



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

WEBERTE ALAN SOMBRA

**DESEMPENHO DE UM MICROTRATOR AGRÍCOLA EM DIFERENTES
RELAÇÕES PESO E POTÊNCIA**

FORTALEZA

2013

WEBERTE ALAN SOMBRA

DESEMPENHO DE UM MICROTATOR AGRÍCOLA EM DIFERENTES
RELAÇÕES PESO E POTÊNCIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Renildo Luiz Mion.

FORTALEZA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- S676d Sombra, Weberte Alan.
Desempenho de um microtrator agrícola em diferentes relações peso potência / Weberte Alan Sombra. – 2013.
54 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.
Orientação: Prof. Dr. Renildo Luiz Mion.
Coorientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti.
1. Máquinas agrícolas. 2. Tratores. I. Título.

WEBERTE ALAN SOMBRA

DESEMPENHO DE UM MICROTRATOR AGRÍCOLA EM DIFERENTES
RELAÇÕES PESO E POTÊNCIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: 16 de Dezembro de 2013.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Renildo Luiz Mion (Orientador)
Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)



Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti (Co-orientador)
Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)



Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra (Examinador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais e irmãos:

AGRADECIMENTOS

A Petrobrás, pelo apoio financeiro.

Ao Prof. Dr. Renildo Luiz Mion, pela confiança, paciência e excelente orientação.

Ao Prof. Dr. Carlos Aberto Viliotti, pelas suas indispensáveis contribuições para a execução do trabalho.

Aos colegas de mestrado Ricardo Andrade, Francisco Ronaldo, Igor Martins, pela colaboração durante a execução do trabalho.

A todos do grupo NEMASA em especial.

RESUMO

SOMBRA, Weberte Alan, Universidade Federal do Ceará, Dezembro 2013. **Desempenho de um microtrator agrícola em diferentes relações peso e potência.** Orientador: Prof. Dr. Renildo Luiz Mion. Coorientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti, Conselheiros: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra.

Objetivou-se com esse ensaio avaliar o desempenho energético de um microtrator agrícola Yanmar Agritech® modelo NSB14S, com potencia nominal de 10,3 kW (14 cv) submetido a três diferentes relações peso/potencia, 0,41; 0,54 e 0,67 kN kW⁻¹ (41, 54 e 67 kgf kW⁻¹) em três superfícies de rolamento (concreto, solo firme e solo mobilizado). O ensaio foi realizado em três superfícies de rolamento, uma pista de concreto para ensaios de maquinas agrícolas, pista de solo agrícola firme e pista de solo agrícola mobilizado. Para obtenção de dados sobre a eficiência energética, instrumentou-se o microtrator com sensores indutivos nas rodas para medir a patinagem dos rodados, medidores volumétricos de consumo de combustível e célula de carga para obtenção da força de trabalho na barra de tração. Foi utilizado o delineamento experimental em faixa. Em cada pista foram dispostos os tratamentos com um arranjo fatorial de 3x3, com 6 repetições por faixa, totalizando 54 unidades experimentais, todos os dados foram submetidos à análise de variância, aplicado o teste de Tukey a 5% de significância, para a comparação das medidas. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software ASSISTAT Versão 7.6 beta (2012) da Universidade Federal de Campina Grande. As variáveis velocidade de deslocamento (km h⁻¹), patinagem (%), potência disponível na barra de tração (kW) e rendimento na barra de tração (%),apresentaram interação significativa, entretanto as variáveis força de tração na barra (kN), consumo horário de combustível (L h⁻¹) e consumo específico de combustível (g.kWh⁻¹), os mesmos apresentaram efeito significativo apenas no fator de variação superfície de rolamento. Na condição de relação peso/potência 41 kgf kW⁻¹, apresentou maiores índices de patinagem e velocidade de deslocamento ambas em superfície mobilizada. O consumo de combustível apresentou menores valores na superfície de concreto, já para consumo específico de combustível a superfície de solo mobilizada apresentou melhor conversão energética, como também melhor força na barra de tração. Os rendimentos na barra de tração estão abaixo do proposto pela ASAE.

Palavras-chave: Consumo de combustível. Patinagem. Superfície de rolamento.

ABSTRACT

SOMBRA, Weberte Alan, Federal University of Ceará, in December 2013. **Performance of an agricultural microtractor in different ratios weight and power.** Advisor: Prof.. Dr. Luiz Renildo Mion. Co-advisor: Prof.. Dr. Carlos Alberto Viliotti, Counselor: Prof. Dr. Francisco Lima Marcus Bezerra.

The objective of this test is evaluate the energy performance of an agricultural microtractor Yanmar Agritech ® model NSB14S with nominal power of 10.3 kW (14 hp) under three different weight / power ratios, 0.41, 0.54 and 0,67 kN kW⁻¹ (41, 54 e 67 kgf kW⁻¹) in three roller surface (concrete, firm soil and soil disturbed). The assay was performed on three roller surface, a concrete track for testing agricultural machinery, agricultural soil firm track and agricultural mobilized soil track. To obtain data on energy efficiency, the microtractor was instrumented with inductive sensors in the wheels to measure the slipping wheelset, volumetric meters of fuel consumption and load cell for the workforce to the drawbar. The experimental design was used on track. In each lane were disposed the treatments with a factorial arrangement of 3x3, with 6 replicates per lane, totaling 54 experimental units, all data were subjected to analysis of variance, applied the Tukey test at 5% significance for the comparison of measurements. All statistical analyzes were performed with the aid of software ASSISTAT Version 7.6 beta (2012) by Federal University of Campina Grande. The variable displacement speed (km h⁻¹), slipping (%), available power on drawbar (kW) and yield on the drawbar (%), showed a significant interaction, however the variables traction force on drawbar (kN), hourly fuel consumption (L h⁻¹) and specific fuel consumption (g.kWh⁻¹), they had a significant effect only on the variation factor roller surface. Provided that the rate weight/power 41 kW kgf⁻¹, showed higher index of slipping and displacement speed both in mobilized surface. The fuel consumption had showed lower values on concrete surface, to specific fuel consumption the mobilized soil surface showed better energy conversion, as well as improve power on the drawbar. Yields on the drawbar are below the proposed by ASAE.

Keywords: Fuel consumption. Slipping. Roller surface.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama de estimativa do rendimento máximo de potência nos diferentes setores do trator em diversos tipos de tratores e condições de superfície	20
Figura 2 - Representação da pista de concreto utilizada no ensaio	21
Figura 3 - Vista da pista de concreto	22
Figura 4 - Vista da pista de solo firme	23
Figura 5 - Vista da Pista de solo mobilizado	24
Figura 6 - Microtrator Yanmar NSB 14S, utilizado no ensaio	25
Figura 7 - Microtrator Yanmar NSB 14S, instrumentado	26
Figura 8 - Sensor indutivo instalado na roda do microtrator	27
Figura 9 - Célula de carga marca HBM, modelo RSCC	28
Figura 10 - Medidor volumétrico de combustível.....	29
Figura 11 - Disposição dos lastros no microtrator	30
Figura 12 - Conjunto microtrator pulverizador de barra utilizado no ensaio como comboio.....	31
Figura 13 - Gráfico da força na barra de tração no momento do ensaio	34
Gráfico 1 - Consumo horário de combustível ($L h^{-1}$), do microtrator, nas superfícies de rolamento de coreto, solo firme e solo mobilizado	41
Gráfico 2 - Consumo específico de combustível ($g.kWh^{-1}$), do microtrator, nas superfícies de rolamento de coreto, solo firme e solo mobilizado	42
Gráfico 3 - Força de tração na barra (kN), do microtrator, nas superfícies de rolamento de coreto, solo firme e solo mobilizado	43
Gráfico 4 - Potência disponível na barra de tração (kW), do microtrator, nas superfícies de rolamento de coreto, solo firme e solo mobilizado	45
Gráfico 5 - Rendimento na barra de tração (%), do microtrator, nas superfícies de rolamento de coreto, solo firme e solo mobilizado	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Rendimento na barra de tração para tratores de rodas pneumáticas e diversas condições de solo baseado no fator “0,86” de Wendel Bowers	20
Tabela 2 - Características físicas do solo da área do ensaio	22
Tabela 3 - Especificações técnicas do microtrator utilizado no ensaio.....	25
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para as variáveis de desempenho operacional e energético; V (km h ⁻¹), Pat (%), Pot _b (kW), Rend _b (%) do microtrator	37
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as variáveis de desempenho operacional e energético; V (km h ⁻¹), Pat (%), Pot _b (kW), Rend _b (%) do microtrator.....	38
Tabela 6 - Desdobramento da interação significativa entre os fatores relação peso potência e superfície de rolamento para a variável velocidade de deslocamento (km h ⁻¹) do microtrator.....	38
Tabela 7 - Desdobramento da interação significativa entre os fatores relação peso potência e superfície de rolamento para a variável patinagem (%) dos rodados do microtrator	39
Tabela 8 - Desdobramento da interação significativa entre os fatores relação peso potência e superfície de rolamento para a variável potência na barra de tração do microtrator	44
Tabela 9 - Desdobramento da interação significativa entre os fatores relação peso potência e superfície de rolamento para variável rendimento na barra de tração do microtrator	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Microtrator agrícola.....	13
2.2	Consumo de combustível	14
2.3	Patinagem dos rodados.....	15
2.4	Relação peso/potencia	17
2.5	Desempenho na barra de potência.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Localização da área experimental	21
3.2	Pista de ensaios	21
3.2.1	Pista de concreto	21
3.2.2	Pista de solo agrícola	22
3.2.2.1	Pista de solo firme	23
3.2.2.2	Pista de solo mobilizado	23
3.3	Microtrator	24
3.4	Instrumentação do microtrator	25
3.4.1	Sensor indutivo	26
3.4.2	Célula de carga.....	27
3.4.3	Medidor volumétrico de combustível	28
3.5	Lastragem do microtrator	29
3.6	Comboio utilizado no ensaio	30
3.7	Parâmetros avaliados	31
3.7.1	Velocidade de deslocamento.....	31
3.7.2	Patinagem dos rodados.....	32
3.7.3	Consumo horário de combustível	32
3.7.4	Consumo específico de combustível	33
3.7.5	Força de tração na barra	33
3.7.6	Potência disponível na barra de tração	34
3.7.7	Rendimento na barra de tração	35
3.8	Delineamento experimental	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37

4.1	Eficiência energética	37
4.1.1	Velocidade de deslocamento.....	38
4.1.2	Patinagem dos rodados.....	39
4.1.3	Consumo horário de combustível	40
4.1.4	Consumo específico de combustível	41
4.1.5	Força de tração na barra	43
4.1.6	Potência disponível na barra de tração	43
4.1.7	Rendimento na barra de tração	45
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A agricultura surgiu a partir do momento em que o homem deixou de ser nômade, caçador e coletor dos frutos necessários a sua alimentação e passou a semear lavouras de várias espécies vegetais. E com o aumento das áreas cultivadas passou-se a ter demanda, por fontes de potencias mais eficientes, em relação à tração animal e humana.

