



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

**JOSÉ EVANALDO LIMA LOPES**

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR 4 X 2 TDA NO  
PREPARO DO SOLO EM AMBIENTE SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA CARGA  
DINÂMICA, PNEUS E SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO**

**FORTALEZA**

**2018**

JOSÉ EVANALDO LIMA LOPES

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR 4 X 2 TDA NO PREPARO  
DO SOLO EM AMBIENTE SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA CARGA DINÂMICA, PNEUS E  
SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.

Coorientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

Lopes, José Evanaldo Lima.

Desempenho operacional e energético de um trator 4 x 2 TDA no preparo do solo em ambiente semiárido em função da carga dinâmica, pneus e superfície de rolamento / José Evanaldo Lima Lopes. – 2018.

90 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli .

Coorientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro .

1. Agricultura brasileira. 2. Preparo de solo. 3. Escarificador. 4. Potência na barra. 5. Área mobilizada.  
I. Título.

---

CDD 630

JOSÉ EVANALDO LIMA LOPES

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR 4 X 2 TDA NO PREPARO  
DO SOLO EM AMBIENTE SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA CARGA DINÂMICA, PNEUS E  
SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte do requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: 24 / 04 /2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Co-orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani  
Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”

---

Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. Max César de Araújo  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Dedico

A Deus, a minha família, em  
especial aos meus pais José  
Evandro Sousa Lopes e Maria  
Imaculada Lima Lopes e a  
minha esposa Mara Alice  
Maciel dos Santos

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** por me conceder o dom da vida, saúde e força para vencer os obstáculos dessa caminhada.

Aos meus pais José Evandro Sousa Lopes e Maria Imaculada Lima Lopes, pela confiança, apoio necessário durante o curso de Doutorado em Engenharia Agrícola.

À minha esposa Mara Alice Maciel dos Santos pela compreensão, apoio e carinhos dedicados nos momentos difíceis e alegres no período do curso de Doutorado.

A todos os meus familiares que direto ou indiretamente contribuíram em minha caminhada, incentivando a continuar sempre em busca dos meus objetivos.

A Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realizar o Doutorado em Engenharia Agrícola.

Aos Professores Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli (orientador) e Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (co-orientador) pela confiança, amizade, orientação e apoio na realização desse trabalho e aos professores Daniel Albiero e Danilo Roberto Loureiro, pelo conhecimento transmitido nas aulas.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudo, permitindo assim, dedicação integral à pesquisa de doutorado.

Aos colegas dos grupos de pesquisas LIMA (Laboratório de Investigação de Acidentes com Maquinas Agrícolas) e NIMPA (Núcleo Integrado de Mecanização e Projetos Agrícolas) Mara Alice, Isabela Lima, Paulo Ricardo, Edicarla Nicolau, Clíce Mendonça, Marcelo Queiroz, Albertina Monteiro, Jean Lucas, Walisson Silveira, Elivânia Sousa e Michel Catunda pelo companheirismo nas atividades desenvolvidas em grupo.

Aos operadores de tratores do Departamento de Engenharia Agrícola (DNA), Junior Freitas (Emanuel), Sandoval Bezerra e Deleon Santiago, meu muito obrigado.

Ao diretor das Fazendas Experimentais da UFC Eng. Agr. Francisco José de Mesquita Sales e aos funcionários da Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) pelo apoio logístico na realização do experimento.

A Superintendência de Infraestrutura e Gestão Ambiental, em especial ao superintendente: Professor José Ademar Gondim Vasconcelos, pelo apoio no deslocamento do trator e equipamento do Campus do Pici em Fortaleza para Fazenda Experimental Vale do Curu em Pentecoste - CE.

Enfim, a todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuirão para realização deste trabalho de pesquisa.

## RESUMO

A introdução dos tratores agrícolas na agricultura brasileira possibilitou aos produtores ampliar suas áreas de plantio, tendo em vista, a grande versatilidade dessas máquinas agrícolas na realização de inúmeras operações, indispensáveis para a implantação e condução de lavouras. Diante das transformações ocorridas na agricultura, fez-se necessário realizar estudos que apontem para o melhor rendimento operacional e energético dos tratores agrícolas nas operações mecanizadas. Os ensaios de campo com uso de sistemas de aquisição de dados permitem a coleta e a análise de informações, possibilitando assim, importantes ferramentas na tomada de decisões. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho operacional e energético de um trator agrícola 4 x 2 – TDA, em função da altura das garras do pneu, lastragem e superfície de rolamento realizando operação de preparo de solo com escarificador. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) pertencente à Universidade Federal de Ceará - UFC, localizada no município de Pentecoste – Ceará. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial 2 x 2 x 2 com quatro repetições por cada tratamento, sendo duas alturas de garras dos pneus, duas lastragem e duas superfícies de rolamento. Para análise estatística dos dados, foram utilizadas à estatística descritiva e a análise de variância. Os parâmetros simetria e curtose foram utilizados para a realização do teste de normalidade dos dados. Procedendo à normalidade foi realizada a análise de variância para as médias que se apresentarem normais. Os dados foram submetidos ao Teste F utilizando-se software Sisvar 5.6<sup>®</sup> e quando necessário, foi aplicado o Teste de Tukey ( $p < 0,10$ ) para comparação das médias. Conclui-se que: O processo de escarificação contribui para redução da resistência do solo a penetração nas camadas 0,15 – 0,30 e de 0,30 – 0,45 m, proporcionando incremento significativo no teor de água no solo na camada 0,30 – 0,45 m. Menor patinamento dos rodados dianteiro do trator foi registrado para pneu desgastado, para os rodados traseiros maior patinamento foi constatado para pneu novo. Trabalhando com pneu desgastado foram constatadas maior velocidade de deslocamento e maior capacidade de campo efetiva e operacional do conjunto trator-escarificador. Os pneus desgastados e a superfície de solo com palhada proporcionaram menor exigência de tração e potência na barra e coeficiente de tração superior foi constatado trabalhando com pneus desgastados. O consumo horário de combustível não foi afetado significativamente pelos tratamentos analisados, menor consumo específico de combustível foi constatado para solo mobilizado e maior consumo de combustível por área foi observado para pneu novo. Sem lastro e solo mobilizado proporcionaram maior área mobilizada, maior área de elevação do perfil do solo foi observado trabalhado com pneu novo, a área de elevação não sofre alteração significativa pelos tratamentos e maior resistência específica do solo foi observada na superfície de solo mobilizado.

**Palavras-chave:** Agricultura brasileira. Preparo de solo. Escarificador. Potência na barra. Área mobilizada.

## ABSTRACT

The introduction of agricultural tractors in Brazilian agriculture enabled farmers to expand their planting areas, due to the great versatility of these agricultural machines in the accomplishment of numerous operations, indispensable for the implantation and conduction of crops. In view of the changes that occurred in agriculture, it was necessary to carry out studies that point to the improved operational and energy performance of agricultural tractors in mechanized operations. Field trials using data acquisition systems allow for the collection and analysis of information, thus enabling important tools in decision making. The objective of the present work was to evaluate the operational and energy performance of a 4 x 2 - TDA agricultural tractor, as a function of the height of the tire claws, ballasting and rolling surface, performing a soil preparation operation with a scarifier. The experiment was developed at the Curu Valley Experimental Farm (FEVC) belonging to the Federal University of Ceará - UFC, located in the municipality of Pentecoste - Ceará. The experimental design was a randomized block design, with a 2 x 2 x 2 factorial arrangement with four replicates for each treatment, two tire claw heights, two ballasting and two rolling surfaces. For statistical analysis of the data, descriptive statistics and analysis of variance were used. The parameters symmetry and kurtosis were used to perform the normality test of the data. Proceeding to normality was performed the analysis of variance for the means that are normal. The data were submitted to the F-Test using Sisvar 5.6<sup>®</sup> software and, when necessary, Tukey's test ( $p < 0.10$ ) was applied to compare the averages. It is concluded that: The scarification process contributes to the reduction of soil resistance to penetration in the layers 0.15 - 0.30 and 0.30 - 0.45 m, providing a significant increase in soil water content in layer 0.30 - 0.45 m. Lower skating of the front wheels of the tractor was registered for worn tire, for the rear wheels larger skidding was found for new tire. Working with a worn tire, it was observed a greater speed of displacement and greater effective and operative field capacity of the tractor-scarifier assembly. The worn tires and the ground surface with straw provided less requirement of traction and power in the bar and higher coefficient of traction was found working with worn tires. The hourly fuel consumption was not significantly affected by the treatments analyzed, lower specific fuel consumption was found for mobilized soil and higher fuel consumption per area was observed for new tires. No ballast and mobilized soil provided a larger mobilized area, greater area of elevation of the soil profile was observed working with new tire, the elevation area did not suffer significant alteration by the treatments and greater soil specific resistance was observed in the mobilized soil surface.

