa Cruz do Sul, em área de estacionamento, devido ao tamanho do espaço requerido para aplicação da metodologia de determinação de relação cinemática (Figura 12). Esta área está localizada geograficamente a 29°41'59" de latitude sul e 52°25'40" de longitude oeste. Com a finalidade de desprezar as condições de solo, a área de teste em questão apresenta pista asfáltica (Figura 13).

Figura 12 - Área de ensaio



Fonte: Imagens Google Maps, 2015.

Figura 13 - Pista asfáltica



Fonte: Imagens Google Maps, 2015.

3.2 Trator de teste

O trator utilizado foi da série MF 4000, modelo 4275, com potência de 56 kW. O trator foi cedido pela empresa Samaç Comercial de Máquinas Ltda., representante Massey Ferguson para a região do Vale do Rio Pardo. Estava equipado com pneus 12.4-24 R1 no eixo dianteiro e 18.4-30 R2 no eixo traseiro, também continha lastro metálico no para-choques dianteiro, totalizando 210 kg.

3.3 Pressões internas dos pneus

A pressão mínima utilizada, segundo Good Year (20--), foi de 12 psi, pois este é o valor mínimo para garantia da durabilidade e evitar que o pneu “rode” no aro. A pressão máxima utilizada foi de 24 psi, respeitando a recomendação do fabricante, em acordo com Pirelli (20--). A pressão intermediária foi a média das pressões mínima e máxima, sendo 18 psi.

Estas pressões foram modificadas com o auxílio de um compressor de ar marca Atlas Copco, modelo G-110, equipamento necessário para aumentar as pressões internas dos pneus. A diminuição da pressão interna foi feita através de uma chave para válvula, utilizada em teste com pressões menores.

A verificação da exatidão da pressão interna dos pneus foi feita com o auxílio de um medidor (calibrador) analógico marca Schrader Bridgeport, recomendado para pneus com lastro líquido.

3.4 Avanço cinemático do trator de teste

Os tratores com tração dianteira auxiliar possuem um avanço cinemático do eixo dianteiro em função do traseiro. No trator de teste, este avanço foi determinado pelo método prático, no qual consiste em levantar um lado do trator e apoiá-lo sobre calços, ficando com duas rodas suspensas, podendo assim girar livremente, como pode ser visualizado na Figura 14.

A seguir, acionou-se o motor do trator e liga-se a TDA, girando as duas rodas suspensas. Tomaram-se 10 voltas completas das rodas dianteiras e traseiras para a determinação do tempo consumido para tal. Realizaram-se a média de três

medições e a seguir dividiu-se os tempos médios da roda traseira pelo tempo médio da roda dianteira, encontrando o valor de avanço cinemático do trator de 1,3876.

Figura 14 - Levantamento de um dos lados do trator para determinação do avanço cinemático.



Fonte: Autor, 2015.

O cálculo do avanço cinemático foi realizado com o auxílio da Equação 1.

$$a = \frac{\text{Tempo médio da roda traseira}}{\text{Tempo médio da roda dianteira}} \quad (1)$$

Onde:

a = avanço cinemático, adimensional

Tempo médio da roda traseira, s

Tempo médio da roda dianteira, s

Os valores encontrados nas determinações do avanço cinemático estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Determinação do avanço cinemático do trator MF 4275.

Determinações	Dianteiros (s)	Traseiros (s)
1 ^a	27,31	37,28
2 ^a	27,00	37,87
3 ^a	27,03	37,72
Média =	27,11	37,62

3.5 Relação cinemática do trator de teste

A relação cinemática do trator MF 4275 foi determinada sobre pista asfáltica, através das distâncias percorridas pelas rodas em dez voltas, sem exercer tração. O cálculo da relação cinemática foi realizado com auxílio da Equação 2.

$$Kv = a \times \frac{rdd}{rdt} \quad (2)$$

Onde:

