

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE PNEUS RADIAIS E DIAGONAIS
EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DE INFLAÇÃO, DA CONDIÇÃO DE
SUPERFÍCIE DO SOLO E DA CONDIÇÃO DE ACIONAMENTO DA
TRAÇÃO DIANTEIRA**

ILA MARIA CORRÊA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu -,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia,
Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP
Abril - 2000

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE PNEUS RADIAIS E DIAGONAIS
EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DE INFLAÇÃO, DA CONDIÇÃO DE
SUPERFÍCIE DO SOLO E DA CONDIÇÃO DE ACIONAMENTO DA
TRAÇÃO DIANTEIRA**

ILA MARIA CORRÊA

Orientador: Prof. Dr. Kléber P. Lanças

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu -,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia,
Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP
Abril - 2000

Corrêa, Ila Maria

Pneus radiais e diagonais: desempenho de tração em função da pressão de inflação, da superfície do solo e do acionamento da tração dianteira / Ila Maria Corrêa.-- Botucatu, 2000.

155 p. , 22 tabs. 26 figs.

Tese - Doutorado Energia na Agricultura - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista

1. Trator - Desempenho 2. Trator - Pneus Radiais e Pneus diagonais 3. Trator - Pressão de inflação 4 Trator - superfície do solo

Unitermos: Trator, desempenho, pressão de inflação, superfície do solo, tração dianteira.

CDD () 631.372

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**TÍTULO: DESEMPENHO OPERACIONAL DE PNEUS RADIAIS E
DIAGONAIS EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DE INFLAÇÃO, DA
CONDIÇÃO DE SUPERFÍCIE DO SOLO E DA CONDIÇÃO
DE ACIONAMENTO DA TRACÇÃO DIANTEIRA**

ALUNO: ILA MARIA CORRÊA

ORIENTADOR: PROF.ADJUNTO. KLEBER PEREIRA LANÇAS

Aprovado pela Comissão examinadora:

PROF. ADJUNTO KLBER PEREIRA LANÇAS

PROF. TITULAR SERGIO HUGO BENEZ

PROF. TITULAR CARLOS ANTÔNIO GAMERO

PROF. DR. MARCOS MILAN

PESQUISADOR EVANDRO CHARTUNI MANTOVANI

Data da realização: .10 / Abril / 2000

À memória de meu pai José Raymundo, que sempre torceu pelas minhas conquistas, por pequenas que fossem.

Ao meu marido Álvaro e à minha filha Paula, pela tolerância com que suportaram minha parcial alienação à família na fase final desse trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Kléber Pereira Lanças, do Departamento de Engenharia Rural, da FCA/UNESP, Botucatu, pela orientação do trabalho e pelo espírito de coleguismo que sempre preponderou em nossa relação acadêmica.

Ao Curso de Energia na Agricultura e ao Departamento de Engenharia Rural, da UNESP, Botucatu, pela oportunidade de aprimoramento e apoio em nossas atividades.

Ao Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, Jaboticabal, em especial ao Prof. Afonso Lopes, pelo empréstimo da grade aradora utilizada nesse trabalho e, pela presteza com que atendeu nossa solicitação.

Ao colega pesquisador José Valdemar Gonzalez Maziero, do CMAA/IAC, pelo auxílio na instrumentação eletrônica do trator, no levantamento de dados e pelas sugestões na execução do trabalho; sem sua participação, os equipamentos mecânicos e eletrônicos (contadores, gerador elétrico, medidor de combustível, indicador de carga) não funcionariam adequadamente.

Ao colega pesquisador Kiyoshi Yanai, do CMAA/IAC, pelo auxílio no levantamento de dados.

Aos funcionários Olavo de Freitas Caires, Gilberto Nóbrega da Luz e João Batista de Almeida, que fizeram do trabalho pesado: preparo da área, troca de pneus, instalação de sensores, operação de tratores e execução do trabalho.

À empresa Pneumáticos Michelin Ltda., em especial ao Sr. Mauro Bueno de Oliveira, pelo empréstimo dos pneus radiais e pelo empenho em buscar alternativas na fase em que se definia o trator a ser utilizado.

À Escola Técnica Agrícola Benedito Storani, pelo empréstimo da área onde foi realizado este trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO	01
2. SUMMARY	03
3. INTRODUÇÃO	05
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	08
4.1 Aspectos sobre desempenho de tração em função do pneu, da pressão de inflação e da condição de superfície do solo	08
4.2 Aspectos sobre o uso da tração dianteira auxiliar	17
4.3 Aspectos sobre compactação devida ao tráfego de veículo equipado com pneumático	19
4.4 Aspectos sobre custo-benefício	24
5. MATERIAL E MÉTODO	26
5.1 Material	26
5.1.1 Local do experimento	26
5.1.2 Equipamentos utilizados para caracterização do solo	27
5.1.3 Pneus agrícolas	28
5.1.4 Equipamento utilizado na determinação da altura das garras dos pneus	29
5.1.5 Conjunto trator agrícola-grade aradora	29
5.1.6 Equipamentos utilizados na pesagem do trator	31
5.1.7 Equipamento para medição da força de tração	31
5.1.8 Equipamentos para medição da velocidade de deslocamento	31
5.1.9 Equipamento para medição da patinação das rodas motrizes	31
5.1.10 Equipamento para medição da circunferência de rolamento	33
5.1.11 Equipamento para medição da rotação do motor	32
5.1.12 Equipamento para medição do consumo de combustível	32
5.1.13 Equipamento para medição da temperatura do combustível	33

	Página
5.1.14 Equipamento para medição da pressão de inflação	33
5.1.15 Equipamento para determinação da densidade do combustível	33
5.2 Métodos	34
5.2.1 Determinação dos parâmetros físicos do solo	34
5.2.2 Determinação da altura das garras dos pneus	34
5.2.3 Determinação das características ponderais do trator	34
5.2.4 Determinação da densidade do combustível	35
5.2.5 Determinação da circunferência de rolamento	35
5.2.6 Delineamento experimental	36
5.2.7 Procedimento experimental	38
5.2.8 Cálculo dos parâmetros de desempenho	39
5.3 Análise estatística	42
5.4 Análise custo-benefício	43
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1 Análise conjunta dos resultados obtidos com a tração dianteira desligada	47
6.1.1 Efeito do fator pneu	53
6.1.2 Efeito do fator pressão de inflação	54
6.1.3 Efeito do fator superfície	55
6.2 Análise conjunta dos resultados obtidos com a tração dianteira ligada	57
6.2.1 Efeito do fator pneu	63
6.2.2 Efeito do fator pressão de inflação	64
6.2.3 Efeito do fator superfície	65
6.3 Análise dos pares de tratamentos	66
6.3.1 Comparação de tratamentos individuais com a tração dianteira desligada	66
6.3.2 Comparação de tratamentos individuais com a tração dianteira ligada	74

	Página
6.3.3 Análise de custo-benefício	81
7. CONCLUSÕES	85
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICES	95

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 – Características do local do experimento	27
Quadro 2 - Características ponderais do trator MF 2925 4x2 TDA	30
Quadro 3 - Resultado geral da análise de variância dos parâmetros de desempenho, relativa aos tratamentos com uso da tração dianteira desligada	45
Quadro 4 - Resultado geral da análise de variância dos parâmetros de desempenho, relativa aos tratamentos com uso da tração dianteira ligada	45
Quadro 5 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator pneu, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 20	54
Quadro 6 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator pressão de inflação, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 20	55
Quadro 7 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator superfície, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 20	56
Quadro 8 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator pneu, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 20	63
Quadro 9 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator pressão de inflação, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 20 ...	64
Quadro 10 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator superfície, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 20	65
Quadro 11 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pressão alta, para cada tipo de pneumático, com a tração dianteira desligada. No. de repetições:5	67
Quadro 12 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pressão correta, para cada tipo de pneumático, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5	68
Quadro 13 - Média dos valores dos parâmetros obtidos com o pneu diagonal, para cada nível de pressão de inflação, com a tração dianteira desligada. No. repetições: 5	69
Quadro 14 - Média dos valores dos parâmetros obtidos com o pneu radial de baixa pressão, para cada nível de pressão de inflação, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5	70
Quadro 15 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pneu diagonal, para cada condição de superfície do solo, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5	72

Quadro 16 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pneu radial de baixa pressão, para cada condição de superfície do solo, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5	73
Quadro 17 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pressão alta, para cada tipo de pneumático, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5	75
Quadro 18 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pressão correta, para cada tipo de pneumático, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5	76
Quadro 19 - Média dos valores dos parâmetros obtidos com o pneu diagonal, para cada nível de pressão de inflação, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5	77
Quadro 20 - Média dos valores dos parâmetros obtidos com o pneu radial de baixa pressão, para cada nível de pressão de inflação, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5	78
Quadro 21 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pneu diagonal, para cada condição de superfície do solo, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5	79
Quadro 22 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pneu radial de baixa pressão, para cada condição de superfície do solo, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5	80
Quadro 23 – Comparação do custo de pneus radiais de baixa pressão e diagonais, em função dos resultados médios gerais obtidos com a tração desligada	82

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Configuração da banda de rodagem dos pneus diagonais	28
Figura 2 – Configuração da banda de rodagem dos pneus radiais de baixa pressão	28
Figura 3 – Conjunto trator-grade aradora	30
Figura 4 – Valores médios gerais obtidos para a força de tração, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada	48
Figura 5 – Valores médios gerais obtidos para a patinagem, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada ...	49
Figura 6 – Valores médios gerais obtidos para a rotação do motor, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada	49
Figura 7 – Valores médios gerais obtidos para a velocidade de deslocamento, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada	50
Figura 8 – Valores médios gerais obtidos para a potência na barra, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada	50
Figura 9 – Valores médios gerais obtidos para o consumo horário, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada	51
Figura 10 – Valores médios gerais obtidos para o consumo específico 1, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada	51
Figura 11 – Valores médios gerais obtidos para o consumo específico 2, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada	52
Figura 12 – Valores médios gerais obtidos para a capacidade de campo fctiva, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada	52
Figura 13 – Valores médios gerais obtidos para o consumo por área em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada	53

Figura 14 – Valores médios gerais obtidos para a força de tração, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	58
Figura 15 – Valores médios gerais obtidos para a patinagem, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	58
Figura 16 – Valores médios gerais obtidos para a rotação do motor, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	59
Figura 17 – Valores médios gerais obtidos para a velocidade de deslocamento, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	59
Figura 18 – Valores médios gerais obtidos para a potência na barra, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	60
Figura 19 – Valores médios gerais obtidos para o consumo horário, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	60
Figura 20 – Valores médios gerais obtidos para o consumo específico 1, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	61
Figura 21 – Valores médios gerais obtidos para o consumo específico 2, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	61
Figura 22 – Valores médios gerais obtidos para a capacidade de campo efetiva em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	62
Figura 23 – Valores médios gerais obtidos para o consumo por área, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada	62

1. RESUMO

Os pneus radiais de baixa pressão, constituem uma das propostas tecnológicas para melhorar o contato entre o rodado e o solo, proporcionando melhor desempenho trativo ao trator, porém seu comportamento em condições nacionais é ainda pouco conhecido. Assim, o desempenho operacional de um trator agrícola foi estudado com dois tipos de pneumáticos (diagonal e radial de baixa pressão), com duas pressões de inflação (alta e correta/baixa), em duas condições de superfície do solo (firme e mobilizado), com e sem o acionamento da tração dianteira auxiliar. Os pneus diagonais montados no trator foram: Pirelli 14.9-24 TM 40, 10 lonas, no eixo dianteiro e Pirelli 18.4-34 TM 64/R, 6 lonas, no eixo traseiro. Os pneus radiais de baixa pressão montados no trator foram: Michelin 480/65R24 X M108 TL 124, no eixo dianteiro e Michelin 600/65R34 X M108 TL 142, no eixo traseiro.

Os níveis de pressão de inflação alta e correta utilizados nos pneus diagonais foram: 138/151 kPa e 96/110 kPa, respectivamente nos eixos dianteiros e traseiros.

Os níveis de pressão alta e correta utilizados nos pneus radiais foram: 103/103 kPa e 62/62 kPa, respectivamente nos eixos dianteiros e traseiros.

O experimento foi realizado em solo franco argilo-arenoso, com superfície coberta com gramíneas diversas, sendo os tratamentos distribuídos em parcelas ao acaso, com cinco repetições.

Os resultados mostraram que, com a tração dianteira desligada, houve, em média: redução de 28,4 % na patinação, 14,0 % no consumo específico de combustível e 10,8 % no consumo de combustível por área trabalhada, aumento de 15,3 % na potência na barra e 12,4 % na capacidade operacional com o uso dos pneus radiais de baixa pressão. Com a tração ligada, houve, em média: redução de 24,9 % na patinação, 3,4 % no consumo específico e 3,6 % no consumo de combustível por área trabalhada, aumento de 5,3 % na potência na barra e aumento de 6,0 % na capacidade operacional com o uso dos pneus radiais de baixa pressão.

O uso da pressão correta, em relação à pressão alta, não afetou o desempenho do trator com a tração dianteira ligada, para nenhum dos pneumáticos. Com a tração desligada, a pressão correta favoreceu só o pneu radial de baixa pressão; o pneu diagonal não apresentou diferença significativa com o uso da pressão correta.

Concluiu-se que o uso do pneu radial de baixa pressão melhorou o desempenho do trator mais expressivamente com a tração desligada do que com ela acionada. Uma análise de custo-benefício revelou que o período de retorno do investimento dos pneus radiais de baixa pressão, em uma das situações do experimento, tem início a partir do quarto ano de uso.

2. SUMMARY

OPERATIONAL PERFORMANCE OF RADIAL AND BIAS TIRES BY EFFECT OF INFLATION PRESSURE, OF THE SURFACE SOIL CONDITION AND OF THE USE OR NO OF FRONT WHEEL ASSIST DRIVE

The low pressure radial tires constitute a technologic proposal to improve the tire-soil contact, giving better tractive performance, but your behaviour is not well know. Then, the operational performance of a agricultural tractor was studied with two construction tires types (bias and low pressure radial tire), with two inflation pressure (high and low/correct), in two soil surface condition (firm and soft), with and without the use of mechanical front wheel assist drive. The bias tires mounted on tractor were: Pirelli 14.8-24TM 40, 10 PR, in front axle and 18.4-34 TM 64/R, 6 PR, in rear axle. The low-pressure radial tires mounted on tractor were Michelin 480/65R24 X M108 TL 124, in front axle and Michelin 600/65R34 X M108 TL 142, in rear axle.

The set of inflation pressure (high and low/correct) of the bias tires were: 138/151 kPa e 96/110 kPa on front and rear axle, respectively. The par of inflation pressure (high and low/correct) of the radial tires were: 103 and 62 kPa, on front and rear axle, respectively. The test was conducted on grassed field, in sand soil, where the trataments were arranged in randomized plots with five replication, totalizing 80 plots.

The results showed that operating with the front wheel assist tractor in two wheel drive mode, were attained: decreasing of 28,4 % in slip wheel; 14,9 % in specific fuel consumption and 10,8 % in fuel consumption (L/ha), increasing of 15,3 % in drawbar power and 12,4 % in field capacity with the use of low-pressure radial tires. When operating in four wheel drive mode were attained: decreasing of 24,9 % in slip wheel; 3,4 % in specific fuel consumption; 3,6 % in fuel consumption (L/ha), increasing of 5,3 % in drawbar power; and 6,0 % in field capacity and with the use of low pressure radial tires.

The use of low pressure, relative to high pressure, didn't change the tractive performance in four wheel drive mode for neither of tires. Without the mechanical front wheel assist drive, the correct/low pressure was favorable only for low pressure radial tires. A cost-return analyses for one of situation of test showed that the payback for using low pressure radial tires begin in the fourth year.

3. INTRODUÇÃO

A aceitação de inovações tecnológicas na mecanização agrícola é, geralmente, é influenciada por demonstrações de campo, resultados de pesquisa, experiências de algum agricultor ousado e/ou de argumentos sobre a relação custo-benefício, sendo este último o fator mais decisivo.

Embora não se possa afirmar, que após quase 40 anos de existência (cerca de doze anos no Brasil), que os pneumáticos agrícolas de construção radial sejam uma inovação tecnológica, o fato de eles não terem uso generalizado no país, permite considerá-los, de certa forma, ainda uma novidade. Ao lado da utilização de esteiras, do aumento do número de pneus no trator e da utilização da tração dianteira auxiliar, os pneumáticos radiais constituem uma das propostas para melhorar o contato entre o rodado e o solo proporcionando melhor desempenho trativo ao trator.

A concepção de construção dos pneus radiais os pré-dispõem a obter vantagens de tração devido às suas características de deflexão e distribuição de pressão. Os pneus radiais normalmente apresentam área de contato maior que os diagonais de mesmo tamanho, nas mesmas condições de carga e de pressão de inflação, assim como a altura das suas garras é, em geral, bem maior.

Ainda que não exista uma terminologia oficial a respeito, pode-se distinguir entre os pneus radiais, os "convencionais" e os de "baixa pressão". Os primeiros tem aparência externa semelhante às dos diagonais similares apresentando, porém, características de flexão dos flancos e da banda de rodagem próprias da sua construção. A designação de tamanho também é semelhante às dos diagonais, diferenciando-se pelo uso da letra "R" no lugar do traço "-", característico dos pneus diagonais (exemplo: a designação 18.4-34 de um pneu diagonal corresponde à designação 18.4R34 no pneu radial convencional). Já os radiais de baixa pressão, também conhecidos como "de alta flutuação", caracterizam-se por serem mais largos em relação ao diâmetro do pneu e terem alto volume de ar. A relação entre a altura da seção e a largura da seção do pneu, denominada "característica", é destacada na própria designação do pneu (exemplo: na designação 620/75R30, 620 é a largura do pneu em mm, 75 é a característica e 30 é o diâmetro do aro em polegada).

Os pneus de baixa pressão apresentam carcaça ainda mais flexível e operam, obviamente, a pressões mais baixas, relativamente aos diagonais. A maior área de contato e a menor pressão sobre o solo objetivam minimizar a compactação do solo. Possuem alta capacidade de absorção de choques, pois a carcaça flexível e a baixa pressão resultam num efeito amortecedor que reduz o desgaste do trator e a fadiga do operador.

Tendo em vista que, o desempenho dos tratores é função da adequação de suas características (dimensão, peso, tipo de rodado, pressão de inflação, motor, etc.) e as condições dos solos sobre os quais operam, formulou-se as seguintes hipóteses:

- a) os pneus diagonais e radiais de baixa pressão devem apresentar desempenho diferenciado quando operando com pressões corretas e acima da recomendada;
- b) os pneus diagonais e radiais de baixa pressão devem apresentar desempenho diferenciado quando operando em superfície firme e mobilizada;
- c) os pneus diagonais e radiais de baixa pressão devem apresentar desempenho diferenciado quando operando com a tração dianteira ligada e desligada;

O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho de tração de um trator agrícola equipado com pneus radiais de baixa pressão e diagonais, realizando operação de gradagem e analisar a relação custo benefício com o uso dos pneus radiais de baixa pressão.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos sobre desempenho de tração em função do pneu, da pressão de inflação e da condição de superfície do solo

Uma quantidade razoável de trabalhos tem sido conduzida para comparar o desempenho de pneus nas mais diferentes situações. De acordo com as condições do solo o ajuste da pressão de inflação e da lastragem, são em geral usados para melhorar o desempenho trativo dos tratores agrícolas. Segundo Lee & Kim (1997), principalmente a pressão nos pneus radiais tem atraído a atenção dos engenheiros; ela determina a rigidez lateral do pneu que tem uma significativa influência sobre a área de contato do pneu e na distribuição de pressão sobre a superfície de contato.

Grisso (1995), com base nos inúmeros testes realizados por fabricantes de pneus, fabricantes de tratores e universidades, resume as vantagens e desvantagens dos pneus radiais em relação aos diagonais:

a) vantagens:

- redução no consumo de combustível por área (mais de 6 % em solo firme e mais de 8 % em solo mobilizado)
- aumento da produtividade (mais de 2 % em solo firme e mais e 10 % em solo mobilizado)
- redução da patinação (verificada em todos os tipos de superfície)
- menos vibração (devido à sua construção, o radial apresenta menos tendência de ter vibrações induzidas pelas garras dos pneus)
- aumento da força de tração na barra (dependendo das condições de superfície, a tração pode ser aumentada de 6 a 10 %, sem adição de lastro)
- aumento da vida útil (cerca de 30 % a mais, fazendo o mesmo tipo de serviço dos diagonais).

b) desvantagens:

- deficiente manobrabilidade (devido, provavelmente, à baixa espessura na lateral da carcaça)
- maior suscetibilidade ao mau uso (sobrecarga ou subinflação causam deformação lateral que são mais suscetíveis a danos ou rupturas)

As referências citadas a seguir, confirmam em maior ou menor grau os pontos resumidos por Grisso (1995).

O desempenho de tração de um trator agrícola MF 292 4x2 com tração dianteira auxiliar foi estudado por Corrêa (1993) visando comparar o uso de pneu radial convencional e diagonal, inflados à pressão correta. Os jogos de pneus estudados foram: a) radial convencional Firestone 18.4R34 e Firestone 149R24; b) diagonal Pirelli 18.4-34 e

Pirelli 14.9-24; c) diagonal Pirelli 18.4-34 e Goodyear 14.9-24, nos eixos traseiro e dianteiro, respectivamente. Para tanto, curvas de desempenho de tração foram determinadas em duas condições de campo, para a faixa de 0 a 30 % de patinação. As duas condições de campo foram: - uma em superfície contendo restos de cultura de milho recentemente roçada e outra, com superfície vegetada por gramíneas diversas. Os resultados mostraram que o pneu radial proporcionou melhores características de tração (força de tração, potência na barra, coeficiente de tração) para índices de patinação inferiores a 15 %, nas duas condições de campo. Acima de 15 % não houve tendência geral de comportamento. Além disso, o consumo específico de combustível não mostrou diferenças significativas, o que também é positivo, pois o trator consegue desenvolver mais potência sem um gasto maior de combustível.

Coates (1985), comparando dois modelos de pneus radiais e um modelo de pneu diagonal em solo mobilizado também não encontrou diferença significativa no consumo específico embora comprovando a redução na patinação e redução no consumo horário de combustível com os pneu radiais, quando operando em velocidade de 7 a 11 km/h.

Diversos trabalhos (Thaden, 1962; Worthington, 1962; Taylor et al. 1976; Gee-Clough et al., 1977; Burt et al., 1982; Mueller & Treanor, 1985; Kotzabassis et al., 1987; Wulfsohn et al., 1988) desenvolvidos em décadas passadas e mencionados por Corrêa (1993) tem evidenciado as vantagens trativas dos pneus radiais convencionais sobre os diagonais. Um ou outro trabalho, como o de Lyne et al. (1981) não mostra, entretanto, diferenças significativas entre os dois tipos de pneumáticos quanto à eficiência e coeficiente de tração.

Potier (1990) menciona testes comparativos de um trator equipado com pneu radiais convencionais Kleber 20.8R42 Super 100 com pressão de 250 kPa (36

lbf/pol²), e pneus radiais largos Kleber 710/75R34 Super 15, pressão 150 kPa (22 lbf/pol²) realizando aração na primavera com solo seco, com a tração dianteira ligada e desligada. Nas duas condições ocorreu melhor desempenho do pneu largo, sendo porém, mais evidente com a tração dianteira desligada. Neste caso, obteve-se um aumento de 7,0 % na velocidade e na capacidade operacional, decréscimo de 19,0 % na patinagem e de 10,3 % no consumo de combustível, expresso em L/há. Com a tração ligada; o aumento foi de 3,1 % para a velocidade e a capacidade operacional e, decréscimos de 14,2 % e 6,4 %, respectivamente, para a patinagem e o consumo de combustível. A mesma operação agrícola realizada no inverno, com solo úmido e com pressão de inflação ainda mais baixa no pneu largo, de 103 kPa (15 lbf/pol²), proporcionou melhores resultados: aumento de 28,0 % na velocidade e de 80,0 % na capacidade operacional e redução de 55,2 % na patinagem. O consumo de combustível não foi medido.

Corrêa et al. (1997a) compararam o de desempenho a campo de um trator MF 292 4x2, equipado no eixo traseiro com pneumático radial convencional (Firestone 18.4R34 7000) em relação a dois diagonais (Pirelli 18.4-34 TM 64/R e Goodyear 18.4-34 DT II), todos com pressão de inflação de 110 kPa (16 lbf/pol²), realizando operação agrícola (gradagem) em solo de textura franco arenosa, com teor de água variando de 4,5 a 5,7 % (b.s.). Os parâmetros avaliados mostraram vantagens para o pneu radial convencional que desenvolveu até 3,7 % a mais de velocidade de deslocamento e capacidade operacional efetiva e, apresentou 20,1 % a menos de patinagem em relação os diagonais. Resultado semelhante foi obtido na comparação realizada por Corrêa et al. (1997b), onde foi estudado o desempenho em campo do mesmo trator nas mesmas condições de solo anterior, equipado com pneus traseiros radiais de baixa pressão (Michelin 600/65R34) XM 108) e pneus diagonais

(diagonais Pirelli 18.4-34 TM 64/R e Goodyear 18.4-34 DT II), todos com pressão de inflação de 110 kPa (16 lbf/pol²). As seguintes vantagens foram encontradas com o uso de pneu radial de baixa pressão: aumento de até 4,8 % na velocidade e capacidade operacional de campo e redução de até 28,9 % na patinagem.

Em outro experimento, Corrêa et al. (1997c) estudaram o desempenho de um trator Valmet 1780 Turbo 4x2 aux., 123 kW no motor, equipado com dois jogos de pneumáticos: - diagonais, Firestone 24.5-32, SAT 23, 138 kPa (20 lbf/pol²) no eixo traseiro e Goodyear 18.426, Power Torque, 150 kPa (22 lbf/pol²) no eixo dianteiro; - radiais de baixa pressão, Michelin 650/75R32, X M28, 69 kPa (10 lbf/pol²) no eixo traseiro e Michelin 18.4R26 X M27, 103 kPa (15 lbf/pol²) no eixo dianteiro. A avaliação foi feita em solo de textura média, vegetada, com teor de água variando de 23,7 a 25,3 %, com o trator tracionando uma carga constante na barra de tração imposta por outro trator. As vantagens do jogo de pneumático radial de baixa pressão foram: 8,6 % a mais de potência na barra e redução de 28,8 % na patinagem.