**Keywords:** Brazilian agriculture. Soil preparation. Scarifier. Power in the bar. Area mobilized.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área do experimento na Fazenda Experimental Vale do Curu.....	36
Figura 2 – Trator Valtra BM 125i Intercooler.....	37
Figura 3 – Trator Valtra BM 120.....	38
Figura 4 – Grade aradora.....	39
Figura 5 – Escarificador.....	39
Figura 6 – Medição da altura das garras dos pneus dianteiro desgastado (A) e novo (B).....	41
Figura 7 – Trator com lastro – (A) e trator sem lastro – (B).....	41
Figura 8 – Pesagem do trator agrícola.....	42
Figura 9 – Coleta da palhada.....	43
Figura 10 – Superfície de solo mobilizada.....	43
Figura 11 – Distribuição dos blocos e parcelas na área experimental.....	45
Figura 12 – Penetrômetro de impacto.....	47
Figura 13 – Balança de precisão.....	48
Figura 14 – Estufa elétrica.....	49
Figura 15 – Medição do patinamento.....	49
Figura 16 – Cronômetro digital.....	50
Figura 17 – Medidores de fluxo de combustível.....	52
Figura 18 – Distribuição de cargas no trator.....	53
Figura 19 – Célula de carga.....	56
Figura 20 – HBM modelo Quantum X MX804A.....	56
Figura 21 – Perfilômetro de madeira.....	58
Figura 22 – Caracterização da resistência do solo à penetração e teor de água no solo antes do preparo do solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m.....	59
Figura 23 – Resistência do solo à penetração e teor de água no solo após o preparo do solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, para os tratamentos pneu desgastado (PD) e pneu novo (PN).....	60
Figura 24 – Resistência do solo à penetração e teor de água no solo após o preparo do solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, para os tratamentos com lastros (CL) e sem lastros (SL).....	61
Figura 25 – Resistência do solo à penetração e teor de água no solo após o preparo	

	do solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, para os tratamentos solo com palhada (SCP) e solo mobilizado (SM).....	63
Figura 26 –	Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e superfície para variável velocidade.....	66
Figura 27 –	Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e superfície para variável capacidade de campo efetiva.....	68
Figura 28 –	Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e superfície para variável capacidade de campo operacional.....	69
Figura 29 –	Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e lastragem para variável força na barra de tração.....	71
Figura 30 –	Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e lastragem para variável potência na barra de tração.....	72
Figura 31 –	Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, lastragem e superfície para variável consumo horário de combustível.....	74
Figura 32 –	Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e superfície para variável consumo específico de combustível.....	75
Figura 33 –	Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e lastragem para variável resistência específica do solo.....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características dos pneus utilizados no ensaio.....	40
Tabela 2 –	Altura das garras dos pneus desgastados e novos.....	40
Tabela 3 –	Pesagens do trator com lastragem e sem lastragem.....	42
Tabela 4 –	Análise de variância para delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial (2x2x2) para resistência do solo à penetração, teor de água no solo, desempenho operacional e energético do conjunto trator escarificador e custo hora.....	44
Tabela 5 –	Dados da análise física do solo.....	46
Tabela 6 –	Dados de densidade do solo nas camadas: 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m.....	48
Tabela 7 –	Valores de carga estática, carga dinâmica nos eixos dianteiro e traseiro do trator e coeficiente de tração.....	55
Tabela 8 –	Valores médios para patinamento dos rodados dianteiro (PRD) e traseiro (PRT) do trator e velocidade de deslocamento (V).....	64
Tabela 9 –	Valores médios para capacidade de campo efetiva (CCE) e capacidade de campo operacional (CCO).....	67
Tabela 10 –	Valores médios para força, potência na barra de tração e coeficiente de tração.....	70
Tabela 11 –	Valores médios para consumo horário de combustível (CH), consumo específico de combustível (CE) e consumo por área trabalhada (CA).....	73
Tabela 12 –	Valores médios para área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo (E) e resistência específica do solo (RE).....	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASAE	American Society of Agricultural Engineers
BPAF	Baixa Pressão e Alta Flutuação
CCA	Centro de Ciências Agrárias
FEVC	Fazenda Experimental Vale do Curu
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
NUTEC	Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará
TDA	Tração Dianteira Auxiliar
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>HÍPOTESE.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização do semiárido Nordeste.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>Tratores Agrícolas.....</b>	<b>20</b>
<b>4.3</b>	<b>Equipamentos agrícolas de preparo do solo e mobilização.....</b>	<b>22</b>
<b>4.4</b>	<b>Pneus Agrícolas.....</b>	<b>25</b>
<b>4.5</b>	<b>Consumo de combustível.....</b>	<b>29</b>
<b>4.6</b>	<b>Força e potência na barra de tração.....</b>	<b>31</b>
<b>4.7</b>	<b>Patinamento dos rodados.....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1</b>	<b>Material.....</b>	<b>36</b>
5.1.1	Localização da área experimental.....	36
5.1.2	Descrição do clima da região.....	36
5.1.3	Histórico da área experimental.....	37
5.1.4	Máquinas e equipamentos.....	37
<b>5.2</b>	<b>Métodos.....</b>	<b>40</b>
5.2.1	Descrição dos tratamentos.....	40
5.2.1.1	Alturas das garras dos pneus.....	40
5.2.1.2	Lastragem.....	41
5.2.1.3	Superfície.....	42
5.2.2	Planejamento estatístico.....	44
5.2.3	Delineamento experimental.....	45
5.2.4	Propriedades físicas do solo.....	46
5.2.4.1	Textura do solo.....	46
5.2.4.2	Resistência do solo à penetração.....	46
5.2.4.3	Densidade do solo.....	47
5.2.4.4	Teor de água no solo.....	48
5.2.5	Patinamento dos rodados do trator.....	49

5.2.6	Velocidade de deslocamento.....	50
5.2.7	Capacidade de campo efetiva e operacional.....	51
5.2.8	Consumo de combustível.....	52
5.2.9	Distribuição de cargas no trator.....	53
5.2.10	Força média na barra de tração.....	56
5.2.11	Potência média disponível na barra de tração.....	57
5.2.12	Mobilização do solo.....	57
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>6.1</b>	<b>Resistência do solo à penetração e teor de água no solo.....</b>	<b>59</b>
<b>6.2</b>	<b>Patinação dos rodados e velocidade de deslocamento.....</b>	<b>64</b>
<b>6.3</b>	<b>Capacidade de campo efetiva e operacional.....</b>	<b>67</b>
<b>6.4</b>	<b>Força potência na barra de tração e coeficiente de tração.....</b>	<b>70</b>
<b>6.5</b>	<b>Consumo de combustível.....</b>	<b>73</b>
<b>6.6</b>	<b>Mobilização do solo.....</b>	<b>76</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A redução da mão de obra ocasionada pelo deslocamento de parte da população do campo para os grandes centros urbanos amplia ainda mais a demanda por alimentos e conseqüentemente, a necessidade de expansão das áreas de cultivo e o aumento da produção de grãos colhidos. Aliadas as transformações ocorridas no setor agrícola, o desenvolvimento de máquinas e equipamentos agrícolas no decorrer dos anos tem possibilitado aos produtores rurais ampliarem sua produção.

A introdução dos tratores agrícolas na agricultura brasileira possibilitou aos produtores expandir suas áreas de plantio, tendo em vista, a grande versatilidade dessas máquinas agrícolas, que possibilitam a realização de inúmeras operações, tais como, preparo do solo, tratos culturais e colheita da produção, que são indispensáveis para a implantação e condução da lavoura.

A grande demanda por tratores agrícolas atualmente, tem diversificado a produção dessas máquinas, que estão chegando ao campo com novas tecnologias embarcadas e maior potência disponível. A busca dos fabricantes para atender as expectativas de seus futuros clientes, fez surgir no mercado uma enorme diversidade de modelos de tratores agrícolas, possibilitando que estes possam ser adquiridos por produtores de pequenas, médias e grandes propriedades agrícolas.

Para realizar as operações em campo com o trator agrícola de modo eficiente e seguro, são necessárias que algumas regulagens e adequações sejam realizadas na máquina, como a escolha correta do conjunto de pneus, a distribuição de carga nos eixos do trator, o tipo de cobertura no solo a ser preparado, a escolha do equipamento para realizar determinada operação e a velocidade de trabalho adequada para o conjunto motomecanizado.

Diversos fatores podem contribuir para ótimo desempenho do trator agrícola em operações de campo como velocidade de operação, superfície de rolamento com ou sem palhada, distribuição de carga dinâmica, patinamento dos rodados, avanço cinemático e relação peso/potência. Outra característica importante que deve ser analisada é o desempenho energético, que pode ser mensurado por meio do consumo de combustível.

No trator agrícola, os rodados pneumáticos desempenham inúmeras funções indispensáveis para o eficiente funcionamento da máquina tais como deslocamento, direcionamento, equilíbrio, amortecimento das irregularidades presentes no solo, redução das vibrações no posto do operador. Ainda em relação aos rodados, o tipo construtivo de pneu, a pressão de inflação utilizada, o tipo de tração, a carga aplicada sobre cada rodado, o desgaste

das garras do pneu, o tipo de solo e o teor de água, podem influenciar no desempenho operacional e energético do trator agrícola.