Kv = relação cinemática, adimensional

a = avanço cinemático, adimensional

rdd = raio dinâmico dianteiro, m

rdt = raio dinâmico traseiro, m

3.6 Tratamentos e análise estatística

Foi utilizado o delineamento fatorial 3x3 distribuídos em parcelas subdivididas, com três repetições, totalizando 9 tratamentos (27 parcelas), sendo três níveis de lastragem líquida e três situações de pressão interna dos pneus. A primeira condição avaliada foi com o trator com 75% de lastro líquido nos pneus dianteiros e traseiros, variando em três níveis as pressões internas dos mesmos. Na segunda condição examinada, o trator possuía lastro líquido ocupando 50% do volume dos pneus dianteiros e traseiros, variando a pressão interna dos pneus em três níveis. A terceira condição apresentou lastro líquido ocupando um volume de 25% dos pneus dianteiros e traseiros, variando a pressão interna dos pneus em três níveis.

Durante o experimento o trator deslocou-se em uma área devidamente isolada, com velocidade de deslocamento de $2,9 \text{ km h}^{-1}$.

Durante os experimentos os resultados foram anotados manualmente em planilhas. Posteriormente os dados foram computados em planilhas desenvolvidas no software Microsoft Office Excel[®] 2013 para o cálculo da relação cinemática. Os valores de relação cinemática obtidos, foram submetidos à análise de variância, teste de comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5%, utilizando o software de análise estatística Assistat 7.7 BETA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variâncias (ANOVA) das variáveis, com suas respectivas médias, níveis e o resultado de testes F são apresentadas na Tabela 3. Foi observada normalidade nos dados, através de aplicação no teste de Shapiro-Wilk.

Tabela 3 - Análise estatística ANOVA com as médias dos fatores, seus níveis e o resultado do teste F

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F
Distribuição de lastro (F1)	2	0,00012	0,00006	30,5487 **
Pressão interna (F2)	2	0,00007	0,00004	19,8537 **
Interação F1xF2	4	0,00003	0,00001	4,5362 *

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Os resultados do teste F foi significativo para os tratamentos, pois tiveram efeito relevante, mostrando que a variação não foi efeito da aleatoriedade.

4.1 Distribuição de lastro líquido

A Tabela 4 apresenta os resultados da relação cinemática para as três condições de lastro propostas.

Tabela 4 - Relação cinemática em função da distribuição de lastro líquido no trator de teste

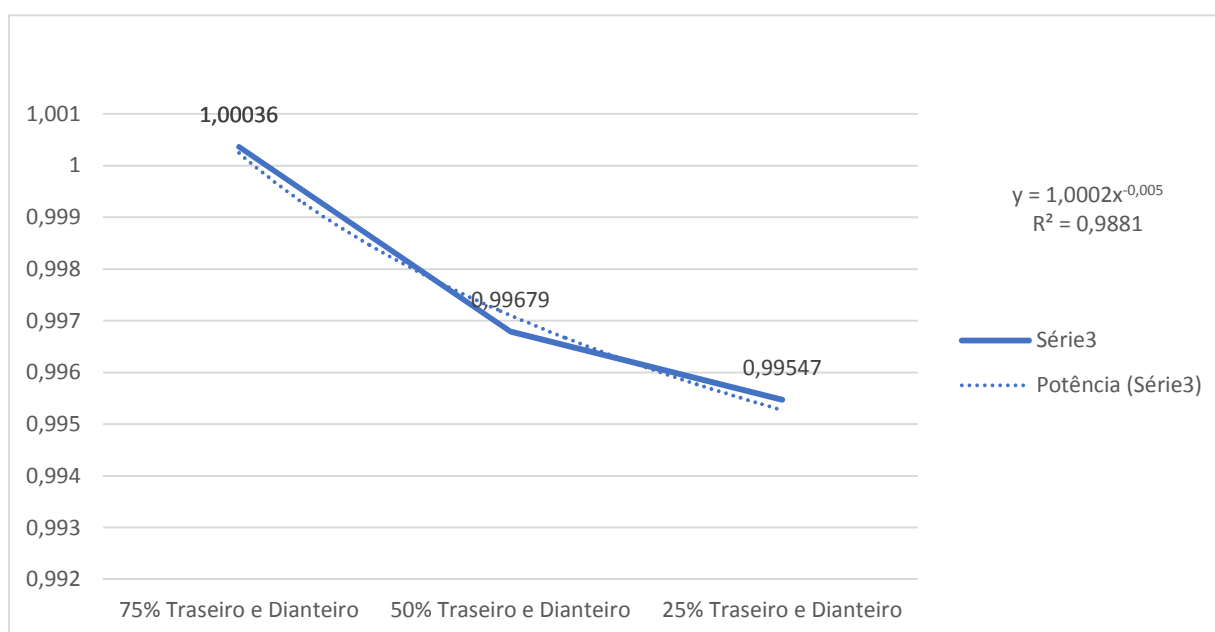
Distribuição de lastro	75% Traseiro	50% Traseiro	25% Traseiro
	75% Dianteiro	50% Dianteiro	25% Dianteiro
Relação cinemática	1,00036 a	0,99679 b	0,99547 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Foi possível verificar que as condições de lastro líquido apresentam diferença estatisticamente significativa. A distribuição de lastro de 75% diferiu da de 50 e 25%, enquanto estes últimos não apresentaram diferença estatística significativa.