Os resultados encontrados por Briese et al. (1998), na comparação de pneus radiais de baixa pressão e pneus diagonais em solo de várzea preparado, confirmam estudos de Corrêa (1993) e Corrêa et al. (1997a, 1997b, 1997c). Nesse estudo, foram avaliados um jogo de pneus diagonais dianteiros Pirelli 14.9-24 PD22, 96 kPa (14 lbf/pol²) e traseiros Goodyear 23.1-26 Super Arrozeiro, 110 kPa (16 lbf/pol²) e, um jogo de pneus dianteiros radiais de baixa pressão Michelin 480/65R24 X M108, 82 kPa (12 lbf/pol²) e traseiros Michelin 620/75R26 X M27, 82 kPa (12 lbf/pol²), montados em um trator MF 292 Turbo, 78 kW (105 cv) no motor. Os autores mencionam redução de 37,0 % na patinagem com o uso do pneu radial de baixa pressão para um esforço na barra de tração de 29,4 kN (3000 kgf),

próximo da condição de máxima tração, sendo possível inferir das curvas representativas da patinação em função da força de tração, mudança de 12 % para 4 % na patinação (redução de 67 %) na condição de esforço na barra de tração de 15 kN e mudança na patinação de 19 % para 9 % (redução de 53 %) na condição de 20 kN na barra de tração. O pneu radial de baixa pressão proporcionou também melhor eficiência trativa em relação ao diagonal. A resistência ao rolamento medida em duas velocidades (2,9 km/h e 5,8 km/h) mostrou-se, para o pneu radial, inferior à do diagonal apenas na velocidade mais alta. À velocidade baixa, a resistência ao rolamento não diferiu significativamente entre os dois pneus.

Quatro tipos de pneumáticos foram avaliados por Elonen et al. (1996), quanto ao desempenho de tração em campo: radial convencional 16.9R38, em rodado simples; radial 16.9R38 em rodado duplo; radial de baixa pressão 540/65R38 em rodado simples; diagonal de baixa pressão 700/55-34, em rodado simples. Os pneus foram montados no eixo traseiro de um trator 4X2 TDA e inflados com a pressão mais baixa permitida pelo fabricante. Foram determinadas curvas de força e eficiência de tração em função da patinação dentro da faixa de 5 a 60 %, em solo argiloso e em solo orgânico. Os resultados mostraram que a eficiência de tração mais baixa ocorreu para o pneu diagonal de baixa pressão e a mais alta, para o pneu radial simples.

Zoz & Turner (1994) estudaram o desempenho de tratores equipados com pneus radiais, calibrados com a pressão correta e com pressão de inflação acima da recomendada, esta última conforme costume dos usuários. Os resultados mostraram um aumento de 4 a 7 % no pico da eficiência trativa com o uso da pressão correta, sendo que os maiores ganhos no desempenho foram obtidos em solos soltos; em solo firme as diferenças foram pequenas e quase não existiram em superfície de concreto.

Lanças et al. (1995) também mostraram os benefícios de se usar a pressão correta/baixa em pneus 20.8R42 montados em um trator John Deere 8870 4x4, com rodado duplo, em experimento realizado nos Estados Unidos. Duas pressões de inflação foram utilizadas: uma alta, 166 kPa (24 lbf/pol²) em todos os pneus e uma correta/baixa indicada para a combinação do rodado dianteiro e traseiro: 90/76 kPa (13/11 lbf/pol²) no ensaio de primavera (após chuva) em solo firme e em solo preparado. Já no ensaio de verão (época de estiagem) em solo argiloso, mobilizado com escarificador/subsolador, três pressões foram utilizadas: uma alta, usual entre os agricultores de 166 kPa (24 lbf/pol²); uma pressão média de 138 kPa (20 lbf/pol²); e uma correta/baixa de 90/97 kPa (13/14 lbf/pol²) no rodado dianteiro e traseiro, respectivamente. É importante ressaltar que no ensaio de primavera, em solo argiloso, o teor de água do solo variou de 36,4 % a 39,3 % (b.s.) enquanto que, no ensaio de verão, em solo silte argiloso, o teor de água variou de 9,7 % a 11,4 % (b.s.). Os autores verificaram que no teste de primavera, utilizando a pressão correta, em solo não preparado, o trator consumiu 18,3 % menos de combustível (L/ha), desenvolveu 7,5 % mais de capacidade operacional e reduziu a patinagem em 34,3 %; em solo preparado. Com a pressão correta o trator também apresentou economia de combustível (menos 20,0 %), redução de 78,0 % na patinagem e aumento de 5,7 % na capacidade operacional. No teste de verão, durante operação de subsolagem, obteve-se uma redução de 6,0 % no consumo de combustível, 35,6 % na patinagem e um aumento de 4,6 % de capacidade operacional para a condição de pressão correta.

Na mesma linha de estudo, Lanças et al. (1997) avaliaram o desempenho de um pneu radial de baixa pressão 710/70R38 inflado com três pressões: uma alta, 166 kPa (24 lbf/pol²) e duas recomendadas ("baixa/correta"), 49 kPa (7 lbf/pol²) e 42 kPa

(6 lbf/pol²) e operando em duas condições superficiais de solo (mobilizado e não mobilizado) com dois teores de água no solo (seco e úmido). As avaliações foram realizadas com os pneus adaptados a um equipamento de teste denominado *UCD - Single Wheel Tester*. Os resultados mostraram que houve influência significativa de pressão de inflação do pneu, com melhores resultados para os tratamentos com o pneu nas pressões recomendadas em todos os parâmetros estudados (aumento de 10 e 15 % na eficiência trativa e aumento de 30 e 35 % no coeficiente de tração). O solo não mobilizado forneceu melhores resultados em todas as situações analisadas havendo também tendência de melhores resultados para os solos secos, principalmente acima de 15 % de patinação.

Ferreira et al. (1999) analisaram o desempenho de tração de pneus radiais e diagonais variando a relação cinemática (kv) entre os eixos dianteiro e traseiro, em duas condições de superfície de solo (firme e solto). As relações cinemáticas de 1,01 e 0,98 foram obtidas com a mudança das pressões dos pneus. Os autores concluíram que os pneus diagonais tiveram melhor desempenho do que os radiais nas duas condições de superfície, sendo que, para kv igual a 1,01 os pneus diagonais foram melhores e para kv igual a 0,98 os pneus radiais desempenharam melhor. Atentando-se, porém, para os dados apresentados pelos autores, nota-se que as conclusões são parcialmente equivocadas. O desempenho de tração também deveria ser determinado com a configuração normal de pressão, cujo relação cinemática, segundo consta no artigo, foi de 1,336 (provavelmente com pneus diagonais), para comparar com as alternativas estudadas: a relação cinemática original poderia não estar prejudicando o desempenho. O baixo desempenho do pneu radial neste trabalho, provavelmente se deva ao uso de pressões muito altas para se obter os kv estudados, pois para a distribuição de peso que caracterizava o trator, a pressão correta para os radiais seria 62 kPa

(9 lbf/pol²) nos pneus dianteiros e igualmente, 62 kPa (9 lbf/pol²) nos pneus traseiros. Para obter kv igual a 0,98 as pressões passam a 90 kPa (13 lbf/pol²) e 159 kPa (23 lbf/pol²), respectivamente nos pneus dianteiros e traseiros; e para obter um kv igual a 1,01 foram necessários 117 kPa (17 lbf/pol²) e 159 kPa (23 lbf/pol²), respectivamente, nos pneus dianteiros e traseiros. Para os pneus diagonais, as pressões corretas, de 96 kPa (14 lbf/pol²) e 110 kPa (16 lbf/pol²), respectivamente nos pneus dianteiros e traseiros, passam a 83 kPa (12 lbf/pol²) e 110 kPa (16 lbf/pol²) para obter kv igual a 0,98 e, a 124 kPa (18 lbf/pol²) e 96 kPa (14 lbf/pol²) para obter kv igual a 1,01.

Kotzabassis et al. (1987) realizaram experimento de campo para comparar o desempenho de um trator John Deere 4450 equipado alternadamente com pneus radiais e diagonais, em dois tipos de solo (Miller Clay e Norwood Silt Loam), com dois tipos de implementos (montado e tracionado), com duas configurações de rodado (simples e duplo), operando com a tração dianteira ligada e desligada em duas condições de superfície (firme e mobilizado). Os parâmetros de desempenho estudados foram a eficiência de tração, a patinagem das rodas motrizes, o consumo específico de combustível e a capacidade de campo teórica. Os resultados mostraram que a eficiência de tração com os pneus radiais foi, em geral, maior do que com os diagonais, havendo redução da patinagem com os pneus radiais, sendo a diferença mais expressiva na configuração rodado duplo. O consumo específico de combustível foi, aproximadamente, o mesmo para os dois pneus e os pneus radiais desenvolveram uma capacidade operacional cerca de 20 % maior que os diagonais.

Bashford et al. (1992) estudaram o efeito do tamanho do pneu e da pressão de inflação no desempenho trativo de um trator Case 7120 4x2 com TDA auxiliar. O trator foi equipado com pneus radiais com aros 42, 46 e 54 polegadas de diâmetro, operando

com pressão de inflação de 55 kPa (8 lbf/pol²), 83 kPa (12 lbf/pol²) e 124 kPa (18 lbf/pol²), em duas condições de superfície (firme e solta). Variando os níveis de patinação de 0 a 60 %, foram levantadas as curvas de desempenho dos parâmetros eficiência e coeficiente de tração. Em quase todas as situações a pressão de inflação mais baixa melhorou o desempenho trativo.

4.2 Aspectos sobre o uso da tração dianteira auxiliar - TDA

O espaço que os tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar ganharam no mercado nacional (cerca de 60 % dos tratores atualmente disponíveis apresentam TDA), confirmam as vantagens trativas apontadas em trabalhos de pesquisa, realizados em geral com pneus diagonais, pois são os que normalmente equipam os tratores agrícolas. Quase não há questionamentos sobre sua superioridade em relação à sua versão com tração simples. A introdução desse fator de variação do desempenho nesse trabalho, buscou ampliar as condições de comparação entre os pneus diagonais e radiais.

Segundo Bashford (1985) o grau de vantagem do trator com TDA é dependente da superfície de tração e da distribuição de peso do trator na versão simples para o qual a comparação é feita. O autor comparou o desempenho de um trator com e sem a tração dianteira auxiliar acionada, em superfície com restos de cultura de trigo antes e após a aração, com duas distribuições de peso nos eixos dianteiro e traseiro. As operações com a tração dianteira ligada resultaram em menor patinação, menor resistência ao rolamento e maior força de tração, tendo a distribuição de peso nos eixos exercido maior influência com a tração desligada do que com ela acionada.

Significativo é o trabalho realizado por Fontana et al. (1986) em operação com escarificador, em solo de textura franco-siltosa, para comparar o desempenho de dois tratores, com e sem tração dianteira, adotando ou não o uso de lastro dianteiro. Os autores verificaram que houve aumento de velocidade de deslocamento com o uso da tração auxiliar, a qual proporcionou um aumento de 5,67 %, em média, na capacidade operacional efetiva. Observaram também, uma redução de 38,7 % na patinagem, um aumento de 5,82 %, em média, no consumo horário de combustível com o uso da TDA, sem aumento no consumo de combustível por área trabalhada.

Com base nos dados levantados em ensaios oficiais de tratores em pista de concreto, Yanai et al. (1988) analisaram o desempenho de cinco tratores com TDA, comparando-os a sua versão de tração simples. Os resultados indicaram que o uso da TDA causou um aumento de 33,3 % na força de tração quando totalmente lastrado e um aumento de 13,9% no consumo horário na condição de tração máxima.

O uso da tração dianteira auxiliar foi estudado por YANAI et al. (1998 e 1999) no trator MF 292 4x2 TDA., sob diferentes condições de lastragem e de pressão de inflação. Submetido a uma condição de carga constante na barra de tração de 12,2 kN, o trator apresentou uma redução de 29,8 % na patinagem, um aumento de 4,2 % na velocidade de deslocamento e um aumento de 3,2 % na potência na barra com a tração dianteira ligada. O consumo horário de combustível não diferiu significativamente com o uso da TDA. Esse resultado, aparentemente contraditório, se explica pelo fato das condições de tração na barra, serem diferentes nos dois trabalhos: no primeiro, a condição de carga é a máxima; no segundo, a carga é inferior à máxima. Uma das abordagens do trabalho de Hilbert et al. (1995), confirmam o incremento de potência na barra e a redução na patinagem de um trator operando

com a tração dianteira ligada, principalmente em condições extremas de esforço tratório, em relação à tração desligada.

Apesar de alguns resultados contraditórios, o estudo de Cardoso & Balastreire (1992), mostra que o trator com tração dianteira auxiliar desenvolveu maior força de tração que o modelo similar 4x2, em condição de solo (textura argilosa) firme e mobilizado, para o nível de 15 % de patinagem.

No experimento de Kotzabassis et al. (1987), a operação do trator com a tração desligada causou um aumento médio de 20 % no consumo específico de combustível e pequeno aumento na patinagem e na capacidade operacional.

4.3 Aspectos sobre compactação do solo devido ao tráfego de veículos equipados com pneumáticos

A compactação do solo causada pelo tráfego de máquina ou pela intervenção de máquinas no solo, tem sido objeto de estudo de vários autores e, reconhece-se que, por menos que se trafegue sobre o campo, ela sempre ocorrerá (Jorajuria et al., 1997), Siqueira et al., 1999, Machado et al., 1999). Thangavadivelu et al. (1994) também estudaram o efeito do tráfego de tratores de rodas e esteiras, sobre a densidade e a resistência à penetração, sob três teores de água no solo. Os teores de água foram escolhidos com base no teste de compactação de Proctor, que determinou o índice de 15,0 +/- 1,5 % (b.u.) para a máxima densidade. Os outros dois teores de água foram (15 +/- 3)% e (15 +/- 6)%. Os autores planejavam o teor de água correspondente a 12 % (15-3) % mas, devido às limitações de tempo e de clima desfavorável, este nível não foi conduzido. Os tratores utilizados foram: a) um John Deere 8760 (191 kW) pesando 140.000 N, equipado com rodado duplo diagonal

(18.4-42) com pressão de calibração de 96 kPa (14 lbf/pol²) no eixo dianteiro, escolhida com base na distribuição de peso; b) um trator Caterpillar Challenger 75 (191 kW) pesando 147.000 N, equipado com esteiras de borracha. O índice de cone e a densidade do solo foram avaliados antes e após a passagem dos tratores. A resistência à penetração foi determinada ao longo do rastro do rodado até a profundidade de 0,65 m, tomando-se dez leituras para cada tratamento (5 no rastro esquerdo e 5 no rastro direito). As amostras de solo para determinação da densidade e do teor de água foram tomadas a 0,13 m e 0,36 m de profundidade. A primeira profundidade escolhida foi por estar dentro da faixa normal de aração e a segunda, foi escolhida arbitrariamente, apenas por estar abaixo da profundidade de aração. O resultado análise mostrou que o índice de cone foi, em média, 7,5% maior após a passada do trator de rodas do que com o trator de esteira, considerando-se todos os teores de água e profundidade; entretanto, para o teor de água próximo ao máximo do Proctor, nenhuma diferença foi encontrada na resistência à penetração causada pelos dois tratores. Com níveis de água mais altos, a resistência à penetração foi maior nos tratamentos com rodas do que com esteiras. Uma significativa diferença na densidade do solo foi observada entre os dois tratamentos, na camada de aração, sendo 3,0% em média, maior para os tratamentos com rodas. A maior diferença foi observada próximo ao teor de água de Proctor.

No estudo de Lanças et al. (1995), os autores compararam o uso de pressão alta e pressão correta, analisando o efeito na compactação do solo (pelo índice de cone) em solo argiloso com alto teor de água e em solo silte argiloso com baixo teor de água. O índice de cone foi obtido com um penetrômetro hidráulico-eletrônico, montado e acionado por um trator, sendo feitas amostragens dentro e fora do rastro. No ensaio em solo argiloso, com alto teor de água, os resultados foram bem definidos, observando-se aumento na

velocidade de deslocamento, redução no consumo de combustível por área trabalhada, redução na patinação e redução no índice de cone no rastro do pneu, com o uso da pressão correta. No ensaio em solo silte argiloso, com baixo teor de água, somente o índice de cone não apresentou comportamento coerente com a diminuição da pressão, tendo diminuído quando passou de 166 kPa, para 138 kPa e, aumentando quando passou de 138 kPa para 90/97 kPa. Os demais parâmetros avaliados atestam, porém o melhor desempenho do trator quando usando a pressão correta.

O efeito da compactação, entretanto, quando avaliado com o uso de penetrômetros pode ser confundido pelo teor de água do solo, segundo Campbell & O'sullivan (1991), sendo desejável fazer as medições sempre a um teor de água padrão, como na capacidade de campo. Outra polêmica com relação ao uso de penetrômetros é a manutenção da velocidade com que deve ser cravado no solo, quando operado manualmente.

Apesar das limitações e/ou problemas, Campbell & O'sullivan, (1991) concordam em que o penetrômetro é um meio rápido e fácil para indicação comparativa do estado de compactação em solos de mesmo tipo e teor de água de solo. Por essa razão, provavelmente, tem-se observado o emprego desse equipamento em estudos de tráfego de veículos e sistemas de cultivo, tais como: Machado et al. (1999), Hilbert et al. (1999), Siqueira et al. (1999), Lanças et al. (1998).

A compactação do solo está fortemente relacionada ao peso e ao número de passadas do veículo, conforme demonstraram Jorajuria et al. (1995) e Jorajuria et al. (1997). Os autores utilizaram o índice de cone e a densidade do solo para avaliar a compactação produzida por dois tratores com tração simples, equipados com pneumáticos diagonais de diferentes medidas (12.4-36 e 18.4-34, para o trator leve e pesado,

respectivamente), concluindo que é possível conseguir o mesmo nível de compactação com muitas passadas de um trator mais leve ou, com poucas de um trator pesado.

Arvidsson & Ristic (1996) estudaram os efeitos na compactação e tensões do solo provocados por 4 pneus agrícolas (Taurus 18.4-38, Kleber 520/70R38, Michelin X M108 600/65R38 e Trelleborg Twin 650/60-38). Os efeitos da compactação foram avaliados em termos da profundidade do rastro e da resistência à penetração. Para a profundidade do rastro foi usado um quadro com 12 castanhas ajustáveis, espaçadas de 6 cm, transversalmente ao rastro. Para a resistência à penetração foi usado um penetrógrafo manual com registro eletrônico de dados, sendo feitas leituras de até 500 mm de profundidade. Os autores concluíram que o aumento da pressão de inflação aumentou significativamente todos os parâmetros medidos, sendo que a resistência à penetração na camada superior do solo (14-21 cm) sofreu efeito mais significativo do que à profundidade de 38-46 cm para os fatores pneu e pressão estudados. Vale destacar que os maiores índices de resistência foram provocados pelo pneu 18.4R38 de menor largura que os demais (470 mm).

Munson et al. (1994) comprovam que a redução da pressão de inflação reduz a compactação do solo. A demonstração desse efeito pelos autores baseou-se na determinação da tensão e densidade do solo antes e após o tráfego de um trator equipado com rodado duplo radial 18.4R38, deslocando-se sobre terreno arado e gradeado três meses antes, à velocidade de 8,0 km/h. O trator foi operado com e sem carga na barra de tração. Três pressões de inflação foram utilizadas: 48, 107 e 165 kPa. Embora as determinações de densidade não tenham produzido diferenças significativas, os autores concluíram pela influência da pressão de inflação na resposta das tensões no solo, pois a pressão de 48 kPa

causou menos tensão que a pressão de 107 kPa e, esta por sua vez, menos que a pressão de 165 kPa.

A eficiência dos pneus de alta flutuação em reduzir a compactação do solo e a profundidade do rastro do pneu, foi estudada por Chi & Tessier (1994) num solo argiloso, típico do Quebec, Canadá. Dois caminhões pesados (25-30 t) equipados com tanque de esterco líquido foram usados no experimento de campo. Um dos caminhões foi equipado com pneus de alta flutuação (Firestone 42x25.0-20 e 48x311-20) inflados a 210 kPa (30 lbf/pol²) e o outro usou pneus radiais convencionais (Dunlop 14.8R20 e 11R20.5) inflados a 690 kPa (100 lbf/pol²). Cinco tratamentos foram usados: uma e duas passadas para cada tipo de pneumático estando o tanque com carga de 11,4 m³ de esterco e, uma passada com o pneu de alta flutuação com o tanque carregado com 9,0 m³ de esterco. A compactação do solo foi avaliada pelo índice de cone (uma medição em cada parcela antes da compactação e quatro medições após a compactação) e pela profundidade do rastro, cuja técnica de medição não foram explicadas pelos autores. Além disso, foi monitorado o crescimento da cultura em quatro fases e, durante a colheita foram colhidas espigas de milho na região do rastro das rodas e fora delas, para estimar a produtividade da cultura. Os resultados mostraram que os pneus de alta flutuação produziram rastros significativamente mais rasos e compactação mais uniforme à superfície do solo, do que os pneus radiais convencionais. Foi observado também que os pneus de alta flutuação melhoraram significativamente a trafecabilidade no campo e a eficiência de operação dos caminhões pesados, principalmente em solo úmido. Num teste à parte, verificaram os autores, que o caminhão equipado com este pneumático foi capaz de se deslocar 20 vezes em solo úmido antes de atolar. Quanto à produtividade da cultura, embora prejudicada pelas condições climáticas foi possível observar que mesmo sobre o rastro dos

pneus, a produtividade com o pneu de alta flutuação foi maior do que com o radial convencional.

Admitindo-se que é impossível eliminar o fenômeno da compactação, a questão portanto, é buscar a redução de seus efeitos. Schafer et al. (1992) ao analisarem os diversos aspectos da compactação do solo apontam as necessidades de pesquisa do futuro. Destaque especial foi dado pelos autores à necessidade de implantação de sistemas de gerenciamento, que contemplem o controle do tráfego de veículos, distinguindo rotas de tráfego da zona de cultura e, usando pneus de baixa pressão que não criem tensões causadoras de compactação prejudicial.

4.4 Aspectos sobre custo-benefício

Tão importante quanto conhecer as vantagens e/ou desvantagens dos pneus radiais, é a necessidade de uma análise custo-benefício para a implementação de seu uso nas operações agrícolas, em vista de seu alto preço de aquisição. Evidentemente, essa relação vai depender muito de cada sistema de gerenciamento da propriedade. Grisso (1995) recomenda usar os registros de capacidade operacional e de consumo de combustível da propriedade para fazer estimativas de custos, lembrando que, como as condições de solo podem mudar a cada ano, os requisitos de potência devem ser tomados como uma estimativa e não em termos absolutos. O autor relata que o retorno do investimento dos pneus radiais é mais imediato em operações de alta exigência de tração, como o preparo do solo e apresenta

uma planilha para determinar esse período de retorno do investimento em radiais. No exemplo ilustrado por Grisso (1995), o investimento em pneu radial foi amortizado após o segundo ano.

Ozkan & Yahya (1986) apresentam uma comparação econômica dos pneus radiais e diagonais usando um programa que determina o período de retorno do investimento. O programa leva em conta diversos fatores, tais como, a potência na tomada de potência, tempo de uso anual do trator, preço do combustível, custo de aquisição dos pneus radiais e diagonais, o custo hora do trator, o aumento da capacidade de campo e a economia de combustível com pneus radiais, taxas de juros e de inflação. No exemplo hipotético de Ozkan & Yahya (1986) a economia total dos radiais foi de 0,75 U\$/h e o período de amortização do investimento foi de 667 horas.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

5.1.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em terreno pertencente à Escola Técnica Agrícola Estadual Benedito Storani, em Jundiaí, SP com declividade de 2%, apresentando superfície predominantemente coberta por guanxuma (*Sida rhombifolia*), capim marmelada (*Brachiaria plantaginea (Link) Hitch*), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus L.*), picão preto (*Bidens pilosaL.*). A área, cujas características de solo, classificado como Podzólico Vermelho Amarelo, são apresentadas no quadro 1, estava em repouso há um ano , tendo sido roçada três meses antes do início do experimento. A classe textural do solo no local do experimento, para amostras retiradas até a profundidade de 150 mm, foi caracterizada como solo de textura média ou franco-argilo-arenoso, conforme a classificação textural escolhida e,

citada por Oliveira et al. (1992) tendo apresentado a seguinte composição granulométrica: 25 % de areia grossa, 37 % de areia fina, 8 % de silte e 29 % de argila.

Quadro 1 – Características do solo no local do experimento.

Profundidade (mm)	Densidade Média do Solo	Teor de água Médio do Solo
	g/cm ³	%
0 – 150	1,39 (CV: 5,42%)	9,30 (CV: 7,80%)
150 - 300	1,45 (CV: 4,24%)	12,11 (CV: 9,69%)
Classe textural: franco-argiloso- arenoso		

Nota: Em 1993, a densidade média do solo nesse local era de 1,26 g/cm³, na camada de 0 -150 mm.

5.1.2 Equipamentos utilizados para caracterização do solo

a) Anéis volumétricos de aço, com capacidade de 100 cm³, castelo, espátula, enxadão e recipientes de alumínio com tampa, para a determinação da densidade do solo.

b) Recipientes de alumínio, com tampa, para coleta de amostras de solo para a determinação do teor de água do solo.

c) Balança eletrônica de precisão, marca Sartorius, modelo 2214, leitura de 0,1g utilizada para pesagem das amostras de solo.

d) Estufa marca FABBE modelo 170, utilizada para secagem das amostras de solo.

5.1.3 Pneus agrícolas

Os pneus utilizados nos ensaios foram:

a) um conjunto de pneus diagonais, traseiros Pirelli 18.4-34, TM 40, 10 lonas e dianteiros Pirelli 14.9-24 TM 64/R, 6 lonas (Figura 1).

b) um conjunto de pneus radiais de baixa pressão, traseiros Michelin 600/65R34 X M108 TL 142, e dianteiros Michelin 480/65R24 X M108 TL 124 (Figura 2).



a)



b)

Figura 1 – Configuração da banda de rodagem do jogo de pneus diagonais: a) pneus dianteiros; b) pneus traseiros.



a)



b)

Figura 2 – Configuração da banda de rodagem do jogo de pneus radiais: a) pneus dianteiros; b) pneus traseiros.

5.1.4 Equipamento utilizado na determinação da altura das garras dos pneus.

Dispositivo especial, construído e descrito por Menezes & Yanai (1989) e paquímetro, para medição da altura das garras.