Nas operações de preparo de solo realizadas nas lavouras da região Nordeste, especialmente no estado do Ceará, poucos estudos abordam os custos dos produtores com as operações agrícolas mecanizadas, bem como voltado para seleção do tipo de equipamento adequado a ser utilizado, tendo em vista que em algumas áreas cultivadas, o solo apresenta características relacionadas à declividade, cobertura da superfície e a baixa profundidade do perfil, favorecendo o processo erosivo e a desertificação.

Diante dessas transformações ocorridas na agricultura, fez-se necessário analisar métodos que apontem para melhorar o desempenho operacional e energético dos tratores nas operações agrícolas por meio de ensaios de campo. Para realizar esses estudos, a utilização de tecnologias como sensores, sistemas de aquisição de dados permitem coletar e analisar as informações, possibilitando aos pesquisadores utilizar essas ferramentas para a tomada de decisões no campo.



## 2 HIPÓTESE

O trator equipado com pneus novos proporciona maior aderência dos rodados com o solo na superfície mobilizada, apresentando redução da exigência de força e potência na barra, menor patinamento dos rodados e maior velocidade de deslocamento na operação de escarificação e trabalhando sem lastragem não compromete o desempenho energético da máquina agrícola.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar o desempenho operacional e energético do trator agrícola 4 x 2 TDA, em função da altura das garras do pneu, lastragem e superfície de rolamento realizando operação de preparo de solo com escarificador.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar resistência do solo à penetração antes e após o preparo;
- Verificar o teor de água no solo antes e após o preparo;
- Verificar o patinamento dos rodados do trator utilizando pneus novos e pneus desgastados;
- Analisar o desempenho operacional do trator realizando operação de preparo do solo com escarificador;
- Analisar o consumo horário e específico de combustível;
- Determinar a área de solo mobilizado na operação de preparo do solo utilizando escarificador;

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Caracterização do semiárido Nordestino

O Nordeste corresponde uma das cinco regiões fisiográficas do Brasil, situando-se entre as latitudes 1°2' a 18°21'S e longitude 32°23' e 48°45'W, representando aproximadamente 18,25% da superfície do Brasil e possui uma população de 53.081.950 habitantes. Com uma área territorial de 1.554.291,61 km<sup>2</sup>, é formada pelos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, além do arquipélago de Fernando de Noronha anexado ao Estado de Pernambuco. Nesta região, encontra-se a maior parte do semi-árido brasileiro, abrangendo 75% do Nordeste (1.170.000 km<sup>2</sup>) (IBGE, 2012).

O semiárido brasileiro caracteriza-se por apresentar clima quente e seco, com duas estações, a seca e a úmida, com pluviosidade situada nas isoetas de, aproximadamente, 300 a 800 mm. A maior parte das chuvas se concentra em três a quatro meses dentro da estação úmida de janeiro a abril, acarretando um balanço hídrico negativo na maioria dos meses do ano e elevado índice de aridez (ARAÚJO FILHO, 2002).

Em 2005, o Ministério da Integração Nacional atualizou a área de abrangência oficial do semiárido, conforme a Portaria Ministerial nº 89, de 16 de março de 2005. Para a nova delimitação do semiárido foram considerados três critérios técnicos: a precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; um índice de aridez de até 0,5, no período entre 1961 e 1990, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial; e o risco de seca maior que 60% no período entre 1970 e 1990 (BRASIL, 2005).

Segundo a delimitação atual, o semiárido abrange 1.133 municípios com uma área de 969.589,4 km<sup>2</sup>, correspondente a quase 90% da Região Nordeste (nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia); e mais a região setentrional de Minas Gerais (BRASIL, 2005).

No semi-árido nordestino, a vegetação predominante é a caatinga, que se caracteriza por apresentar geralmente, plantas de baixo ou médio porte (herbáceo-arbustivo-arbóreo), xerófilas e em sua maior parte, caducifólias, com predominância de leguminosas (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 1997). De acordo com Andrade-Lima (1981), a vegetação da caatinga desenvolve-se em diferentes tipos de solos, desde aqueles profundos, arenosos,

onde o lençol freático provavelmente chega perto da superfície durante o período chuvoso, até aqueles com erosão forte e com pouca infiltração.

Os solos predominantes da região Nordeste são dos tipos classificados como LATOSSOLOS, LITÓLICOS, PODZÓLICOS, BRUNOS NÃO-CÁLCIOS, AREIAS QUARTZOSAS e os PLANOSSOLOS SOLÓDICOS. Quimicamente, podem ser adequados, mas, normalmente apresentam restrições físicas, drenagem irregular, pH ácidos e pouca vocação agrícola (PEREIRA FILHO et al., 2006).

A atividade agrícola é de grande importância na economia do Nordeste brasileiro gerando emprego e renda para os pequenos produtores rurais nordestinos, principalmente no sertão onde cerca de 70% das propriedades têm menos de 10 ha (EMBRAPA, 2007).

De acordo com a FAO/INCRA (1994), agricultura familiar vem a ser aquela cujas características básicas é a íntima relação entre trabalho e gestão, onde a direção do processo produtivo é conduzida pelos proprietários, com ênfase na diversificação produtiva, na durabilidade dos recursos e na qualidade de vida.

Em pesquisa realizada por Guanzioli *et al.* (2012), constatou-se que subsistem limitações tecnológicas e fundiárias entre os agricultores familiares de modo geral e uma parcela significativa dos familiares possui pouca terra, fator esse que se verificou como limitante na expansão de sua renda.

De acordo com Almeida (2002), a existência de poucas tecnologias apropriadas à sua realidade e/ou a falta de acesso a essas tecnologias têm levado ao uso de práticas ecológica e tecnicamente incorretas com conseqüente, empobrecimento dos solos agrícolas, redução das produtividades e descapitalização dos produtores familiares.

Para Silveira (2006), as máquinas deverão estar corretamente adequadas ao tamanho da propriedade e às operações a serem realizadas, de modo que no final resulte numa combinação de equipamentos a mais econômica possível. De acordo com Modolo (2003), a utilização de máquinas e equipamentos agrícolas de forma correta, possibilita expansão das áreas cultiváveis, incrementa melhores produtividades, facilita as tarefas do homem e aumenta a capacidade efetiva, permitindo cumprir um cronograma de trabalho em tempo hábil.

## **4.2 Tratores Agrícolas**

De acordo com Schlosser (2001), o trator é uma unidade móvel de potência em que se acoplam implementos e máquinas com diversas funções, tendo suas características voltadas para o uso nas operações agrícolas. Para Reis (2005), existem duas formas de

classificar o trator: de acordo com o tipo de rodados, podendo ser de pneus (2 rodas, 3 rodas e 4 rodas) ou trator de esteira (industrial ou agrícola) e quanto a forma de utilização, ou seja, a frutícola, de jardim, florestais e portas-ferramenta.

Para Mialhe (1980), o trator é uma máquina auto-propelida provida de meios que o permitem tracionar, transportar e fornecer potência mecânica para os órgãos ativos de máquinas agrícolas e implementos em que a energia gerada pela combustão do diesel é transformada em energia mecânica no motor.

Segundo Monteiro e Albiero (2013), o trator agrícola é a fonte de potência mais utilizada no meio rural contribuindo para o desenvolvimento e avanço tecnológico dos sistemas agrícolas de produção de alimentos e também de fontes alternativas de energias renováveis e responsáveis pelos avanços e quebras de recordes de produção das lavouras em todo o país.

Os primeiros tratores agrícolas que surgiram no mercado priorizavam a produtividade agrícola, não sendo dada a devida importância a fatores como conforto, segurança e saúde do operador, ficando evidente a desvalorização deste profissional nos projetos dessas máquinas (SCHLOSSER, 2002).

Trintin et al. (2005), ressaltam a importância do trator por aumentar a produtividade aliado a maior eficiência das atividades agrícolas, tornando-se menos árduas e mais atraentes. No entanto, estas máquinas exigem avanços tecnológicos constantes, que resultam da ocorrência de mercado.

De acordo com Vilagra e Genz (2009), o trator agrícola tem como importância a capacidade de exercer força no sentido de deslocamento, visando realizar diversas operações relacionadas com a agropecuária, constituindo-se na principal fonte de potência da agricultura moderna. Os mesmos autores propõem ainda que, para atender as expectativas atribuídas ao trator, algumas se fazem necessárias, podendo destacar entre estas a robustez, versatilidade, confiabilidade, segurança, conforto, além de ter a capacidade de fácil acoplamento e acionamento de diversos tipos de máquinas e implementos agrícolas.

Para Taghavifar et al. (2015) os tratores agrícolas são responsáveis por uma diversidade muito grande de tarefas mecanizadas em áreas agrícolas que vão, desde o preparo do solo, implantação da cultura, colheita até o transporte da produção para comercialização.

Para Reis et al. (2005), o trator equipado com tração dianteira auxiliar (TDA), é um trator de quatro rodas em que os fabricantes introduziram um eixo dianteiro motriz, no qual é montado um par de pneus com o diâmetro inferior ao traseiro, com a finalidade de

manter a concepção original do projeto como peso, manobrabilidade e dimensões, podendo essa tração ser ligada ou desligada pelo operador, de acordo com a necessidade de tração.