Assim o microtrator agrícola, por possuir menor porte e ter mais agilidade em determinadas operações, vem sendo uma boa alternativa para agricultura onde os tratores convencionais se tornam inviáveis, pois o microtratores têm como principais características, acessível preço de aquisição, baixo consumo de combustível e reduzido custo com manutenção.

Os tratores agrícolas têm seu desempenho avaliado, entre outros, pela patinagem dos rodados, consumo de combustível e força de tração. A patinagem é um dos problemas que afeta o desempenho nos tratores contribuindo para a diminuição da força de tração e o aumento no consumo de combustível.

Para uma melhor adequação dos tratores as mais diversas operações agrícolas, a adição ou remoção de peso do trator favorecem em um melhor desempenho.

Os ensaios com máquinas agrícolas são importantes por gerar informações necessárias para os agricultores do ponto de vista do desempenho energético, para posteriores adaptações as condições de trabalho, buscando uma utilização mais eficiente do equipamento adquirido.

Tendo em vista a necessidade de informações sobre desempenho energético de microtratores agrícolas, que são fatores que devem ser levados em consideração para o melhoramento das práticas agrícolas. Objetivou-se com esse ensaio avaliar o desempenho energético de um microtrator agrícola submetido a três diferentes relações peso/potencia 0,41; 0,54; 0,67 kN kW⁻¹; (41, 54 e 67 kgf kW⁻¹) em três superfícies de rolamento (concreto, solo firme e solo mobilizado)

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Microtrator agrícola

Os microtratores são chamados de motocultivadores, ou tratores de rabiça, devido sua semelhança com os implementos de tração animal, (MACHADO; REIS; MACHADO, 2010). A Norma Regulamentadora 12 define essa máquina como sendo um equipamento motorizado de duas rodas utilizado para tracionar implementos diversos, desde preparo de solo até colheita. Caracteriza-se pelo fato de o operador caminhar atrás do equipamento durante o trabalho. É um veículo de menor porte, mais ágil e com capacidade para minimizar o problema da escassez de mão-de-obra (RODRIGUES *et al.*, 2006).

Seu emprego como fonte de potência é bastante comum na agricultura familiar, pois vem otimizando o trabalho na propriedade agrícola, tendo em vista que estes modelos de trator tornam possível trabalhar uma maior área em menor tempo, quando comparado com os trabalhos que utilizam a fonte de tração animal (MORAIS *et al.*, 2009). O uso do microtrator é em média 42% mais econômica no preparo de solo, 49% para a semeadura e 50% para o transporte, em comparação com o poder de trabalho da tração animal (GUPTA; KUMAR, 2001).

São normalmente utilizados para o preparo do solo, seco ou encharcado para o plantio de arroz em países em desenvolvimento, particularmente, utilizado em pequenas propriedades. (DEWANGAN; TEWARI, 2008; DEWANGAN TEWARI, 2009; MATTHEW, 2010).

Em estudo de um conjunto trator de rabiça – arado de disco, Silva (2012), afirma que trator de rabiças possui uma boa eficiência energética e podem auxiliar ou substituir a força de trabalho braçal e/ou animal em pequenas áreas agrícolas. Apontando ainda a necessidade de pesquisas para determinação da eficiência energética do microtrator utilizando outros implementos.

Para Schlosser (2001) o microtrator tem uma configuração geral diferente dos tratores de quatro rodas onde o peso do trator se apoia nos eixos da máquina.

O poder de tração destes tratores é muito baixa, o que limita seu uso a apenas alguns tipos de equipamento, para ser tracionados (SURESH; VARSHNEY, 2005.). Os mesmos autores afirmaram que as razões para o baixo consumo de energia de tração são atribuídas ao baixo peso do trator e o emprego de rodados de tamanho reduzido como dispositivos de tração. Comportamento também observado por Silva (2012), trabalhando com um conjunto trator de rabiça arado de disco.

A eficiência na transformação de energia química em energia mecânica desse tipo de equipamento é bem reduzida, pois varia entre 25 e 35%, sendo considerado um conversor de baixa eficiência energética (LILJEDAHN; TURNQUIST; SMITH, 1989).

Outra razão para a baixa adoção de microtratores tratores, segundo Dewangan e Tewani (2008), é a trabalhabilidade envolvidas nas suas mais diversas operações, onde o operador é exposto a condições ambientais extremas, como temperatura, umidade, ruído e vibração. De acordo com Pawar (1978); Tewari *et al.* (2004); Dewangan e Tewani (2008), essas vibrações geradas nas rabiças do microtrator são transmitidas ao operador causando desconforto e fadiga na jornada de trabalho.

Nascimento *et al.* (2013), avaliaram o nível de ruído emitido por um microtrator sob diferentes situações, e verificaram que os valores observados apresentaram-se acima do limite de 85 dB para uma jornada de trabalho de oito horas sem o uso de protetor auriculares.

2.2 Consumo de combustível

O consumo de combustível pode ser expresso como unidade de volume por unidade de tempo ($L h^{-1}$), unidade de massa por unidade de tempo ($kg h^{-1}$) porem, devido à diferença de temperatura ao longo da jornada de trabalho, a densidade do combustível pode variar, causando uma variação no consumo medido. Para Lopes *et al.* (2003) e Grisso *et al.* (2004) a forma mais técnica para expressar essa variável é através da unidade de massa por unidade de potência ($g.kWh^{-1}$), denominada de consumo específico. O consumo específico de combustível é um

dos indicadores mais consistente para a avaliação do desempenho de um trator (CORDEIRO, 2000). Pelo fato de considerar a massa e a potência, pode ser usada para comparar motores, tratores e equipamentos de diversos tamanhos e formas. Mialhe (1996) afirmou que a mensuração da quantidade de combustível consumida ao longo das operações agrícolas, constitui-se um importante aspecto para a avaliação do rendimento de um motor.

O consumo de combustível pode variar em função da adequação e condição do conjunto trator-implemento, profundidade de trabalho, tipo e condição de solo, manobras e intensidade de preparo do solo (CORRÊA *et al.*, 1999a; NAGAOKA *et al.*, 2002; LOIBL, 2006; GODWIN, 2007; SMERDA; CUPERA, 2010).

Hanson *et al.* (2003) determinaram diferentes valores de consumo de combustível para o mesma operação, em marchas distintas de trabalho, dando indicativos para os usuários qual a melhor seleção de marcha para um redução no consumo.

Analisando o consumo de combustível na subsolagem antes e depois de diferentes tipos de preparo (SALVADOR *et al.*, 2009), concluíram que a subsolagem depois dos diferentes sistemas de preparo economizou 16,5% de combustível por área.

Em ensaios de um conjunto trator-escarificador, em solo com e sem preparo inicial, Acuña *et al.* (1995) concluíram que o decréscimo do consumo específico de combustível ocorreu com o aumento na potência na barra de tração.

Os custos com combustível e lubrificante podem chegar a media de 16% a 45% dos custos operacionais totais das máquinas agrícolas, dependendo do tipo de combustível e do número de horas trabalhadas (SIEMENS; BOWERS, 1999). O que faz o público consumidor de máquinas agrícola buscar preços de aquisição mais acessíveis, aliados ao baixo custo de manutenção e menor consumo de combustível nas operações, o que trazem melhor rendimento e eficiência nas operações, (MARCHETTI, 2006).

2.3 Patinagem dos rodados

Conforme Mialhe (1991) e Gamero; Lanças (1996), patinagem é a denominação que se dá ao deslizamento entre a banda de rodagem do pneu e o

solo, sendo ela um fator determinante para que ocorra a tração. Entretanto caso a patinagem ultrapasse determinados limites, pode ocasionar perdas da aderência e redução da tração dos rodados (LANÇAS; UPADHYAIA, 1997). Durante uma operação agrícola, a patinagem pode ser facilmente visualizada pelo movimento giratório das rodas motrizes do trator, com pequeno ou nenhum avanço das mesmas, o que acontece devido à falta de aderência das rodas com o solo (CORRÊA *et al.*, 1999b).

Conforme Norma EP496.2, patinagem dos rodados de tração define-se como a redução do deslocamento em determinada condição de superfície comparada com uma condição específica, também chamada condição zero, onde se mede o rolamento do rodado em piso indeformável e em situação sem carga (ASAE, 1999).

Nos tratores agrícolas a patinagem ocorre devido aos esforços de tração necessária para gerar potência na barra de tração para deslocamento dos implementos e o tipo de superfície de rolamento (HERZOG *et al.*, 2002). Na avaliação do desempenho operacional de um trator agrícola, em área com diferentes tipos de cobertura vegetal, Gabriel Filho *et al.* (2004) concluíram que a maior quantidade de matéria seca na superfície do solo tende a aumentar a patinagem interferindo na capacidade do trator desenvolver tração, com isso, diminuir a eficiência trativa. Resultados que estão de acordo com as observações de, Wismer; Luth (1973), Maziero *et al.* (1997) e Zoz (1987).

Jenane *et al.* (1996), avaliando a patinagem de um trator agrícola, concluíram que o trator, trabalhando com patinagem fora do ideal, houve redução considerável na potência disponível na barra de tração.

Monteiro *et al.* (2011), ao estudarem o desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo de pneu, lastragem, velocidade e tipo de superfície, concluíram que esses fatores alteram significativamente a conversão energética, a patinagem e a força de tração do trator.

Monteiro *et al.* (2013), ao avaliarem o desempenho de um trator 4x2 TDA equipados com dois tipos construtivos de pneus, concluíram que menores valores de patinagem e consumo específico de combustível e os maiores valores de potência

na barra de tração foram obtidos para os lastros de 40% de água com o pneu radial e de 75% de água com o pneu diagonal.

A ASAE (1997) recomenda, para obtenção de máxima eficiência de tração, patinagem de 8-10% em solos não mobilizados e de 11-13% em solos mobilizados.

2.4 Relação peso/potência

A potência de tração do trator está limitada a capacidade deste em interagir com a superfície de rolamento, sendo interessante conseguir que a maior parte ou todo o peso seja aproveitado na aderência dos rodados ao solo (PAZ, 2000). Schlosser *et al.* (2004) verificaram que, na condição de superfície mobilizada, menores valores de patinagens em tratores 4x2 TDA, ocorreram nas condições em que o trator encontrava-se com menor peso nas rodas dianteiras e maiores raios estáticos destes pneus.