5.1.5 Conjunto trator agrícola e grade agrícola média

Os pneumáticos estudados foram montados em um trator Massey Ferguson modelo 295 (TDA), potência máxima de 77 kW a 2200 r/min pertencente ao Centro de Mecanização e Automação Agrícola/IAC, lastrado com água nos pneus dianteiros e traseiros e com oito lastros metálicos na parte frontal do trator. No quadro 2, constam as características ponderais do trator MF 295, equipado com os dois jogos de pneumáticos, as quais levam em conta os pesos do tanque de combustível cheio, do operador, dos equipamentos de medição, do assento instalado no engate de três pontos e do operador dos equipamentos.

A avaliação do desempenho do trator foi realizada, para a operação de gradagem utilizando uma grade de disco média de 18 discos de 660 mm (26 pol), de diâmetro, marca Baldan (Figura 3) com peso de 17,01 kN (1734 kgf) pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da UNESP, Jaboticabal.



Figura 3 – Conjunto trator-grade agrícola de discos média

Quadro 2 – Características ponderais do trator MF 295 4x2 com TDA

Posição no trator	Em função do conjunto de pneus			
	Diagonal		Radial	
	kN	kgf	kN	kgf
Eixo dianteiro	20,80	2120	21,92	2233
Eixo traseiro	37,07	3779	38,86	3963
Total	57,87	5899	60,78	6196

5.1.6 Equipamentos utilizados na pesagem do trator

Sistema de pesagem composto de quatro balanças eletrônicas marca ALFA, capacidade 400 N cada, ligado a indicador digital marca ALFA modelo 3102, 110/220 V, divisão de leitura: 0,1 N.

5.1.7 Equipamento para medição da força de tração

a) Célula de carga ALFA capacidade de 10 t, ligada a indicador digital LOGODATA, modelo BR 103 e a um registrador numérico. O conjunto permite que se programe o tempo de impressão, a data e a hora do teste. Ao final da leitura o registrador apresenta a média dos valores de força.

b) Moto-gerador elétrico marca YANMAR, corrente alternada, 110 V, 2500 W, instalado na parte frontal do trator, para fornecer energia elétrica ao indicador digital da célula de carga e do medidor de combustível.

5.1.8 Equipamentos para medição da velocidade de deslocamento

Roda odométrica, constituída por uma roda de bicicleta aro 20, instalada atrás da roda traseira esquerda do trator e, em cujo cubo foi montada uma engrenagem de 20 ressaltos e um sensor indutivo de rotação.

5.1.9 Equipamento para medição da patinagem das rodas motrizes

Painel (rack) com seis totalizadores digitais com visor em cristal líquido e um cronômetro elétrico, ligados em conjunto, funcionando como cronodômetro e cronotacômetro. Um interruptor, montado na parte frontal do painel permitia o acionamento

dos totalizadores, que foram sensibilizados por sinais (pulsos) elétricos oriundos de engrenagens dentadas com 20 ressaltos e sensor indutivo, acopladas às rodas de tração do trator. (ver Apêndice 1)

5.1.10 Equipamento para medição da circunferência de rolamento

Trena de 50 m marca LUFKIN e giz.

5.1.11 Equipamento para medição da rotação do motor

Haste metálica presa à tomada de potência que sensibiliza um sensor indutivo (um pulso a cada volta), ligado ao painel dos totalizadores. (ver Apêndice 2)

5.1.12 Equipamento para medição do consumo de combustível

Medidor de vazão marca OVAL, modelo M-III LSN41L8-M1 tipo engrenagens ovais, vazão máxima de 100 L/h, precisão +/- 1% da leitura, ligado a totalizador marca OVAL modelo EL0122-362111, 110 V, com totalização remota e conversão pulso/sinal analógico, proporcional a vazão. Nesse modelo de medidor, para cada volta das engrenagens, 1 cm³ de combustível é deslocado ao mesmo tempo em que é gerado um pulso elétrico, que é convertido e apresentado no indicador digital, em L/h, L/min ou volume total no período, conforme seleção através de botão na parte frontal do indicador. O medidor (ver Apêndice 3) foi instalado no trator entre o tanque de combustível e a bomba de alimentação, eliminando-se dessa forma, as pulsações geradas pela mesma. O retorno dos bicos e da bomba injetora, ao invés de ir para o tanque de combustível foi conectado ao circuito de alimentação, logo após o medidor. Com isso, todo óleo que passava pelo medidor era consumido.

Para assegurar que a leitura de consumo de combustível fosse correta foi realizada uma aferição do mesmo, instalando-o em série com o medidor de consumo do Laboratório de Dinamometria do Centro de Mecanização e Automação Agrícola/IAC. Os resultados dessa aferição constam do Apêndice 4.

5.1.13 Equipamento para medição da temperatura do combustível

Termosensor tipo k, instalado antes da entrada da bomba injetora e ligado a indicador digital marca Eurocontrol modelo TC 900.

5.1.14 Equipamento para medição da pressão de inflação

Para a variação da pressão de inflação foi utilizado um manômetro marca Joe Marah, com capacidade para 345 kPa (50 lbf/pol²) com subdivisões de 7 kPa (1 lbf/pol²).

5.1.15 Equipamentos para determinação da densidade do combustível

- a) Densímetro JUMO APSA, escala de 0,700 a 1,000 kg/L, leitura de 0,005 kg/L.
- b) Termômetro de mercúrio, escala - 2 a 52° C, leitura de 1° C.
- c) Proveta, vasilha de alumínio e resistência elétrica.

5.2 Métodos

5.2.1 Determinação dos parâmetros físicos do solo

A caracterização física do solo, utilizando métodos consagrados na literatura sobre pedologia, foi feita em termos de:

a) Densidade do solo: determinada pelo método do anel volumétrico às profundidades 0-150 mm e 150-300 mm, tomando-se um total de 10 amostras na área do experimento, antes do início das avaliações;

b) Teor de água do solo: duas amostras nas parcelas com superfície de solo firme, a duas profundidades (0-150 mm; 150-300 mm) totalizando 20 amostras por tratamento;

c) Classe textural: foram adotados os resultados obtidos pelo Instituto Agronômico, para o experimento de Corrêa (1993), em virtude de tratar-se do mesmo local.

5.2.2 Determinação da altura das garras dos pneus (Apêndice 5)

Foram realizadas 8 medições aleatórias ao longo e no centro da banda de rodagem de cada pneu.

5.2.3 Determinação das características ponderais do trator

As características de peso do trator foram determinadas com o uso de quatro balanças eletrônicas. Para tanto, o trator foi movimentado até as balanças, de modo que as rodas do trator se apoiasse msobre cada uma delas (Apêndice 6). O indicador digital

mostrava simultaneamente o peso sobre cada roda. Pelo somatório das mesmas, obteve-se o peso total e o peso por eixo do trator.

5.2.4. Determinação da densidade do combustível

Para a determinação da densidade do combustível, foi tomada uma amostra de óleo Diesel do tanque do trator, com cerca de 2,0 litros. Essa amostra, foi aquecida em vasilhame de alumínio por meio de uma resistência elétrica a partir da temperatura ambiente até uma temperatura de 43 °C, próxima da máxima alcançada em campo. Foram feitas cinco leituras de temperatura e a correspondente densidade, nessa faixa de temperatura. A cada intervalo de temperatura, parte da amostra era passada para uma proveta onde eram introduzidos o termômetro e, após a retirada do mesmo era colocado o densímetro. A seguir, a amostra voltava ao vasilhame para novo aquecimento. Com os dados obtidos, uma equação de regressão foi determinada para estimar a densidade do óleo Diesel relativa às temperaturas em que o combustível estava por ocasião do experimento. No Apêndice 7, são apresentados os valores obtidos e a equação de regressão que estima a densidade do combustível em função da sua temperatura.

5.2.5 Determinação da circunferência de rolamento

A circunferência de rolamento, para a finalidade de cálculo da patinagem, foi determinada com o trator percorrendo uma distância equivalente a cinco voltas das rodas, em 1ª marcha, em pista de concreto, sem exercer esforço na barra de tração – uma das condições “zero” de tração, segundo ASAE (1996).

5.2.6 Delineamento experimental

Foi montado um experimento fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 2$, distribuído em parcelas ao acaso, com cinco repetições, totalizando 80 parcelas, sendo dois tipos de pneumáticos (diagonal e radial de baixa pressão), duas pressões de inflação (alta e correta), duas condições de acionamentos da TDA (ligada e desligada) e duas condições de superfície de solo (firme e mobilizado). O tamanho da parcela correspondia ao comprimento equivalente a pelo menos 10 voltas dos pneus traseiros, pela largura do trator.

Os fatores ou causas de variação do desempenho do trator impostas nesse trabalho foram:

a) Fator pneu:

PD = pneu diagonal;

PR = pneu radial de baixa pressão

b) Fator pressão:

PA = pressão alta:

- *no pneu diagonal*: combinação das pressões de 138 kPa e 151 kPa (20 e 22 lbf/pol²), respectivamente, nos pneus dianteiros e traseiros; muito empregada pelos tratoristas;
- *no pneu radial*: pressão de 103 kPa (15 lbf/pol²), para os pneus dianteiros e traseiros; a combinação adotada, recomendada pelo representante da Michelin para as condições de solo nacionais;

PC = pressão correta/baixa:

- *no pneu diagonal*: combinação das pressões 96 kPa e 110 kPa (14 e 16 lbf/pol²), respectivamente, nos pneus dianteiros e traseiros; de acordo com as tabelas da ABPA (1995) em função da carga sobre os rodados;
- *no pneu radial*: pressão de 62 kPa (9 lbf/pol²), para os pneus dianteiros e traseiros; a combinação foi tomada nas tabelas da MICHELIN (s/d) em função da carga sobre os rodados.

c) Fator superfície do solo:

SF = superfície firme (condição natural da área)

SM = superfície mobilizada (solo onde fora passada a grade de discos)

d) Fator tração:

TD = tração desligada

TL = tração ligada

Os fatores foram arranjados de tal forma que resultaram nos seguintes

tratamentos:

T1 = PD-PA-SF-TD

T9 = PR-PA-SF-TF

T2 = PD-PA-SF-TL

T10 = PR-PA-SF-TL

T3 = PD-PA-SM-TD

T11 = PR-PA-SM-TD

T4 = PD-PA-SM-TL

T12 = PR-PA-SM-TL

T5 = PD-PC-SF-TD

T13 = PR-PC-SF-TD

T6 = PD-PC-SF-TL

T14 = PR-PC-SF-TL

T7 = PD-PC-SM-TD

T15 = PR-PC-SM-TD

T8 = PD-PC-SM-TL

T16 = PR-PC-SM-TL

5.2.7 Procedimento experimental

A avaliação foi realizada com o trator tracionando a grade de discos em 6ª marcha (A3T), definida como ideal em testes preliminares em função da qualidade do preparo do solo e da rotação do motor. Acelerando-se ao máximo e obtida a estabilização da carga, no transcurso da parcela os contadores de giros, o cronômetro e o sensor da força de tração eram acionados, sendo que este último imprimia em papel os níveis de carga e, quando desligado, fornecia a média dos valores obtidos no percurso.

Como o medidor de combustível ficava sempre ligado, apresentando diretamente no indicador o volume consumido por hora, pelo menos cinco registros dos valores indicados eram anotados, enquanto o trator tracionava a grade de discos. Ao final da parcela, desligavam-se os contadores e cronômetros e parava-se o trator, registrando-se em planilha os seguintes dados:

- número de giros das rodas de tração;
- número de giros da roda odométrica;
- número de giros do eixo da TDP;
- tempo de percurso;
- força de tração média.
- consumo horário de combustível (registrada durante o percurso).

Para cada tratamento, esse procedimento foi repetido cinco vezes perfazendo um total de 80 parcelas.

Para a determinação da largura de corte da grade aradora, foram realizadas quatro passadas, tomando-se oito medidas ao longo da faixa trabalhada,

encontrando-se uma largura de corte média de 2,18 m e uma profundidade de corte média de 14 cm, obtida pela média de dez medições.

5.2.8 Cálculo dos parâmetros de desempenho

Os parâmetros de desempenho analisados foram:

a) Força de tração (FT)

Média dos valores impressos durante o percurso, em kgf e, posteriormente convertidos para kN.

b) Velocidade de deslocamento (VD)

$$VD = (GO \times CRO / t) \times 3,6 \quad (1)$$

onde:

VD = velocidade de deslocamento, em km/h

GO = número de giros da roda odométrica

CRO = circunferência de rolamento da roda odométrica, em m

t = tempo de percurso, em s

3,6 = constante de conversão de unidades

c) Potência na barra (PB)

$$PB = (FT \times VD) / 270 \quad (2)$$

onde:

PB = potência na barra, em kW

FT = força de tração média do percurso, em kN

VD = velocidade de deslocamento, em km/h

270 = constante de conversão de unidades

d) Patinagem das rodas de tração traseiras (PT)

$$PT = \{[(GT \times CRT) - (GO \times CRO)] / (GT \times CRT)\} \times 100 \quad (3)$$

onde:

PT = patinagem das rodas de tração traseiras, em %

GT = número de giros da roda de tração

CRT = circunferência de rolamento da roda de tração, em m

GO = número de giros da roda odométrica

CRO = circunferência de rolamento da roda odométrica, em m

100 = constante para conversão em percentual

e) Rotação do motor (RM)

$$RM = (GTDP \times Rt) \times 60 / t \quad (4)$$

onde:

RM = rotação do motor, em r/min

GTDP = número de giros do eixo da TDP

Rt = relação de transmissão entre o motor e a TDP (= 3,117)

t = tempo de percurso, em s

60 = constante de conversão de unidades

f) Consumo horário de combustível (CH)

Leitura direta no indicador digital, em L/h

g) Consumo específico de combustível (CE 1)

$$CE\ 1 = (CH \times D) / PB \quad (5)$$

onde:

CE 1 = consumo específico de combustível, em g/kW.h

CH = consumo horário de combustível, em L/h

D = densidade do combustível, em g/L

PB = potência na barra, em cv

h) Consumo específico de combustível (CE 2)

$$CE\ 2 = CH / PB \quad (6)$$

onde:

CE 2 = consumo de combustível, em L/kW.h

CH = consumo horário de combustível, em L/h

PB = potência na barra, em kW

i) Capacidade operacional teórica do conjunto trator-implemento (CO)

$$CO = LC \times VD/10 \quad (7)$$

onde:

CO = capacidade operacional teórica, em ha/h

LC = largura de corte da grade aradora, em m

VD = velocidade de deslocamento, em km/h

10 = constante de conversão de unidades.

j) Consumo por área trabalhada (CA)

$$CA = CH/CO \quad (8)$$

onde:

CA = consumo por área trabalhada, em L/ha

CH = consumo horário de combustível, em L/h

CO = capacidade operacional efetiva, em ha/h

5.3 Análise estatística

Na análise estatística foi utilizado o programa computacional SANEST - Sistema de Análise Estatística. Os resultados foram submetidos à análise de variância segundo delineamento fatorial incompleto, com número igual de repetições e, a média dos fatores e de suas combinações, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4 Análise custo-benefício

Para a análise custo-benefício, foi adaptada a planilha apresentada por Grisso (1995). A estimativa da quantidade de horas anuais empregadas no preparo do solo foi arbitrariamente considerada como 30 % do uso anual do trator que, segundo Galetti (1981) seria de 800 horas e que, conforme consta em Balastreire (1987) seria de 1200 horas. Um valor médio 1000 horas foi tomado, o que leva a 300 h de trabalho com a barra de tração, tendo em vista o percentual adotado. Na análise econômica de Grisso (1995) foi utilizado o valor de 220 horas.

O preço de aquisição dos pneus radiais de baixa pressão foi fornecido pelo representante da empresa fabricante e o preço de aquisição dos pneus diagonais foi tomado em um revendedor de pneus em Jundiaí, local do experimento.

O índice “custo máquina” foi extraído de IEA (2000). A potência na barra, o consumo específico de combustível, assim como os percentuais de economia de tempo e de combustível foram tomados dos resultados obtidos nesse experimento. Na ausência de registros próprios, Grisso (1995) sugere usar como estimativa, valores de 10 % para a economia de tempo e 8 % para a economia de combustível, que seriam bem representativos do potencial de economia dos pneus radiais.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados constantes nos Apêndices 8 a 23, cujas médias gerais estão no Apêndice 24, foi realizada a análise de variância dos parâmetros de desempenho avaliados. Para facilitar a análise estatística agrupou-se os tratamentos em função dos níveis do fator “tração” e procedeu-se o delineamento dos tratamentos segundo experimento fatorial inteiramente casualizado, comparando-se suas médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As análises de variância de cada tratamento, que determinam se houve diferenças significativas devidas aos fatores estudados e/ou suas combinações, constam dos Apêndices 25 a 34.

Uma forma resumida dessas análises pode ser visualizada nos quadros 3 e 4, que mostram respostas diferenciadas de alguns dos parâmetros estudados, quanto ao acionamento da tração dianteira.

Quadro 3 – Resultado geral da análise de variância dos parâmetros de desempenho, relativa aos tratamentos com uso da tração dianteira desligada.

Causa/fator de variação	Parâmetros de desempenho									
	FT	PT	RM	VD	PB	CH	CE 1	CE 2	CO	CA
PNEU	s	s	ns	s	s	ns	s	s	s	s
PRESSÃO	ns	s	s	S	s	s	s	s	s	s
SUPERFÍCIE	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
PNExPRES	s	s	s	s	ns	s	s	s	s	s
PNExSUP	s	ns	ns	ns	ns	s	ns	ns	ns	ns
PRESxSUP	ns	ns	ns	ns	ns	s	ns	ns	ns	ns
PNExPRESxSUP	ns	ns	s	Ns	ns	s	s	ns	ns	ns

FT = força de tração; PT = patinagem; RM = rotação do motor, VD = velocidade de deslocamento; PB = potência na barra; CH = consumo horário; CE 1 = consumo específico 1; CE 2 = consumo específico 2; CC = capacidade de campo efetiva; CA = consumo por área.
s = significativo; ns = não significativo, ao nível de 5 % de probabilidade

Quadro 4 – Resultado geral da análise de variância dos parâmetros de desempenho, relativa aos tratamentos com uso da tração dianteira ligada.

Causa/fator de variação	Parâmetros de desempenho									
	FT	PT	RM	VD	PB	CH	CE 1	CE 2	CO	CA
PNEU	Ns	s	s	S	s	s	s	s	s	s
PRESSÃO	ns	s	ns	Ns	s	ns	ns	ns	ns	ns
SUPERFÍCIE	s	s	s	S	s	s	s	s	s	s
PNExPRES	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PNExSUP	ns	S	ns	S	ns	s	s	s	s	s
PRESxSUP	ns	s	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	s
PNExPRESxSUP	ns	s	ns	S	s	ns	ns	ns	s	ns

FT = força de tração; PT = patinagem; RM = rotação do motor, VD = velocidade de deslocamento; PB = potência na barra; CH = consumo horário; CE 1 = consumo específico 1; CE 2 = consumo específico 2; CC = capacidade de campo efetiva; CA = consumo por área.
s = significativo; ns = não significativo, ao nível de 5 % de probabilidade

Enquanto que no quadro 3, observa-se que os fatores estudados (pneu, pressão, superfície) mostraram, em geral, diferenças significativas com a tração desligada, para quase todos os parâmetros estudados, no quadro 4, o fator pressão não teve o mesmo comportamento com a tração dianteira acionada, fazendo supor que nessas condições as combinações de pressão no rodado dianteiro e traseiro, não seriam tão influentes no desempenho do trator.

A combinação dos fatores, tanto no caso da tração desligada como desligada, mostra uma tendência geral de não apresentar diferenças significativas, atestando uma provável independência dos fatores estudados.

A princípio, o parâmetro força de tração não deveria ser considerado como variável dependente, pois representa a exigência de tração requerida pela grade aradora e, esperava-se que seu valor fosse constante para todos os tratamentos, de acordo com ASAE (1995). Segundo esta, a exigência de tração requerida por uma grade é função da sua massa e do tipo de solo, podendo ser estimada pela equação:

$$F = k..M \quad (9)$$

onde:

F = força de tração exigida pela grade, em kN

k = constante de proporcionalidade, em função do tipo de solo, sendo igual a 14,7 N/kg para solos argilosos; 11,7 N/kg para solos franco-argilosos e 7,8 para solos franco-arenosos.

M = massa da grade em kg

Sendo o solo do experimento de textura média (k = 11,7 N/kg) e fazendo-se as devidas conversões de unidade, o cálculo da tração exigida pela grade levaria a

um valor em torno de 20,29 kN. Durante o experimento os valores de força de tração variaram entre 18,34 e 21,86 kN, o que na média, se aproxima do valor estimado. Assim, o requerimento de tração da grade, que na prática poderia ser considerado razoavelmente homogêneo, mostrou-se estatisticamente diferente. A diversidade de condições de trabalho do experimento (principalmente a condição de superfície do solo) se, por um lado justifica tal resultado estatístico, por outro lado levanta a questão de não se ter estimativas corretas de tração representativas das condições de solo nacionais. A equação da ASAE (1995) é genérica, não faz discriminação do tipo de grade (niveladora, aradora, simples ação, dupla ação) ou das condições de umidade do solo, mas de qualquer forma, é uma estimativa que pode ser adotada, com as devidas ressalvas. Por isso, o parâmetro força de tração, neste experimento, foi analisado como resultado de desempenho e não condição uniforme de ensaio.

O detalhamento do quadro de análise de variância dos parâmetros de desempenho de tração está representado nas figuras de 4 a 23, as quais permitem visualizar o conjunto das médias de cada parâmetro em função dos fatores estudados e de suas combinações. A partir, portanto, da observação dos resultados apresentados nas figuras 4 a 23 fez-se as interpretações a seguir.

6. 1 Análise conjunta dos resultados obtidos com a tração dianteira desligada

Embora se considere improvável que uma operação de preparo do solo (de alta exigência de tração) realizada com um trator 4x2 TDA, seja feita com a tração

dianteira desligada, os resultados obtidos dessa forma, proporcionam uma opção a mais para buscar a confirmação do melhor desempenho trativo do pneumático radial de baixa pressão.

As figuras 4 a 13 mostram o resultado da aplicação do teste de Tukey às médias gerais do fator pneu com a tração desligada.

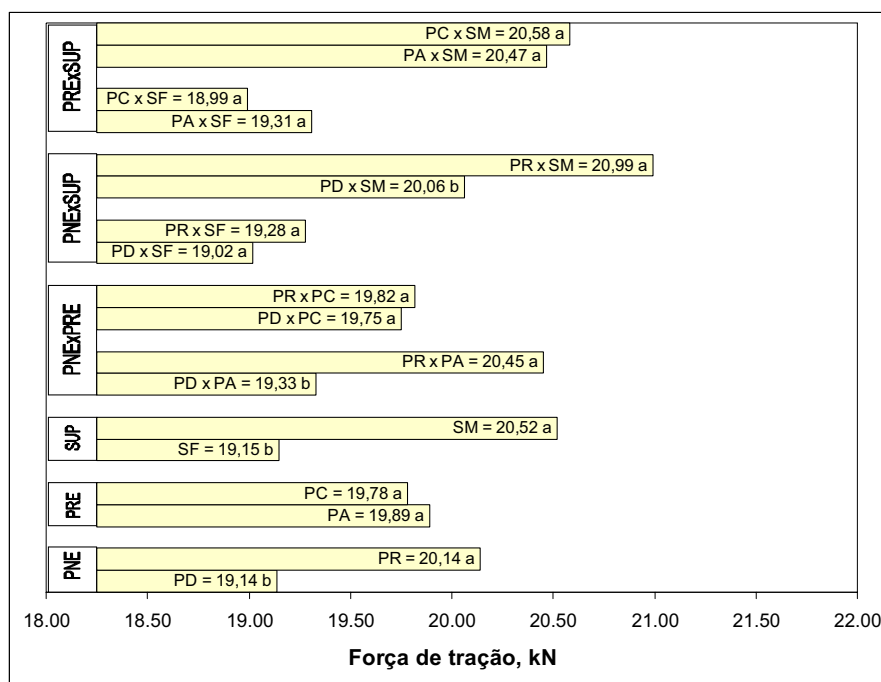


Figura 4 – Valores médios gerais obtidos para a força de tração, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

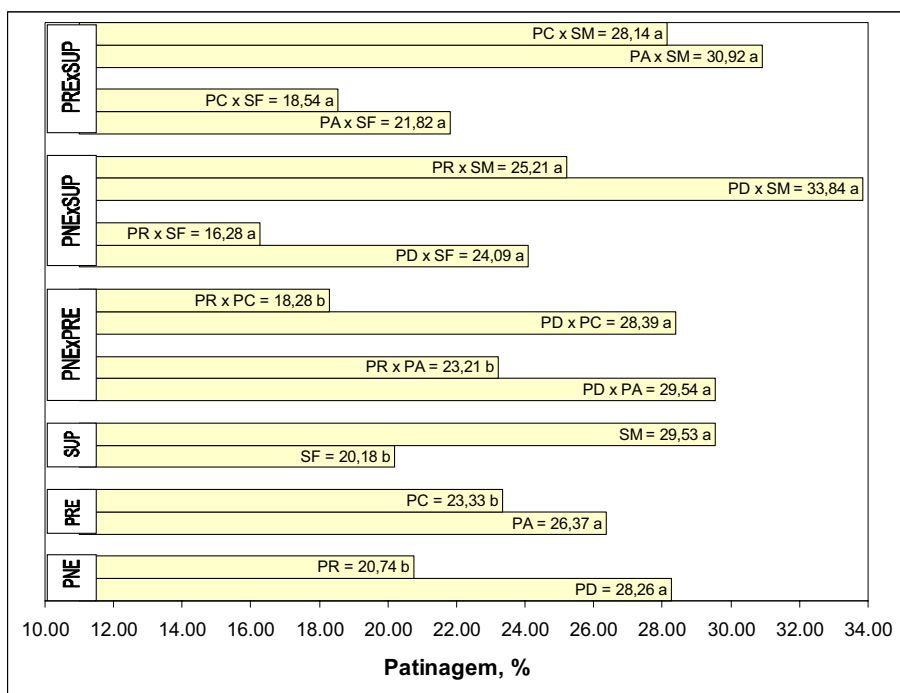


Figura 5 – Valores médios gerais obtidos para a patinagem, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