A preferência pelos tratores com TDA é devida à sua maior capacidade de tração, principalmente em condições trativas adversas e, sobretudo, pela relação benefício e custo ser positiva e maior que nos outros modelos (MASIERO, 2010).

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

A expansão da agricultura brasileira nas últimas décadas tem impulsionado os fabricantes de máquinas e implementos agrícolas a incorporar novas tecnologias para aumentar o desempenho operacional desses equipamentos, houve um aumento significativo nas dimensões e também acréscimo na potência dos tratores (LOPES *et al.*, 2013). Segundo comentam Santos *et al.* (2004), pode-se considerar que o trator agrícola tem sido a base da mecanização agrícola moderna e responsável pelo alto padrão de desenvolvimento alcançado pela agricultura mundial nos últimos anos.

#### **4.3 Equipamentos agrícolas de preparo do solo e mobilização**

Entende-se por preparo do solo o conjunto de operações realizadas antes da sementeira, com a finalidade de revolver o solo para fornecer as melhores condições físicas, químicas e biológicas para a semente germinar, além de incorporar fertilizantes, corretivos e restos de culturas anteriores, este último, como forma de controlar plantas daninhas (FOLLE; SEIXAS, 1986). No preparo do solo, os objetivos devem ser atingidos com o menor número possível de operações, reduzindo o tempo e o consumo de energia necessária para a implantação da cultura (EMBRAPA, 2001).

Das antigas civilizações até os dias atuais, a agricultura no sistema convencional se inicia a partir de operações para o preparo do solo, onde as camadas são revolvidas para o controle de plantas daninhas e a ruptura das camadas compactadas, melhorando as condições físicas para o crescimento das raízes e o armazenamento da água (ROSSETTO *et al.*, 2008).

O preparo do solo tem como finalidade proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento adequado das culturas tornando-se atividade mecanizada que envolve

fatores físicos, químicos e biológicos do solo para otimizar as condições de germinação e emergência de plântulas, bem como o seu estabelecimento (FURLANI et al., 2005).

Os diferentes equipamentos disponíveis para o preparo do solo provocam alterações nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cada um trabalha o solo de maneira própria, alterando, de maneira diferenciada, estas propriedades (FALLEIRO et al., 2003). Neste sentido, Souza et al., (2004), destacam que o cultivo inadequado pulveriza a superfície dos solos, deixando-os mais susceptíveis ao processo de erosão e propiciam a formação de impedimentos físicos logo abaixo das camadas movimentadas pelos equipamentos.

Para Drescher et al. (2011), o adensamento do solo nas áreas agrícolas pode interferir diretamente no desempenho de máquinas e implementos agrícolas promovendo uma ampliação na demanda de potência para tração. Em operações agrícolas de mobilização do solo, a resistência que um solo oferece aos órgãos ativos dos equipamentos agrícolas depende da área do solo mobilizada que ocorre em função da largura de trabalho do equipamento, da profundidade de operação e das características e propriedades físicas estáticas e dinâmicas do solo (GAMERO; LANÇAS, 1996).

Segundo ASAE (1997), existem diversos sistemas de preparo do solo, os quais são enquadrados em categorias definidas como: a) convencional, que é a combinação de duas ou mais operações; b) reduzido, uma única operação, e; c) semeadura direta, ou seja, a semeadura em solo não preparado.

O sistema convencional de preparo do solo consiste na realização de uma aração, caracterizada pelo preparo primário do solo, seguida de duas gradagens para destorroamento e nivelamento, também denominada de operações de preparo secundário (CARVALHO FILHO et al., 2007). No entanto, o sistema convencional pode apresentar uma superfície mais rugosa comparado ao solo mantido sem preparo por algum tempo, como é o caso do plantio direto (SCHICK et al., 2000).

De acordo com ASAE (1982) e Dallmeyer (1994), o preparo mínimo ou reduzido do solo pode ser definido como aquele que proporciona menor número de operações que o preparo convencional, resultando em menor incorporação de resíduos vegetais, menor inversão do solo, menor custo de preparo e redução das perdas de solo e água por erosão. Esta prática consiste no revolvimento mínimo do solo e na manutenção de no mínimo de 30% dos resíduos vegetais entre o período de colheita de uma safra e o início da próxima, realizando-se escarificações e gradagens leves (OLIVEIRA et al., 2009; KANEKO et al., 2010).

O solo quando é submetido a um sistema conservacionista, onde o preparo é realizado com escarificador, seguido ou não de gradagem, a superfície do solo apresenta-se mais rugosa do que quando submetida ao sistema convencional com arados e grades (BERTOL et al., 2006).

O escarificador é um equipamento, que atua até a profundidade de 0,30 metros, usando para o preparo periódico, cuja função é promover um mínimo de mobilização, desagregando menos o solo, no sentido de baixo para cima. Não forma camada compactada no subsolo, e isto pode representar maior armazenamento de água, menor risco para as culturas de sequeiro e também a possibilidade de redução da frequência de irrigação. Além disso, não enterra a maior parte dos resíduos vegetais que, mantidos na superfície, protege o solo da erosão, o que permite enquadrá-lo como equipamento de sistema conservacionista (GADANHA JÚNIOR et al., 1991; SILVEIRA, 1989).

Carvalho Filho et al. (2007) estudando métodos de preparo e rugosidade superficial do solo observaram que os arados (discos e aivecas) e o escarificador apresentam maior capacidade de penetração e mobilização do solo quando comparados com a enxada rotativa e grade aradora. Kosutic et al. (2005) avaliaram o efeito do preparo de solo na produtividade de milho e soja e concluíram que o preparo do solo, com escarificador, obteve menor requerimento energético, entre 37 e 39%, quando comparado com o preparo com uma aração e duas gradagens de nivelamento.

Salvador et al. (1998), estudando o requerimento de energia em sistemas de preparo baseados em aração (discos e aivecas), gradagem (pesada e niveladora) e escarificação num Latossolo Vermelho Amarelo, concluíram que a escarificação proporcionou menor requerimento de energia que os demais sistemas de preparo periódico do solo. Feitosa et al. (2013) em estudo com Argissolo Amarelo realizaram preparos de solo com duas grades off-set, uma com discos de 0,61 m de diâmetro e a outra com 0,56 m, grade em tandem e escarificador, observaram que os mesmos não afetaram de forma significativa o diâmetro médio ponderado, o diâmetro médio geométrico, a estabilidade de agregados, a densidade e porosidade do solo.

Carvalho Filho et al. (2007), ao avaliar a mobilização de um Latossolo vermelho, verificaram que o escarificador proporcionou menor mobilização do solo quando comparado ao arado de aivecas. No entanto, Mazurana et al. (2011) observaram que a mobilização promovida pela escarificação reduz a densidade do solo, a resistência mecânica a penetração e aumenta a infiltração de água.



Cortez et. al (2011), relatam que alguns implementos apresentam capacidade operacional melhor que outros. Fernandes e Gamero (2010) ao analisar o desempenho operacional em preparos reduzido e convencional verificaram para a capacidade de campo teórica da grade leve foi de 1,28 ha h<sup>-1</sup>, enquanto que o escarificador foi de 0,80 ha h<sup>-1</sup>, nas velocidades 5,01 e 2,87 km h<sup>-1</sup>, respectivamente.

Al-Suhaibani e Ghaly (2010) analisando o desempenho de um escarificador observaram que o aumento da profundidade de trabalho, assim como, o aumento da velocidade de deslocamento, elevou a demanda de força de tração, sendo que cerca de 26,7% da força de tração foi dirigida para o corte do solo e 73,3% foi destinada para a mobilização das partículas do solo.

Compagnon et. al. (2013), ao avaliarem o desempenho do conjunto trator-escarificador em duas profundidades diferentes, concluirão que quanto maior a profundidade de trabalho do escarificador, maior o aumento do consumo horário e operacional de combustível, força de tração, potência na barra e patinamento dos rodados dianteiros do trator.

#### **4.4 Pneus Agrícolas**

De acordo com Márquez (2011), o pneu é formado por uma mistura de borracha sobre uma estrutura de fios em camadas. Os fios se estendem de um lado a outro do pneu enrolando-se a um resistente arame de aço recoberto com cobre, o que facilita a aderência da borracha ao arame que forma o talão. Este conjunto de camadas forma o que se conhece como “carcaça”, que suporta a carga e assegura resistência e flexibilidade.

Segundo Mialhe (1980), os pneus utilizados em tratores e máquinas agrícolas devem suportar, com segurança, o peso do trator ou da máquina em condição estática e dinâmica, agir como um sistema de amortecimento dos impactos provocados pelas irregularidades do solo, além de garantir, com eficiência, a transmissão das forças motrizes e frenantes do trator ao solo e vice-versa.

De acordo com Barbosa et al. (2005), os conjuntos pneumáticos do trator constituem um de seus mais importantes componentes, pois tem a função de obter equilíbrio, deslocamento, direcionamento e esforço tratório.