Também foi possível observar uma tendência de decréscimo dos valores quando a quantidade de lastro líquido também diminuiu, como pode ser visualizado na Figura 15. Este fato pode ser explicado devido ao fato de que o aumento de lastro líquido aumenta a carga sobre o pneu, fazendo que a sua deformação seja maior. A deformação do pneu irá modificar o seu raio dinâmico, resultando assim nas alterações observadas para a relação cinemática.

Figura 15 – Comportamento da relação cinemática em função da distribuição de lastro líquido nos pneus



4.2 Pressão interna

Na tabela 5, são apresentados os resultados da relação cinemática para as três condições de pressão interna dos pneus.

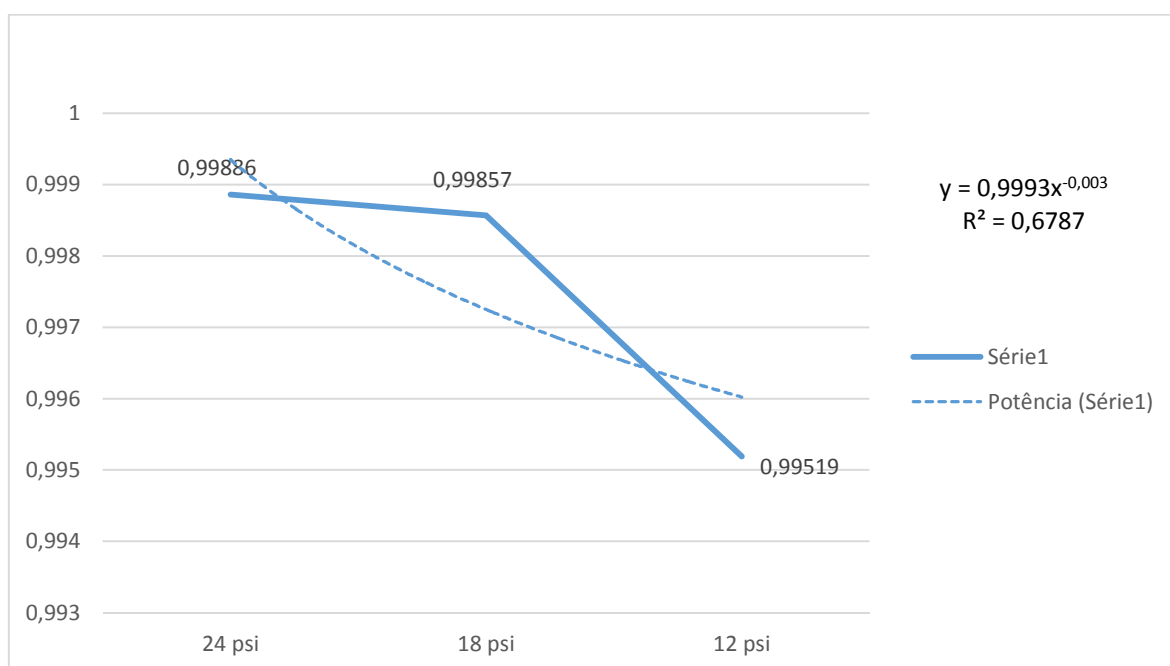
Tabela 5 - Relação cinemática em função da pressão interna dos pneus