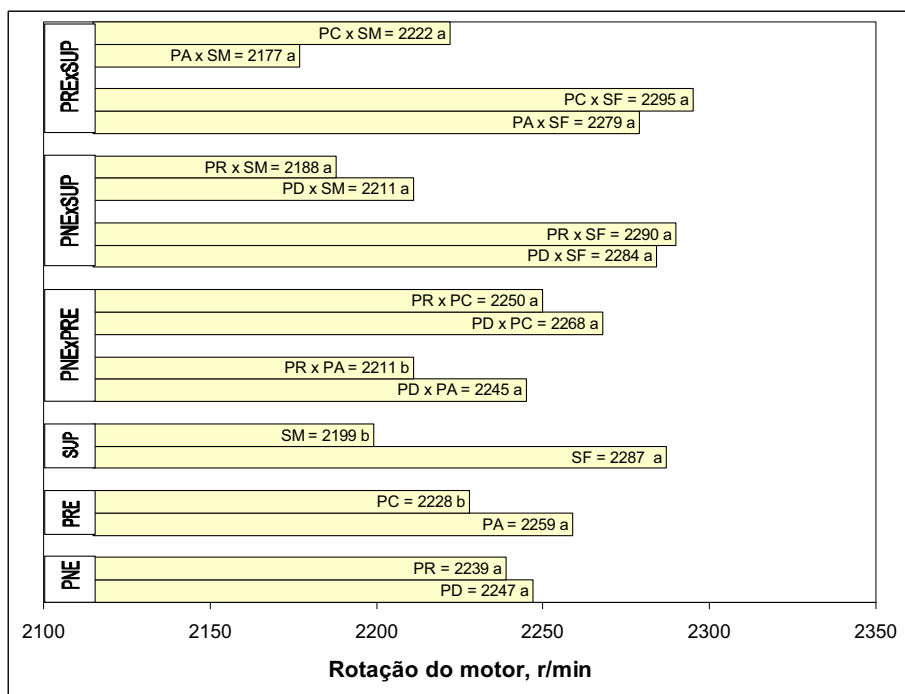


Figura 6 – Valores médios gerais obtidos para a rotação do motor, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

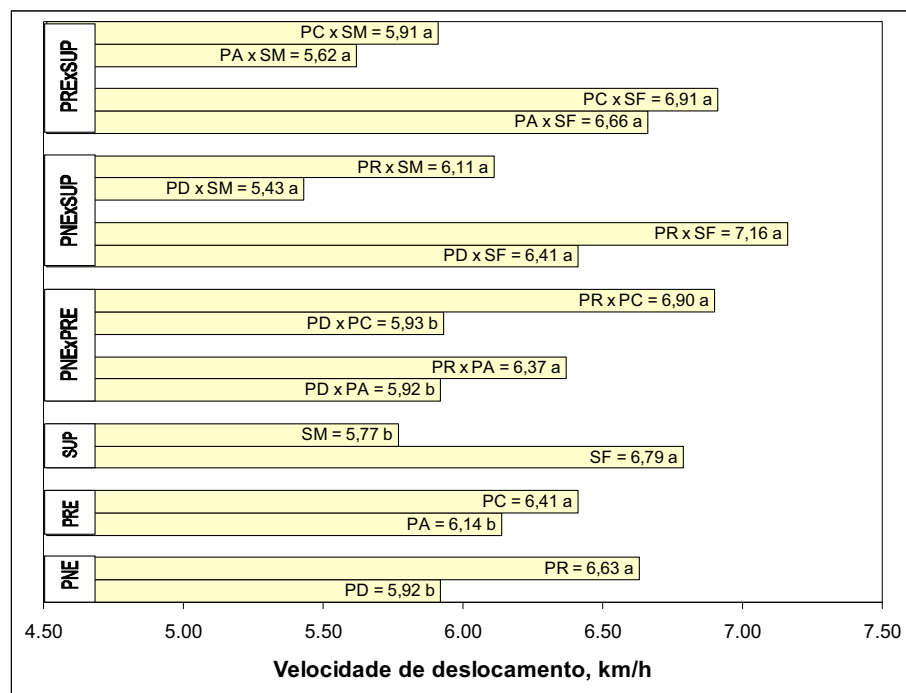


Figura 7 – Valores médios gerais obtidos para a velocidade de deslocamento, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

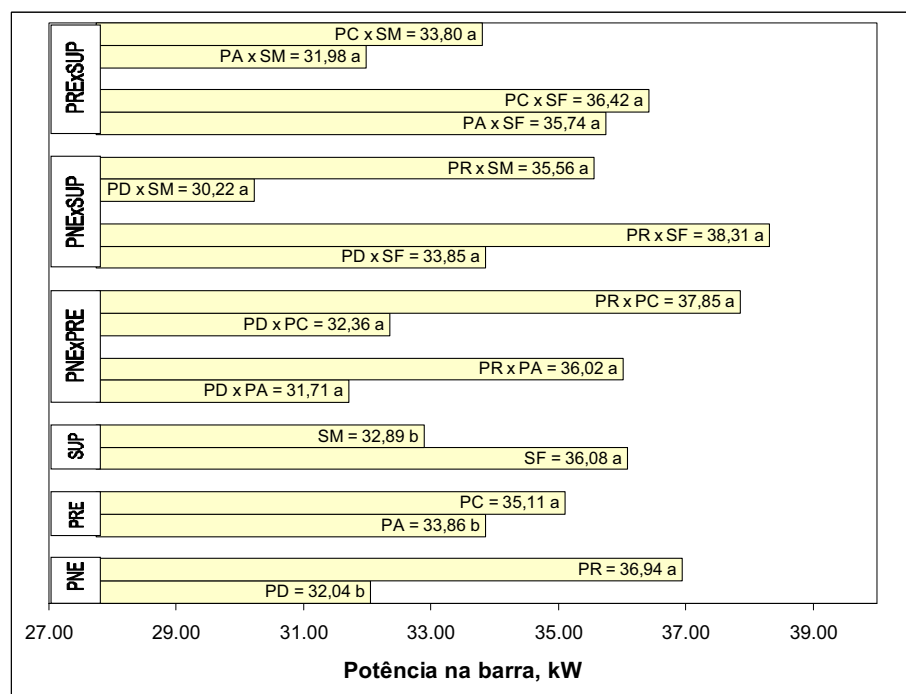


Figura 8 – Valores médios gerais obtidos para a potência na barra, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

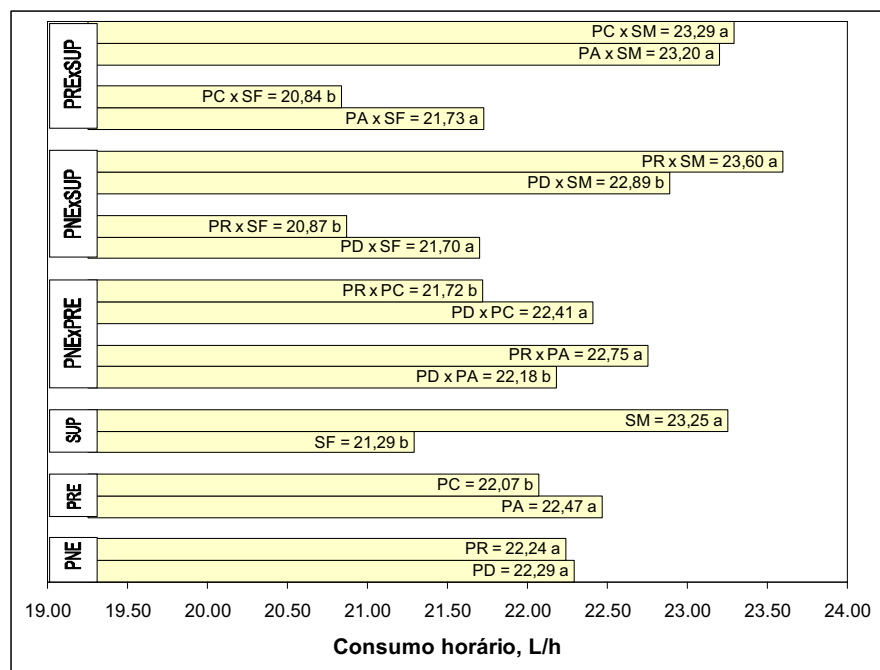


Figura 9 – Valores médios gerais obtidos para o consumo horário, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

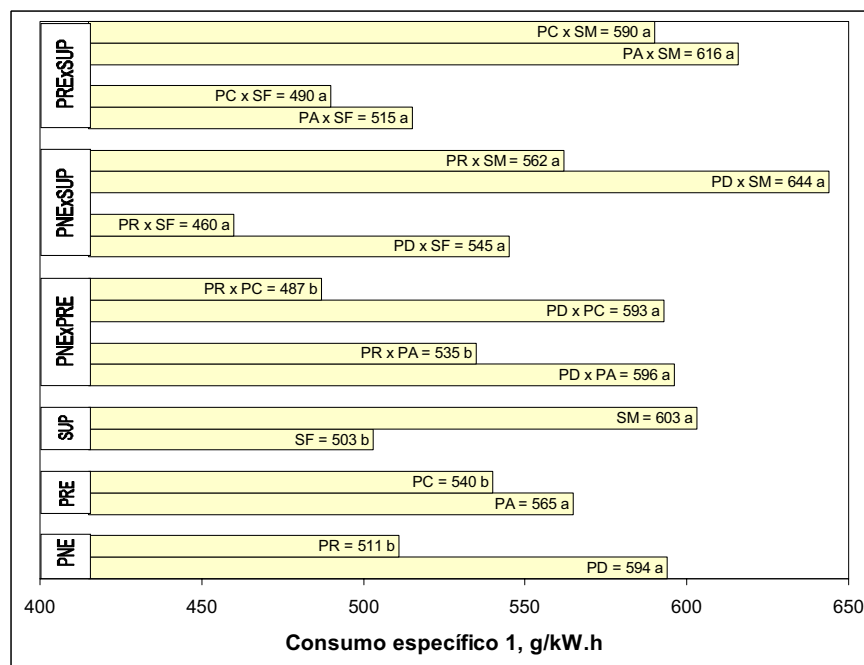


Figura 10 – Valores médios gerais obtidos para o consumo específico 1, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

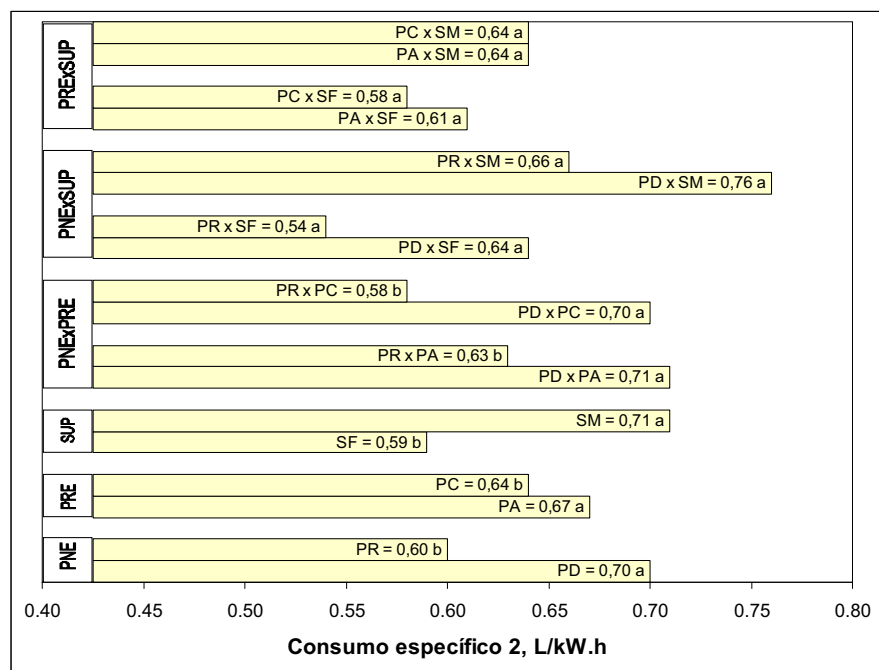


Figura 11 – Valores médios gerais obtidos para o consumo específico 2, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

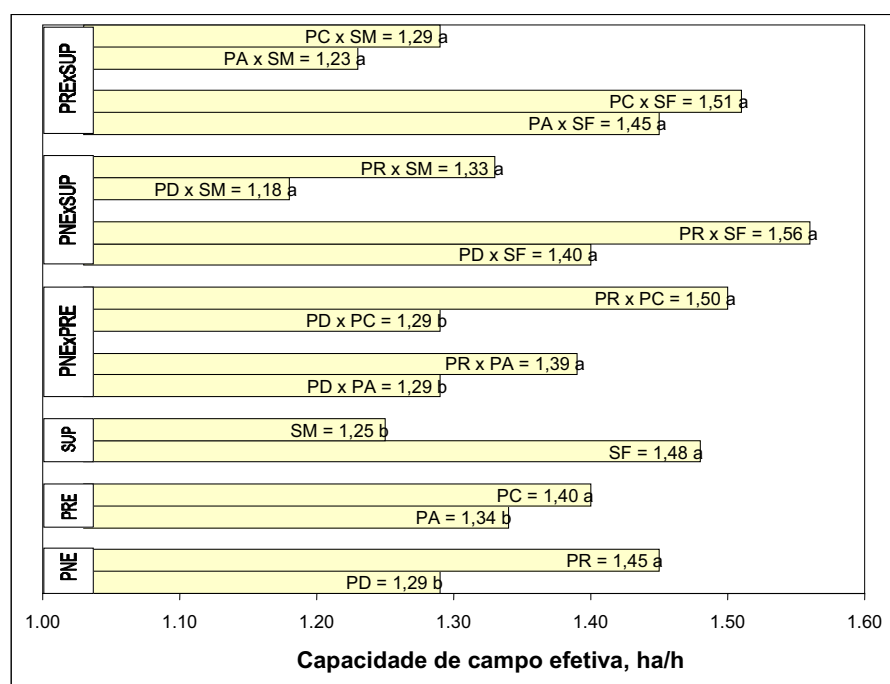


Figura 12 – Valores médios gerais obtidos para a capacidade campo efetiva em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

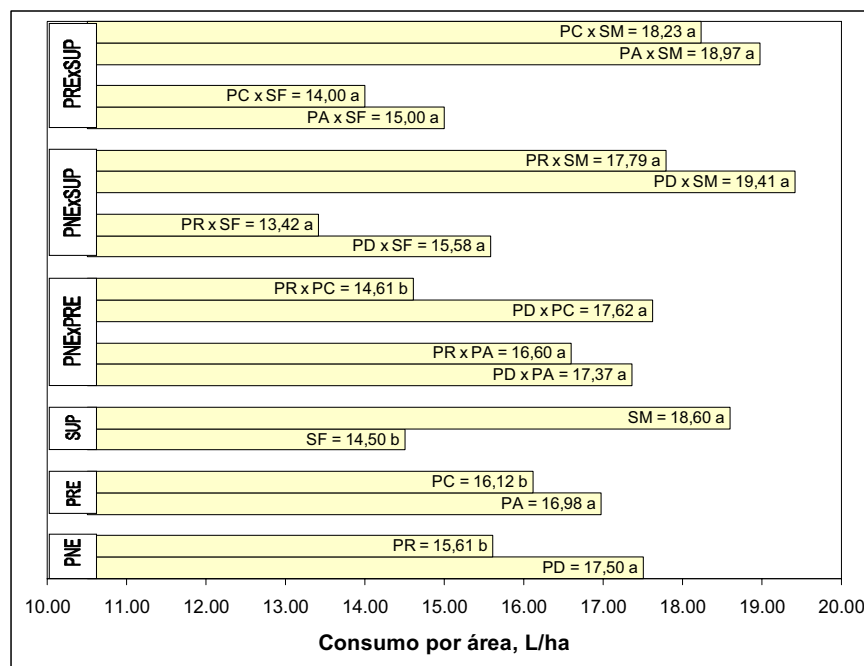


Figura 13 – Valores médios gerais obtidos para o consumo por área, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira desligada.

6.1 1 Efeito do pneu

A partir das médias gerais do fator pneu, apresentadas nas figuras 4 a 13, foi elaborado o quadro 5, o qual permite melhor visualização dos parâmetros de desempenho em conjunto.

Como se vê no quadro 5, apenas a rotação do motor e o consumo horário de combustível não apresentaram diferenças significativas entre os dois tipos de pneus. Todos os demais parâmetros, mostraram diferenças significativas a favor do pneu radial de baixa pressão.

Quadro 5 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator pneu, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 20.

Parâmetro	Pneu ¹⁾	
	Diagonal	Radial de baixa pressão
Força de tração, kN	19,14 b	20,14 a
Patinagem, %	28,96 a	20,74 b
Rotação do motor, r/min	2247 a	2239 a
Velocidade de deslocamento, km/h	5,92 b	6,63 a
Potência na barra, kW	32,04 b	36,94 a
Consumo horário, L/h	22,29 a	22,24 a
Consumo específico 1, g/kW.h	594 a	511 b
Consumo específico 2, L/kW.h	0,70 a	0,60 b
Capacidade campo efetiva, ha/h	1,29 b	1,45 a
Consumo por área, L/ha	17,50 a	15,61 b

¹⁾ Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey

As características de vantagem mais expressivas do pneu radial nessa condição foram: redução de 28,4 % na patinagem das rodas motrizes; 14,0 % no consumo específico e 10,8 % no consumo por área trabalhada; aumento de 15,3 % na potência na barra e 12,4 % na capacidade de campo efetiva devido ao aumento similar da velocidade de deslocamento.

6.1.2 Efeito do fator pressão de inflação

A partir das figuras 4 a 13 foi elaborado o quadro 6, para melhor visualizar os valores médios dos parâmetros de desempenho em função da pressão de inflação.

Como já foi comentado anteriormente no item 2.1, pressões mais baixas resultam no aumento da área de contato do pneu dando-lhe melhor capacidade trativa. Potier (1990), Zoz & Turner (1994) e Lanças et al. (1995), confirmaram quantitativamente essa melhora. Devido, porém, aos valores de pressão alta e correta serem diferentes para os

dois pneus, uma comparação genérica dos resultados constantes no quadro 6, deve ser feita com certa reserva.

Quadro 6 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator pressão de inflação, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 20.

Parâmetro	Pressão ¹⁾	
	Alta	Correta
Força de tração, kN	18,89 a	19,78 a
Patinagem, %	26,37 a	23,33 b
Rotação do motor, r/min	2259 a	2228 b
Velocidade de deslocamento, km/h	6,17 b	6,41 a
Potência na barra, kW	33,86 b	35,11 a
Consumo horário, L/h	22,47 a	22,07 b
Consumo específico 1, g/kW.h	565 a	540 b
Consumo específico 2, L/kW.h	0,67 a	0,64 b
Capacidade operacional, ha/h	1,34 b	1,40 a
Consumo por área, L/ha	16,98 a	16,12 b

¹⁾ Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey

De modo geral, o que se pode observar é que houve tendência de melhor desempenho com a pressão correta. As características mais expressivas do uso da pressão correta foram: redução de 11,5 % na patinagem, 3,2% no consumo específico e redução de 5,1 % no consumo por área trabalhada; aumento de 3,7 % na potência na barra, e 4,4 % na capacidade operacional devido ao aumento similar da velocidade de deslocamento.

6.1.3 Efeito do fator superfície

Também, a partir dos dados constantes nas figuras 4 a 13, foi elaborado o quadro 7, onde é possível visualizar de maneira conjunta os valores dos parâmetros de desempenho em função da condição de superfície do solo.

Quadro 7 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator superfície, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 20.

Parâmetro	Superfície ¹⁾	
	Firme	Mobilizada
Força de tração, kN	19,15 b	20,52 a
Patinagem, %	20,18 b	29,53 a
Rotação do motor, r/min	2287 a	2199 b
Velocidade de deslocamento, km/h	6,79 a	5,77 b
Potência na barra, kW	36,08 a	32,89 b
Consumo horário, L/h	21,29 b	23,25 a
Consumo específico 1, g/kW.h	503 b	603 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,59 b	0,71 a
Capacidade operacional, ha/h	1,48 a	1,25 b
Consumo por área, L/ha	14,50 b	18,60 a

¹⁾ Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey

Os resultados foram consistentemente coerentes com o esperado, ou seja, as operações em solo mobilizado prejudicam o desempenho trativo do trator. O prejuízo, é explicado pelo aumento da resistência ao rolamento dos pneus, pois em solo firme, a deformação na área de contato solo-pneu é absorvida pelo pneu, enquanto que em solo trabalhado esta deformação é absorvida principalmente pelo solo. Em superfície solta o pneu recalca no solo e precisa encontrar uma camada firme para vencer a resistência oferecida e se deslocar.

Independentemente do tipo de pneu e da pressão de inflação, o quadro 7 deixa evidente que houve consideráveis perdas nas características de tração em solo mobilizado: aumento de 7,2 % na força de tração, 46,3 % na patinagem, 9,2 % no consumo

horário, 20,0 % no consumo específico e 28,3 % no consumo por área; redução de 8,8 % na potência na barra e de 15,5 % na capacidade de campo efetiva.

A rotação do motor, embora com diferença de 3,8 %, também refletiu pequena sobrecarga do motor, com o trator operando em solo mobilizado, com a tração dianteira desligada

6.2 Análise conjunta dos resultados obtidos com a tração dianteira ligada

A condição de uso do trator com a tração dianteira acionada, representa a maneira mais adequada para realizar o preparo de solo que, como já foi mencionado, exige grande esforço do trator em relação a outras operações agrícolas, sendo portanto, de elevada importância, gerar informações que permitam comparar o desempenho do trator em diversas situações.

As figuras 14 a 23 mostram o resultado da aplicação do teste de Tukey às médias gerais do fator pneu com a tração dianteira ligada.

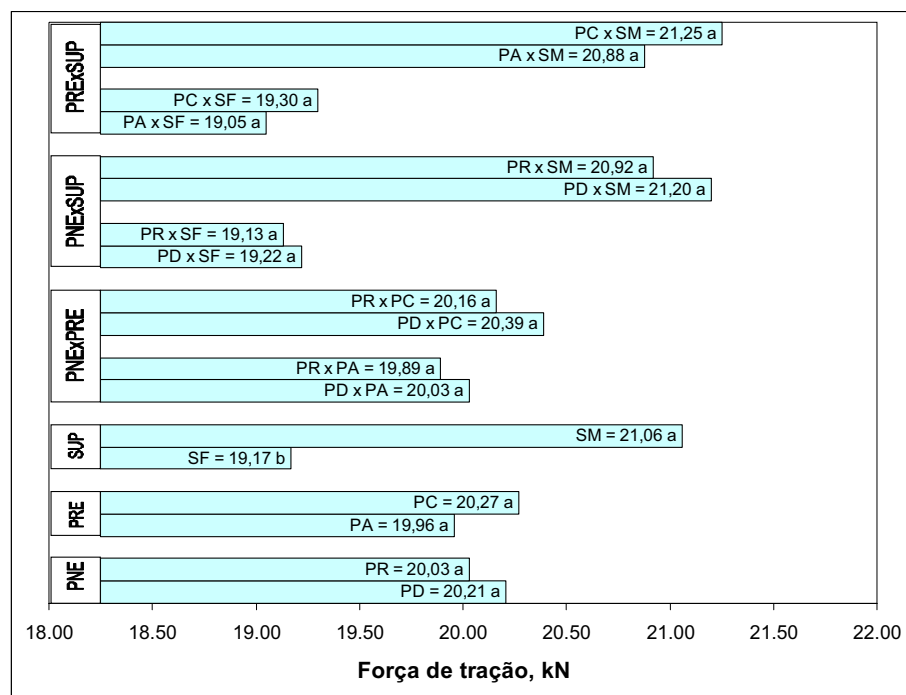


Figura 14 – Valores médios gerais obtidos para a força de tração, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

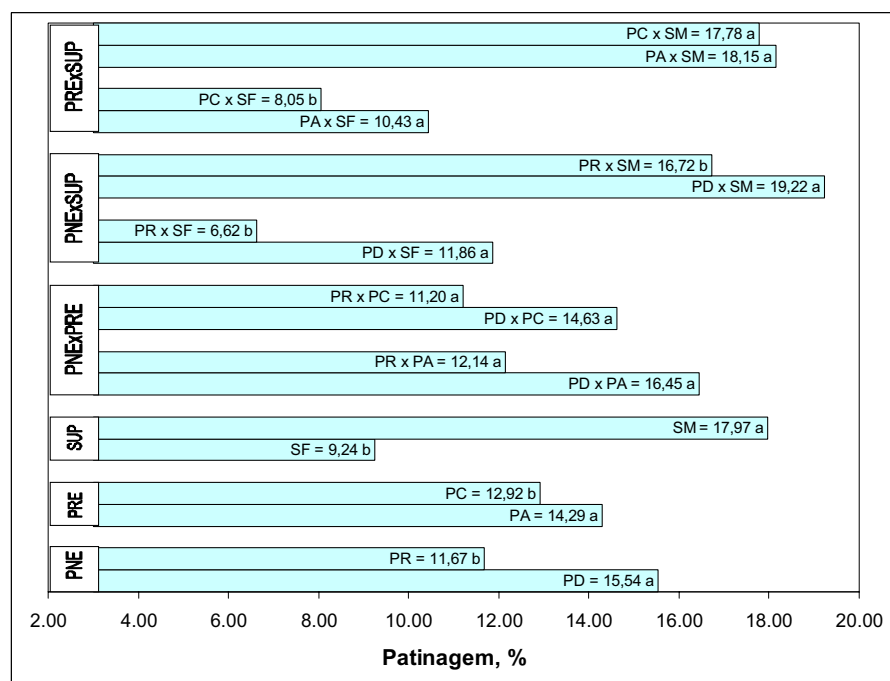


Figura 15 – Valores médios gerais obtidos para a patinagem, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