Correa (1999) destaca que o rodado é a última parte de ligação do motor do trator com o solo e seu estudo é de fundamental importância para o desempenho do trator, havendo, portanto, a necessidade de conhecê-lo melhor, utilizando a pressão de inflação indicada pelo fabricante e tomando os devidos cuidados com a sua manutenção. Segundo

relata a autora, todo pneu é projetado para suportar determinadas cargas com uma pressão de ar especificada, sendo que a correta calibração dos pneus, lhe garante maior vida útil.

Para Mariano Leite (2015), o desempenho dos tratores agrícolas está ligado a um grande número de variáveis, e se tratando do desempenho de tração, segundo o mesmo autor, variáveis relacionadas aos rodados, como o tipo de construção, tamanho, desenho da banda de rodagem, pressão interna dos pneus, carga aplicada sobre o eixo motriz, transferência de peso, entre outros, interferem diretamente na capacidade de tração dos tratores agrícolas.

A capacidade de tração e fornecimento de potência suficiente para desempenhar a maioria das operações necessárias na agricultura depende, em parte, do tipo de dispositivo de tração. Nos casos em que esses dispositivos são pneumáticos, o tamanho, a pressão de inflação, a carga aplicada sobre o eixo motriz, a transferência de peso, entre outros, interferem na capacidade de tração do trator (NAGAOKA et al., 2002; ZOZ; GRISSO, 2003).

Segundo Couto (2012), a capacidade de um rodado para desenvolver máxima força de tração com mínima compactação do solo é estabelecida pela distribuição e magnitude das pressões e tensões cisalhantes sobre uma área de contato.

A pressão interna dos pneus tem grande importância na distribuição de tensões e influencia no tamanho da área de contato (BIRIS et al., 2011). Grecenko e Prikner (2014) afirmam que a pressão de inflação dos pneus pode afetar o desempenho de tração, alterar a área de contato do pneu com a superfície, diminuir a área de contato do pneu com o solo.

De acordo com Schlosser et al. (2004), com a tração dianteira ligada e rodas de diferentes tamanhos, aumenta-se a dificuldade em manter o trator operando em sua melhor condição. Essa condição é a solução para a maioria das operações de campos, contudo não é a melhor solução para as condições reais de trabalho. Smerda e Cupera (2010), afirmam que a redução na pressão de inflação e o uso do tipo adequado dos pneus podem melhorar as características de força de tração e conseqüentemente diminuir o consumo de combustível.

Monteiro et al. (2009) avaliaram o desempenho do trator em função do tipo construtivo e da lastragem líquida dos pneus, segundo os autores o lastro de 37,5% de água obtiveram-se os menores valores de patinamento e consumo horário de combustível, para o pneu radial e o melhor desempenho do trator equipado com pneu diagonal ocorreu com o lastro líquido de 75% de água.

Spagnolo et al. (2012) afirmam que, utilizando-se de pressão interna e lastragem adequadas, é possível obter maior rendimento e prolongar a vida útil do pneu, além de minimizar problemas de perda de tração, patinamento excessiva e aumento do consumo de combustível.

A utilização de elevadas pressões de inflação dos pneus conduz a pequenas diminuições (da ordem de 3 a 5%) na capacidade de trabalho e a um aumento significativo do consumo de combustível por hectare (entre 10 e 25%), mesmo em boas condições de aderência dos pneus, refletidas no intervalo de valores médios de patinamento entre 7 e 15%, dados obtidos avaliando-se o efeito da pressão de inflação dos pneus no desempenho de um conjunto trator e grade de discos (SERRANO, 2008).

A pressão de inflação tem papel fundamental na área de contato entre o pneu e o solo, além da distribuição de pressão na sua superfície (LEE; KIM, 1997). Os referidos autores analisaram o efeito da pressão de inflação no desempenho da capacidade tratória de um trator usando pneus diagonais e concluíram que a máxima diferença na eficiência de tração foi verificada na velocidade de deslocamento de 5,5 km. h<sup>-1</sup>; entretanto, os autores não puderam afirmar que, com o aumento da velocidade de deslocamento, houve aumento da eficiência de tração. O melhor desempenho dos rodados de um trator foi obtido pelo ajuste da pressão de inflação dos pneus de acordo com o tipo de solo e com as condições de uso deste solo.

Correa et al. (2000) ao realizarem ensaio com trator agrícola observaram uma tendência de melhoria na capacidade tratória, quando os pneus estavam inflados na pressão recomendada pelo fabricante. Os resultados obtidos pelos autores evidenciaram diferenças expressivas do uso da pressão correta em relação às altas pressões de inflação, com redução de 11,5% no patinamento e de 3,2% no consumo de combustível do trator. Os autores obtiveram ainda um aumento de 3,7% na potência na barra de tração e de 4,4% na capacidade operacional, com o uso da pressão recomendada pelo fabricante de pneus comparado com a pressão baixa em pneus diagonais.

Segundo Lopes et al. (2005), a pressão de inflação é um fator determinante para o desempenho dos tratores agrícolas. Em estudo realizado por esses autores, a pressão de inflação influenciou significativamente a velocidade de deslocamento, patinamento e potência na barra de tração, sem, no entanto, apresentar uma tendência de comportamento. A interação entre pressão de inflação e carga sobre os rodados mostrou que determinadas combinações desses dois fatores são mais favoráveis para o desenvolvimento de maior velocidade de deslocamento e menor patinamento. A pressão de inflação (“baixa/correta”) para pneus radiais apresentaram melhores resultados nos coeficientes de tração líquida e bruta e na eficiência trativa em função da carga no rodado (LANÇAS *et al.*, 2009).

As pressões recomendadas por GOODYEAR (1994) e TRELLEBORG (2002) para cada tipo de pneu, tomando-se como base a pressão de inflação para montagem e

movimento a  $30 \text{ km h}^{-1}$ , ou seja, 103,43 kPa (15 psi) para o pneu BPAF; 186,17 kPa (27 psi) para o pneu radial e 206,85 kPa (30 psi) para o pneu diagonal.

Lanças et. al. (2009), avaliando o efeito de duas pressões de inflação dos pneus 110,4 kPa nos pneus dianteiros e traseiros e 138/124,2 kPa nos pneus dianteiros e traseiros, concluíram que o menor consumo horário e específico de combustível, menor patinamento dos rodados e maior rendimento na barra de tração foram obtidos com a pressão de inflação dos pneus de 110,4 kPa nos pneus dianteiros e traseiros do trator, evidenciando que pressões mais baixas melhoram o desempenho energético e operacional do trator.

Cordeiro (2000), ao avaliar o desempenho operacional de um trator John Deere – SLC modelo 6600, 4x2, TDA, utilizando três modelos de pneus: diagonal, radial e BPAF (Baixa Pressão e Alta Flutuação), observou que o pneu diagonal apresentou maiores capacidades de tração do que os pneus radiais e BPAF, com menor patinamento nas classes de maior força de tração na barra e maiores níveis de lastro.

Segundo Monteiro (2009) os pneus diagonais necessitam de inflação com pressões relativamente altas 100 a 200 kPa (14 a 28 psi), a necessidade de maiores pressões está relacionada com os flancos do pneu (região de flexão do pneu) que sofrem desgastes e avarias quando submetidos a grandes deformações, impostas pela baixa pressão. Já os pneus radiais apresentam características construtivas que permitem diminuir a pressão de inflação dos pneus de 41,4 a 96,5 kPa (6 a 12 psi).

Lopes et al. (2005) compararam o desempenho de um trator agrícola 4x2 TDA de 89 kW (121cv) em função do tipo de pneus (radial, diagonal e de baixa pressão), a condição de lastragem (com e sem água nos pneus) e quatro velocidades ( $V_1 = 1,8 \text{ km h}^{-1}$ ,  $V_2 = 3,1 \text{ km h}^{-1}$ ,  $V_3 = 4,5 \text{ km h}^{-1}$ ,  $V_4 = 5,0 \text{ km h}^{-1}$ ). Os resultados obtidos por esses pesquisadores evidenciaram vantagens para o trator equipado com pneus radiais.

Em estudos de tração realizados por Ferreira et al. (2000) observaram que para cargas baixas e médias (3,72 a 10,13 kN) as pressões internas testadas não variam a capacidade do trator em aumentar a tração sendo que para altas cargas as maiores capacidades de força de tração ocorrem com as menores pressões internas. Os pneus radiais inflados com a pressão de 124,2 kPa forneceu o menor consumo de combustível para uma variação da força na barra de tração entre 15 e 40 kN.

Segundo Jesuíno (2007), avaliando o desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo, os níveis de desgaste dos pneus diagonais, respectivamente de 63,4% para os dianteiros e 41,2% para os traseiros, provocaram reduções significativas no desempenho do trator em pista de solo

mobilizado, porém em pista de solo firme e pista de solo com cobertura vegetal o conjunto de pneus desgastados ainda pode ser utilizado sem prejuízos significativos de desempenho do trator.