Pressão interna dos pneus	24 psi (165,47 kPa)	18 psi (124,10 kPa)	12 psi (82,73 kPa)
Relação cinemática	0,99886 a	0,99857 a	0,99519 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

As diferenças médias dos valores de relação cinemática também sofreram influência significativa para o fator pressão interna. A pressão de 12 psi apresentou diferença estatisticamente significativa em relação as pressões de 24 e 18 psi. Já as pressões de 24 e 18 psi não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si. Os resultados apresentaram uma tendência de diminuição da relação cinemática quando diminuída a pressão interna dos pneus, visto que influencia diretamente na deformação do pneu, alterando seu raio dinâmico (FERREIRA, 2010). Este comportamento pode ser observado na Figura 16. Maiores pressões fazem com que a estrutura do pneu se torne mais rígida, com menores deformações ocasionadas da carga sobre o pneu.

Figura 16 – Comportamento da relação cinemática em função da pressão interna dos pneus



4.3 Interação entre distribuição de lastro líquido e pressão interna dos pneus

Na Tabela 6 são apresentados os valores de relação cinemática para a interação entre os parâmetros de lastro líquido e pressão interna dos pneus.

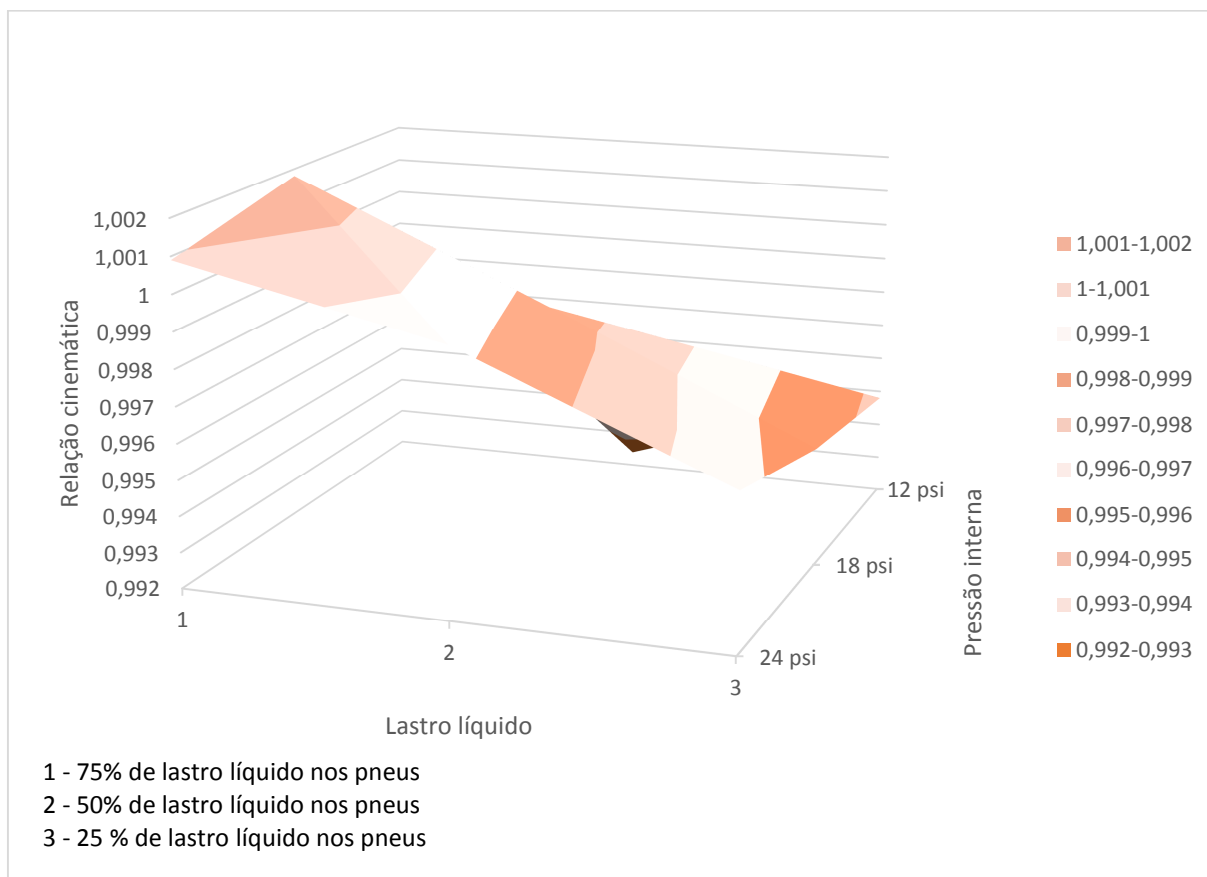
Tabela 6 - Médias interação entre valores de distribuição de lastro líquido e pressão interna dos pneus