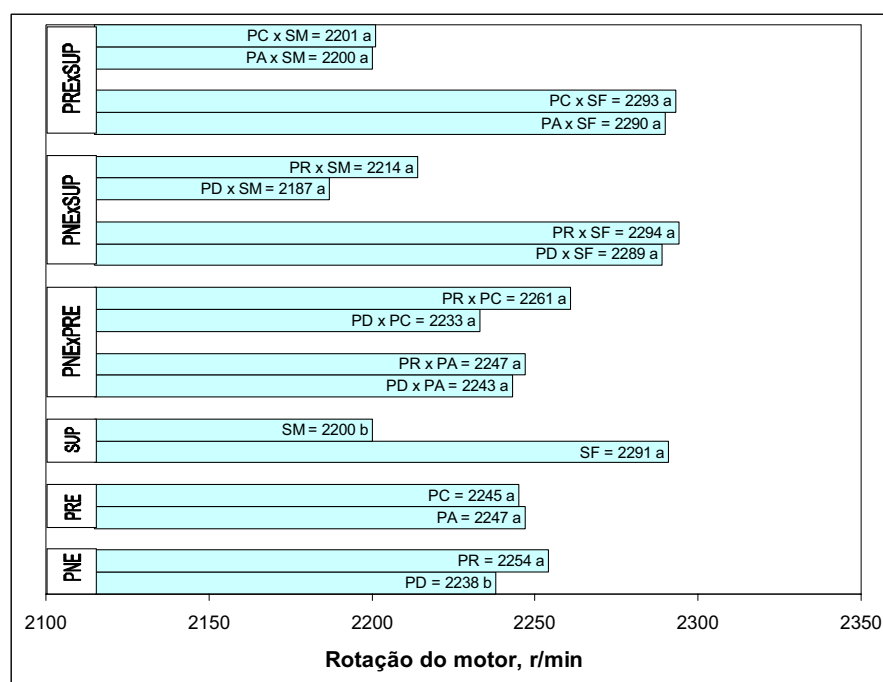


Figura 16 – Valores médios gerais obtidos para a rotação do motor, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

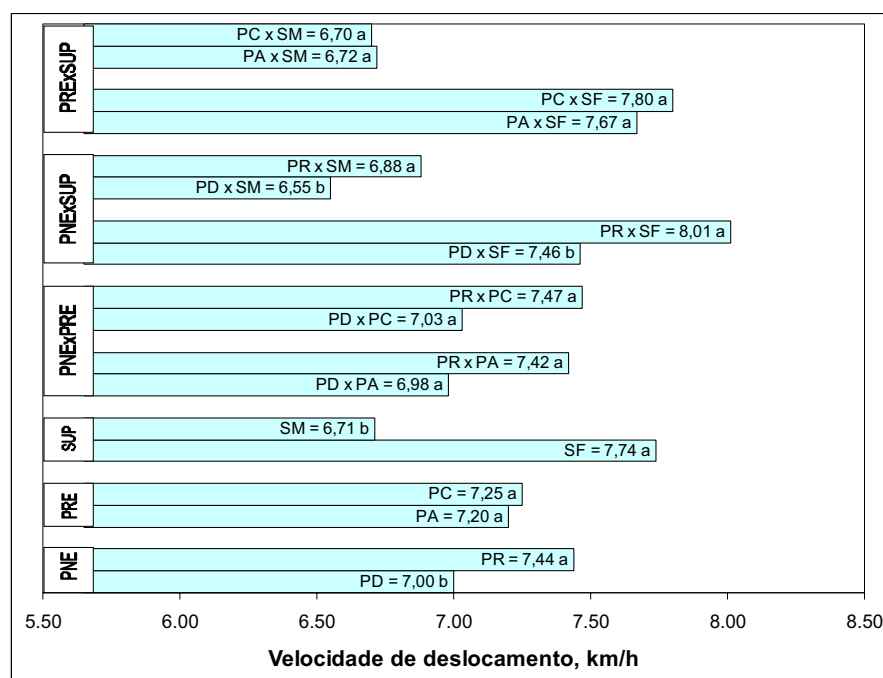


Figura 17 – Valores médios gerais obtidos para a velocidade de deslocamento, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

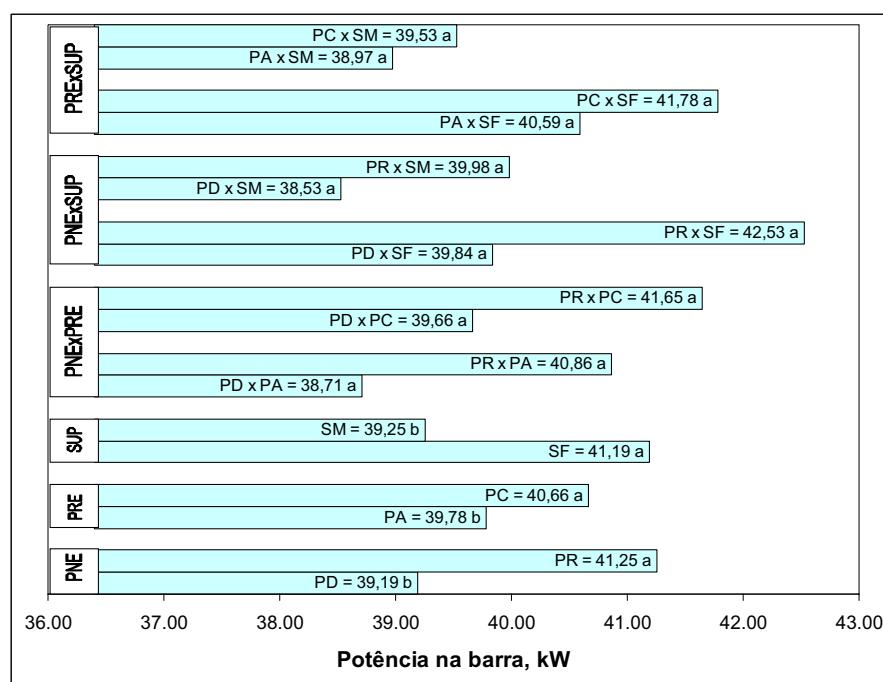


Figura 18 – Valores médios gerais obtidos para a potência na barra, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

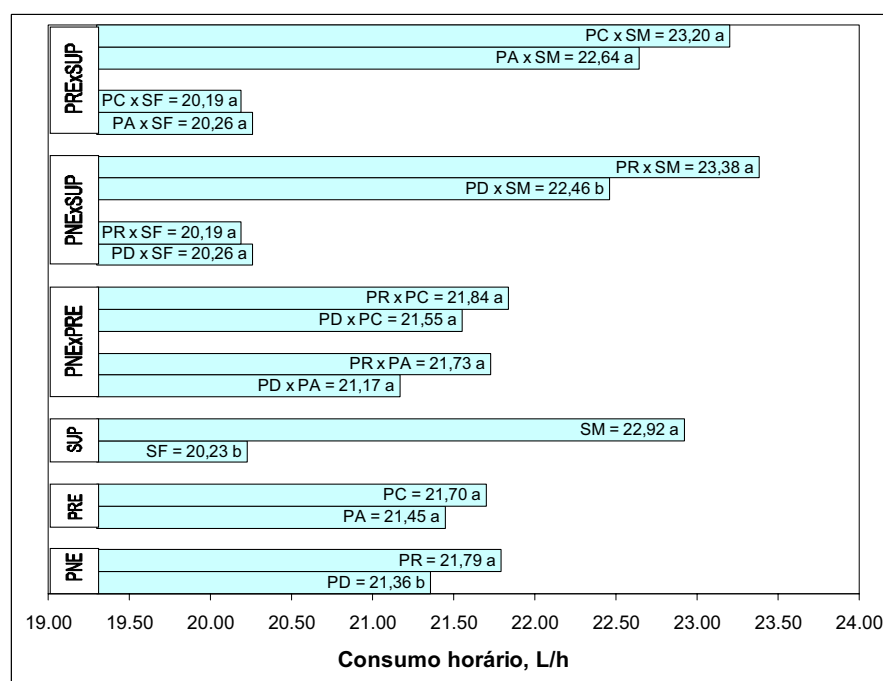


Figura 19 – Valores médios gerais obtidos para o consumo horário, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

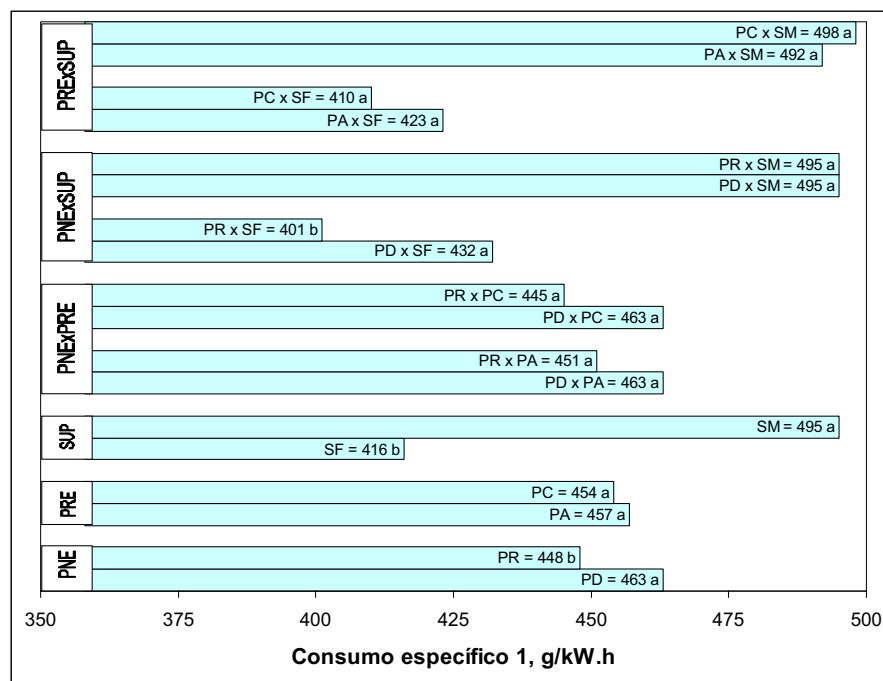


Figura 20 – Valores médios gerais obtidos para o consumo específico 1, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

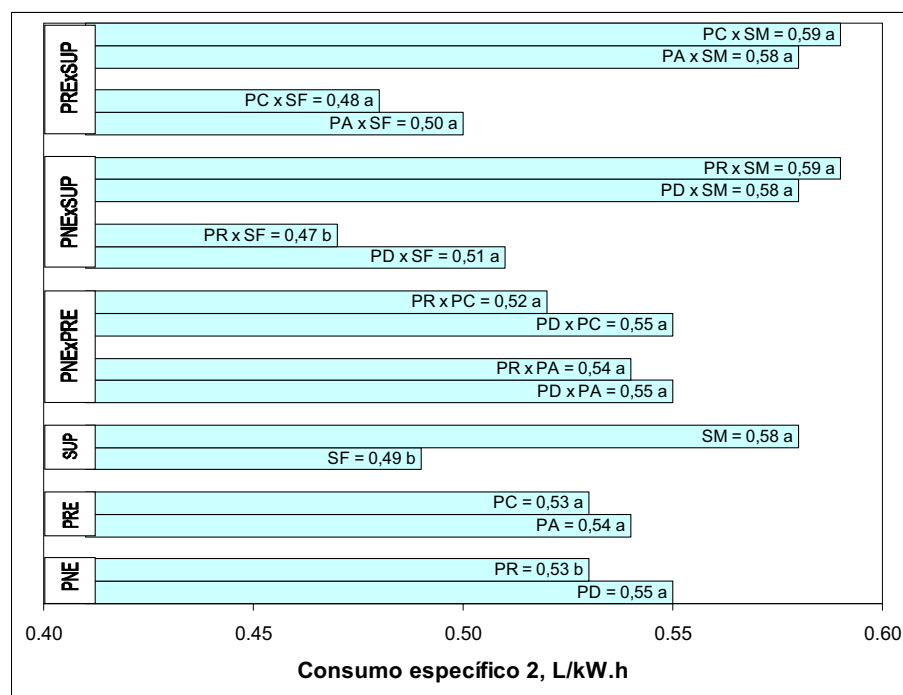


Figura 21 – Valores médios gerais obtidos para o consumo específico 2, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

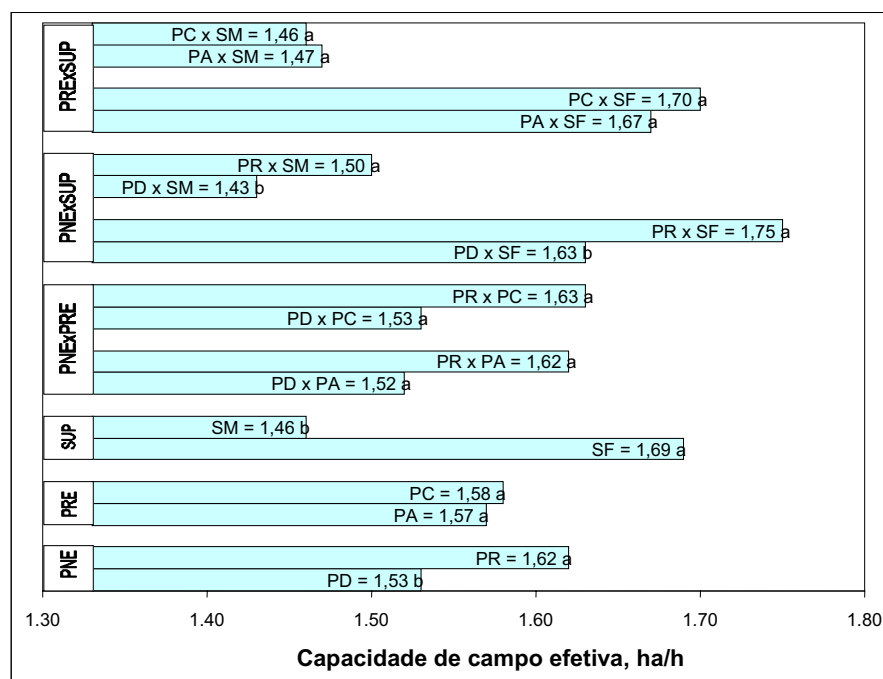


Figura 22 – Valores médios gerais obtidos para a capacidade operacional em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

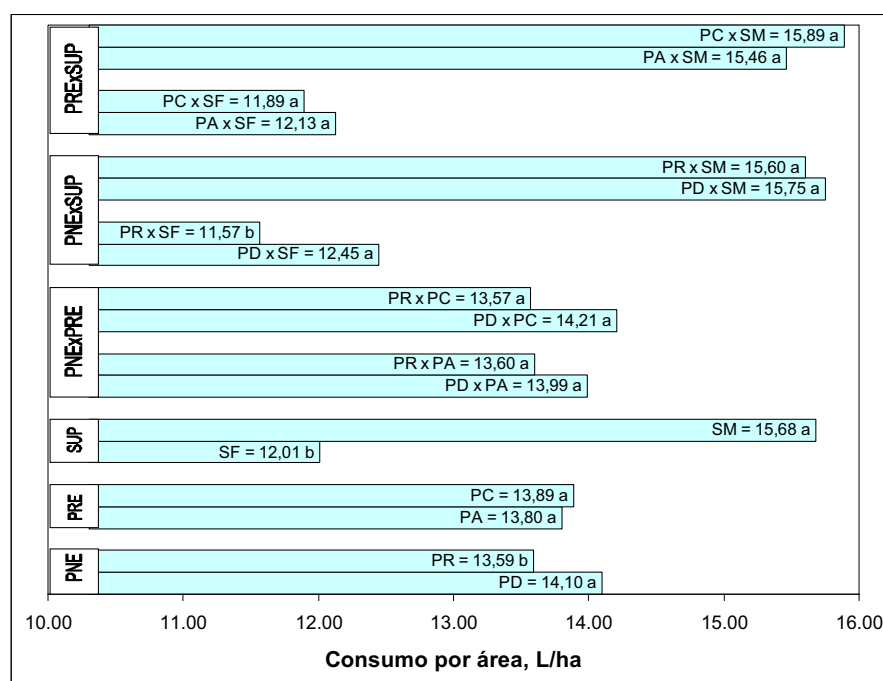


Figura 23 – Valores médios gerais obtidos para o consumo por área, em função dos fatores de variação e de suas combinações, com a tração dianteira ligada.

6.2.1 Efeito do fator pneu

Com base nas figuras 14 a 23 foi elaborado o quadro 8 visando melhor visualizar os parâmetros de desempenho.

Ainda que com diferenças menores do que as ocorridas com a tração desligada, o desempenho do pneu radial de baixa pressão apresentou tendência de ser melhor do que o pneu diagonal.

Quadro 8 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator pneu, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 20.

Parâmetro	Pneu ¹⁾	
	Diagonal	Radial de baixa pressão
Força de tração, kN	20,21 a	20,03 a
Patinagem, %	15,54 a	11,67 b
Rotação do motor, r/min	2238 b	2254 a
Velocidade de deslocamento, km/h	7,01 b	7,44 a
Potência na barra, kW	39,19 b	41,25 a
Consumo horário, L/h	21,36 b	21,79 a
Consumo específico 1, g/kW.h	463 a	448 b
Consumo específico 2, L/kW.h	0,55 a	0,53 b
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,53 b	1,62 a
Consumo por área, L/ha	14,10 a	13,59 b

¹⁾ Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey

As características de tração mais expressivas do pneu radial de baixa pressão nessa condição foram: redução de 24,9 % na patinagem das rodas motrizes, 10,2 % no consumo específico, 3,6 % no consumo por área; aumento de 5,3 % na potência na barra e 5,9 % na capacidade de campo efetiva devido ao aumento semelhante na velocidade de deslocamento.

6.2.2 Efeito do fator pressão de inflação

A partir das figuras 14 a 23, foi elaborado o quadro 9, para melhor visualizar em conjunto os valores dos parâmetros de desempenho, em função da pressão de inflação.

Quadro 8 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator pressão de inflação, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 20.

Parâmetro	Pressão de inflação ¹⁾	
	Alta	Correta
Força de tração, kN	19,96 a	20,27 a
Patinagem, %	14,29 a	12,92 b
Rotação do motor, r/min	2247 a	2245 a
Velocidade de deslocamento, km/h	7,20 a	7,25 a
Potência na barra, kW	39,78 b	40,66 a
Consumo horário, L/h	21,45 a	21,70 a
Consumo específico 1, g/kW.h	457 a	454 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,54 a	0,53 b
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,57 a	1,58 a
Consumo por área, L/ha	13,80 a	13,89 a

¹⁾ Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey

Com a devida ressalva de não se tratar dos mesmos valores de pressão de inflação para os níveis “alta” e “correta”, verifica-se que, a não ser pela razoável redução de 9,6 % na patinagem, o uso das pressões corretas, tratadas em conjunto, não afetou substancialmente o desempenho do trator.

6.2.3 Efeito do fator superfície

No quadro 10, elaborado com base nas figuras 14 a 23, é possível visualizar de maneira conjunta os valores dos parâmetros de desempenho em função da condição de superfície do solo.

Quadro 9 – Médias gerais dos valores dos parâmetros de desempenho para o fator superfície, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 20.

Parâmetro	Superfície ¹⁾	
	Firme	Mobilizada
Força de tração, kN	19,17 b	21,06 a
Patinagem, %	9,24 b	17,97 a
Rotação do motor, r/min	2291 a	2200 b
Velocidade de deslocamento, km/h	7,74 a	6,71 b
Potência na barra, kW	41,19 a	39,25 b
Consumo horário, L/h	20,25 b	22,92 a
Consumo específico 1, g/kW.h	416 b	495 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,49 b	0,58 a
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,69 a	1,46 b
Consumo por área, L/ha	12,01 b	15,68 a

¹⁾ Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey

Assim, como no caso da tração dianteira desligada, o fator superfície mostrou influir no desempenho de tração, tendo a superfície mobilizada proporcionado resultados significativamente menores que a superfície firme. As perdas nas características de tração foram até mais acentuadas do que as obtidas com a tração desligada: aumento de 9,9 % na força de tração, 94,5 % na patinagem das rodas motrizes, 19,0 % no consumo específico e 30,6 % no consumo por área; queda de 4,0 % na rotação do motor, redução de 4,7 % na

potência na barra e de 13,6 % na capacidade de campo efetiva devido à redução semelhante na velocidade de deslocamento.

6.3 Análise dos pares de tratamentos

O tratamento dos dados segundo análise fatorial, como se vê nas figuras 4 a 23, embora possibilite uma análise de conjunto, mostrou, no caso das combinações dos fatores, resultados contraditórios para alguns parâmetros de desempenho. A patinação das rodas motrizes nas combinações pneu com superfície com a tração desligada, por exemplo, mostrou na análise estatística não haver diferença significativa, apesar das diferenças numéricas entre os valores comparados chegarem a 32,4 %.

Para estudar, portanto os diferentes tratamentos dois a dois, na mesma situação de execução do experimento, os dados foram analisados como inteiramente casualizados e aplicado o teste de Tukey a 5 % de probabilidade para comparação das médias.

6.3.1 Comparação de tratamentos individuais com a tração dianteira desligada.

Nos quadros 11 a 16 são apresentadas as médias de cada tratamento obtidas com a tração dianteira desligada.

a) Em função do pneumático

Para analisar o efeito do tipo de pneumático, com a tração desligada, nas mesmas condições de pressão e de superfície foram observados os dados constantes nos quadros 11 e 12.

Quadro 11 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pressão alta, para cada tipo de pneumático, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Em solo firme ¹⁾		Em solo mobilizado ²⁾	
	Diagonal	Radial	Diagonal	Radial
	(PD-PA-SF-TD)	(PR-PA-SF-TD)	(PD-PA-SM-TD)	(PR-PA-SM-TD)
Força de tração, kN	18,97 b	19,66 a	19,70 b	21,24 a
Patinagem, %	24,83 a	18,82 b	34,24 a	27,60b
Rotação do motor, r/min	2281 a	2278 a	2209 a	2144 b
Velocidade de deslocamento, km/h	6,39 b	6,93 a	5,44 b	5,80 a
Potência na barra, kW	33,66 b	37,82 a	29,75 b	34,22 a
Consumo horário, L/h	21,56 a	21,90 a	22,80 a	23,60 a
Consumo específico 1, g/kW.h	542 a	488 b	649 a	583 b
Consumo específico 2, L/kW.h	0,64 a	0,58 b	0,77 a	0,69 b
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,39 b	1,51 a	1,19 b	1,26 a
Consumo por área, L/ha	15,48 a	14,52 a	19,26 a	18,68 a

^{1), 2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Observa-se no quadro 11 que, na condição de pressão alta e em solo firme o pneu radial de baixa pressão, desenvolveu significativamente melhores características de tração que o pneu diagonal, apresentando: redução de 24,2 % na patinagem, 9,7 % no consumo específico e 6,2 % no consumo por área trabalhada; aumento de 12,4 % na potência na barra e 8,6 % na capacidade de campo efetiva.

Em solo mobilizado, com pressão alta, a tendência do pneu radial de baixa pressão apresentar melhor desempenho se manteve, apesar de exercer um pouco mais de esforço de tração. As principais vantagens trativas sobre o pneu diagonal foram: redução de 19,4 % na patinagem, 10,0 % no consumo específico e de 3,0 % no consumo por área trabalhada; aumento de 15,0 % na potência na barra e 6,0 % na capacidade de campo efetiva.

Concluiu-se, portanto, que ao mudar-se o pneu diagonal para o radial de baixa pressão, com o uso da pressão alta, o trator teve seu desempenho melhorado nas duas condições de superfície do solo.

Quadro 12 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pressão correta, para cada tipo de pneumático, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Em solo firme ¹⁾		Em solo mobilizado ²⁾	
	Diagonal	Radial	Diagonal	Radial
	(PD-PC-SF-TD)	(PR-PC-SF-TD)	(PD-PC-SM-TD)	(PR-PC-SM-TD)
Força de tração, kN	19,07 a	18,91 a	20,42 a	20,74 a
Patinagem, %	23,34 a	13,73 b	33,45 a	22,83 b
Rotação do motor, r/min	2288 a	2303 a	2212 a	2232 a
Velocidade de deslocamento, km/h	6,43 b	7,39 a	5,42 b	6,41 a
Potência na barra, kW	34,04 b	38,80 a	30,68 b	36,91 a
Consumo horário, L/h	21,84 a	19,84 b	22,98 b	23,60 a
Consumo específico 1, g/kW.h	547 a	433 b	638 b	541 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,64 a	0,51 b	0,75 a	0,64 b
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,40 b	1,61 a	1,18 b	1,40 a
Consumo por área, L/ha	15,68 a	12,32 b	19,56 a	16,90 b

^{1), 2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Na condição de pressão correta, como se vê no quadro 12, o desempenho trativo do pneu radial de baixa pressão também foi significativamente evidenciado, tanto em solo firme como em solo mobilizado e, em proporções até maiores do que ocorreu quando se comparou o desempenho dos dois pneus na condição de pressão alta.

Em solo firme, na condição de pressão correta, houve: redução de 41,2 % na patinagem, 20,0 % no consumo específico e de 21,4 % no consumo por área trabalhada; aumento de 14,0 % na potência na barra e de 15,0 % na capacidade de campo efetiva, em

relação ao pneu diagonal. Em solo mobilizado, na mesma condição de pressão, houve: 31,7 % de redução na patinagem, 15,0 % no consumo específico e 13,6 % no consumo por área; 20,3 % de aumento na potência na barra e de 18,6 % de aumento na capacidade de campo efetiva em relação ao pneu diagonal.

b) Em função da pressão de inflação

Para analisar o efeito da pressão de inflação, com a tração dianteira desligada, para cada tipo de pneumático, foram observados os dados constantes nos quadros 13 e 14.

Quadro 13 - Média dos valores dos parâmetros obtidos com o pneu diagonal, para cada nível de pressão de inflação, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Em solo firme ¹⁾		Em solo mobilizado ²⁾	
	Alta	Correta	Alta	Correta
	(PD-PA-SF-TD)	(PD-PC-SF-TD)	(PD-PA-SM-TD)	(PD-PC-SM-TD)
Força de tração, kN	18,97 a	19,07 a	19,70 b	20,42 a
Patinagem, %	24,83 a	23,34 a	34,24 a	33,45 a
Rotação do motor, r/min	2281 a	2288 a	2209 a	2212 a
Velocidade de deslocamento, km/h	6,39 a	6,43 b	5,44 a	5,42 a
Potência na barra, kW	33,66 a	34,04 a	29,75 a	30,68 a
Consumo horário, L/h	21,56 a	21,84 a	22,80 a	22,98 a
Consumo específico 1, g/kW.h	542 a	547 a	649 a	638 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,64 a	0,64 a	0,77 a	0,75 a
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,39 a	1,40 a	1,19 a	1,18 a
Consumo por área, L/ha	15,48 a	15,68 a	19,26 a	19,56 a

^{1), 2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Comparando-se o desempenho do trator equipado com pneu diagonal (ver quadro 13), com pressão alta e correta, em solo firme e mobilizado, observa-se que não houve, em geral, diferenças significativas no desempenho do trator. As diferenças percentuais foram muito pequenas, não cabendo nenhuma expressão de valor. Pode-se concluir com isso, que a mudança de pressão de inflação não afetou o desempenho do trator equipado com pneu diagonal operando com a tração dianteira desligada, em nenhuma das condições de superfície.