Gabriel Filho et. al (2010), avaliando a influência da altura das garras no pneu, concluíram que, em solo com cobertura vegetal, esses parâmetros de desempenho do trator foram semelhantes para ambas as alturas de garra dos pneus. Nesse contexto, Monteiro et al. (2011) afirmaram que a utilização correta de pneus em tratores agrícolas, tanto em relação ao seu tipo quanto á calibração de sua pressão interna e a lastragem ideal para cada condição de carga são fatores que influem significativamente no desempenho do trator.

#### **4.5 Consumo de combustível**

De acordo com Monteiro et al. (2009) uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar a energia química contida nos combustíveis em energia mecânica, através da força produzida na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas e equipamentos agrícolas. No entanto, muitas vezes, o agricultor, no momento da escolha do modelo para a compra, se baseia principalmente na potência, no conforto, na facilidade de manobra, na manutenção e no preço, esquecendo-se, muitas vezes, de considerar a eficiência energética (SILVEIRA, 2010).

Para Souza (2013), a avaliação do desempenho energético de um trator agrícola 4x2 - TDA, a determinação do desempenho dos conjuntos mecanizados é uma tarefa complexa, principalmente quando realizada no campo, pois inúmeras são as variáveis que devem ser analisadas. De acordo com Mialhe (1996), a mensuração da quantidade de combustível consumida é um dos mais importantes aspectos da avaliação do rendimento de um motor, ou seja, do seu desempenho como máquina térmica conversora de energia.

O consumo de combustível pode ser apresentado como unidade de volume por unidade de tempo ( $L h^{-1}$ ), não se considerando a influência da variação da temperatura tampouco a quantidade de potência gerada. Outra forma de apresentar o consumo de combustível é por meio de unidade de massa por unidade de tempo ( $kg h^{-1}$ ); esta forma, apesar de considerar a influência da temperatura, também não contempla a potência gerada. A forma mais técnica de se expressar o consumo é unidade de massa por unidade de potência ( $g kW^{-1} h^{-1}$ ); esta forma é conhecida como consumo específico e, pelo fato de considerar a massa e a potência, pode ser usada para comparar motores, tratores e equipamentos de tamanho e formas diferentes (LOPES et al., 2003b).

Na transmissão de potência do motor de tratores para a barra de tração, ocorrem perdas de energia que, dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis bastante comprometedores de perda de potência, apresentando condições inadequadas para a tração, causando um consumo excessivo de combustível pelo trator (GABRIEL FILHO et al., 2010).

Na implantação de culturas agrícolas, o consumo de combustível é função de vários fatores tais como: adequação e condição do conjunto trator-implemento, potência do motor, profundidade da operação, tipo e condição de solo, tempo de manobras e do número de operações agrícolas adotadas no processo de produção (CORRÊA et al., 1999b).

Almeida *et al.* (2010), em pesquisa avaliando o desempenho energético de um conjunto trator semeadora de precisão, sob diferentes marchas e rotações do motor e concluíram que o escalonamento das marchas influenciou a velocidade de deslocamento, e o desempenho (potência exigida) foi influenciado pela rotação do motor, com consequente incremento do consumo específico de combustível.

Foi verificado em trabalho realizado por Fernandes et al. (2008) que o plantio direto foi o sistema que proporcionou menor consumo de combustível, seguido pelo sistema de cultivo mínimo com grade de discos leve, preparo reduzido e preparo convencional, respectivamente. O plantio direto teve um custo energético de 52,72% do custo do sistema convencional, e o cultivo mínimo foi de 77,52%, possibilitando economizar 25,45 e 12,10 L de óleo diesel para cada hectare trabalhado.

Bernardes e Balastreire (1999) observaram em ensaios de campo na barra de tração de um trator agrícola que, para o consumo de combustível ser reduzido de maneira considerável, é necessário que o trator tenha no mínimo 16 marchas para que se consiga trabalhar faixas de velocidades mais econômicas, uma vez que se pode ter maior possibilidade de escalonamento de velocidades.

Lanças et al. (1995) realizaram testes de campo com pneus radiais inflados na pressão correta e com altas pressões, utilizando trator com tração nas quatro rodas e rodado duplo, equipado com pneu 18.4 R 38. Neste estudo verificou-se que a pressão correta do pneu forneceu melhor desempenho operacional do trator, resultando em menor consumo de combustível.

Nagaoka *et al.* (2002) em seus estudos concluíram que as condições da superfície do solo também afetam o consumo de combustível do trator, pois ao comparar o consumo de combustível de um trator em diferentes tipos de preparo do solo, observaram que o maior

consumo de combustível do trator se deu quando se utilizou o método convencional em relação à área sob o sistema de plantio direto.

Monteiro, Lanças e Guerra (2011) realizando testes com pneu radial e diagonal em três condições superficiais de um Nitossolo Vermelho distrófico (superfície firme, preparada e com cobertura vegetal de resto da cultura de milho) concluíram que os menores valores de patinamento e consumo horário de combustível foram obtidos para a lastragem com 40% de água, quando o trator estava equipado com pneus radiais.

De acordo com Lopes *et al.* (2003), o consumo específico de combustível é a maneira mais técnica de expressar o gasto de combustível, pode ser utilizada para comparar motores, tratores e equipamentos de tamanho e formas diferentes, pelo fato de considerar a massa e a potência produzida.

Acuña *et al.* (1995), concluíram em suas pesquisas que o consumo específico de combustível decresceu à medida que a potência na barra aumentou. Os dados obtidos pelos mesmos autores confirmaram ainda que, sob uma força de tração de 35 kN na barra de tração, o consumo específico de combustível foi menor em relação ao trator operando com força de tração de aproximadamente 38 kN, o que pode ser explicado, segundo os autores, pela maior demanda de potência do trator na condição de maior força de tração.

Salvador *et al.* (2009), concluíram em suas pesquisas que as operações de preparo do solo proporcionaram melhor conversão energética quando utilizados antes da subsolagem, pois os menores valores de consumo específico de combustível significam a otimização do desempenho do motor, da eficiência tratória e da adequação do equipamento à fonte de potência, de forma simultânea.

Cordeiro (2000), ao avaliar o desempenho operacional de um trator, observou que o pneu diagonal apresentou menores valores de consumo específico de combustível que o pneu radial, em um solo mobilizado.

#### **4.6 Força e potência na barra de tração**

De acordo com a definição da ASAE S296. 4 (1999), a tração pode ser definida como a força, na mesma direção e sentido do deslocamento, produzida por um trator 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).

De acordo com Rinaldi (2011), a avaliação dos fatores de desempenho dos tratores agrícolas é essencial para gerar informações que possibilitem ao agricultor conhecer a máquina e obter o conjunto mecanizado para a otimização dos recursos. Masiero (2010) afirmou que a análise operacional procura desenvolver técnicas que permitam obter o máximo de rendimento útil de todos os recursos disponíveis, por isso é necessário conhecer a força e a potência disponível na barra de tração. A relação entre o peso e a potência dos tratores agrícolas fabricados e comercializados no Brasil variam, basicamente, em função da marca e modelo do trator e da potência do motor. (SCHLOSSER *et al.*, 2005).

A transformação da energia química contida nos combustíveis, em energia mecânica possibilita que um trator possa fornecer força tanto através da tomada de potência como por meio de seu sistema hidráulico; porém, é através da barra de tração que a utilização dessa energia gerada é mais usual, pois permite tracionar máquinas e equipamentos agrícolas (SRIVASTAVA *et al.*, 1996).

Os pneus influenciam diretamente no desempenho do trator, no qual pode ser avaliado de diferentes formas, sendo a principal através da barra de tração. A eficiência no uso dessa força é limitada pela ação dos dispositivos de tração, que, nos tratores agrícolas, mais usualmente, são rodados pneumáticos (SRIVASTAVA *et al.*, 1996). As características dos pneus e suas interações com o solo são fundamentais para avaliar o desempenho de um trator, como também dimensionar o deslizamento adequado para cada atividade, buscando assim atingir um melhor rendimento de tração (BARROS, 2012).

A capacidade de tração e o fornecimento de potência suficiente para desempenhar a maioria das operações necessárias na agricultura dependem, em parte, do tipo de dispositivo de tração. Nos casos em que esses dispositivos são pneumáticos, o tamanho, a pressão de inflação, a carga aplicada sobre o eixo motriz, a transferência de peso, entre outros, interferem na capacidade de tração do trator (ZOZ; GRISSO, 2003).

De acordo com Mialhe (1991), dependendo das condições de operação do trator, as perdas na transmissão de potência do motor para a barra de tração podem atingir altos níveis, comprometendo o desempenho do trator. Segundo a American Society of Agricultural Engineers (ASAE, D497.4, 1999), na transmissão de potência do motor para a barra de tração ocorrem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, distribuição de peso sobre as rodas motrizes e tipo de acoplamento, podem atingir níveis bastante comprometedores.