Distribuição de lastro líquido	Pressão interna do pneu		
	24 psi	18 psi	12 psi
75% Traseiro			
75% Dianteiro	1,0009 aAB	1,0018 aA	0,9984 aB
50% Traseiro			
50% Dianteiro	0,9993 aA	0,9986 bA	0,9924 bB
25% Traseiro			
25% Dianteiro	0,9963 bA	0,9953 cA	0,9948 bA

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade $MG = 0.99754$ $CV\% = 0,14$
dms para colunas = 0,0029, classificação com letras minúsculas
dms para linhas = 0,0029, classificação com letras maiúsculas

A distribuição das interações entre os fatores lastro líquido e pressão interna dos pneus é apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Distribuição de lastro líquido x pressão interna do pneu.



Os valores de relação cinemática encontrados após a interação entre os dois fatores atingiram níveis acima de 1 para a condição de 75% de água nos pneus dianteiros e traseiros, para as pressões internas de 24 e 18 psi. Já para as condições de 50% e 25% de lastro líquido nos pneus dianteiros e traseiros apresentaram valores de relação cinemática abaixo de 1, independente da pressão interna dos pneus, variando 0,94% da melhor para a pior condição.

Segundo Russini (2010), as melhores condições de relação cinemática, quando se deseja alta eficiência de tração devem apresentar valores entre 1,01 e 1,05, com a TDA acionada.

5 CONCLUSÃO

Para as condições em que os testes foram realizados podemos concluir que:

A interação entre os fatores pressão interna dos pneus e distribuição de lastro líquido altera a relação cinemática significativamente, aceitando a hipótese do trabalho.

A pressão interna dos pneus causa diminuição na relação cinemática do trator, apresentando uma tendência de redução dos valores dessa relação à medida que a pressão interna também era diminuída.

A relação cinemática do trator também é alterada significativamente pela distribuição de lastro líquido nos pneus do trator, apresentando tendência de diminuição quando a lastragem também é reduzida.

A melhor condição de utilização foi observada para a situação de 75% de lastro líquido nos pneus traseiros e dianteiros, com pressão interna de 18 psi, resultando em 1.0018 de relação cinemática. A pior condição para a configuração de 50% de lastro líquido nos pneus dianteiros e traseiros e pressão interna de 12 psi, com o valor de 0.9924.

Para nenhuma das condições estudadas, a relação cinemática está dentro da margem de alta eficiência em tração.