Assim a relação peso/potência do trator influi diretamente no seu desempenho em trabalho de campo (MÁRQUEZ, 1990). O que torna um importante parâmetro no auxílio da seleção e otimização do uso dos tratores agrícolas em determinadas tarefas, visando à redução dos custos agregados nas máquinas agrícolas. (BILLER & OLFE, 1986; MÁRQUEZ, 1990; RENIUS, 1994; BIONDI *et al.*, 1996; LINARES, 1996; SCHLOSSER *et al.*, 2005).

Tratores, com relações peso/potência em torno dos 50 kgf cv⁻¹, são adequados à execução de operações mais leves, tais como pulverização, transporte etc. Já tratores com relação peso/potência em torno dos 60 kgf cv⁻¹ são apropriados a operações de maior exigência de força de tração, tais como aração, escarificação, gradagem e outras. A redução de peso imprime versatilidade ao trator, entretanto as operações que demandam grande esforço de tração determinam uma alta dependência de lastro. (SCHLOSSER *et al.*, 2005), os mesmos comentam ainda que tratores pequenos, com alta relação peso/potência em operações leves, apresentam perda de potência e energia para vencer a resistência ao rolamento adicional ocasionada pelo excesso de peso, o que resulta em maior consumo de combustível, aumento da compactação do solo e menor capacidade operacional.

Situações como essa obrigam a adequação do trator às diferentes condições de trabalho agrícola, o que consegue de uma maneira especial, selecionando o tipo construtivo do pneu e suas pressões de inflação, assim como a adição ou retirada dos lastros para alcançar uma massa total adequada ao tipo de trabalho.

Segundo Masieiro *et al.* (2011), na menor relação entre o peso e potência o trator avaliado apresentou menor valor de rendimento máximo na barra de tração.

Lopes *et al.* (2005) avaliando desempenho de trator em função do tipo de pneu e lastro, chegando a conclusão de que a marcha utilizada, tipo de pneu e lastragem interferem diretamente na potência desenvolvida na barra de tração. Resultados semelhantes são observados por Masieiro *et al.* (2011), afirmaram que além das diferentes superfícies de rolamento os valores médios de rendimento máximo na barra de tração, variaram em função do modelo, potência e relação entre peso e a potência do motor.

Monteiro *et al.* (2009), em estudos realizados, constataram que a adição de peso ao trator obedecendo a critérios de relação entre peso e potência, acarreta em melhorias em termos de rendimento operacional, aumento da força trativa, redução da patinagem, do consumo horário e específico de combustível. Esta grande variação em função da relação entre peso e potência do motor em diferentes marcas de tratores também correspondeu aos resultados encontrados por Lanças, (1996) e Schlosser *et al.* (2005).

2.5 Desempenho na barra de potência

Dentre as principais maneiras de utilizar a potência gerada pelo motor de um trator agrícola, a barra de tração, é a mais utilizada, apesar de ser menos eficiente em relação à tomada de potência e/ou sistema hidráulico (LILJEDAHN *et al.*, 1995), porém, é através da barra de tração que a utilização dessa potência gerada é mais usual mundialmente, pois permite tracionar máquinas e equipamentos agrícolas (SRIVASTAVA *et al.*, 1996).

Sendo o rendimento na barra de tração frequentemente utilizado para comparar ou avaliar tratores, segundo Zoz e Grisso (2003), o principal ponto a ser observado nos tratores agrícolas é o desempenho na barra de tração.

O desempenho na barra de tração de um trator depende, primariamente, da potência do motor, da distribuição de peso sobre os rodados, altura e posição dos engates da barra e da superfície do solo (ASAE D497. 4. 1999).

A potencia desenvolvida na barra de tração do trator é obtida através do produto da força demandada pelo implemento pela velocidade de deslocamento (MIALHE,1974).

Segundo Monteiro *et al.* (2011), para diferentes modelos de tratores, os valores médios de rendimento na barra de tração podem variar em função da relação entre o peso e a potência do motor.

Monteiro *et al.* (2013a), avaliando rendimento na barra de tração em diferentes relações peso e potência, observaram que com o aumento da relação entre o peso e a potência aumentou a eficiência do trator em realizar tração obtendo-se assim, os maiores rendimento na barra de tração. Resultados semelhantes são observados por Lopes *et al.* (2005); Masieiro (2010); Monteiro *et al.* (2009); Monteiro *et al.* (2013b).

De acordo com Mialhe (1991), (ASAE, D497.4, 1999) na transmissão de potência do motor para barra de tração ocorre perdas de potência, que dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis insatisfatórios.

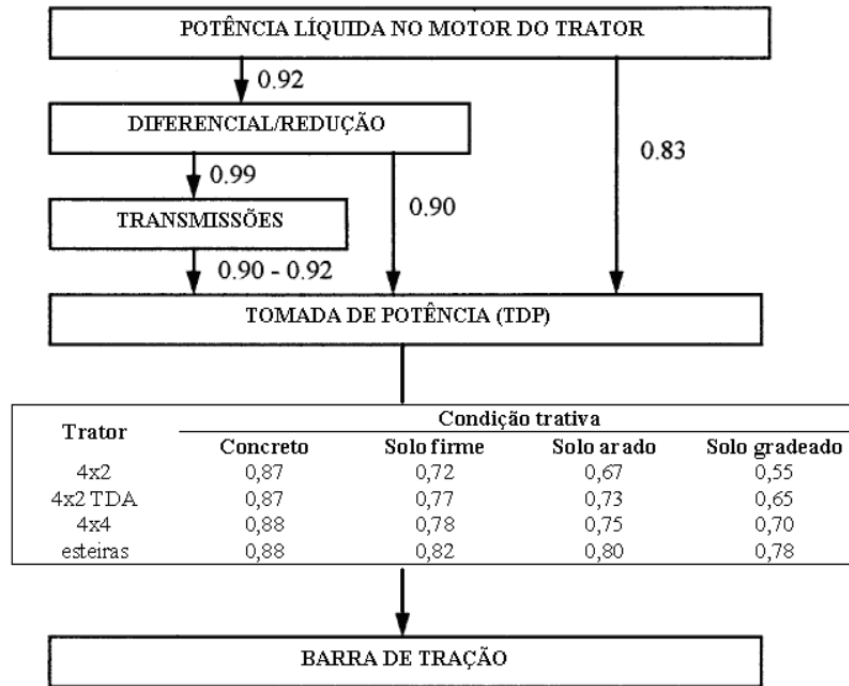
Lanças (1997), afirmou que as principais causas da perda de potência ou força no rodado são: resistência ao rolamento dos rodados, as perdas por atrito com o solo, as deflexões do dispositivo de tração e do solo em contato com o mesmo.

Em estudo realizado por Zoz (1987), este estimou a redução de potência em diferentes superfícies de rolamento, chegando a valores médios de 20% em pista de concreto, até 53% em superfície de solo mobilizado em tratores 4x2.

Reduções na potência de tratores 4x2 em condições de superfície de concreto e solo mobilizado apresentam-se respectivamente em torno de 22 a 51% da potência líquida produzida no motor até chegar aos pontos de acoplamento, devido à dissipação de energia decorrente do sistema de transmissão, embreagem, diferencial, redução final e rodados (ASAE EP496.2, 1999). As perdas causadas

pela transmissão do movimento e condições de superfície trativa são representadas na Figura 1.

Figura 1 - Diagrama de estimativa do rendimento máximo de potência nos diferentes setores do trator em diversos tipos de tratores e condições de superfície



Fonte: ASAE D 497.4 (2003).

Usualmente para a estimativa da potência útil e rendimento na barra de tração dos tratores agrícola podem ser realizadas sucessivas multiplicações da potencia geradora pelo fator 0,86 (Wendel Bowers), conforme descrito por Masieiro, (2010), o autor também apresenta vários rendimento na barra de tração em diversas condições de superfície para tratores de rodas pneumáticas com duas rodas motrizes (4x2) baseado no fator 0,86 de Wendel Bowers, Tabela 1.

Tabela 1 - Rendimento na barra de tração para tratores de rodas pneumáticas e diversas condições de solo baseado no fator “0,86” de Wendel Bowers

Condições de solo	η_b (%) - Trator 4x2
Concreto	74
Solo Firme-máxima	64
Solo Firme-utilizável	55
Solo arado	47
Solo gradeado	40

Fonte: ASAE D 497.4 (2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O ensaio foi realizado em área experimental pertencente ao Laboratório de Eletrônica e Maquinas Agrícolas – LEMA do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará DENA/UFC, a referida área possui as seguintes coordenadas geográficas, 03°43'02"S, 38°32'35"W e altitude media de 19m.

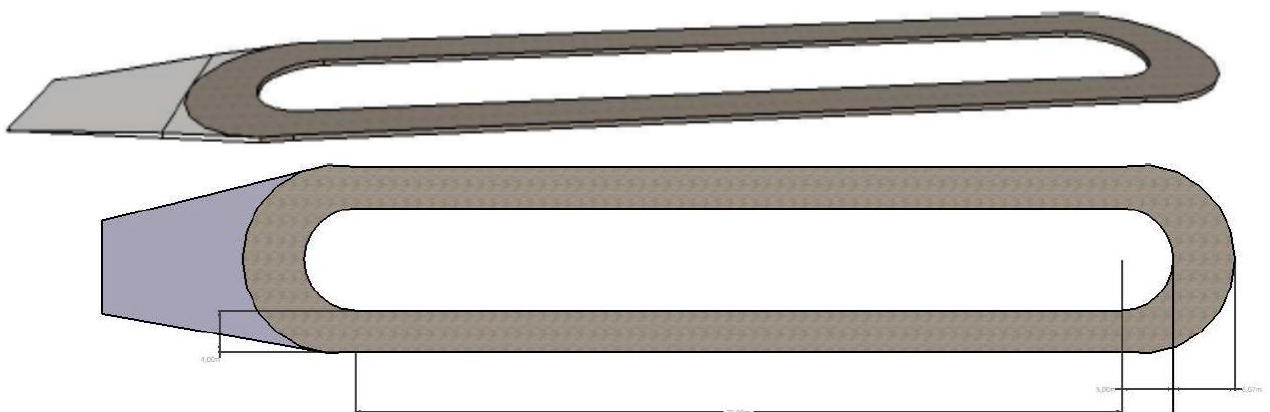
3.2 Pistas de ensaios

Os ensaios foram realizados em três superfícies de rolamento, uma pista de concreto para ensaios de maquinas agrícolas, pista de solo agrícola firme e pista de solo agrícola mobilizado.