Quadro 13 - Média dos valores dos parâmetros obtidos com o pneu radial de baixa pressão, para cada nível de pressão de inflação, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Em solo firme ¹⁾		Em solo mobilizado ²⁾	
	Alta	Correta	Alta	Correta
	(PR-PA-SF-TD)	(PR-PC-SF-TD)	(PR-PA-SM-TD)	(PR-PC-SM-TD)
Força de tração, kN	19,66 a	18,91 b	21,24 a	20,74 a
Patinagem, %	18,82 a	13,73 b	27,60 a	22,83 b
Rotação do motor, r/min	2278 b	2303 a	2144 b	2232 a
Velocidade de deslocamento, km/h	6,93 b	7,39 a	5,80 b	6,41 a
Potência na barra, kW	37,82 a	38,80 a	34,22 b	36,91 a
Consumo horário, L/h	21,90 a	19,84 b	23,60 a	23,60 a
Consumo específico 1, g/kW.h	488 a	433 b	583 a	541 b
Consumo específico 2, L/kW.h	0,58 a	0,51 b	0,69 a	0,64 b
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,51 b	1,61 a	1,26 b	1,40 a
Consumo por área, L/ha	14,52 a	12,32 b	18,68 a	16,90 b

^{1), 2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Ao comparar-se o desempenho do trator com pneu radial de baixa pressão (ver quadro 14), em solo firme e mobilizado, ao passar da pressão alta para a correta, verifica-se uma tendência geral do pneu radial apresentar características de tração significativamente melhores. Em solo firme, as principais vantagens do uso da pressão correta,

foram: redução de 27,0 % na patinagem, 11,7 % no consumo específico e 15,2 % no consumo por área; aumento de 6,6 % na capacidade de campo efetiva.

Em solo mobilizado, as principais vantagens do uso da pressão correta, foram: redução de 17,3 % na patinagem, 7,2 % no consumo específico e de 9,5 % no consumo por área trabalhada; aumento de 7,9 % na potência na barra e de 10,5 % na capacidade de campo efetiva.

Pode-se dizer, portanto, que o uso da pressão correta no pneu radial de baixa pressão, em relação à pressão alta favoreceu o desempenho do trator, sendo mais expressivo em solo firme do que em solo mobilizado.

c) Em função da superfície do solo

Para analisar o efeito da condição de superfície do solo, com a tração dianteira desligada, para cada tipo de pneumático, foram observados os dados constantes nos quadros 15 e 16.

Ao comparar-se o desempenho do trator equipado com pneu diagonal, com pressão alta (ver quadro 15), observa-se que houve perda significativa de tração ao passar da superfície firme para a mobilizada. As principais desvantagens foram: aumento de 37,9 % na patinagem, 20,0 % no consumo específico e de 24,4 % no consumo por área trabalhada; redução de 11,6 % na potência na barra e de 15,0 % na capacidade de campo efetiva.

Quadro 15 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pneu diagonal, para cada condição de superfície do solo, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Com pressão alta ¹⁾		Com pressão correta ²⁾	
	S. Firme	S. Mobiliz.	S. Firme	S. Mobiliz.
	(PD-PA-SF-TD)	(PD-PA-SM-TD)	(PD-PC-SF-TD)	(PD-PC-SM-TD)
Força de tração, kN	18,97 b	19,70 a	19,07 b	20,42 a
Patinagem, %	24,83 b	34,24 a	23,34 b	33,45 a
Rotação do motor, r/min	2281 a	2209 b	2288 a	2212 b
Velocidade de deslocamento, km/h	6,39 a	5,44 b	6,43 a	5,42 b
Potência na barra, kW	33,66 a	29,75 b	34,04 a	30,68 b
Consumo horário, L/h	21,56 b	22,80 a	21,84b	22,98 a
Consumo específico 1, g/kW.h	542 b	649 a	547 b	638 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,64 b	0,77 a	0,64 b	0,75 a
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,39 a	1,19 b	1,40 a	1,18 b
Consumo por área, L/ha	15,48 b	19,26 a	15,68 b	19,56 a

^{1),2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Com a pressão correta, o trator equipado com pneu diagonal, ao passar da superfície firme para a mobilizada, apresentou perda de tração significativa e de magnitude similar à ocorrida com pressão alta. As principais desvantagens foram: aumento de 7,0 % na força de tração, 43,3 % na patinagem, 17,0 % no consumo específico e de 24,7 % no consumo por área trabalhada; , redução de 9,9 % na potência na barra e de 15,7 % na capacidade de campo efetiva.

O desempenho do trator equipado com pneu radial de baixa pressão, com pressão alta, ao passar da superfície firme para a mobilizada, teve perdas próximas às do trator com pneu diagonal, ao operar na mesma condição. As principais desvantagens foram: aumento de 8,0 % no esforço de tração, 46,6 % na patinagem, 19,0 % no consumo específico

e de 29,0 % no consumo por área trabalhada; redução de 9,5 % na potência na barra, e de 16,5 % na capacidade de campo efetiva.

Quadro 16 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pneu radial de baixa pressão, para cada condição de superfície do solo, com a tração dianteira desligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Com pressão alta ¹⁾		Com pressão correta ²⁾	
	S. Firme	S. Mobiliz.	S. Firme	S. Mobiliz.
	(PR-PA-SF-TD)	(PR-PA-SM-TD)	(PR-PC-SF-TD)	(PR-PC-SM-TD)
Força de tração, kN	19,66 b	21,24 a	18,91 b	20,74 a
Patinagem, %	18,82 b	27,60 a	13,73 b	22,83 a
Rotação do motor, r/min	2278 a	2144 b	2303 a	2232 b
Velocidade de deslocamento, km/h	6,93 a	5,80 b	7,39 a	6,41 b
Potência na barra, kW	37,82 a	34,22 b	38,80 a	36,91 b
Consumo horário, L/h	21,90 b	23,60 a	19,84 b	23,60 a
Consumo específico 1, g/kW.h	488 b	583 a	433 b	541 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,58 b	0,69 a	0,51 b	0,64 a
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,51 a	1,26 b	1,61 a	1,40 b
Consumo por área, L/ha	14,52 b	18,68 a	12,32 b	16,90 a

^{1), 2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Com a pressão correta, o trator equipado com pneu radial, ao passar da superfície firme para a mobilizada, apresentou também perda de tração significativa. As principais desvantagens foram: aumento de 9,7 % na força de tração, 66,3 % na patinagem, 25,0 % no consumo específico e de 37,4 % no consumo por área trabalhada; redução de 4,9 % na potência na barra e de 13,0 % na capacidade de campo efetiva.

Analisando-se os valores das perdas trativas em função do tipo de pneu verifica-se que o pneu radial de baixa pressão apresentou maior exigência energética do que o

diagonal para operar em solo mobilizado com a tração dianteira desligada. Ressalta-se, neste aspecto, que a grade de discos em solo mobilizado exigiu, em relação ao solo firme, um esforço de tração maior, de até 7,0 % para o pneu diagonal e de até 9,7 % para o pneu radial de baixa pressão, maior que em solo firme, o que refletiu-se também em maior consumo horário (aumento de até 5,6 % com pneu diagonal e aumento de até 19,2 % com pneu radial de baixa pressão). O sobre-esforço de tração em solo mobilizado foi notado durante a execução do experimento, pela instabilidade do trator, cuja sensação para quem monitorava o ensaio sentado em assento fixado ao engate de três pontos, era de que o trator "pulava" (*power hop*) muito, particularmente com o pneu radial.

6.3.2 Comparação de tratamentos com a tração dianteira ligada

Nos quadros 17 a 22 são apresentadas as médias de cada tratamento obtidas com a tração dianteira ligada.

a) Em função do pneumático

Para analisar o efeito do tipo de pneu com a tração dianteira ligada, nas mesmas condições de pressão e de superfície, foram observados os dados constantes nos quadros 17 e 18.

Comparando-se o pneu radial de baixa pressão em solo firme e usando a pressão alta (ver quadro 17), verifica-se que o pneu radial teve desempenho trativo superior ao pneu diagonal, na mesma situação. As vantagens trativas foram: redução de 48,4 % na patinagem, 7,8 % no consumo específico e de 6,8 % no consumo por área; aumento de 9,4 %

na potência na barra e de 8,5 % na capacidade de campo efetiva. Já em solo mobilizado, a não ser pela redução de 10,2 % na patinagem e aumento de 3,8 % na capacidade de campo efetiva, não se observa nenhuma outra vantagem do pneu radial com pressão alta, em relação ao diagonal na mesma situação.

Quadro 17 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pressão alta, para cada tipo de pneumático, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Em solo firme ¹⁾		Em solo mobilizado ²⁾	
	Diagonal	Radial	Diagonal	Radial
	(PD-PA-SF-TL)	(PR-PA-SF-TL)	(PD-PA-SM-TL)	(PR-PA-SM-TL)
Força de tração, kN	18,97 a	19,12 a	21,10 a	20,66 a
Patinagem, %	13,77 a	7,10 b	19,12 a	17,17 b
Rotação do motor, r/min	2292 a	2287 a	2193 a	2207 a
Velocidade de deslocamento, km/h	7,36 b	7,99 a	6,60 b	6,85 a
Potência na barra, kW	38,76 b	42,42 a	38,66 a	39,29 a
Consumo horário, L/h	20,16 a	20,36 a	22,18 a	23,10 a
Consumo específico 1, g/kW.h	440 a	405 b	486 a	498 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,52 a	0,48 b	0,57 a	0,59 b
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,60 b	1,74 a	1,44 b	14,49 a
Consumo por área, L/ha	12,56 a	11,70 b	15,42 a	15,50 a

^{1),2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Concluiu-se, portanto, que com a mudança do pneu diagonal para o pneu radial de baixa pressão, na condição de pressão alta, o trator teve seu desempenho melhorado mais expressivamente em solo firme.

Quadro 18 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pressão correta, para cada tipo de pneumático, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Em solo firme ¹⁾		Em solo mobilizado ²⁾	
	Diagonal	Radial	Diagonal	Radial
	(PD-PC-SF-TL)	(PR-PC-SF-TL)	(PD-PC-SM-TL)	(PR-PC-SM-TL)
Força de tração, kN	19,46 a	19,13 a	21,31 a	21,18 a
Patinagem, %	9,95 a	6,15 b	19,31 a	16,26 b
Rotação do motor, r/min	2285 a	2301 a	2180 b	2221 a
Velocidade de deslocamento, km/h	7,57 b	8,03 a	6,49 b	6,92 a
Potência na barra, kW	40,92 a	42,64 a	38,40 b	40,66 a
Consumo horário, L/h	20,36 a	20,02 a	22,74 b	23,66 a
Consumo específico 1, g/kW.h	423 a	397 b	503 a	492 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,50 a	0,47 b	0,59 a	0,58 a
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,65 b	1,75 a	1,41 b	1,50 a
Consumo por área, L/ha	12,34 a	11,44 b	16,08 a	15,70 a

^{1), 2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Na condição de pressão correta, novamente se observa, pelo quadro 18, que o pneu radial de baixa pressão, apresentou melhor desempenho que o diagonal nas duas condições de superfície. Em solo firme, houve: redução de 38,2 % na patinagem, 6,0 % no consumo específico e de 7,3 % no consumo por área trabalhada; aumento de 4,2 % na potência na barra e de 6,1 % na capacidade de campo efetiva, com o uso do pneu radial de baixa pressão. Em solo mobilizado, houve redução de 15,8 % na patinagem, 2,0 % no consumo específico e de 2,4 % no consumo por área; aumento de 5,9 % na potência na barra e de 6,5 % na capacidade de campo efetiva.

Comparando-se as grandezas de valores, pode-se dizer, que em solo firme, o desempenho do pneu radial com a pressão correta foi mais expressivo em solo firme.

b) Em função da pressão de inflação

Para analisar o efeito da pressão de inflação, com a tração dianteira ligada, para cada tipo de pneumático, foram observados os dados constantes nos quadros 19 e 20.

Apesar da razoável redução da patinagem ocorrida em solo firme, as pequenas diferenças existentes (e não significativas estatisticamente) nos demais parâmetros, como se vê nos quadros 19 e 20, atestam que a mudança da pressão alta para a correta, não afetou o desempenho do trator, com nenhum dos dois pneus e em nenhuma das condições de solo.

Quadro 19 - Média dos valores dos parâmetros obtidos com o pneu diagonal, para cada nível de pressão de inflação, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Em solo firme ¹⁾		Em solo mobilizado ²⁾	
	Alta	Correta	Alta	Correta
	(PD-PA-SF-TL)	(PD-PC-SF-TL)	(PD-PA-SM-TL)	(PD-PC-SM-TL)
Força de tração, kN	18,97 a	19,46 a	21,10 a	21,31 a
Patinagem, %	13,77 a	9,95 b	19,12 a	19,31 a
Rotação do motor, r/min	2292 a	2285 a	2193 a	2180 a
Velocidade de deslocamento, km/h	7,36 a	7,57 a	6,60 a	6,49 a
Potência na barra, kW	38,76 b	40,92 a	38,66 a	38,40 a
Consumo horário, L/h	20,16 a	20,36 a	22,18 a	22,74 a
Consumo específico 1, g/kW.h	440 a	423 a	486 a	503 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,52 a	0,50 a	0,57 a	0,59 b
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,60 a	1,65 a	1,44 a	1,41 a
Consumo por área, L/ha	12,56 a	12,34 a	15,42 a	16,08 a

^{1), 2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Quadro 20 - Média dos valores dos parâmetros obtidos com o pneu radial de baixa pressão, para cada nível de pressão de inflação, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Em solo firme ¹⁾		Em solo mobilizado ²⁾	
	Alta	Correta	Alta	Correta
	(PR-PA-SF-TL)	(PR-PC-SF-TL)	(PR-PA-SM-TL)	(PR-PC-SM-TL)
Força de tração, kN	19,12 a	19,13 a	20,66 a	21,18 a
Patinagem, %	7,10 a	6,15 a	17,17 a	16,26 a
Rotação do motor, r/min	2287 a	2301 a	2207 a	2221 a
Velocidade de deslocamento, km/h	7,99 a	8,03 a	6,85 a	6,92 a
Potência na barra, kW	42,42 a	42,64 a	39,29 a	40,66 a
Consumo horário, L/h	20,36 a	20,02 a	23,10 b	23,66 a
Consumo específico 1, g/kW.h	405 a	397 a	498 a	492 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,48 a	0,47 a	0,59 a	0,58 a
Capacidade de campo efetiva ha/h	1,74 a	1,75 a	14,49 a	1,50 a
Consumo por área, L/ha	11,70 a	11,44 a	15,50 a	15,70 a

^{1), 2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

c) Em função da superfície do solo

Para analisar o efeito da condição de superfície do solo, com a tração dianteira acionada, para cada tipo de pneumático, foram observados os dados constantes nos quadros 21 e 22.

Ao comparar-se o desempenho do trator equipado com o pneu diagonal, com pressão alta (ver quadro 21), verifica-se que houve perda de tração significativa ao passar da superfície firme para a mobilizada. As principais desvantagens foram: aumento de 38,9 % na patinagem, 10,0 % no consumo específico e de 22,8 % no consumo por área trabalhada; redução de 7,8 % na potência na barra e 10,0 % na capacidade de campo efetiva.

Com a pressão correta, o trator equipado com pneu diagonal, ao passar da superfície firme para a mobilizada apresentou perda de tração significativa e superior à ocorrida com pressão alta. As principais desvantagens foram: aumento de 94,1 % na

patinagem, 18,5 % no consumo específico e de 30,3 % no consumo por área trabalhada; redução de 6,2 % na potência na barra e de 14,3 % na capacidade de campo efetiva.

Quadro 21 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pneu diagonal, para cada condição de superfície do solo, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Com pressão alta ¹⁾		Com pressão correta ²⁾	
	S. Firme	S. Mobiliz.	S. Firme	S. Mobiliz.
	(PD-PA-SF-TL)	(PD-PA-SM-TL)	(PD-PC-SF-TL)	(PD-PC-SM-TL)
Força de tração, kN	18,97 b	21,10 a	19,46 b	21,31 a
Patinagem, %	13,77 b	19,12 a	9,95 b	19,31 a
Rotação do motor, r/min	2292 a	2193 b	2285 a	2180 b
Velocidade de deslocamento, km/h	7,36 a	6,60 b	7,57 a	6,49 b
Potência na barra, kW	38,76 a	38,66 a	40,92 a	38,40 b
Consumo horário, L/h	20,16 b	22,18 a	20,36 b	22,74 a
Consumo específico 1, g/kW.h	440 b	486 a	423 b	503 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,52 b	0,57 a	0,50 b	0,59 a
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,60 a	1,44 b	1,65 a	1,41 b
Consumo por área, L/ha	12,56 b	15,42 a	12,34 b	16,08 a

^{1), 2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Já o desempenho do trator equipado com pneu radial de baixa pressão, apresentou nas duas condições de pressão, perdas trativas mais expressivas do que as ocorridas com pneu diagonal, ao passar da superfície firme para a mobilizada. Com pressão alta (ver quadro 22), as principais desvantagens do pneu radial em superfície mobilizada em relação à superfície firme foram: aumento de 141,8 % na patinagem, 22,8 % no consumo específico, e de 32,5 % no consumo por área trabalhada; redução de 7,4 % na potência na barra e de 14,1 % na capacidade de campo efetiva.

Quadro 22 – Médias dos valores dos parâmetros obtidos com pneu radial de baixa pressão, para cada condição de superfície do solo, com a tração dianteira ligada. No. de repetições: 5.

Parâmetros	Tratamentos			
	Com pressão alta ¹⁾		Com pressão correta ²⁾	
	S. Firme	S. Mobiliz.	S. Firme	S. Mobiliz.
	(PR-PA-SF-TL)	(PR-PA-SM-TL)	(PR-PC-SF-TL)	(PR-PC-SM-TL)
Força de tração, kN	19,12 b	20,66 a	19,13 b	21,18 a
Patinagem, %	7,10 b	17,17 a	6,15 b	16,26 b
Rotação do motor, r/min	2287 a	2207 b	2301 a	2221 b
Velocidade de deslocamento, km/h	7,99 a	6,85 b	8,03 a	6,92 b
Potência na barra, kW	42,42 a	39,29 b	42,64 a	40,66 b
Consumo horário, L/h	20,36 b	23,10 a	20,02 b	23,66 a
Consumo específico 1, g/kW.h	405 b	498 a	397 b	492 a
Consumo específico 2, L/kW.h	0,48 b	0,59 a	0,47 b	0,58 a
Capacidade de campo efetiva, ha/h	1,74 a	14,49 b	1,75 a	1,50 b
Consumo por área, L/ha	11,70 a	15,50 a	11,44 b	15,70 a

^{1),2)} Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Com a pressão correta, as desvantagens de tração do pneu radial em superfície mobilizada, em relação à superfície firme, foram: aumento de 164,4 % na patinagem, 23,7 % no consumo específico e de 37,2 % no consumo por área trabalhada; redução de 4,6 % na potência na barra e de 13,9 % na capacidade de campo efetiva. Pode-se dizer, portanto, que também com a tração ligada, o pneu radial de baixa pressão teve muito mais dificuldade para operar em solo mobilizado do que o pneu diagonal.

Foi igualmente evidente para os dois pneus, que a grade de discos, em solo mobilizado, exigiu um esforço de tração de cerca de 10,0 % superior ao esforço em superfície firme, exigência essa, que se manifestou no parâmetro consumo horário, com aumento médio de 10,0 % para o pneu diagonal e, de 15,0 %, em média, para o pneu radial de baixa pressão.

A observação constante no item 6.3.1, sobre a instabilidade do trator, também é válida com o trator com a tração dianteira acionada.

6.3.3 Análise custo-benefício

Tomando-se como base a planilha de Grisso (1995) calculou-se, para uma das situações de desempenho estudadas, o período de retorno do investimento em pneus radiais de baixa pressão. Escolheu-se como situação de análise, o resultado médio geral obtido com a tração desligada. A situação de desempenho a ser analisada deveria ser a de tração ligada, pois é a condição apropriada para a execução de tarefas de alta exigência de tração mas, como seu desempenho foi prejudicado pelas condições de lastragem adotadas no experimento, esta situação foi preterida.

O desenvolvimento do cálculo é apresentado no quadro 23. O cálculo mostra que somente a partir do quarto ano seria possível amortizar o investimento nos pneus radiais de baixa pressão, enquanto que no exemplo de Grisso (1995) isso foi obtido no segundo ano. Para antecipar este prazo, uma recomendação seria aumentar o tempo de uso do trator em operações pesadas, pois a quantidade de horas trabalhadas no ano (*item 1.2, do quadro 23*), tem efeito no valor economizado (*itens 3.2.2 e 3.2 do mesmo quadro*). Situações desfavoráveis onde a economia de tempo e de combustível é baixa podem aumentar muito o prazo de retorno do investimento, o que certamente nenhum agricultor vai desejar.

Contaram a desfavor, no cálculo desenvolvido com base neste experimento, em relação ao exemplo de Grisso (1995), o alto valor do consumo específico de combustível e a grande diferença no preço de aquisição dos pneus radiais de baixa pressão, que variou de 102 a 112 % acima do preço dos diagonais, situação que permanecerá enquanto não houver fábrica instalada no país.

Quadro 23 – Comparação do custo de pneus radiais de baixa pressão e diagonais, em função dos resultados médios gerais obtidos com a tração desligada.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	VALORES
1.	Informação básica	
1.1	Potência do trator na barra de tração: obtida neste trabalho	23,33 kW
1.2	Horas anuais de uso em serviço pesado na barra de tração:	300 h
1.3	Custo máquina*: * Extraído de indicadores econômicos	15,25 R\$/h
1.4	Preço do combustível:	0,635 R\$/L
1.5	Consumo específico de combustível **: ** Extraído de a) registros próprios; b) relatórios de ensaio - 75 % de carga à potência máxima; ou c) média indicada em literatura.	0,60 L/kW.h
1.6	Custo do combustível: (1.1) x (1.3) x (1.5)	8,89 R\$/h
2.	Custo relativo aos pneus	
2.1	<i>Custo de aquisição dos pneus radiais</i>	
	Medida do pneu traseiro:	600/65R34
	Quantidade de pneus no eixo traseiro:	2
	Preço de aquisição dos pneus traseiros:	1860,00 R\$/pneu
2.1.1	Total de aquisição de pneus radiais traseiros:	3720,00 R\$
	Medida dos pneus dianteiros:	480/65R24
	Quantidade de pneus no eixo dianteiro:	2
	Preço de aquisição dos pneus dianteiros:	920,00 R\$/pneu
2.1.2	Total de aquisição dos pneus radiais dianteiros:	1840,00 R\$
2.1.3	Custo total dos pneus radiais:	5560,00 R\$
2.2	<i>Custo de aquisição dos pneus diagonais</i>	
	Medida do pneu traseiro:	18.4-34
	Quantidade de pneus no eixo traseiro:	2
	Preço de aquisição dos pneus diagonais traseiros:	877,00 R\$/pneu
2.2.1	Total de aquisição de pneus diagonais traseiros:	1754,00 R\$
	Medida dos pneus dianteiros:	14.9-24
	Quantidade de pneus no eixo dianteiro:	2
	Preço de aquisição dos pneus diagonais dianteiros:	456,00 R\$/pneu
2.2.2	Total de aquisição dos pneus diagonais dianteiros:	912,00 R\$
2.2.3	Custo total dos pneus diagonais:	2666,00 R\$
2.3	Custo adicional dos pneus radiais = (2.1.3) - (2.2.3)	2894,00 R\$

Continua...

...continuação

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	VALORES
3. Economia de tempo e de combustível:		
Considerar: a) registros próprios; ou b) estimativa de 10% de economia de tempo e 8% de economia de combustível:		
3.1 Economia de tempo:		
	Percentual utilizado: (obtido neste trabalho)	12,4 %
3.1.1	Horas de trabalho economizadas: (1.2) x percentual	37,2 h/ano
3.1.2	Custo do tempo economizado: (3.1.1) x (1.3)	567,30 R\$
3.2 Economia de combustível:		
	Percentual utilizado: (obtido neste trabalho)	10,8 %
3.2.1	Horas de combustível economizado: (1.2) x percentual	32,4 h/ano
3.2.2	Custo do combustível economizado: (3.2.1) x (1.6)	287,99 R\$
3.3	Total de tempo e combustível economizado: (3.1.2) + (3.2.2)	855,79 R\$
4. Valor líquido economizado		
4.1	No primeiro ano: (3.3) - (2.3)	-2038,71 R\$
	Se a quantia for positiva é o valor economizado.	
4.2	No segundo ano: (3.3) - (4.1)	-1183,41 R\$
4.3	No terceiro ano: (3.3) - (4.2)	-328,12 R\$
4.4	No quarto ano: (3.3) - (4.3)	527,18 R\$

Caso se considere, entretanto, que o aumento da vida útil esperado para o pneu radial devido à redução da patinagem, que pode variar de 25 a 40 % acima da duração do pneu diagonal, segundo Ozkan & Yahya (1986) citando outras referências, inclusive fabricantes de pneus – pode-se admitir um ganho econômico adicional com o uso dos pneus radiais.

Quanto à durabilidade de pneus agrícolas, são raras as referências. De acordo com Mialhe (1974), a média de vida útil observada em pneus agrícolas trabalhando em uma usina de açúcar em São Paulo, em 1974, foi de 2000/25000 horas com trator pesado e 3000-35000 horas com trator médio. Para a FAO (1993) é de se esperar que em 10 anos de uso (10.000 horas) de uso do trator, haja necessidade de se fazer 6 substituições de pneus (equivalente à duração de 1.500 horas) quando em serviço de tração pesada, ou de 3 substituições (duração de 3.000 horas) quando em serviço médio ou, de 2 substituições (duração de 4.000/5.000 horas) quando em serviço leve.

7. CONCLUSÕES

- Na situação de tração dianteira desligada:
 - O pneu radial de baixa pressão apresentou desempenho significativamente melhor para o trator operando nas duas situações de pressão e de superfície.
 - As vantagens de tração do pneu radial de baixa pressão, foram, em média: redução de 28,4 % na patinagem, 14,0 % no consumo de combustível específico e de 10,8 % no consumo de combustível por área trabalhada; aumento de 15,3 % na potência na barra, e de 12,0 % na capacidade de campo efetiva.
 - O uso da pressão correta no pneu radial de baixa pressão, favoreceu o desempenho do trator, nas duas condições de superfície, sendo mais expressivo em solo firme, sendo que essa condição não afetou o desempenho do trator quando equipado com pneu diagonal.