Em diversas situações e condições que podem influenciar na tração e uma das principais é o solo, em função das suas propriedades e condição da superfície. As condições



do solo que afetam a eficiência de tração de um trator agrícola são a textura, o teor de água e o tipo de cobertura existente sobre o mesmo (YANAI et al., 1999). Masiero (2010) observou que em diferentes superfícies de solo, os valores médios de rendimento máximo na barra de tração variaram em função do modelo, potência do trator e da relação entre o peso e a potência do motor.

De acordo com Zoz e Grisso (2003) são três as possíveis condições teóricas em que uma roda age sobre o solo: roda sólida sobre superfície sólida, roda deformável em superfície sólida e roda deformável em superfície não sólida, sendo esta última a condição real de trabalho de máquinas no campo.

Quando o motor gira em determinada rotação, dividindo os valores obtidos de potência na barra de tração com aqueles da potência na tomada de potência, obtêm - se os diversos rendimentos da transmissão e a média entre eles; de posse dessas informações, tem-se os índices que representam a eficiência energética dos tratores (SILVEIRA; SIERRA 2010).

Conforme Lanças (2009), baseado no “*fator 0,86*” (Wendel Bowers), que propõe a obtenção das diversas potências disponíveis em diferentes condições de solo através de sucessivas multiplicações da potência geradora por “0,86” para se obter a potência útil e rendimento na barra de tração dos tratores agrícolas de rodas pneumáticas, considerando a patinação média dos rodados de 10 a 12%.

Ao analisar o desempenho na barra de tração do trator em função das variações da pressão de inflação dos pneus, Masiero et. al. (2009), concluíram que a menor pressão de inflação dos pneus, 69 kPa, resultou em maior potência e rendimento na barra de tração para a força de tração de 30 kN, para a força máxima na barra de tração de 40 kN a pressão de inflação de 124,2 kPa obteve os melhores resultados.

Campos et al. (2008) avaliaram o desempenho operacional de um trator agrícola com três diferentes valores de avanço cinemático (3%, 6% e 12%) em função da carga na barra de tração em uma superfície rígida (asfalto). O avanço cinemático de 3% resultou em maior potência na barra de tração, menor patinação e menor consumo de combustível.

#### **4.7 Patinação dos rodados**

Em tratores agrícolas o patinação dos rodados ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado implemento e o tipo de superfície que está em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes, conforme

relatado por Herzog et al. (2002). Durante uma operação agrícola, o patinamento pode ser facilmente visualizado 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 ao solo (GAMERO; LANÇAS, 1996; CORRÊA et al., 1999b).

O patinamento das rodas motrizes nos tratores pode ser obtida através da diferença entre as suas rotações com e sem carga no trator, representando os percursos do trator tracionando um implemento e aquele nas mesmas condições depois de desacoplado o implemento (MIALHE, 1996). Para Biris et al. (2011), a interação entre o pneu e a superfície de rolamento (solo) é um objeto de pesquisa complexo e tem sido considerado um problema crítico no projeto de tratores agrícolas

Para que ocorra tração é necessário que exista patinamento, contudo, se esta ultrapassar determinados limites, pode ocorrer perda da aderência e redução da tração dos rodados (LANÇAS; UPADHYAIA, 1997). Os mesmos autores concluíram ainda que, nos tratores agrícolas o patinamento dos rodados ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado implemento, tipo de superfície que está em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes, tipo de pneu, a pressão de inflação, carga sobre o rodado e tipo da banda de rodagem.

Segundo Schlosser et al. (2004), a condição de solo mobilizado, ocorreram os menores patinamentos nas condições dos tratamentos com menor peso sobre as rodas dianteiras e maiores raios estáticos destes pneus. Entretanto, o menor consumo de combustível foi obtido quando o patinamento estava entre 10 e 15%.

Herzog et al. (2002), ao avaliarem o patinamento do trator na operação de semeadura em duas profundidades de deposição de adubo (6 e 12 cm), observaram que a patinamento das rodas motrizes do trator foi 56% maior na profundidade de 12 cm em relação à profundidade de 6 cm. Chioderoli et al. (2012), analisando o desempenho de um conjunto trator/semeadora, também evidenciaram acréscimo no patinamento com o incremento da velocidade de trabalho.

Cepik et al. (2001), em trabalhos de análise da exigência de tração e do patinamento do trator na operação de semeadura, com semeadora-adubadora de precisão, trabalhando com duas velocidades de deslocamento e duas profundidades de deposição de adubo, concluíram que o aumento da profundidade de trabalho demandou uma força de tração maior por parte do trator resultando em maior patinamento das rodas motrizes.

Monteiro et al. (2009), ao avaliar o avanço cinemático de um trator com potência nominal no motor de 63 kW concluíram que os menores valores de patinamento, consumo

específico de combustível e maior potência na barra de tração foram obtidos na condição de 3% de avanço do trator. A condição de 12% de avanço do trator apresentou os maiores valores de patinamento, consumo específico de combustível e menor potência útil na barra de tração.

Em um Latossolo Vermelho distroférico típico, Coelho et al. (2012) avaliaram o deslizamento de diversas operações no preparo periódico do solo e plantio, e constataram que nos sistemas preparo convencional e plantio direto, os maiores índices de deslizamento ocorreram na operação de semeadura, superando os obtidos nas operações de aração, gradagem e aplicação de herbicida.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Material

#### 5.1.1 Localização da área experimental

O experimento foi desenvolvido em área experimental na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal de Ceará - UFC, localizada no município de Pentecoste – Ceará, a 120 km de Fortaleza. A fazenda FEVC possui uma área total de 823 hectares e está situada aproximadamente a 46 m de altitude, próximo as coordenadas geográficas: latitude 3°49' S e longitude 39°20' O, conforme representado na Figura 1.

Figura 1– Área do experimento na Fazenda Experimental Vale do Curu



**Fontes:** Google Earth, 2016 e Autor, 2018.

#### 5.1.2 Descrição do clima da região e solo

A classificação climática da região segundo Köppen, é do tipo BSw'h', ou seja, semiárido com chuvas irregulares, com precipitação média anual de 806,5 mm concentrada

nos meses de janeiro a abril, temperatura média de 28 °C e umidade relativa média do ar de 73,8%. (ALVARES *et al.*, 2014). O solo da área experimental foi classificado com Planossolo de textura franco arenosa (EMBRAPA, 2013).

### 5.1.3 Histórico da área experimental

A área experimental permaneceu em repouso nos últimos cinco anos agrícolas (2012 a 2016), com cobertura vegetal formada por capim elefante (*Pennisetum purpureum*, *Schum*) e plantas daninhas.

### 5.1.4 Máquinas e equipamentos

Para realização do experimento foram utilizados os seguintes equipamentos:

Para realizar a operação de roçada na área experimental e posteriormente a gradagem em 16 parcelas do experimento, foi utilizado o trator agrícola VALTRA® 4x2 (TDA), modelo BM 125i Intercooler (Figura 2), com potência de 91,9 kW (125 cv) no motor na rotação de 2.000 rpm e trabalhando na marcha L3, com tração dianteira auxiliar (TDA) ligada. Com massa total de 7.000 kg (40% dianteira e 60% traseira) calculada para realizar operações médias, com relação de 56 kg/cv, equipado com pneus diagonais Goodyear® modelo Dyna Torque II com 12 lonas, no eixo dianteiro de 14.9-24 R1, com pressão de inflação de 26 psi (179 kPa), no eixo traseiro de 23.1-30 R1, com pressão de inflação de 30 psi (206 kPa).

Figura 2 – Trator Valtra BM 125i Intercooler



Fonte: Autor, 2018.

Para a realização do experimento com escarificador foi utilizado o trator agrícola (4 x 2 TDA) VALTRA<sup>®</sup>, modelo BM 120, com potência de 88,26 kW (120 cv) no motor na rotação de 2000 rpm, trabalhando com macha 3 L (lebre), com tração dianteira auxiliar (TDA) ligada (Figura 3).

Figura 3 – Trator Valtra BM 120



Fonte: Autor, 2018.

Com massa total do trator de 6.270 kg (43% dianteira e 57% traseira) calculada para realizar operações médias, com relação peso potência de 52,25 kg/cv em metade do experimento e posteriormente, com massa total de 4.360 kg (47% dianteira e 53% traseira) calculada para realizar operações leves, com relação peso potência 36,33 kg/cv, com altura da barra de tração de 0,45 m, equipado com pneus diagonais, 12 lonas e com câmara de ar nos rodados dianteiros 14.9-24 R1 com pressão de inflação de 12 psi (83 kPa) e traseiros 18.4-34 R1 com pressão de inflação de 16 psi (110 kPa) de acordo com recomendação do fabricante.

Para operação de gradagem foi utilizada a grade média Baldan<sup>®</sup> (Figura 4), com 2 seções com 8 discos recortados por seção, diâmetro dos discos 24'' (polegadas), espaçamento entre discos de 0,23 m. Grade dupla ação off-set (V), acoplada a barra de tração do trator, com rodados para transporte e controle de profundidade de trabalho movimentado por pistão hidráulico acionado pelo sistema de controle remoto do trator.