3.2.1 Pista de concreto

A pista de concreto do ensaio foi construída no formato elipsoidal conforme norma OECD-Code 2 (2008) com 75 metros de comprimento cada lado e 4 metros de largura, totalizando 600 m² de área útil para ensaio. (figuras 2 e 3)

Figura 2 - Representação da pista de concreto utilizada no ensaio



Fonte: Autor.

Figura 3 – Vista da pista de concreto



Fonte: Autor.

3.2.2 Pista de solo agrícola

O solo das pistas de ensaios da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo segundo (EMBRAPA, 2006), Sua caracterização física pode ser visto na Tabela 2 conforme descrita por Silva (2012) e Araújo (2013).

Tabela 2 – Características físicas do solo da área do ensaio

Profundidade	Densidade do solo (g cm^{-3})	Densidade das partículas (g cm^{-3})	Umidade do solo ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	Classe textural
0- 5	1,39	2,65	5,53	Areia Franca
5-10	1,40	2,65	5,31	Areia Franca
10-15	1,40	2,67	5,46	Areia Franca

Fonte: Silva (2012) e Araújo (2013).

3.2.2.1 Pista de solo firme

A pista de solo firme possuía dimensões de 60 metros de comprimento por 5 metros de largura totalizando uma área útil para o ensaio de 300 m². (figura 4).

Figura 4 - Vista da pista de solo firme



Fonte: Autor.

3.2.2.2 Pista de solo mobilizado

A mobilização do solo nesta área, foi realizada através de uma descompactação meses antes do ensaio com subsolador com rolo destorroador para romper a camada compactada e, em seguida, utilizou-se de grade destorroadora-niveladora para melhor acabamento da superfície da pista de ensaio. A resistência à penetração no solo nesta pista, para uma profundidade de 0 – 15 cm foi de 2,6 MPa. As dimensões da área útil para os ensaios foram de 80 metros de comprimento por 5 metros de largura totalizando uma área de 400 m² (figura 5).

Figura 5 – Vista da Pista de solo mobilizado



Fonte: Autor.

3.3 Microtrator

Para o ensaio foi utilizado um microtrator marca Yanmar Agritech[®] modelo NSB14S figura 6 com as seguintes características, conforme Tabela 3.

Figura 6 – Microtrator Yanmar NSB 14S, utilizado no ensaio



Fonte: Yanmar Agritech.

Tabela 3 – Especificações técnicas do microtrator utilizado no ensaio

Motor	
Marca	Yanmar Agritech
Tipo	Motor Diesel, horizontal, a 4 tempos
Modelo	NSB14S
Potência (NBR5484)	10,3 kW (14 cv) 2400 rpm
Embreagem	Multidisco a seco
Transmissão	6 macha avante
	3 machas a ré
Massa de Embarque	433 kg (4,24 kN)
Pneu	5.00/6-12

Fonte: Yanmar Agritech, adaptado autor.

No momento do ensaio os rodados do microtrator foram insuflados com a pressão recomendada pelo fabricante de 137,89 kPa.

3.4 Instrumentação do microtrator

O microtrator foi instrumentado com sensores indutivos, sensor de força e medidor volumétrico de combustível. (Figura 7)

Figura 7 – Microtrator Yanmar NSB 14S, instrumentado



Fonte: Autor.

3.4.1 Sensor indutivo

Nos rodados do microtrator foram instalados sensores indutivos LM18 – 3008 PA para a quantificação do numero de voltas dos rodados, conectados a um sistema eletrônico para contagem de pulsos, descrito por Nascimento (2012), Silva (2012) e Araújo (2013). (Figura 8)

Figura 8 – Sensor indutivo instalado na roda do microtrator



Fonte: Autor.

3.4.2 Célula de carga

Para a obtenção da força na barra de tração utilizou-se de uma célula de carga marca HBM, modelo RSCC, com capacidade suporte de até 10 kN (figura 9). Essa célula foi instalada através de uma adaptação feita no sistema de engate do microtrator e o comboio utilizado no ensaio. Os sinais de força eram enviados para uma unidade aquisidora de dados marca HBM, modelo QuantumX MX804A, ligada a um computador portátil de modo que as leitura de força na barra de tração foram acompanhadas e registradas em tempo real.

Figura 9 – Célula de carga marca HBM, modelo RSCC



Fonte: Autor

3.4.3 Medidor volumétrico de combustível

Para a quantificação do consumo de combustível no ensaio utilizou-se de provetas graduadas de 0,5 L, servindo como reservatório de combustível e retorno conforme Figura 10.

Figura 10 – Medidor volumétrico de combustível



Fonte: Autor

3.5 Lastragem do microtrator

Para a realização dos ensaios o microtrator foi submetido a três relações peso potência, (41 kgf kW^{-1} ; 54 kgf kW^{-1} e 67 kgf kW^{-1}), sendo a primeira relação, a massa de embarque da maquina conforme descrito na Tabela 3 e as seguintes obtidas adicionando-se de lastros sólidos (contrapesos) de massa de 35 kg cada. Assim para atingir a relação peso/potência de 54 kgf kW^{-1} foram necessários adição de 4 contrapesos, perfazendo uma massa total no microtrator de 573 kg, para a relação peso/potência de 67 kgf kW^{-1} foram adicionados sobre o microtrator 8 contrapesos totalizando uma nova massa de 713 kg. Figura 11

Figura 11 – Disposição dos lastros no microtrator



Fonte: Autor.

3.6 Comboio utilizado no ensaio

Para avaliar a força na barra de tração do microtrator instrumentado foi utilizado um sistema de comboio, composto por um conjunto microtrator/pulverizador de barra; um microtrator da marca Yanmar Agritech[®], modelo TC12 com 11cv (8,0 kw) de potência e massa de embarque de 330 kg e um pulverizador de barra da marca Cattoni[®] com capacidade de 400 litros. O pulverizador de barras foi utilizado para dar estabilidade de frenagem ao microtrator no momento do ensaio o mesmo foi abastecido com sua capacidade máxima 400 L para assim oferecer uma carga de 400 kg além da carga do microtrator. A Figura 12 mostra o comboio que foi utilizado para realização dos ensaios.

Figura 12 – Conjunto microtrator pulverizador de barra utilizado no ensaio como comboio



Fonte: Autor.

3.7 Parâmetros avaliados

3.7.1 Velocidade de deslocamento

Para a determinação da velocidade de deslocamento do conjunto microtrator/comboio foi cronometrado o tempo necessário para percorrer cada tiro com distancia de 25 metros de comprimento.

$$Vm = \frac{S}{t} * 3,6 \quad (1)$$

em que,

V_m - velocidade média (km h^{-1});

S - espaço percorrido (m);

t - tempo decorrido (s);

3,6 - fator de conversão;

3.7.2 Patinagem dos rodados

Com o auxílio dos sensores indutivos instalados nas rodas motrizes do microtrator e o sistema de aquisição de dados foi possível obter a patinagem dos rodados. A patinagem do microtrator com carga foi determinada em cada tiro do ensaio, e em seguida obteve a patinagem sem carga com o microtrator sem tracionar o comboio.

Com os sinais recebidos dos geradores de pulsos instalados nas rodas motrizes foi possível determinar a patinagem através da equação, conforme Mialhe (1996):

$$Pat = \left(\frac{Npc - Nps}{Npc} \right) * 100 \quad (2)$$

em que,

Pat - patinagem (%);

Nps - número de pulsos da roda sem carga;

Npc - número de pulsos da roda com carga.

3.7.3 Consumo horário de combustível

A partir da diferença de volume entre as provetas que eram obtidas antes do início do tiro e após seu término respectivamente e por meio da Equação 3 foi possível determinar o consumo horário de combustível do microtrator ensaiado.

$$Ch = \frac{Vi - Vf}{t} * 3,6 \quad (3)$$

em que,

C_h - consumo horário de combustível ($L h^{-1}$);

V_i - volume inicial da proveta antes do tiro (mL);

V_f - Volume final da proveta após o tiro (mL);

t - tempo em (s);

3,6 - fator de conversão.

3.7.4 Consumo específico de combustível

O consumo específico de combustível mostra o consumo por unidade de potência na barra de tração. Para o cálculo utilizou-se a Equação 4.

$$C_{esp} = \frac{(C_h * D)}{P_b} \quad (4)$$

em que,

C_{esp} – consumo específico de combustível (g kWh⁻¹);

C_h – consumo horário do combustível (L h⁻¹);

D – densidade do combustível (g L⁻¹);

P_b – potência na barra (kW).

Para a determinação da densidade do combustível utilizou-se da Equação (5) elaborada por Lopes et al (2003).

$$D = 863,22 - 0,72xT \quad (5)$$

em que,

D – Densidade do combustível (g L⁻¹);

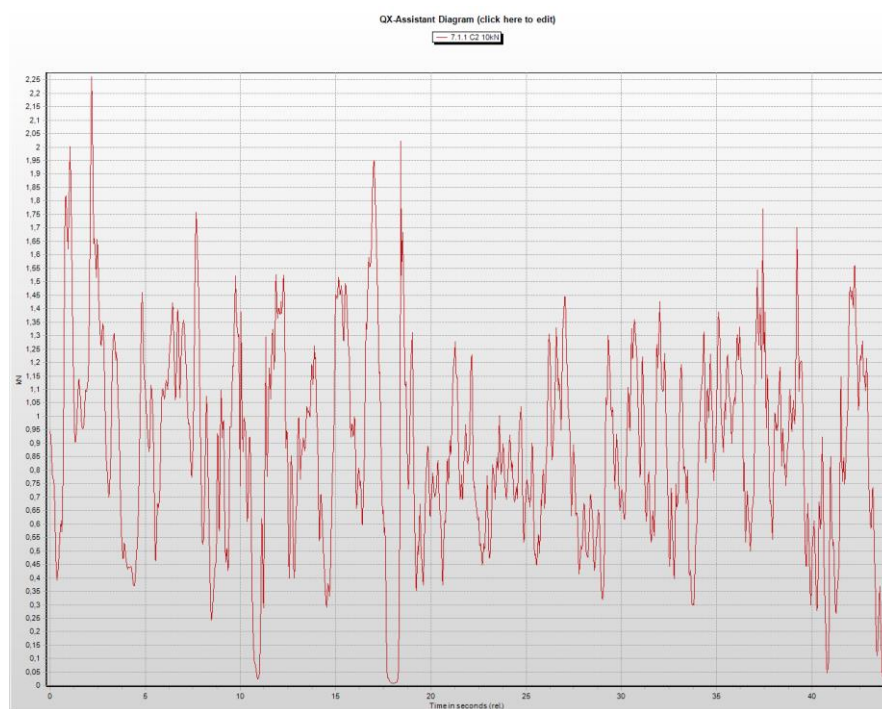
T – temperatura do combustível, °C.;

A temperatura do combustível no momento do ensaio foi mensurada com um auxílio de um termômetro.