- Em solo mobilizado, o trator equipado com pneu radial de baixa pressão apresentou significativas perdas de tração, com aumentos de até 66,3 % na patinagem, 25,0 % no consumo específico, 37,4 % no consumo de combustível por área e reduções de até 9,5 % na potência na barra e de 16,5 % na capacidade de campo efetiva.

- Na situação de tração dianteira ligada:
 - O trator equipado com pneu radial de baixa pressão, apresentou melhor desempenho que o diagonal, apenas em solo firme nas duas condições de pressão.
 - As vantagens de tração do pneu radial de baixa pressão, foram, em média: redução de 24,9 % na patinagem, 3,4 % no consumo específico e de 3,6 % no consumo de combustível por área trabalhada; aumento de 5,3 % na potência na barra e de 6,0 % na capacidade de campo efetiva.
 - O uso da pressão correta, em relação à pressão alta, não afetou o desempenho do trator para nenhum dos pneumáticos.
 - Em solo mobilizado, o trator equipado com pneu radial de baixa pressão, apresentou significativas perdas de tração, com aumentos de até 164,4 % na patinagem, 23,7 % no consumo específico e 37,2 % no consumo de combustível por área; e reduções de até 7,4 % na potência na barra e 14,1 % na capacidade de campo efetiva..

- Com relação à análise custo-benefício:
 - Tendo-se como base nos resultados médios gerais obtidos com a tração desligada, o maior custo de aquisição dos pneus radiais de baixa pressão seria amortizado a partir do quarto ano de uso.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *ASAE STANDARDS 1995.*

ASAE S 313.2 Soil cone penetrometer. St. Joseph, MI, 1995, p.683

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *ASAE STANDARDS 1995.*

ASAE D497.2 Agricultural machinery management data.. St. Joseph, MI, 1995, p. 335-342.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *ASAE STANDARDS 1996.*

ASAE S296.4 General terminology for traction of agricultural tractors, self-propelled implements, and traction and transport devices. St. Joseph, MI, 1996, p. 116.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PNEUS E AROS. Manual de normas técnicas de pneus, aros e válvulas -1993/94. São Paulo, 106 p.

ARVIDSSON, J. & RISTIC, S. Soil stress and compaction effects for four tractor tyres.

Journal of Terramechanics, Elsevier, v. 33, n. 5, p. 223-232, 1996.

BALASTREIRE, L. A. *Máquinas Agrícolas.* Ed. Manole, São Paulo. 1987, 307p.

- BASHFORD, L. L. Axle power distribution for a front wheel assist tractor. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 28, n. 5, sep-oct, 1985.
- BASHFORD, L. L., WOERMAN, G. R., SHROPSHIRE, G. J. Front wheel assist tractor performance in two and four-wheel drive modes. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 28, n. 1, p. 23-29, jan-feb, 1985
- BASHFORD, L. L., AL-HAMED, S. & JENANE, C. *Effects of tire size and pressure on tractive performance*. St. Joseph, MI: ASAE, 1992, 13 p (ASAE Paper no. 92-1011)
- BRIESE, E. N., SCHLOSSER, J. F., DALLMEYER, A. U., FERREIRA M. F. & SCHNEIDER, V. Comparação entre pneus diagonais e radiais no preparo de solos de várzea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, *Anais*, 3, Poços de Caldas, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFLA, 1998. p. 244-246.
- BURT, E. C., LYNE, P. W. L., MEIRING, P. & KEEN, J. F. Ballast and inflation pressure effects on tractive efficiency. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 26, n. 5, p. 1352-1354, sep-oct, 1983
- CAMPBELL, D. J. & O'SULLIVAN, M. F. The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction and tillage. In: SMITH, K. A. & MULLINS, C. E. *Soil analysis: physical methods and tillage*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1991, cap. 9, p. 399-429.
- CARDOSO, M. & BALASTREIRE, L. A. Desempenho de tratores 4x2 e 4x2 com tração dianteira auxiliar em condição de campo. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 31-48, 1992.
- CHI, L. & TESSIER, S. *Soil compaction and rut depth reduction with high flotation tires on heavy trucks*. St. Joseph, MI: ASAE, 1994, 18 p (ASAE Paper no. 94-1559)

- COATES, W. Comparison of bias and radial tractor tires on soft soil. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 28, n. 4, p. 1090-1093, jul-ago, 1985.
- CORRÊA, I. M. *Características de tração de um trator agrícola, utilizando-se de pneus radial e diagonal*. Piracicaba, SP. 1993. 99p (Mestrado em Agronomia – Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP).
- CORRÊA, I. M., YANAI, K., MAZIERO, J. V. G. & MOLINA JR., W. F. Trator agrícola equipado alternadamente com pneu radial de baixa pressão e pneu diagonal: desempenho comparativo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 64-70, dez., 1997.
- CORRÊA, I. M., YANAI, K., FERRETTI, G., & MOLINA JR., W. F. Pneu radial convencional versus pneu diagonal: desempenho em operação agrícola. *STAB - Açúcar, Alcool e Subprodutos*, Piracicaba, v. 15, n. 5, p. 18, 20-21, maio-junho, 1997.
- CORRÊA, I. M., YANAI, K., MOLINA JR., W. F. & MAZIERO, J. V. G. Pneu radial de baixa pressão versus pneu diagonal: desempenho em operação agrícola. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 16, n. 4, p. 22-26, jun, 1997.
- CORRÊA, I. M., MAZIERO, J. V. G., BERTELLA, O., MORELLO, M. & YANAI, K. Adequação de lastro para o trator Agrale Deutz BX 4.150. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n.9, p. 951-957, set. 1997.
- ELONEN, E., ALAKUKKU & AHOKAS, J. Field evaluation of tractive performance of four tyre construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 1, 1996, Madrid. *Resume ...*, Universidad Politécnica de Madrid, 23-26/09/1996. p. 67-69.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – Agricultural engineering in development: agricultural tyres. Roma, Fao, 1993, 47p. (*Boletín de Servicios Agrícolas de La Fao*, 104)

- FERNANDES, H. & LANÇAS, K. P. Arraste de madeira e compactação do solo: avaliação do conjunto trator de pneus-guincho arrastador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, *Anais*, 3, Poços de Caldas, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFLA, 1998. p. 19-21.
- FERREIRA, M. F., SCHLOSSER, J. F., NEUJAHR, E. B. & SCHNEIDER, V. Desempenho de pneus radiais e diagonais em duas condições de relações cinemáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais*, Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFPEL, 1999. CD-Rom (Trab. 241).
- FONTANA, C., DALLMEYER, A. U., POZZERA, J. & WEISS, A. Desempenho comparativo de tratores com e sem tração dianteira auxiliar durante a escarificação do solo. *Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 237-249, 1986.
- GALETTI, P. A. *Mecanização Agrícola Preparo do Solo*. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, 1981, 220p.
- GEE-CLOUGH, D., McALLISTER, M. & EVERNDEN, D. W. Tractive performance of tractor drive tyres. II: A comparison of radial and cross-ply carcass construction. *Journal of Agricultural Engineering Research*, Silsoe, v. 22, n. 4, p. 385-395. 1977.
- GRISSE, R. Radial tractors tires - Performance that counts! www.ianr.unl.edu/pubs/farmpower/g1273 , 02 mar. 1998, 6p.
- GRISSE, R. Cost compariosn worksheet for radial tractors tires. www.ianr.unl.edu/pubs/Nepsacts/nf245.htm, 02 mar. 1998, 4p.

- HILBERT, J. A., TESOIRO, O., BOTTA, G., DAVIDOF, P. & ONORATO, A. Estudio comparativo de neumáticos simples e duales sobre um tractor de tracción delantera asistida. *Agro-ciencia*, Chillán, v.11, n. 2, p. 163-168, 1995.
- HILBERT, J. A., TESOIRO, M. O., GODAGNONE, G. & PINCU, M. Efecto comparativo del transito de vehiculos sobre suelo agricola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais*, Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFPEL, 1999. CD-Rom (Trab. 245).
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Estimativa de custo operacional de máquinas e equipamentos agrícolas. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 30, n.1, jan. 2000.
- YANAI, K., CORRÊA, I. M., MAZIERO, J. V. G., MENEZES, J. F. de, PECHE, A. T. M. Desempenho comparativo de tratores com e sem tração dianteira auxiliar em pista de concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17, 1992, Iperó, *Anais*, Iperó, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/CENEA, 1992, P. 438-444.
- YANAI, K., CORRÊA, I. M. & MAZIERO, J. V. G. Uso da tração dianteira auxiliar sob diferentes condições de lastragem e de pressão de inflação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, *Anais*, Poços de Caldas, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFLA, 1998, v. 3, p. 151-153.
- YANAI, K., SILVEIRA, G. M da, LANÇAS, K. P., CORRÊA, I. M. & MAZIERO, J. V. G. 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.

- KOTZABASSIS, C., STOUT, B. A., SEARCY, S. W. & FELSENSTEIN, G. *FWA tractor performance with radial and bias-ply tires*. St. Joseph, MI: ASAE, 1987, 10p (ASAE Paper no. 87-1627)
- JORAJURIA, D., DRAGHI, L. & ARAGON. A. Compactación del suelo bajo tráfico repetido. *Investigación Agraria INIA*. v. 10, n. 3, p. 473-483, Madrid, 1995.
- JORAJURIA, D., DRAGHI, L. & ARAGON. A. The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of *Lolium/Trifolium grassland*. *Soil & tillage research*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, v. 41: 1-12, 1997.
- LANÇAS, K. P., SANTOS F., A. & UPADHYAYA, S. K. *Implications of using low/correct inflation pressure for radial tractor tires*. St. Joseph, MI: ASAE, 1995, 15p (ASAE Paper no. 95-0056)
- LANÇAS, K. P., SANTOS F., A., UPADHYAYA, S. K. & RIPOLLI, T. C. Estimativa da compactação do solo, através do índice de cone, para três sistemas de condução de cultura de milho num projeto de agricultura sustentada de longo prazo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru, *Resumos...*, Bauru, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFPB, 1996. CD-Rom (Mag 232)
- LANÇAS, K. P., SANTOS F., A. & UPADHYAYA, S. K. Avaliação do desempenho de pneus agrícolas utilizando equipamento de teste de pneus "in situ" (UCD - Single Wheel Tester). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina Grande, *Resumos...*, Campina Grande, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFPB, 1997. CD-Rom (Mag 022)
- LEE, D. R., & KIM, K. U. Effect on inflation pressure on tractive performance of bias ply tires. *Journal of Terramechanics*, Great Britain, v. 34, n. 3, p. 187-208, 1997

- LYNE, P. W. L., BURT, E. C., KEEN, J. F. & MEIRING, P. Tractor performance of cross-ply and radial-ply tires. In: SYMPOSIUM OF AGRICULTURAL ENGINEERING IN SOUTH AFRICA. *Proceedings*, s.l., v. 15, n. 31, p. 13-21, 1981.
- MACHADO, A. L. T., TREIN, C. R. & MACHADO, R. L. T. Relação entre tráfego de máquinas e alguns parâmetros físicos de um planossolo (albaqualf). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais*, Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFPEL, 1999. CD-Rom (Trab. 44).
- MENEZES, J. F. de & YANAI, K. Medidor de altura das garras dos pneus de tratores. Campinas, Instituto Agronômico, *Boletim Técnico*, 127, 1989, 10p.
- MIALHE, L. G. *Manual de mecanização agrícola*. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres, 1974, 120p.
- MICHELIN - Informações técnicas agrícola, florestal e industrial. 20^a ed., s.l., s.d., 1995, 66 p.
- MUELLER, J. P. & TREANOR, R. R. *Performance of a four wheel drive tractor equipped with radial tires*. St. Joseph, MI: ASAE, 1985, 21 p (ASAE Paper no. 85-1048)
- MUNSON, K. L., ERBACH, D. C. & BERN, C. J. *Tire inflation pressure and soil compaction*. St. Joseph, MI: ASAE, 1994, 11 p (ASAE Paper no. 94-1052).
- OLIVEIRA, J. B. de, JACOMINE, P. K. T. & CAMARGO, M. N. *Classes gerais de solos do Brasil*. FUNEP. 1992. 201p.
- OZKAN, H. H. & YAHYA, A. *Radial tires are they economicals?* St. Joseph, MI: ASAE, 1986, 23p (ASAE Paper no. 86-1025)
- POTIER, M. Pneus: la pression baisse. *Agri-Décideur*, Antony, n. 26, p. 15-28, oct., 1990.

- SCHAFER, R. L., JOHNSON, C. E., KOOLEN, A. J., GUPTA, S. C. & HORN, R. Future research needs in soil compaction. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 35, n. 6, p. 1761-1770, nov-dec., 1992.
- SIQUEIRA, J. A. C., PEREIRA, J. O. URIBE-OPAZO, M. A., MOREIRA, C. R., BORTOLOTTI, V. C. & STIPP, D. J. Avaliação da resistência do solo à penetração em três teores de água, sob dois sistemas de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais*, Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFPEL, 1999. CD-Rom (Trab. 470).
- TAYLOR, J. H., BURT, E. C. & BAILEY, A. C. Radial tire performance in firm and soft soils. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 19, n. 6, p. 1062-1064, nov-dec., 1976.
- THADEN, T. J. Operating characteristics of radial-ply tractor tires. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 5, n. 2, p. 109-110, march-april, 1962.
- THANGAVADIVELU, S., BARNES, P., SLOCOMBE, J., STONE, L. & HIGGINS, J. Soil response to track and wheel tractor traffic. *Journal of Terramechanics*, Elsevier, Great Britain, v. 31, n. 1, p. 41-50, 1994.
- WORTHINGTON, W. H. A discussion of performance characteristics of radial-ply tractor tires. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 65, n. 4, p. 31-35, april, 1962.
- WULFSOHN, D., UPADHYAYA, S. K. & CHANCELLOR, W. J. Tractive characteristics of radial and bias ply tires in a California soil. *Journal of Terramechanics*, Great Britain, v. 25, n. 2, p. 111-134, 1988.
- ZOZ, F. M. & TURNER, R. J. *Effect of "correct" pressure on tractive efficiency of radial ply tires*. St. Joseph, MI: ASAE, 1994, 11p. (ASAE Paper no. 94-1051).

APÊNDICES

APÊNDICE 1

PAINEL DE INSTRUMENTOS INSTALADO NO TRATOR



APÊNDICE 2

EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR ATRAVÉS DA TOMADA DE POTÊNCIA.



APÊNDICE 3

MEDIDOR DE COMBUSTÍVEL NO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR DO TRATOR



APÊNDICE 4

RESULTADO DA AFERIÇÃO DO MEDIDOR DE COMBUSTÍVEL

Torque	Giros da TDP	Tempo	Rotação motor	Potência TDP	Consumo de combustível	
N.m		s	r/min	kW	na Dinam.	no Medidor
					L/h	
a) Com motor frio						
929	346	29,7	2179	68,0	24,8	25,1
953	344	30,7	2096	67,1	24,0	24,0
968	345	32,5	1985	64,5	22,7	22,7
984	347	35,1	1849	61,1	21,0	21,0
993	344	37,8	1702	56,8	19,5	19,5
b) Com motor quente						
887	391	33,2	2203	65,6	22,2	22,2
923	370	32,2	2149	66,6	22,9	23,0
935	367	33,1	2074	65,1	22,3	22,4
935	368	34	2024	63,6	21,7	21,7
937	369	35,2	1961	61,7	21,0	21,1
939	367	36,3	1891	59,6	20,3	20,3

APÊNDICE 5

ALTURA DAS GARRAS DOS PNEUS

Pneus	Dianteiros		Traseiros	
	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito
	mm			
Diagonais	32,7	32,6	36,6	36,6
	31,9	33,3	36,9	36,7
	31,0	33,1	36,9	35,6
	31,9	32,4	36,3	35,8
	38,4	36,8	37,2	36,1
	38,0	37,2	36,7	35,1
	37,5	36,7	37,3	36,4
	38,0	37,2	37,1	36,6
Média	34,9		36,5	
C.V., %	7,8		1,6	
Radiais	43,5	43,1	49,3	49,2
	43,5	44,0	49,7	48,5
	43,5	44,2	49,6	49,5
	43,0	44,0	49,6	49,5
	43,5	43,3	49,5	49,2
	43,1	43,5	49,6	48,5
	43,0	43,2	49,3	48,5
	43,3	43,2	49,5	49,1
Média				
C.V., %				

APÊNDICE 6

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS PONDERAIS DO TRATOR



APÊNDICE 7

DADOS LEVANTADOS E EQUAÇÃO OBTIDA PARA ESTIMAR A DENSIDADE DO COMBUSTÍVEL EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DO ÓLEO DIESEL

TEMPERATURA ° C	DENSIDADE g/L
23,2	850,0
27,0	850,0
39,8	847,5
38,8	845,0
42,6	845,0

$$D \text{ (g/L)} = 857,46 - 0,299 \times TC \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$R^2 = 0,9335$$

APÊNDICE 08

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU DIAGONAL, PRESSÃO ALTA, SOLO FIRME, TRACÇÃO DESLIGADA,
PRESSÃO: 138/151 kPa

HB = 0,480 m (altura da barra)			
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)			
CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)	Peso dianteiro:	20,80 kN	
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)	Peso traseiro:	37,07 kN	
CRT = 4,873 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)	Peso total:	57,87 kN	

REP.	NUMERO DE GIROS		DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	PATIN. MÉD.	ROTAC. MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA					
	TEM-PO	GIROS DA TDP							DO COMB.	g/L			kN	%	rpm	km/h	kW
1	252	251	556	25,7	317	44	844,26	19,37	22,58	2307	6,65	35,75	21,6	510	0,60	1,45	14,9
2	211	213	446	22,0	267	44	844,26	19,25	26,33	2270	6,23	33,28	21,9	556	0,66	1,36	16,1
3	212	209	438	21,8	264	43	844,56	18,67	27,13	2265	6,17	31,99	21,7	573	0,68	1,35	16,1
4	211	210	449	21,8	265	43	844,56	18,84	25,30	2273	6,33	33,09	21,9	558	0,66	1,38	15,9
5	222	212	478	22,3	273	45	843,96	18,71	22,82	2290	6,58	34,20	20,7	512	0,61	1,44	14,4
Média	222	219	473	22,7	277	44	844,32	18,97	24,83	2281	6,39	33,66	21,6	542	0,64	1,39	15,5

APÊNDICE 09

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU DIAGONAL, PRESSÃO ALTA, SOLO FIRME, TRACÇÃO LIGADA, PRESSÃO: 138/151 kPa

HB = 0,480 m (altura da barra)		Peso dianteiro: 20,80 kN
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)		Peso traseiro: 37,07 kN
		Peso total: 57,87 kN
CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)		
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)		
CRT = 4,873 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)		

REP.	NUMERO DE GIROS DAS RODAS		TEM-PO	GIROS		TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	PATIN. Média	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA	
	ESQ.	DIR.		ODOM.	s								DA TDP	DO COMB.			L/h
1	211	213	532	21,8	267	44	844,26	19,13	12,12	2291	7,50	39,82	20,8	441	0,52	1,63	12,7
2	211	212	534	21,6	266	42	844,86	18,84	11,58	2303	7,59	39,72	19,4	414	0,49	1,66	11,7
3	218	216	536	22,3	274	42	844,86	19,44	13,50	2298	7,38	39,86	20,3	430	0,51	1,61	12,6
4	209	210	506	21,6	264	39	845,76	18,72	15,42	2286	7,20	37,40	19,8	448	0,53	1,57	12,6
5	219	219	524	22,6	276	39	845,76	18,72	16,21	2284	7,12	37,02	20,5	468	0,55	1,55	13,2
Média	214	214	526	22,0	269	41	845,10	18,97	13,77	2292	7,36	38,76	20,2	440	0,52	1,60	12,6

APÊNDICE 10

**DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU DIAGONAL, PRESSÃO ALTA, SOLO MOBILIZADO, TRAÇÃO DESLIGADA,
PRESSÃO: 138/151 kPa**

HB = 0,480 m (altura da barra)		
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)		
CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)	Peso dianteiro:	20,80 kN
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)	Peso traseiro:	37,07 kN
CRT = 4,873 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)	Peso total:	57,87 kN

REP.	NUMERO DE GIROS		GIROS DA TDP	TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	PATIN. MÉD.	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTIVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA			
	ESQ.	DIR.									L/h	g/kW.h			ha/h	L/ha	
1	214	208	405	21,9	266	35	846,96	19,44	32,77	2272	5,68	30,67	22,0	608	0,72	1,24	17,8
2	217	212	402	22,9	269	35	846,96	19,93	34,36	2197	5,39	29,85	23,2	659	0,78	1,18	19,8
3	216	215	401	23,3	272	35	846,96	19,91	34,84	2183	5,29	29,23	23,3	675	0,80	1,15	20,2
4	231	253	431	25,6	304	38	846,06	19,49	37,50	2221	5,17	27,99	21,9	660	0,78	1,13	19,4
5	204	218	411	22,3	259	38	846,06	19,73	31,71	2172	5,66	31,01	23,6	645	0,76	1,23	19,1
Média	216	221	410	23,2	274	36	846,60	19,70	34,24	2209	5,44	29,75	22,8	649	0,77	1,19	19,3

APÊNDICE 11

**DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU DIAGONAL, PRESSÃO ALTA, SOLO MOBILIZADO, TRACÇÃO LIGADA,
PRESSÃO: 138/151 kPa**

HB = 0,480 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)
CRT = 4,873 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)

Peso dianteiro: 20,80 kN
Peso traseiro: 37,07 kN
Peso total: 57,87 kN

REP.	NUMERO DE GIROS		TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	PATIN. Média	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA				
	DAS RODAS	TEM-PO								GIROS DA TDP	g/L			g/kW.h	L/kW.h	ha/h	L/ha
1	211	210	490	22,6	265	32	847,86	20,31	18,48	2193	6,66	37,55	22,3	502	0,59	1,45	15,3
2	209	210	480	22,6	264	32	847,86	21,62	19,76	2185	6,52	39,17	23,5	508	0,60	1,42	16,5
3	233	235	542	25,2	295	32	847,86	21,54	18,88	2189	6,61	39,52	21,7	466	0,55	1,44	15,1
4	207	209	479	22,3	263	31	848,16	21,45	19,35	2206	6,60	39,31	21,0	452	0,53	1,44	14,6
5	210	211	486	22,6	265	31	848,16	20,57	19,15	2193	6,61	37,73	22,4	504	0,59	1,44	15,6
Média	214	215	495	23,1	270	32	847,98	21,10	19,13	2193	6,60	38,66	22,2	486	0,57	1,44	15,4

APÊNDICE 12

**DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU DIAGONAL, PRESSÃO CORRETA, SOLO FIRME, TRACÇÃO DESLIGADA,
PRESSÃO: 96/110 kPa**

HB = 0,470 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)
CRT = 4,819 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)

Peso dianteiro: 20,80 kN
Peso traseiro: 37,07 kN
Peso total: 57,87 kN

REP.	NUMERO DE GIROS DAS RODAS		GIROS DA TDP	TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	PATIN. MÉD.	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL HOR.	CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA				
	ESQ.	DIR.												ODOM.	°C	g/L	kN
1	226	212	436	23,4	282	26	849,66	19,71	29,43	2254	5,72	31,32	23,4	636	0,75	1,25	18,8
2	236	230	515	23,9	293	26	849,66	18,98	21,72	2293	6,62	34,89	21,8	531	0,62	1,44	15,1
3	228	225	515	23,1	285	26	849,66	18,77	19,48	2307	6,85	35,69	21,0	501	0,59	1,49	14,1
4	228	224	495	23,2	285	26	849,66	18,99	22,43	2297	6,55	34,56	21,3	524	0,62	1,43	14,9
5	233	229	498	23,8	291	26	849,66	18,91	23,65	2287	6,43	33,76	21,7	545	0,64	1,40	15,5
Média	230	224	492	23,5	287	26	849,66	19,07	23,34	2288	6,43	34,04	21,9	547	0,64	1,40	15,7

APÊNDICE 13

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU DIAGONAL, PRESSÃO CORRETA, SOLO FIRME, TRACÇÃO LIGADA PRESSÃO: 96/110 kPa

HB = 0,470 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)
CRT = 4,819 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)

Peso dianteiro: 20,80 kN
Peso traseiro: 37,07 kN
Peso total: 57,87 kN

REP.	NUMERO DE GIROS		DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	PATIN. Média	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA					
	TEM-PO	GIROS TDP							g/L	L/h			g/kW.h	L/kW.h			
No.	ESQ.	DIR.	ODOM.	s	°C	!	!	!	!	!	!	!					
1	210	208	532	21,6	264	26	849,66	19,53	9,86	2286	7,57	41,03	19,6	405	0,48	1,65	11,9
2	219	216	556	22,4	275	26	849,66	20,14	9,47	2296	7,62	42,64	21,0	418	0,49	1,66	12,6
3	209	207	528	21,5	262	26	849,66	18,90	10,11	2279	7,54	39,60	20,7	445	0,52	1,64	12,6
4	209	209	536	21,5	263	25	849,96	19,23	9,18	2288	7,66	40,89	20,3	422	0,50	1,67	12,2
5	214	214	537	22,1	269	25	849,96	19,51	11,14	2276	7,46	40,44	20,2	424	0,50	1,63	12,4
Média	212	211	538	21,8	267	26	849,78	19,46	9,95	2285	7,57	40,92	20,3	423	0,50	1,65	12,3

APÊNDICE 14

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU DIAGONAL, PRESSÃO CORRETA, SOLO MOBILIZADO, TRACÇÃO DESLIGADA,
PRESSÃO: 96/110 kPa

HB = 0,470 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)
CRT = 4,819 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)

Peso dianteiro: 20,80 kN
Peso traseiro: 37,07 kN
Peso total: 57,87 kN

REP.	NUMERO DE GIROS		TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA					
	DAS RODAS	ODOM.							ESPECÍF.	HOR.							
	ESQ.	DIR.	°C	g/L	kN	rpm	km/h	kW	L/h	g/kW.h	L/kW.h	ha/h	L/ha				
1	228	206	398	23,2	273	28	849,06	20,81	34,88	2201	5,27	30,45	23,5	656	0,77	1,15	20,5
2	230	216	399	23,8	281	26	849,66	20,20	36,58	2208	5,15	28,88	23,2	682	0,80	1,12	20,7
3	227	209	438	22,9	275	26	849,66	20,00	28,73	2246	5,88	32,63	22,2	579	0,68	1,28	17,4
4	213	212	379	22,9	268	25	849,96	20,72	36,84	2189	5,08	29,25	22,7	661	0,78	1,11	20,5
5	208	208	410	22,1	262	25	849,96	20,36	30,20	2217	5,70	32,21	23,3	614	0,72	1,24	18,7
Média	221	210	405	23,0	272	26	849,66	20,42	33,45	2212	5,42	30,68	23,0	638	0,75	1,18	19,5