REFERÊNCIAS

ALAPA, Associação Latino Americana dos Fabricantes de Pneus, Aros e Rodas. Manual de segurança agrícola e *off the road*, 2005. Disponível em: <<http://www.alapa.com.br/alapav01/portugues/manuais/segurancaAgri.aspx>> Acesso em: 30 abr. 2015

ALBIERO, D. MONTEIRO. L. de A. *Operação e manutenção de tratores agrícolas*. Fortaleza, 2012. Disponível em: https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAAahUKEwjqhN3D663IAhWifZAKHbf9C8M&url=http%3A%2F%2Fportal.mda.gov.br%2Fo%2F2601308&usg=AFQjCNH4eswrDtPGfmLi12ML9QwJ4_VmiA&sig2=4mawk4gGg5maF6uMzqExvA&bvm=bv.104317490,d.Y2I&cad=rja. Acesso em: 20 abr. 2015

ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. *Anuário da indústria automobilística brasileira*, 2014. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>> Acesso em: 29 abr. 2015

FERREIRA, M. F. *Estudo da relação cinemática entre eixos motrizes na eficiência em tração de um trator agrícola de rodas equipado com dois tipos de pneumáticos*. 1999. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999. Disponível em :< <http://btd.unisc.br/Dissertacoes/MauroFerreira.pdf>> Acesso em: 20 abr. 2015

FERREIRA, M. F. Adequação trator-implemento. Caderno didático. Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias – Universidade de Santa Cruz do Sul – RS, 2010.

GOOD YEAR, *Catálogo de pneus agrícolas*, 20--.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P., SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; NAGAOKA, A.K.; REIS, G.N. Desempenho de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v.35, n.2, p.366-370, 2005.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000200018&script=sci_arttext> Acesso em: 30 abr. 2015

MÁRQUEZ, Luis. *Tractores agrícolas: tecnología y utilización*. Madrid: B&H Grupo Editorial, [20--].

MASIERO, F. C. et al. Desempenho de um trator agrícola em função das variações da pressão de inflação dos pneus e da força na barra de tração.. In: CONGRESSO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL Y II DEL MERCOSUL, 10 *Anais...* Santa Fe. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/publication/268063423>> Acesso em: 28 abr. 2015.

MASIERO, F. C. *Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4X2 TDA)*. 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2010. Disponível em: < <http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/90491>> Acesso em: 29 abr. 2015

MIALHE, L. G. *Máquinas motoras na agricultura V.2*. São Paulo EPU: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

MONTEIRO, L de A. *Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo*. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2008 Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Literatura/Disserta%E7%E3o_Leonardo_Monteiro.pdf> Acesso em: 29 abr. 2015.

MONTEIRO, L. de A.; LANÇAS, K. P.; MASIERO, F. Adequação de conjuntos, adição de lastro, como? E quando colocar?, 20--.

MONTEIRO, L. de A. et al. Desempenho energético de um trator agrícola em função de avanço cinemático. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA, 2008, Botucatu. *Anais...* Botucatu: UNESP, 2008. Disponível em: <

http://www.researchgate.net/publication/268063423_DESEMPENHO_ENERGICO_DE_UM_TRATOR_AGRICOLA_EM_FUNDO_DE_TRS_DIFERENTES_TIPOS_DE_A_VANO_CINEMATICO> Acesso em: 28 abr. 2015.

ORTIZ-CAÑAVATE PUIG-MAURI, Jaime. *Tractores: técnica y seguridad*. Madrid: Mundi-Prensa, 2005.

PIRELLI. *Pneus agrícolas*, 20--.

REIS, Ângelo Vieira dos et al. *Motores, tratores, combustíveis e lubrificantes*. 2. ed., rev. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2005.

RUSSINI, A. Máquinas Agrícolas I. Caderno didático. Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias – Universidade de Santa Cruz do Sul – RS, 2010.

SCHLOSSER, J. F.; LINARES, P.; MARQUEZ, L. Influência do avanço cinemático das rodas dianteiras sobre a eficiência em tração de tratores com quatro rodas motrizes não isodiamétricas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.6, p. 1.805, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782004000600020&script=sci_arttext> Acesso em: 27 abr. 2015.

SERRANO, J. M. P. R. Pressão de insuflagem dos pneus no desempenho do conjunto trator-grade de discos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 2, p. 227-233, fev. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2008000200011&script=sci_abstract&lng=pt> Acesso em: 29 abr. 2015.

YANNAI, K. et al. Desempenho operacional de trator com e sem o acionamento da tração dianteira auxiliar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.8, p.1427-1434, ago. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X1999000800015&script=sci_arttext> Acesso em: 29 abr. 2015