3.7.5 Força de tração na barra

Os sinais gerados pela célula de carga e registrados no microcomputador em tempo real (figura 13), após avaliação dos dados e com auxílio da Equação 6 foram possíveis determinar a força de tração média na barra de tração.

Figura 13 – Gráfico da força na barra de tração no momento do ensaio



Fonte: Autor.

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{t_p} \quad (6)$$

em que,

F_m - força de tração média (kN);

F_i - força de tração instantânea (kN s^{-1});

t_p - tempo de percurso na parcela (s).

3.7.6 Potência disponível na barra de tração

A potência disponível na barra de tração foi calculada em função da força de tração e da velocidade de deslocamento do microtrator no momento do ensaio, conforme a Equação 7:

$$P_b = \frac{F_m * V_m}{3,6} \quad (7)$$

em que,

P_b - potência na barra de tração (kW);

F_m - força de tração média (kN);

V_m - velocidade média de deslocamento (km h^{-1});

3,6 - fator de conversão.

3.7.7 Rendimento na barra de tração

O cálculo do rendimento da barra de tração do microtrator ensaiado foi obtido por meio da Equação 8:

$$R_{bt} = \frac{P_b}{P_m} * 100 \quad (8)$$

em que,

R_{bt} – rendimento na barra de tração (%);

P_b – potência na barra de tração (kW);

P_m – potência no motor (kW) (segundo fabricante).

3.8 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento experimental em faixa (PIMENTEL-GOMES, 1982, BANZATTO e KRONKA, 1995 e PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002), denominadas pistas e definidas pelas condições da superfície de rolamento (superfície de concreto, superfície de solo solto e superfície de solo firme).

Em cada pista foram dispostos os tratamentos com um arranjo fatorial de 3x3, sendo analisado o microtrator em três relações peso/potência (41, 54 e 67 kgf kW^{-1}) em três superfícies de rolamento (pista de concreto, pista de solo firme e pista de solo revolvido), com 6 repetições por faixa, totalizando 54 unidades experimentais. Esses fatores foram arranjados para permitir a avaliação dos efeitos das variáveis individualmente ou em grupos, sendo todos os dados submetidos à

análise de variância, aplicado o teste de Tukey a 5% de significância, para a comparação das médias. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software ASSISTAT Versão 7.6 beta (2012) da Universidade Federal de Campina Grande.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Eficiência energética

Os resultados são apresentados na forma de gráficos e tabelas.

Nas Tabelas 4 e 5 apresentam-se o resumo da análise de variância para os dados de desempenho operacional e energético do microtrator avaliado sob três condições de lastragem e três superfícies de rolamento.

Os valores de F na Tabela 4 mostram os resultados dos fatores de variação, lastragem e superfície de rolamento que apresentaram interação significativa para as variáveis, velocidade (km h^{-1}), patinagem (%), potência disponível na barra de tração (kW) e rendimento na barra de tração (%), esses resultados mostram que os efeitos dos fatores lastragem e superfície de rolamento atuam de forma dependentes para cada variável estudada.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para as variáveis de desempenho operacional e energético; V (km h^{-1}), Pat (%), Pot_b (Kw), Rend_b (%) do microtrator

FV	VALORES DE F				
	GL	V (km h^{-1})	Pat (%)	Pot _b (kW)	Rend _b (%)
Lastragem	2	5,93**	6,58**	1,42 ^{ns}	1,42 ^{ns}
Superfície de Rolamento	2	6,15**	18,29**	60,53**	60,53**
Last. X Super.	4	4,32**	9,16**	3,40*	3,40*
Média		1,78	14,96	2,67	25,96
cv %		12,04	48,83	20,98	20,98
dms		0,3	10,22	0,78	30,71

Fonte: Autor. FV – Fontes de variação; GL – Graus de liberdade; V – Velocidade de deslocamento; Pat – Patinagem dos rodados; Pot_b – Potência disponível na barra de tração; Rend_b – Rendimento na barra de tração; ^{ns}-Não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade; * - Significativo a 5% de probabilidade.

A Tabela 5 mostra os valores de F para os demais dados avaliados, força de tração na barra (kN), consumo horário de combustível (L h^{-1}) e consumo específico de combustível (g.kWh^{-1}), os mesmos apresentaram efeito significativo apenas no fator de variação superfície de rolamento.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para as variáveis de desempenho operacional e energético, C_{esp} (g.kWh⁻¹), CO (L.h⁻¹), F_{tr} (kN) do microtrator

FV	VALORES DE F			
	GL	C_{esp} (g.kWh ⁻¹)	CH (L h ⁻¹)	F_{tr} (kN)
Lastragem	2	1,53 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,44 ^{ns}
Superfície de rolamento	2	8,50 ^{**}	8,27 ^{**}	67,91 ^{**}
Last. X Super.	4	1,08 ^{ns}	1,4 ^{ns}	2,21 ^{ns}
Média		621,39	1,72	5,63
cv %		41,12	25,21	24,58
Dms		206,36	0,35	1,11

Fonte: Autor. FV – Fontes de variação; GL – Graus de liberdade; C_{esp} – Consumo específico de combustível; CH – Consumo horário de combustível; F_{tr} – Força de tração na barra; ^{ns}-Não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade; * - Significativo a 5% de probabilidade.

4.1.1 Velocidade de deslocamento

Na Tabela 6 estão apresentados os valores para velocidade de deslocamento do microtrator em função da condição de lastragem e superfície de rolamento.

Tabela 6 – Desdobramento da interação significativa entre os fatores relação peso potência e superfície de rolamento para a variável velocidade de deslocamento (km.h⁻¹) do microtrator

Peso/Potência	Superfície de rolamento			Média
	Concreto	Firme	Mobilizado	
41 kgf kW ⁻¹	1,83 aA	1,83 aA	1,25 bB	1,64
54 kgf kW ⁻¹	1,85 aA*	1,87 aA	1,81 aA	1,84
67 kgf kW ⁻¹	1,84 aA	1,90 aA	1,85 aA	1,86
Média	1,84	1,87	1,64	

Fonte: Autor. *Médias seguidas da mesma letra minúscula em cada coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

As médias de velocidade de deslocamento para cada superfície estudada nas diferentes relações peso/potência foram de 1,84; 1,87 e 1,64 km h⁻¹ respectivamente para superfície de concreto, solo firme e solo mobilizado. Para as três condições de lastragem nas diferentes superfícies de rolamento as velocidade

de deslocamento apresentaram médias de 1,64; 1,84 e 1,86 km h⁻¹ respectivamente para as relações peso potência de 41; 54 e 67 kgf kW⁻¹.

Não houve diferença significativa na velocidade de deslocamento entre as superfícies de concreto e solo firme nas diferentes relações peso/potência estudadas, apenas na superfície de solo mobilizado com relação peso/potência de 41 kgf.kW⁻¹ apresentou diferença significativa das demais velocidades nos diferentes tratamentos avaliados, o comportamento observado para esse tratamento pode ser entendido quando comparado à patinagem para o mesmo tratamento, onde a mesma se apresentou acima do recomendado para que haja movimento. Gabriel Filho *et al.* (2010), Cordeiro, (2000) afirmaram que além das condições de superfícies de rolamento à velocidade de deslocamento também alteram o desempenho energético do trator pois a mesma afeta diretamente o consumo de combustível.

4.1.2 Patinagem dos rodados

Os valores das patinagens dos rodados do microtrator, nas três condições de lastragem e nas três superfícies de rolamento estão apresentados na Tabela 7 e no gráfico 1.

Tabela 7 – Desdobramento da interação significativa entre os fatores relação peso potência e superfície de rolamento para a variável patinagem (%) dos rodados do microtrator

Peso/Potência	Superfície de rolamento			Média
	Concreto	Firme	Mobilizado	
41 kgf kW ⁻¹	9,13 aB	10,71 aB	40,27 aA	20,04
54 kgf kW ⁻¹	9,71 aA	9,80 aA	16,33 bA	11,95
67 kgf kW ⁻¹	10,69 aA	14,40 aA	13,62 bA	12,90
Média	9,84	11,64	23,41	

Fonte: Autor. *Médias seguidas da mesma letra minúscula em cada coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

As médias de patinagem em cada superfície de rolamento nas três condições de lastragem foram de 9,84; 11,64 e 23,41% respectivamente, para

superfície de concreto, solo firme e solo mobilizado. Para as condições de lastragem nas diferentes superfícies de rolamento ensaiadas, os valores de patinagem apresentaram médias de 20,04; 11,95 e 12,90%, respectivamente, para as relação peso potência de 41, 54 e 67 kgf kW⁻¹.

Não houve diferença significativa na patinagem entre as superfícies de concreto e solo firme nas diferentes relações peso/potência estudadas, apenas na superfície de solo mobilizado com a menor relação peso/potência (41 kgf kW⁻¹) apresentou diferença significativa dos demais tratamentos avaliados, esse comportamento explica a redução da velocidade de deslocamento do microtrator, devido a perda de tração ocasionado pela patinagem dos rodados na superfície mobilizada, na relação peso/potência de 41 kgf kW⁻¹, com valores médios de patinagem de 40,27%, o que denota que o aumento na relação peso potencia na superfície mobilizada, reduziu significativamente a patinagem e melhorou a força trativa nas relações peso/potencia de 54 e 67 kgf kW⁻¹. Resultados observados por Monteiro *et al.* 2009, afirmaram que a adição de peso ao trator obedecendo a critérios de relação entre peso e potência, acarreta em melhorias em termos de rendimento operacional, aumento da força trativa, redução da patinagem, do consumo horário e específico de combustível. Segundo Russini (2012), o aumento na patinagem ocorre consideráveis perdas de velocidade no trator, conseqüentemente um menor rendimento.