APÊNDICE 15

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU DIAGONAL, PRESSÃO CORRETA, SOLO MOBILIZADO, TRACÇÃO LIGADA
PRESSÃO: 96/110 kPa

HB = 0,470 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)
CRT = 4,819 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)

Peso dianteiro: 20,80 kN
Peso traseiro: 37,07 kN
Peso total: 57,87 kN

REP.	DAS RODAS		TEM- PO	GIROS DA TDP	TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRAÇÃO	PATIN. Média	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA	CONSUMO DE		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA			
	ESQ.	DIR.										HOR.	ESPECÍF.					
No.	ESQ.	DIR.	ODOM. s	°C	g/L	!	kN	%	rpm	km/h	kW	L/h	g/kW.h	L/kW.h	ha/h	L/ha		
1	213	213	483	22,9	267	26	849,66	!	20,93	19,70	2181	6,48	37,66	23,1	522	0,61	1,41	16,4
2	214	215	494	22,8	269	26	849,66	!	20,95	18,44	2207	6,66	38,72	21,8	478	0,56	1,45	15,0
3	211	207	478	22,5	263	27	849,36	!	21,64	19,00	2186	6,53	39,21	22,6	489	0,58	1,42	15,9
4	213	214	485	23,2	269	27	849,36	!	21,36	19,56	2168	6,42	38,08	22,9	510	0,60	1,40	16,3
5	213	212	481	23,2	268	26	849,66	!	21,68	19,84	2160	6,37	38,34	23,3	516	0,61	1,39	16,8
Média	213	212	484	22,9	267	26	849,54	!	21,31	19,31	2180	6,49	38,40	22,7	503	0,59	1,41	16,1

APÊNDICE 16

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU RADIAL, PRESSÃO ALTA, SOLO FIRME, TRACÇÃO DESLIGADA PRESSÃO: 103/103 kPa

HB = 0,450 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)	Peso dianteiro: 21,92 kN
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)	Peso traseiro: 38,86 kN
CRT = 4,902 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)	Peso total: 60,78 kN

REP.	NUMERO DE GIROS		GIROS TEM- PO	TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA PATIN. DO ! DE COMB. !	ROTAC. DO MOTOR	VELOC DE DES.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE		CAPAC. CONS. OPER. POR TEOR. ÁREA						
	DAS RODAS	DAS RODAS								COMBUSTÍVEL HOR.	ESPECÍF. TEOR.							
No.	ESQ.	DIR.	ODOM.	s	°C	g/L	!	kN	%	rpm	km/h	kW	L/h	g/kW.h	L/kW.h	ha/h	L/ha	
1	217	215	512	22,0	271	48	843,06	!	19,20	17,48	2304	7,15	38,11	21,5	475	0,56	1,56	13,8
2	216	219	505	22,4	274	48	843,06	!	19,72	19,17	2288	6,93	37,92	21,4	475	0,56	1,51	14,2
3	202	206	468	21,2	257	48	843,06	!	19,65	20,13	2267	6,78	37,00	22,4	511	0,61	1,48	15,2
4	207	211	485	21,7	263	49	842,76	!	20,30	19,21	2267	6,87	38,69	22,0	478	0,57	1,50	14,7
5	213	207	494	21,9	265	49	842,76	!	19,42	18,09	2263	6,93	37,37	22,2	500	0,59	1,51	14,7
Médi:	211	212	493	21,8	266	48	842,94	!	19,66	18,82	2278	6,93	37,82	21,9	488	0,58	1,51	14,5

APÊNDICE 17

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU RADIAL, PRESSÃO ALTA, SOLO FIRME, TRACÇÃO LIGADA PRESSÃO: 103/103 kPa

HB = 0,450 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)
CRT = 4,902 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)

Peso dianteiro: 21,92 kN
Peso traseiro: 38,86 kN
Peso total: 60,78 kN

REP.	NUMERO DE GIROS		GIROS DA TDP	TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO Média	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL. BARRA	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL HOR.	CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA					
	ESQ.	DIR.											ODOM.	°C	g/L	kN	%
1	210	208	558	21,3	262	46	843,66	18,97	7,05	2300	8,05	42,39	19,7	393	0,47	1,75	11,2
2	208	211	561	21,4	263	46	843,66	19,37	6,77	2298	8,05	43,32	20,0	389	0,46	1,76	11,4
3	208	206	557	21,3	261	46	843,66	18,85	6,32	2292	8,03	42,06	20,3	408	0,48	1,75	11,6
4	213	213	567	21,9	267	46	843,66	19,04	7,33	2280	7,95	42,05	20,6	413	0,49	1,73	11,9
5	212	212	560	21,9	265	46	843,66	19,39	8,04	2263	7,85	42,30	21,2	422	0,50	1,71	12,4
Médi:	210	210	561	21,6	264	46	843,66	19,13	7,11	2287	7,99	42,42	20,4	405	0,48	1,74	11,7

APÊNDICE 18

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU RADIAL, PRESSÃO ALTA, SOLO MOBILIZADO, TRACÇÃO DESLIGADA
PRESSÃO: 103/103 kPa

HB = 0,450 m (altura da barra)		
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)		
CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)	Peso dianteiro:	21,92 kN
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)	Peso traseiro:	38,86 kN
CRT = 4,902 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)	Peso total:	60,78 kN

REP.	NUMERO DE GIROS		GIROS DA TDP	TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	PATTIN. MÉD.	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL HOR.	CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA				
	ESQ.	DIR.												ODOM.	g/L	kN	%
1	208	204	438	22,9	260	41	845,16	20,94	25,97	2123	5,88	34,17	23,7	585	0,69	1,28	18,5
2	220	211	445	23,8	272	41	845,16	21,28	28,08	2137	5,74	33,93	23,6	587	0,69	1,25	18,8
3	200	209	424	22,8	258	42	844,86	21,83	27,79	2116	5,71	34,62	23,6	577	0,68	1,25	19,0
4	206	209	423	22,6	261	42	844,86	20,88	29,03	2160	5,75	33,33	23,6	599	0,71	1,25	18,9
5	214	214	448	23,2	271	42	844,86	21,27	27,12	2185	5,93	35,03	23,5	566	0,67	1,29	18,2
Média	210	209	436	23,1	264	42	844,98	21,24	27,60	2144	5,80	34,22	23,6	583	0,69	1,26	18,7

APÊNDICE 19

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU RADIAL, PRESSÃO ALTA, SOLO MOBILIZADO, TRAÇÃO LIGADA PRESSÃO: 103/103 kPa

HB = 0,450 m (altura da barra)
 DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica) Peso dianteiro: 21,92 kN
 CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira) Peso traseiro: 38,86 kN
 CRT = 4,902 m (Circunferência de rolamento da roda traseira) Peso total: 60,78 kN

REP.	NUMERO DE GIROS		DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA						
	TEM-PO	GIROS TDP						DE TRACÇÃO Média	HOR.			ESPECÍF.					
No.	ESQ.	DIR.	ODOM. s	°C	g/L	kN	%	rpm	km/h	kW	L/h	g/kW.h	L/kW.h	ha/h	L/ha		
1	214	208	509	21,9	266	43	844,56	21,08	16,00	2272	7,14	41,79	23,2	469	0,56	1,56	14,9
2	220	217	516	23,2	275	43	844,56	21,48	17,78	2217	6,83	40,76	23,2	481	0,57	1,49	15,6
3	206	208	491	21,9	261	43	844,56	20,10	17,42	2229	6,89	38,44	22,7	499	0,59	1,50	15,1
4	202	206	479	22,0	257	44	844,26	20,19	18,25	2185	6,69	37,49	23,2	522	0,62	1,46	15,9
5	200	204	485	22,3	254	44	844,26	20,46	16,41	2130	6,68	37,96	23,2	517	0,61	1,46	16,0
Média	208	209	496	22,3	263	43	844,44	20,66	17,17	2206	6,85	39,29	23,1	497	0,59	1,49	15,5

APÊNDICE 20

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU RADIAL, PRESSÃO CORRETA, SOLO FIRME, TRACÇÃO DESLIGADA PRESSÃO: 62/62 kPa

HB = 0,430 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)
CRT = 4,868 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)

Peso dianteiro: 21,92 kN
Peso traseiro: 38,86 kN
Peso total: 60,78 kN

REP.	NUMERO DE GIROS DAS RODAS		TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO MÉD.	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA					
	TEM-PO	GIROS TDP							g/L	L/h			g/kW.h	L/kW.h			
No.	ESQ.	DIR.	°C	%	kN	rpm	km/h	kW	L/h	g/kW.h	ha/h	L/ha					
1	209	205	512	21,2	261	38	846,06	19,04	13,28	2302	7,42	39,22	20,4	439	0,52	1,62	12,6
2	218	211	520	22,0	270	38	846,06	18,84	14,99	2295	7,26	37,97	19,9	444	0,52	1,58	12,6
3	216	213	539	21,9	270	38	846,06	18,92	11,91	2306	7,56	39,73	19,6	418	0,49	1,65	11,9
4	216	212	531	21,8	270	38	846,06	19,01	13,01	2316	7,48	39,50	19,4	416	0,49	1,63	11,9
5	218	211	517	22,0	270	38	846,06	18,74	15,48	2295	7,22	37,56	19,9	448	0,53	1,57	12,6
Média	215	210	524	21,8	268	38	846,06	18,91	13,74	2303	7,39	38,80	19,9	433	0,51	1,61	12,3

APÊNDICE 21

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU RADIAL, PRESSÃO CORRETA, SOLO FIRME, TRACÇÃO LIGADA PRESSÃO: 62/62 kPa

HB = 0,430 mm (altura da barra)
DEE = 2,750 mm (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)
CRT = 4,868 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)

Peso dianteiro: 21,92 kN
Peso traseiro: 38,86 kN
Peso total: 60,78 kN

REP.	NUMERO DE GIROS		DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA							
	TEM-PO	GIROS DA TDP						DE	ESPECÍF. HOR.									
No.	ESQ.	DIR.	ODOM.	g/L	!	kN	!	rpm	km/h	kW	L/h	g/kW.h	L/kW.h	ha/h	L/ha			
1	211	208	559	21,5	264	38	846,06	!	19,75	6,46	2296	7,99	43,79	20,3	391	0,46	1,74	11,6
2	211	207	559	21,4	264	38	846,06	!	18,71	6,23	2307	8,02	41,68	19,7	400	0,47	1,75	11,3
3	211	210	569	21,4	265	38	846,06	!	18,34	5,24	2316	8,17	41,60	19,7	400	0,47	1,78	11,1
4	213	213	573	21,8	269	38	846,06	!	18,51	5,70	2308	8,07	41,50	19,6	399	0,47	1,76	11,1
5	200	200	530	20,6	251	38	846,06	!	20,34	7,10	2279	7,90	44,63	20,8	394	0,47	1,72	12,1
Média	209	208	558	21,3	263	38	846,06	!	19,13	6,15	2301	8,03	42,64	20,0	397	0,47	1,75	11,4

APÊNDICE 22

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU RADIAL, PRESSÃO CORRETA, SOLO MOBILIZADO, TRACÇÃO DESLIGADA
PRESSÃO: 62/62 kPa

HB = 0,430 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)
CRT = 4,868 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)

Peso dianteiro: 21,92 kN
Peso traseiro: 38,86 kN
Peso total: 60,78 kN

REP.	NUMERO DE GIROS DAS RODAS		TEMP. DO COMB.	DENS. DO COMB.	FORÇA DE TRACÇÃO	ROTAC. DO MOTOR	VELOC. DE DESL.	POT. NA BARRA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		CAPAC. OPER. TEÓR.	CONS. POR ÁREA					
	TEM-PO	GIROS TDP							g/L	kN			%	rpm	km/h	kW	L/h
1	211	207	470	21,8	263	34	847,26	19,80	21,16	2256	6,62	36,40	23,1	536	0,63	1,44	16,0
2	209	207	453	22,0	261	34	847,26	21,51	23,65	2219	6,32	37,78	23,7	531	0,63	1,38	17,2
3	206	206	452	21,9	259	34	847,26	21,06	23,08	2212	6,34	37,08	23,7	542	0,64	1,38	17,2
4	215	214	483	22,4	271	36	846,66	20,49	21,06	2263	6,62	37,69	23,7	531	0,63	1,44	16,4
5	214	218	461	23,0	272	36	846,66	20,83	25,18	2212	6,16	35,61	23,8	565	0,67	1,34	17,7
Média	211	210	464	22,2	265	35	847,02	20,74	22,83	2232	6,41	36,91	23,6	541	0,64	1,40	16,9

APÊNDICE 23

DADOS LEVANTADOS E RESULTADOS OBTIDOS COM PNEU RADIAL, PRESSÃO CORRETA, SOLO MOBILIZADO, TRACÇÃO LIGADA PRESSÃO: 62/62 kPa

HB = 0,430 m (altura da barra)
DEE = 2,750 m (distância entre eixos)

CRO = 1,707 m (Circunferência de rolamento da roda odométrica)	Peso dianteiro: 21,92 kN
CRD = m (Circunferência de rolamento da roda dianteira)	Peso traseiro: 38,86 kN
CRT = 4,868 m (Circunferência de rolamento da roda traseira)	Peso total: 60,78 kN

REP.	DAS RODAS		GIROS		TEMP.		DENS.		FORÇA		ROTAC.		VELOC.		POT.		CONSUMO DE		CAPAC.	
	ESQ.	DIR.	TEM- PO	DA TDP	DO COMB.	DO COMB.	DO COMB.	DO COMB.	DE TRAÇÃO	DE Média	DO MOTOR	DE DESL.	DE BARRA	DE HOR.	DE COMBUSTÍVEL	DE ESPECÍF.	DE TEÓR.	DE ÁREA	DE CONS.	DE POR
No.	ESQ.	DIR.	ODOM.	s	°C	g/L	g/L	g/L	kN	%	rpm	km/h	km/h	kW	L/h	g/kW.h	L/kW.h	ha/h	ha/h	L/ha
1	209	208	499	22,1	263	38	846,06	21,86	16,10	2226	6,94	42,09	23,8	478	0,56	1,51	15,7			
2	205	207	494	21,9	261	38	846,06	21,01	15,93	2229	6,93	40,43	23,7	495	0,58	1,51	15,7			
3	206	207	499	21,7	261	38	846,06	20,78	15,29	2249	7,06	40,75	23,8	494	0,58	1,54	15,5			
4	214	213	511	22,6	268	38	846,06	20,51	16,10	2218	6,95	39,56	23,6	505	0,60	1,51	15,6			
5	216	216	506	23,2	271	38	846,06	21,76	17,88	2185	6,70	40,48	23,4	489	0,58	1,46	16,0			
Média	210	210	502	22,3	265	38	846,06	21,18	16,26	2221	6,91	40,66	23,6	492	0,58	1,51	15,7			

APÊNDICE 24

RESULTADO GERAL APRESENTANDO AS MÉDIAS DOS TRATAMENTOS DISCRIMINADOS NOS APÊNDICES 08 A 23

PNEU	PRES- SÃO	SUPER- FÍCIE	TRAÇÃO	PARÂMETROS AVALIADOS									
				FT	PT	RT	VD	PB	CH	CE-1	CE-2	CC	CA
				<i>kN</i>	<i>%</i>	<i>r/min</i>	<i>km/h</i>	<i>kW</i>	<i>L/h</i>	<i>g/kW.h</i>	<i>L/kW.h</i>	<i>ha/h</i>	<i>L/ha</i>
PD	PA	SF	TD	18,97	24,83	2281	6,39	33,66	21,6	542	0,64	1,39	15,5
			TL	18,97	13,77	2292	7,36	38,76	20,2	440	0,52	1,60	12,6
	SM	TD	19,70	34,24	2209	5,44	29,75	22,8	649	0,77	1,19	19,3	
		TL	21,10	19,13	2193	6,60	38,66	22,2	486	0,57	1,44	15,4	
	PC	SF	TD	19,07	23,34	2288	6,43	34,04	21,9	547	0,64	1,40	15,7
			TL	19,46	9,95	2285	7,57	40,92	20,3	423	0,50	1,65	12,3
PR	PA	SF	TD	20,42	33,45	2212	5,42	30,68	23,0	638	0,75	1,18	19,5
			TL	21,31	19,31	2180	6,49	38,40	22,7	503	0,59	1,41	16,1
	SM	TD	19,66	18,82	2278	6,93	37,82	21,9	488	0,58	1,51	14,5	
		TL	19,13	7,11	2287	7,99	42,42	20,4	405	0,48	1,74	11,7	
	PC	SF	TD	21,24	27,60	2144	5,80	34,22	23,6	583	0,69	1,26	18,7
			TL	20,66	17,17	2206	6,85	39,29	23,1	497	0,59	1,49	15,5
PR	PA	SF	TD	18,91	13,74	2303	7,39	38,80	19,9	433	0,51	1,61	12,3
			TL	19,13	6,15	2302	8,02	42,64	20,0	397	0,47	1,75	11,4
	PC	SM	TD	20,74	22,83	2232	6,41	36,91	23,6	541	0,64	1,40	16,9
			TL	21,18	16,26	2221	6,91	40,66	23,6	492	0,58	1,51	15,7

FT = força de tração; PT = patinagem das rodas motrizes traseiras; RM = rotação do motor; PB = potência na barra;
 VD = velocidade de deslocamento; CH = consumo horário; CE-1 = consumo específico 1; CE-2 = consumo específico 2; CC
 = capacidade de campo; CA = consumo por área trabalhada.

APÊNDICE 25

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À FORÇA DE TRAÇÃO E PATINAGEM, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA DESLIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	FORÇA DE TRAÇÃO (kN)		PATINAGEM (%)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	24.8164	0.00009	121.1321	0.0001
PRESSÃO	1	0.7967	0.6176	16.4948	0.00052
SUPERFÍCIE	1	131.0704	0.00001	156.5554	0.00001
PNE*PRE	1	18.6840	0.00031	6.4270	0.01555
PNE*SUP	1	7.7218	0.00887	0.2993	0.59446
PRE*SUP	1	3.2192	0.07880	0.11145	0.73659
PNE*PRE*SUP	1	0.5888	0.54535	0.0169	0.89282
RESÍDUO	32				
Média Geral		19.84		24.85	
Coefic. de Variação (%)		1.91		9.50	

APÊNDICE 26

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À ROTAÇÃO DO MOTOR E VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA DESLIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	ROTAÇÃO DO MOTOR (r/min)		VELOC.DE DESLOCAM. (km/h)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	1.1656	0.28838	82.4298	0.00001
PRESSÃO	1	16.5928	0.00051	11.9355	0.00191
SUPERFÍCIE	1	135.4296	0.00001	168.2946	0.00001
PNE*PRE	1	11.7260	0.00204	11.0721	0.00253
PNE*SUP	1	3.5135	0.06681	0.1815	0.67619
PRE*SUP	1	3.9220	0.5345	0.0818	0.77349
PNE*PRE*SUP	1	4.8647	0.03274	0.4811	0.50031
RESÍDUO	32				
Média Geral		2243		6.27	
Coefic. de Variação (%)		1.06		3.96	

APÊNDICE 27

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À POTÊNCIA NA BARRA E CONSUMO HORÁRIO, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA DESLIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	POTÊNCIA NA BARRA (kW)		CONSUMO HORÁRIO (L/h)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	163.7617	0.00001	0.1199	0.73109
PRESSÃO	1	10.6120	0.00296	5.2669	0.02682
SUPERFÍCIE	1	69.3705	0.00001	126.4270	0.00001
PNE*PRE	1	2.3701	0.12991	13.0604	0.00134
PNE*SUP	1	1.3598	0.25094	19.5107	0.00026
PRE*SUP	1	2.1965	0.14462	7.9002	0.00824
PNE*PRE*SUP	1	0.5791	0.54151	9.5978	0.00426
RESÍDUO	32				
Média Geral		34.48		22.26	
Coefic. de Variação (%)		3.5		2.47	

APÊNDICE 28

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À CONSUMO ESPECÍFICO 1 E CONSUMO ESPECÍFICO 2, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA DESLIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	CONSUMO ESPECÍFICO 1 (g/kW.h)		CONSUMO ESPECÍFICO 2 (g/kW.h)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	81.8140	0.00001	77.5190	0.00001
PRESSÃO	1	7.7038	0.00894	8.9718	0.00539
SUPERFÍCIE	1	119.4243	0.00001	114.7175	0.00001
PNE*PRE	1	6.1588	0.01757	5.1496	0.02841
PNE*SUP	1	0.0143	0.90122	0.0333	0.85054
PRE*SUP	1	0.0096	0.91947	0.0003	0.98331
PNE*PRE*SUP	1	0.6488	0.56801	0.8236	0.62583
RESÍDUO	32				
Média Geral		552		0.65	
Coefic. de Variação (%)		5.25		5.33	

APÊNDICE 29

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À CAPACIDADE DE CAMPO E CONSUMO HORÁRIO, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA DESLIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	CAPACIDADE DE CAMPO (ha/h)		CONSUMO HORÁRIO (L/ha)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	83.9057	0.00001	36.2597	0.00002
PRESSÃO	1	11.6224	0.00211	7.6829	0.00902
SUPERFÍCIE	1	175.5849	0.00001	170.6362	0.00001
PNE*PRE	1	11.6208	0.00211	12.7336	0.00148
PNE*SUP	1	0.1969	0.66413	0.7403	0.59969
PRE*SUP	1	0.1055	0.74600	0.1718	0.68405
PNE*PRE*SUP	1	0.4657	0.50667	0.0647	0.796333
RESÍDUO	32				
Média Geral		1.36		3.89	
Coefic. de Variação (%)		16.54		5.99	

APÊNDICE 30

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À FORÇA DE TRAÇÃO E PATINAGEM, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA LIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	FORÇA DE TRAÇÃO (kN)		PATINAGEM (%)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	1.1770	0.28600	150.5877	0.00001
PRESSÃO	1	3.2524	0.07733	19.0200	0.00029
SUPERFÍCIE	1	122.3393	0.00001	766.3211	0.00001
PNE*PRE	1	0.0661	0.79435	1.9540	0.16860
PNE*SUP	1	0.31165	0.58415	18.8276	0.00030
PRE*SUP	1	0.1194	0.73161	10.2806	0.00333
PNE*PRE*SUP	1	0.13475	0.25313	9.8371	0.00390
RESÍDUO	32				
Média Geral		20.11		13.60	
Coefic. de Variação (%)		2.69		7.32	

APÊNDICE 31

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À ROTAÇÃO DO MOTOR E VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA LIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	ROTAÇÃO DO MOTOR (r/min)		VELOC.DE DESLOCAM. (km/h)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	4.8770	0.03254	119.0361	0.00001
PRESSÃO	1	0.0983	0.75394	1.8329	0.18232
SUPERFÍCIE	1	153.5517	0.00001	644.2874	0.00001
PNE*PRE	1	2.8574	0.09706	0.0013	0.97020
PNE*SUP	1	2.2486	0.14001	6.7270	0.01359
PRE*SUP	1	0.0314	0.85462	3.3265	0.07416
PNE*PRE*SUP	1	0.0364	0.84398	4.6134	0.03719
RESÍDUO	32				
Média Geral		2246		7.22	
Coefic. de Variação (%)		1.03		1.76	

APÊNDICE 32

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À POTÊNCIA NA BARRA E CONSUMO HORÁRIO, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA LIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	POTÊNCIA NA BARRA (kW)		CONSUMO HORÁRIO (L/h)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	30.2986	0.00004	5.8420	0.02036
PRESSÃO	1	5.4016	0.02512	1.9421	0.16989
SUPERFÍCIE	1	26.5271	0.00007	234.8678	0.00001
PNE*PRE	1	0.0405	0.83599	0.5883	0.54514
PNE*SUP	1	2.7381	0.10412	7.9224	0.00817
PRE*SUP	1	0.6914	0.58318	3.2076	0.07932
PNE*PRE*SUP	1	5.6392	0.02241	0.5904	0.54597
RESÍDUO	32				
Média Geral		40.21		21.57	
Coefic. de Variação (%)		2.95		2.577	

APÊNDICE 33

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À CONSUMO ESPECÍFICO 1 E CONSUMO ESPECÍFICO 2, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA LIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	CONSUMO ESPECÍFICO 1 (g/kW.h)		CONSUMO ESPECÍFICO 2 (g/kW.h)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	7.5738	0.00944	6.3416	0.01616
PRESSÃO	1	0.4248	0.52598	0.8925	0.64580
SUPERFÍCIE	1	202.5229	0.00001	209.6419	0.00001
PNE*PRE	1	0.3357	0.57303	0.6183	0.55671
PNE*SUP	1	7.7745	0.00868	8.9406	0.00545
PRE*SUP	1	2.7746	0.10190	2.9961	0.08854
PNE*PRE*SUP	1	1.9944	0.16429	2.4777	0.12167
RESÍDUO	32				
Média Geral		456		0.53	
Coefic. de Variação (%)		3.83		3.73	

APÊNDICE 34

ANÁLISE DE VARIÂNCIA RELATIVA À CAPACIDADE DE CAMPO E CONSUMO HORÁRIO, COM A TRAÇÃO DIANTEIRA LIGADA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	CAPACIDADE DE CAMPO (ha/h)		CONSUMO HORÁRIO (L/ha)	
		VALOR DE F	PROB. > F	VALOR DE F	PROB. > F
PNEU	1	117.2425	0.00001	10.5384	0.00304
PRESSÃO	1	1.5449	0.22082	0.3571	0.56108
SUPERFÍCIE	1	632.6090	0.00001	533.7917	0.00001
PNE*PRE	1	0.0000	1.00000	0.6225	0.55828
PNE*SUP	1	6.1513	0.01763	5.2959	0.02644
PRE*SUP	1	3.6706	0.06126	4.4614	0.04022
PNE*PRE*SUP	1	4.1273	0.04790	0.4366	0.52031
RESÍDUO	32				
Média Geral		1.57		13.84	
Coefic. de Variação (%)		1.78		3.62	