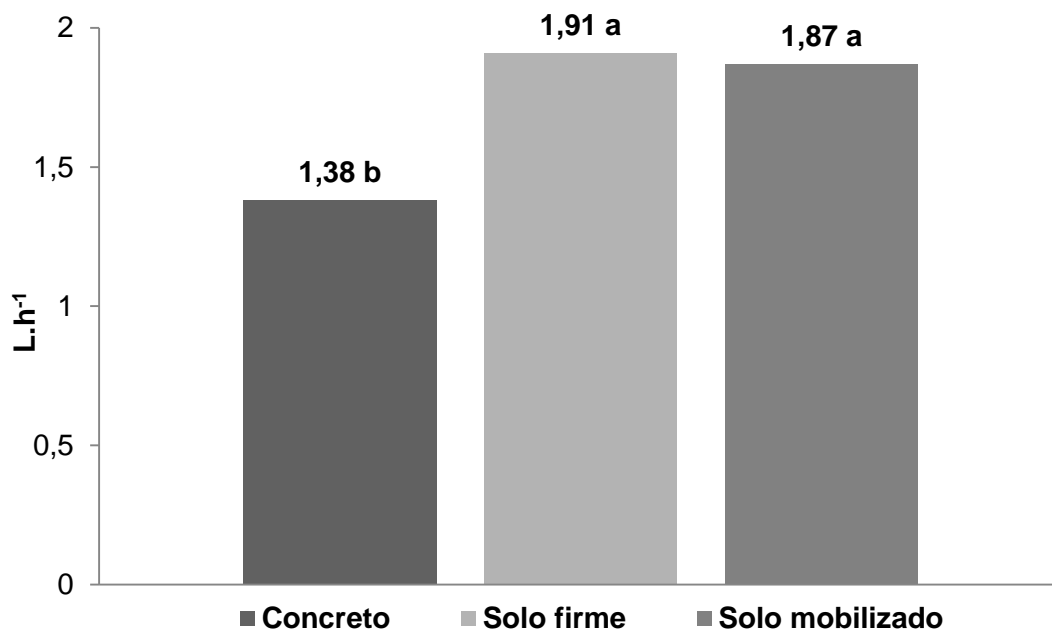
Os valores obtidos para patinagem para todas as condições de superfície de rolamento excetuando-se na superfície de solo mobilizado com relação peso/potência de 41 kgf kW⁻¹, apresentaram-se próximos da faixa indicada pela, ASAE EP496.2 (1999), para um melhor desempenho do trator agrícola 4x2, entretanto, valores referencias de patinagens para microtrator são pouco relatados na literatura.

4.1.3 Consumo horário de combustível

O consumo horário de combustível necessário para gerar a potência na barra de tração para tracionar o comboio em cada superfície de rolamento são apresentados no Gráfico 1.

Pode se observar que na superfície de solo firme e solo mobilizado as médias de consumo horário de diesel foram de 1,91 e 1,87 L h⁻¹ respectivamente, não apresentando diferença significativa entre si, porem diferiram da superfície de concreto a qual apresentou o menor consumo horário com media em torno de 1,38 L h⁻¹.

Gráfico 1 – Consumo horário de combustível (L h⁻¹), do microtrator, nas superfícies de rolamento de coreto, solo firme e solo mobilizado



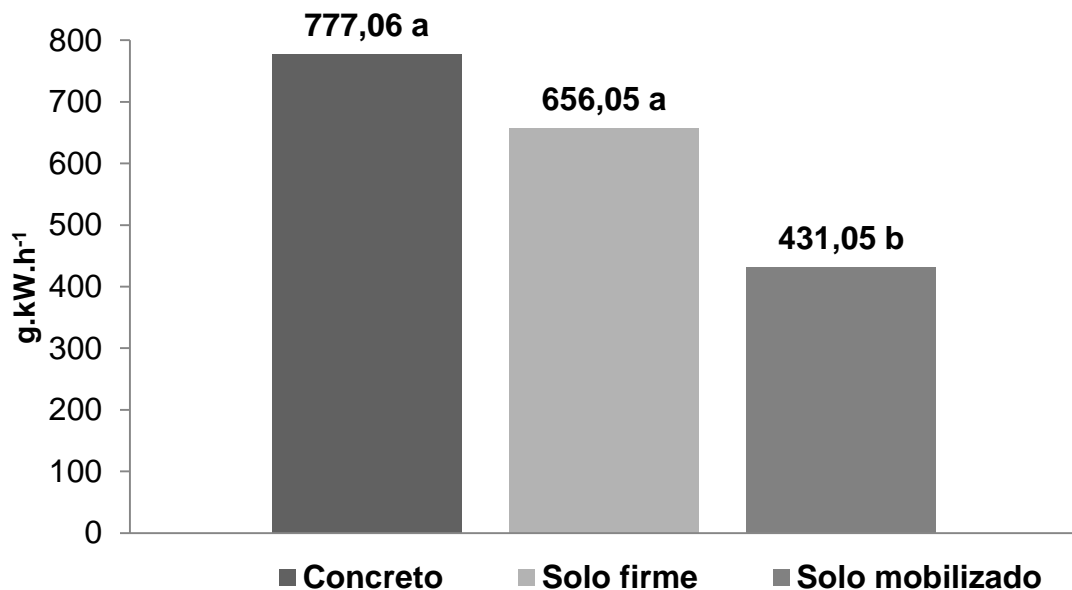
Fonte: Autor.

Resultados que concordam com os encontrados por Salvador *et al.* (2009), Gabriel Filho *et al.* (2004), Nagaoka *et al.* (2002). Monteiro *et al.* (2011), onde os mesmos afirmaram que a mobilização do solo faz com que o trator consuma mais combustível para manter a rotação do motor nos níveis desejados para exercer a tração.

4.1.4 Consumo específico de combustível

Os valores do consumo específico de combustível do microtrator, nas três superfícies de rolamento, concreto, solo firme e solo mobilizado, estão apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Consumo específico de combustível (g.kWh^{-1}), do microtrator, nas superfícies de rolamento de coreto, solo firme e solo mobilizado



Fonte: Autor.

O consumo específico de combustível na superfície de solo firme apresentou redução de 15,57% em relação à superfície de concreto, enquanto o solo mobilizado apresentou redução no consumo específico de combustível de 44,52% e 34,29%, respectivamente, em relação às superfícies de concreto e solo firme.

O consumo de combustível necessário para gerar potência na barra suficiente para tracionar o comboio durante o ensaio apresentaram semelhança estatística entre as superfícies de concreto e solo firme, com valores de 777,06 e 656,05 g.kWh^{-1} respectivamente, diferindo da superfície de solo mobilizado que apresentou valor de 431,05 g.kWh^{-1} . Esse comportamento pode ser explicado observando a potência gerada na barra de tração em cada superfície avaliada, onde a correlação entre consumo específico de combustível e potência gerada na barra é negativa. Gabriel Filho *et al.* (2010), avaliando desempenho operacional de trator em diferentes superfícies e velocidades de deslocamento, encontraram menor consumos específicos de combustível em solo mobilizado. Lyne *et al.* (1984), Salvador *et al.* (2009), indicaram que baixos valores de consumo específico de

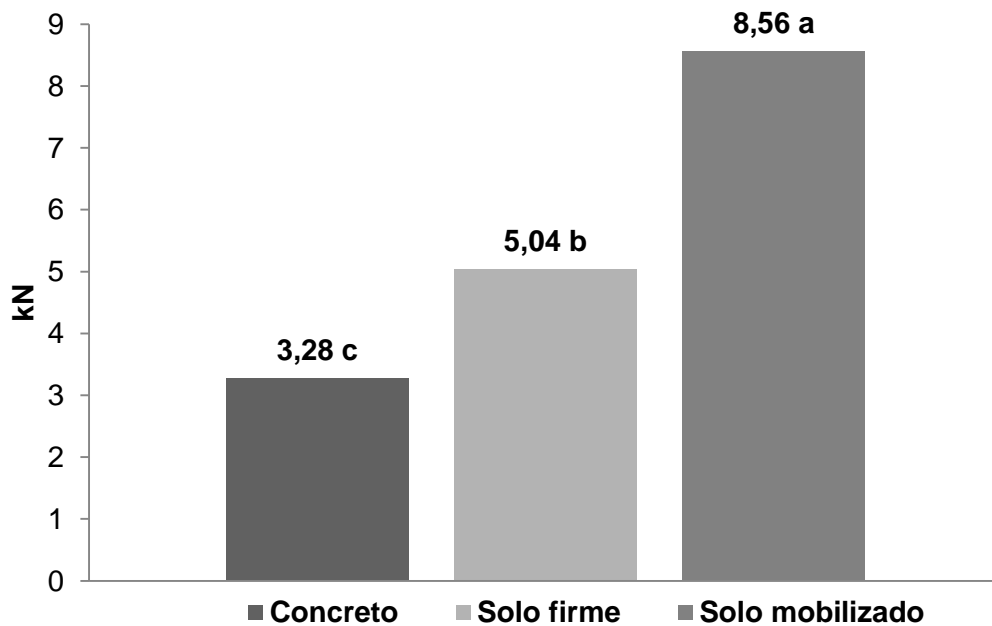
combustível, significa melhor aproveitamento da energia mecânica gerada pelo motor.

4.1.5 Força de tração na barra

Os valores de força na barra de tração do microtrator, nas três superfícies de rolamento, concreto, solo firme e solo mobilizado, estão apresentados no Gráfico 3.

Os valores médios de força na barra apresentam-se diferentes significativamente entre si, além do comportamento crescente com resultados médio de 3,28; 5,04 e 8,56 kN, respectivamente, para as superfícies de concreto, solo firme e solo mobilizado. Resultados esses que influenciam diretamente a potência disponível na barra bem no como consumo específico de combustível.

Gráfico 3 – Força de tração na barra (kN), do microtrator, nas superfícies de rolamento de concreto, solo firme e solo mobilizado



Fonte: Autor.

4.1.6 Potência disponível na barra de tração

Os valores de potência disponível na barra de tração do microtrator, nas três superfícies de rolamento, e nas três condições de lastragem estão apresentados na Tabela 8 e Gráfico 4.

Tabela 8 – Desdobramento da interação significativa entre os fatores relação peso potência e superfície de rolamento para a variável potência na barra de tração do microtrator

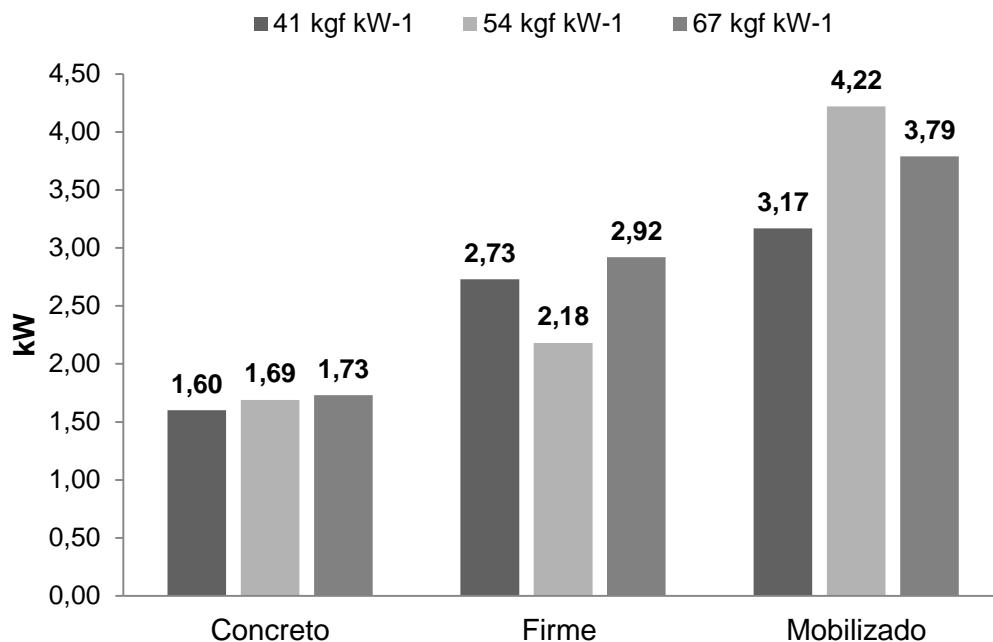
Peso/Potência	Superfície de rolamento			Média
	Concreto	Firme	Mobilizado	
41 kgf kW ⁻¹	1,60 aB	2,73 aA	3,17 bA	2,50
54 kgf kW ⁻¹	1,69 aB	2,18 aB	4,22 aA	2,70
67 kgf kW ⁻¹	1,73 aC	2,92 aB	3,79 abA	2,81
Média	1,67	2,61	3,73	

Fonte: Autor *Médias seguidas da mesma letra minúscula em cada coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

As médias de potência na barra de tração em cada superfície de rolamento nas três condições de lastragem foram de 1,67; 2,61 e 3,73 kW, respectivamente, para superfície de concreto, solo firme e solo mobilizado. Para as condições de lastragem nas diferentes superfícies de rolamento ensaiadas, os valores de patinagem apresentaram médias de 2,50; 2,70 e 2,81 kW, respectivamente, para as relação peso potência de 41, 54 e 67 kgf.kW⁻¹.

Não houve diferença significativa para os valores de potência na barra entre as superfícies de concreto e solo firme nas diferentes relações peso/potência estudadas. Na superfície de solo mobilizado na menor relação peso/potência (30 kgf.cv⁻¹), apresentou o menor valor de potência na barra 3,17 kW, apresentando diferença estatística quando comparada a relação peso/potência de 54 kgf.kW⁻¹, porem não diferindo da relação de 67 kgf.kW⁻¹, que na superfície mobilizada apresenta uma melhor potencia disponível na barra o que evidencia que a lastragem melhora o desempenho operacional do microtrator.

Gráfico 4 – Potência disponível na barra de tração (kW), do microtrator, nas superfícies de rolamento de coreto, solo firme e solo mobilizado



Fonte: Autor.

De acordo com o gráfico 4, pode se observar que houve aumento na potência disponível na barra de tração, quando compara as diferentes superfícies de rolamento avaliadas, essa aumento nos valores médios na potência disponível na barra, confrontados com os resultados de consumo específico de combustível nas diferentes superfícies de rolamento nota-se que na superfície de solo mobilizado o microtrator apresentou o melhor desempenho, comportamento semelhantes foram constatados por Gabriel Filho *et al.* (2010).

4.1.7 Rendimento na barra de tração

Os valores de rendimento na barra de tração do microtrator, nas três superfícies de rolamento, e nas três condições de lastragem, estão apresentados na Tabela 9 e Gráfico 5.

As médias de rendimento na barra de tração em cada superfície de rolamento nas três condições de lastragem foram de 16,27; 25,38 e 36,22% respectivamente para superfície de concreto, solo firme e solo mobilizado. Para as condições de lastragem nas diferentes superfícies de rolamento ensaiadas, os

valores de patinagem apresentaram médias de 24,31; 26,23 e 27,34%, respectivamente para as relação peso potência de 41, 54 e 67 kgf kW⁻¹.

Não houve diferença significativa para os valores de rendimento na barra entre as superfícies de concreto e solo firme nas diferentes relações peso/potência estudadas. Na superfície de solo mobilizado na condição de lastragem de 54 kgf kW⁻¹, apresentou rendimento na barra de 41,03%, apresentando diferença estatística quando comparada a relação peso/potência de 41 kgf kW⁻¹, porem não diferindo da relação de 67 kgf kW⁻¹.

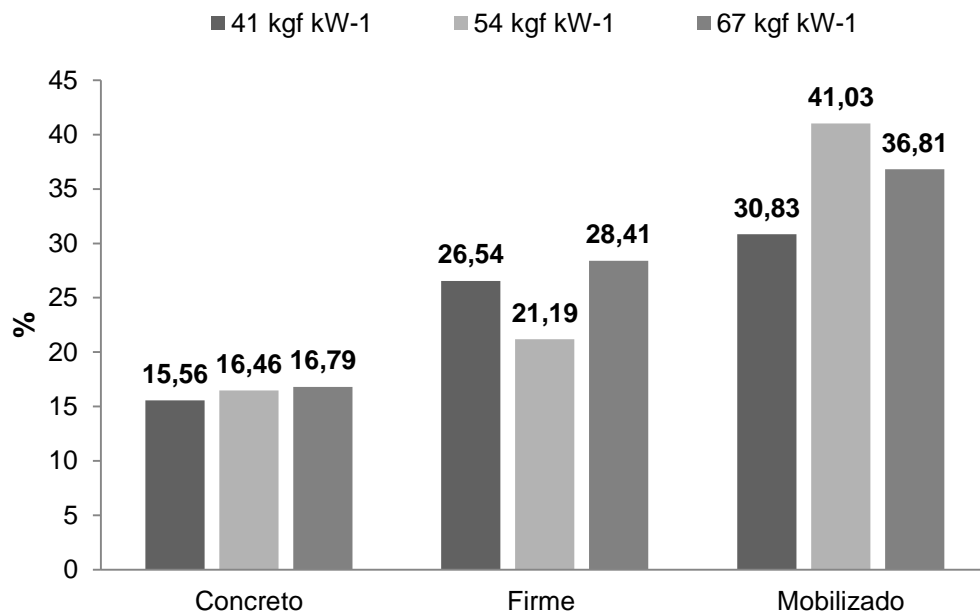
Tabela 9 – Desdobramento da interação significativa entre os fatores relação peso potência e superfície de rolamento para variável rendimento na barra de tração (%) do microtrator

Peso/Potência	Superfície de rolamento			Média
	Concreto	Firme	Mobilizado	
41 kgf kW ⁻¹	15,56 aB	26,54 aA	30,83 bA	24,31
54 kgf kW ⁻¹	16,46 aB	21,19 aB	41,03 aA	26,23
67 kgf kW ⁻¹	16,79 aC	28,41 aB	36,81 abA	27,34
Média	16,27	25,38	36,22	

Fonte: Autor. *Médias seguidas da mesma letra minúscula em cada coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados de rendimento na barra de tração do microtrator mantiveram o mesmo comportamento dos valores obtidos para potência na barra de tração, conforme Gráfico 5.

Gráfico 5 – Rendimento na barra de tração (%), do microtrator, nas superfícies de rolamento de coreto, solo firme e solo mobilizado



Fonte: Autor.

Os valores médios de rendimento máximo na barra de tração do microtrator avaliado neste trabalho apresentam-se inferiores nas três superfícies de rolamentos, quando comparados ao proposto pelo fator 0,86 de Wendel Brower e norma ASAE D497.4 (2003). Para Zoz (1987), as perdas de potência nos diferentes mecanismos do trator e diferentes condições de solo para tratores 4x2 podem variar de 20% em pista de concreto até 53% em solos com superfície solta.

5 CONCLUSÃO

A velocidade de deslocamento, patinagem dos rodados, potência disponível na barra e rendimento da barra sofreram influencia da superfície de rolamento e a lastragem aplicada ao microtrator.

Nas condições de lastragem 41 kgf kW^{-1} em solo mobilizado apresentou altos valores de patinagem e conseqüentemente redução na velocidade de deslocamento.

Na condição de lastragem de 54 kgf kW^{-1} , na condição de solo mobilizada trouxe, houve melhoria na potencia disponível na barra de tração.

O consumo específico de combustível foi melhor na condição de solo mobilizada.

A lastragem trouxe melhorias no desempenho do microtrator em solo mobilizado, apesar de os rendimentos máximo na barra de tração do microtrator estar em desacordo com o proposto pelo fator 0,86 de Wendel Brower.

REFERENCIAS

- ACUÑA, R. R. D., MANTOVANI, E. C., MARTYN, P. J., BERTAUX, S. Comparação do coeficiente de tração e da eficiência tratoria de um trator agrícola obtidos pela equação de Wismer e Luth e por ensaios de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: n. 4, v. 30, p. 523 - 530. 1995.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural tractor test code SAE J708. In: **ASAE standards** 1997: standards engineering practices data. 44. ed. St. Joseph: ASAE, 1997. p. 407–411.
- ARAÚJO, K. L. B. **Desempenho operacional e energético de um microtrator em função da lastragem, velocidade de deslocamento e pressão de inflação dos pneus**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Agricultural Machinery Management. EP 496.2. In: **ASAE Standards: Standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1999. p.353-358.
- ASAE D 497.4. Agricultural Machinery Management Data. In: ASAE Standards: standards engineering practices data. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, 373-380p. 2003.
- BANZATTO, D.A., KRONKA, S.E. **Experimentação agrícola**. 3 ed. Jaboticabal: Funep, 247p. 1995.
- BILLER, R.H.; OLFE, G. Collect of data on tractor use by questionnaires and by eletronical data approval. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.34. p.219–227, 1986
- BIONDI, P. et al. Technical trends of tractors and combines (1960-1989) based on Italian type-approval data. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.65, p.1-14, 1996.
- CORDEIRO Marcelo Andrade de Lemos. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento**. 2000. 153 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- CORREA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G.; LANÇAS, K. P. Determinação da circunferência de rolamento de pneus agrícolas utilizando dois métodos: manual e eletrônico. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 179-184, 1999a.

CORRÊA, I.M.; MAZIERO, J.V.G.; YANAI, K; LOPES, A. Técnicas de determinação da patinagem das rodas motrizes de tratores agrícolas. **Campinas: Instituto Agrônomo**, 1999b. 15 p. (Boletim Técnico, 179).

DEWANGAN, K. N.; TEWARI, V. K. Characteristics of hand-transmitted vibration of a hand tractor used in three operational modes. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n. 39, p. 239–245, 2009.

DEWANGAN, K. N.; TEWARI, V. K. Characteristics of vibration transmission in the hand–arm system and subjective response during field operation of a hand tractor. **Biosystems Engineering**, n. 4, v. 100, p. 535-546, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.e d. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S. L.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**. v.24, n.3, p.781-789, 2004.

GABRIEL FILHO, A; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; JESUINO, P. R. Desempenho do trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.333-339, 2010.

GAMERO, C.A.; LANÇAS, K.P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: CNPq-PADCT/TIBFEALQ, 1996. p.463-514.

GODWIN, R.J., 2007. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. **Soil & Tillage Research** 97, 331–340.

GRISSE, R. D.; KOCHER, M. F.; VAUGHAN, D. H. Predicting tractor fuel consumption. **Applied Engineering in Agriculture**, v.20, n.5 p.553-561, 2004.

GUPTA, J.P., KUMAR, S., 2001. Study of power tiller use in Bihar – a case study of

HANSON P. A. M.; LINDGREN, M.; NORDIN M.; PETERSSON, M. A methodology for measuring the effects of transient loads on the fuel efficiency of agricultural tractors. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 19, n.3, p. 251-257, 2003.

HERZOG, R. L. S.; LEVIEN, R.; BEUTLER, J. F.; TREIN, C. R. Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002. Salvador. **Anais...** Salvador: UFB, 2002. CD-ROM.

JENANE, C., BASHFORD, L. L., MONROE, G. Reduction of fuel consumption through improved tractive performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**. (1996) Ed. 64 p. 131 – 138.

LANÇAS, K. P. **Desempenho operacional de pneus radiais em função da pressão de inflação, da lastragem e do deslizamento das rodas de tratores agrícolas**. Botucatu, 1997. 171 p. Tese de Livre Docência - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP-Botucatu.

LANÇAS, K. P., UPADHYAYA, S. K. Pneus radiais para tratores. Guia para a seleção correta da pressão de inflação. **Energia na Agricultura**, FCA/UNESP, Botucatu, 1997. 33p. Boletim Técnico nº 1.

LANÇAS, K. P.; **Desempenho operacional de pneus radiais em função da pressão de inflação, da lastragem e do deslizamento das rodas de tratores agrícolas**. 1996. 171 f. Tese (Livre Docência) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

LILJEDAHL, J. B. P. K.; TURNQUIST, D. W.; SMITH. **Tractors and their Power units**, Fourth Edition, An AVI Book, 1989. 463p.

LILJEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M.; TURNQUIST, P.K.; SMITH, D.W. Traction. In: **Traction and their power units**. Connecticut: Avi Publish Company, n.2, 1995. p.219-26.

LINARES, P. **Teoría de la tracción de tractores agrícolas**. Madrid : ETSIA, 1996. 157p. (Apuntes Didácticos Departamento de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos).

LOIBL, B., 2006. Classification of Tillage Systems by including Soil Covering. 61 **Landtechnik** SH/2006, pp. 302–303.

LOPES, A., LANÇAS, K. P., SILVA, R. P. FURLANI, C. E. A.; NAGAOKA, A. K.; REIS, G. N. Desempenho de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Ciência Rural** [online]. 2005, vol.35, n.2, pp. 366-370. ISSN 0103-8478. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000200018> Acesso, em 13 nov. 2013.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; FURLANI, C. E. A.; NAGAOKA, A. K.; CASTRO NETO, P.; GROTTA, D. C. C. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 7, n. 2, p. - , mai/ago. 2003.

LYNE, P. W. L.; BURT, E. C.; MEIRING, P. Effect of tire and engine parameters on efficiency. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.27, n.1, p.5-7, 11, 1984.

MACHADO, A. L. T.; REIS, Â. V. dos.; MACHADO, R. L. M. **Tratores para agricultura familiar**: Guia de referência. Ed. Universitária. UFPEL, 2010, 126 p.

- MARCHETTI, I. **Sistema automatizado para avaliação do consumo de biodiesel em tratores agrícolas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Marechal Cândido Rondon, 2006. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/tede/tde_arquivos/1/TDE-2006-12-11T104855Z-60/Publico/Paulo%20Roberto%20Dulnik.pdf>. Acesso em: 22 set. 2013.
- MÁRQUEZ, L. **Solo Tractor '90**. Madrid : Laboreo, 1990. 198p. (Apuntes didácticos). MASIERO, F. C. ; LANÇAS, K. P. ; LYRA, G. A. ; OGURI, G. ; MONTANHA, G. K. . Avaliação do desempenho de tratores agrícolas 4x2 tda em função da velocidade de deslocamento e da relação entre o peso e a potência. In: **XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA, 2011**, Cuiabá. Artigos Completos - CONBEA 2011 - CD-ROM. Jaboticabal: SBEA, 2011. v. 1.
- MASIERO, F. C. ; LANÇAS, K. P. ; MONTEIRO, L. A. . Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA). **Energia na agricultura** (UNESP. Botucatu. CD-Rom), v. 26, p. 55-73, 2011.
- MATTHEW, E. Two-wheel tractors: Road safety issues in Laos and Cambodia. **Safety Science**, n. 48, v. 5, p. 537–543, 2010.
- MAZIERO, J.V.G.; MIALHE, L.G.; CORRÊA, I.M.; YANAY, D.; MENEZES, J.F. Efeito da patinação da roda motriz de um trator agrícola na compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.1, p.1-11, 1997.
- MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301p
- MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas – **Ensaio e Certificação**. Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 1996, 723 p.
- MIALHE, L.G. **Gerência de sistema tratorizado vs operação otimizada de tratores**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 30 p.
- MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA S. P. S. Desempenho de um trator agrícola equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.551-560, maio/jun. 2011.
- MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; MASIERO, F. C. Conjuntos: Adição de lastro e quando colocar. **Panorama Rural**, Ribeirão Preto, SP, n. 125, p. 50-55, jul. 2009.
- MONTEIRO, L. de A.; ALBIERO, D.; SOUZA F. H. ; MELO, R. P. ;TRIGUEIRO, D.;SILVA, J. G. da.; Mota, W. A. Avaliação energética de um trator agrícola equipado com pneus diagonais e radiais em função do lastro líquido. **Varia Scientia - Agrárias** (Online), v. 3, p. 43-50, 2013^a.
- MONTEIRO, L. de A.; ALBIERO, D. ; SOUZA, F. H. ; MELO, R. P. ; COORDEIRO, I. M. Rendimento na barra de tração de um trator agrícola com diferentes relações

peso e potência. **Revista Ciência Agrônômica** (UFC. Impresso), v. 44, p. 70-75, 2013.

MORAIS, C. S.; BERTOLDI, T. L.; REIS, A. V.; TROGER, H. C. H. **Avaliação do nível de ruído de um trator de rabiça utilizando dosímetro**. XVIII Congresso de Iniciação Científica, o XI Encontro de Pós-graduação e I mostra científica – Universidade Federal de Pelotas. 2009. Disponível em: <<http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/index.php>>. Acesso em: 22 out. 2013.

NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C.; BRÖRING, N.; KITANO, N.; JASPER, S. P. Avaliação do consumo de combustível, patinagem e capacidade de campo operacional na operação de semeadura da cultura de aveia preta (*Avena strigosa*) em três sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002. Salvador. **Anais...** Salvador: UFB, 2002. CD-ROM.

NASCIMENTO, E. M. S. **Avaliação da eficiência energética e do nível de ruído de um microtrator de duas rodas**. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

NASCIMENTO, E. M. S. ; VILIOTTI, C. A. ; MION, R. L.; Albiero, D. ; MONTEIRO, L. A. Assessment of noise level emitted by micro tractor in static and dynamic conditions. **Semina**. Ciências Agrárias (Online), v. 34, p. 1121-1128, 2013.

OECD **Standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance**. February 2008.

PAWAR, J.G., 1978. **Investigation of human energy requirements for power tiller operators**. Unpublished M.Tech. thesis, Department of Agricultural Engineering, Punjab Agricultural University, Ludhiana, India.

PAZ, M. A. **Tractores**. Madrid: Cie, SL Dossat, 2000. 646 p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10 ed. Piracicaba: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1982. 430p.

PIMENTEL-GOMES, F., GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p.

RENIUS, K. Th. Trends in tractor design with particular reference to europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.57, p.3–22, 1994.

RODRIGUES, D. E.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; RODRIGUES, G. J. Desempenho de um microtrator utilizando-se motores com

diferentes alternativas energéticas. **Acta Science Technology**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 55-63, 2006.

RUSSINI, A. **Estimativa do desempenho de tratores agrícolas em campo e pista a partir do ensaio dinamométrico**. 2012. 142 p. Dissertação em Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2012.

SALVADOR, N.; MION, R. L.; BENEZ, S. H. Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico realizados antes e depois da operação de subsolagem. **Ciências e Agrotecnologia**. v.33, n.3, p. 870-874, 2009.

SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H.; WILLES, J. A.; MACHADO, O. D. C. Análise comparativa do peso específico dos tratores agrícolas fabricados no Brasil e seus efeitos sobre a seleção e uso. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 35, n. 1, p. 92-97, 2005.

SCHLOSSER, J. F.; LINHARES, P.; MARQUEZ, L. Influence of the kinematics advance on the traction efficiency of the front wheel assist tractor. **Cienc. Rural**, vol.34, n.6, p.1801-1805, 2004.

SCHLOSSER, J. F.; Tratores agrícolas. **Máquinas**. Edição especial. p. 3-10. 2001.

SIEMENS, J. C; BOWERS. W. W. Machinery management: how to select machinery to fit the real needs of farm managers. Farm Business Management (FMB) series, East Moline: **John Deere Publishing**, 1999. 5p.

SILVA, S., F., da. **Avaliação do ruído e do desempenho energético de um trator de rabiças com um arado de disco acoplado**. 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SMERDA, T.; CUPERA, J. Tire inflation and its influence on drawbar characteristics and performance - Energetic indicators of a tractor set. **Journal of Terramechanics**, v. 47, n. 6, p. 395-400, 2010.

SRIVASTAVA, A.K., GOERING, C.E., ROHRBACH, R.P. Tractor hitching, traction and testing. In: Engineering principles of agricultural machines. 3 ed. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, p.117-145, 1996.

SURESH N, VARSHNEY A C. Draftability of a 8.95 kW walking tractor on tilled land. **J. Terramech.**, 2005; 43(4): 395–409.

TEWARI, V.K., DEWANGAN, K.N., KARMAKAR, S., 2004. Operator's fatigue in field operation of hand tractors. **Biosystems Engineering** 89, 1–11.

WISMER, R.D.; LUTH, H.J. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. Transactions of the **ASAE**, St. Joseph, v.17, n.1, p.8-14, 1973.

ZOZ, F., GRISSO, R.D. Traction and tractor performance. St Joseph: **ASAE**. 2003. 46p.

ZOZ, F.M. Predicting tractor field performance (updated). St. Joseph: **ASAE**, 1987. p.15. (ASAE Paper, 87-1623).