Figura 4 – Grade aradora



**Fonte:** Autor, 2018.

Na operação de escarificação foi utilizado o escarificador Marchesan<sup>®</sup>, modelo AST/MATIC 450 (Figura 5), de arrasto configurado com cinco hastes espaçadas de 0,4 m, equipado com ponteira estreita de 0,08 m, disco de corte de palhada, rolo destorroador, sistema de segurança de desarme automático das hastes e apresenta massa total de 1562 kg. O controle da profundidade de trabalho foi realizado pelos pneus do escarificador, com o auxílio de anéis presos aos pistões hidráulicos, trabalhando a 0,28 m de profundidade.

Figura 5 – Escarificador



**Fonte:** Autor, 2018.

## 5.2 Métodos

### 5.2.1 Descrição dos tratamentos

#### 5.2.1.1 Alturas das garras dos pneus

Foram utilizados dois conjuntos de pneus: pneus diagonais desgastados (com garras baixas – Pneu 1), 12 lonas e com câmara de ar nos rodados dianteiros e traseiros do trator. Pneus diagonais novos (com garras altas – Pneu 2), 6 lonas e com câmara de ar nos rodados dianteiros e nos rodados traseiros, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos pneus utilizados no ensaio

Pneus	Dimensões	Largura (mm)	Diâmetro externo (mm)	Diâmetro interno (mm)
Dianteiro (P1)	14.9-24	379	1170	610
Traseiro (P1)	18.4-34	467	1560	864
Dianteiro (P2)	14.9-24	379	1170	610
Traseiro (P2)	18.4-34	467	1560	864

Os ensaios foram realizados com pressões de inflação dos pneus de 12 psi (82,7 kPa) nos rodados dianteiros e 16 psi (110 kPa) nos traseiros de acordo com recomendação do fabricante dos pneus.

Os dados referentes à altura das garras dos pneus desgastados e dos novos podem ser verificados conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Altura das garras dos pneus desgastados e novos

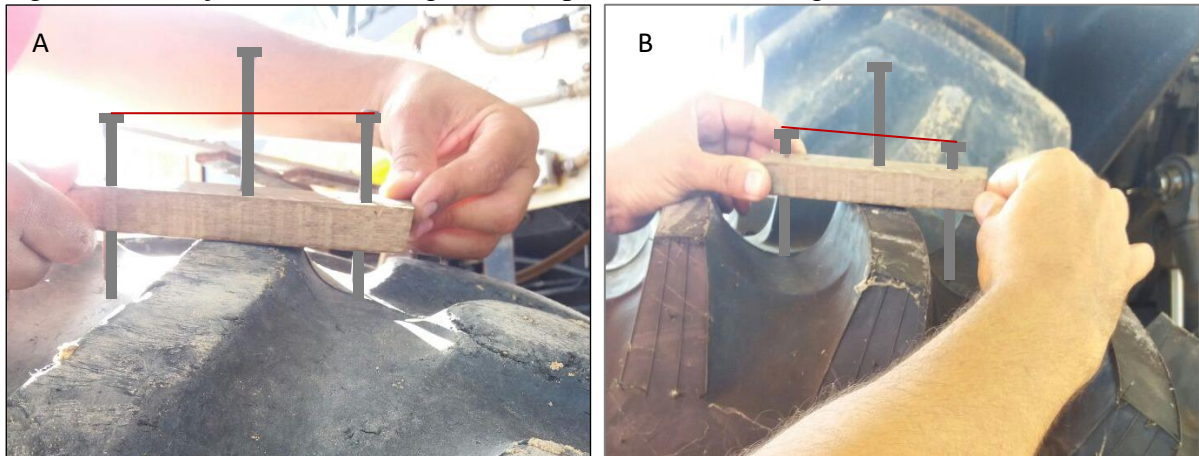
Pneus		Altura das garras (mm)					DP	CV (%)	D (%)
		P 1	P2	P 3	P4	Md			
Pneus desgastados	Dianteiro	29	28	28	28	28	0,43	0,02	35
	Traseiro	36	36	36	35	36	0,50	0,01	21
Pneus novos	Dianteiro	43	44	43	43	43	0,50	0,01	0
	Traseiro	45	45	46	45	45	0,43	0,01	0

P1 – ponto 1; Md – Média; DP – Desvio padrão; CV – Coeficiente de variação e D – Desgaste

Para mensurar a altura das garras dos pneus foram realizadas medições segundo metodologia da ASAE S296.4 (1999) usada por Jesuino (2007), utilizando medidor de garras e a leitura obtida com paquímetro (Figura 6).



Figura 6– Medição da altura das garras dos pneus dianteiro desgastado (A) e novo (B)



Fonte: Autor, 2018.

#### 5.2.1.2 Lastragem

Para determinar as duas lastragens a serem utilizadas no experimento, o trator agrícola (4 x 2 TDA) VALTRA<sup>®</sup>, modelo BM 120, foram realizadas duas pesagens (Figura 7): na primeira pesagem o trator estava com lastragem sólida (10 lastros sólidos de 37,5 kg na parte frontal da máquina agrícola, totalizando 375 Kg e 10 lastros sólidos 85 kg nos rodados traseiros distribuídos 5 lastros em cada rodado totalizando 850 kg de lastros sólidos no eixo traseiro do trator) e 75% de água nos rodados nos rodados dianteiros e traseiros (com lastros – Lastragem 1) e na segunda pesagem o trator estava sem lastragem sólida na parte frontal e nos rodados traseiros e sem lastros líquida nos rodados dianteiros e traseiros (sem lastros – Lastragem 2).

Figura 7 – Trator com lastro – (A) e trator sem lastro – (B)



Fonte: Autor, 2018.

Os dados referentes às pesagens realizadas no trator podem ser verificados conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Pesagens do trator com lastragem e sem lastragem

	Pesagem 1	Distribuição de peso	Pesagem 2	Distribuição de peso
Eixo dianteiro (1)	2680 kg	43%	2030 kg	47%
Eixo traseiro (2)	3590 kg	57%	2330 kg	53%
<b>Total</b>	<b>6270 kg</b>	<b>100%</b>	<b>4360 kg</b>	<b>100%</b>

As pesagens foram realizadas no laboratório de inspeção veicular pertencente à Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará – NUTEC, em uma balança rodoviária que pesa cada eixo por vez conforme pode ser verificado na Figura 8.

Figura 8 – Pesagem do trator agrícola



Fonte: Autor, 2018.

### 5.2.1.3 Superfície

O experimento foi realizado em solo com duas superfícies de rolamento: solo com superfície com palhada – Superfície 1 e em superfície mobilizada – Superfície 2 como descrito a seguir: A superfície de solo com palhada como cobertura vegetal no solo nas parcelas do experimento, foi obtida com os resíduos composto por capim elefante (*Pennisetum purpureum*, *Schum*) e plantas daninhas existentes na área.



Para determinar a matéria seca existente na palhada na área experimental, foram realizadas coletas da cobertura vegetal nas 16 parcelas que compõem os tratamentos com palhada na superfície. Para coleta da palhada foi lançado aleatoriamente um quadrado de metal de (0,50 x 0,50 m) totalizando 0,25 m<sup>2</sup>, dentro de cada parcela (Figura 9). As amostras foram pesadas em balança de precisão e em seguida secadas em estufa a 75°C, ficando até atingirem massa constante e posteriormente, foi realizada nova pesagem das amostras para quantificar a matéria seca por metro quadrado e por hectare apresentando em média 4257,63 kg ha<sup>-1</sup>.

Figura 9 – Coleta da palhada



Fonte: Autor, 2018.

Para mobilização do solo nas 16 parcelas do experimento foi realizado o preparo utilizando o trator VALTRA® modelo BM 125i com 91,94kW (125 cv) de potência no motor tracionando uma grade de disco média, acoplada na barra de tração (Figura 10).

Figura 10– Superfície de solo mobilizada



Fonte: Autor, 2018.

### 5.2.2 Planejamento estatístico

Os tratamentos adotados para o experimento foram constituídos por pneus com duas alturas de garra: pneus desgastados (P1) e pneus novos (P2), duas lastragem: lastragem sólida e líquida (L1), ou seja, com lastro e sem lastragem sólida e líquida, ou seja, sem lastro (L2) e duas superfícies de rolamento: solo com palhada (S1) e solo mobilizado (S2).

Para análise estatística dos dados foram utilizados à estatística descritiva e a análise de variância (ANOVA), considerando as seguintes etapas:

Foi verificada à estatística descritiva para analisar os seguintes parâmetros: média, desvio padrão, coeficiente variância, simetria e curtose. Os parâmetros simetria e curtose foram utilizados para a realização do teste de normalidade dos dados.

Em relação à normalidade, Oliveira (2010) relata que os valores do coeficiente de simetria maiores que -3 e 3 representam grande desvio da distribuição normal, assim deve-se desconsiderar a hipótese de normalidade. Para Albiero (2010), os valores positivos de simetria representam concentração de valores à jusante da média e valores de negativos representam concentração de valores à montante da média e que os valores positivos de curtose representam distribuições de dados concentrados em torno da média, já valores negativos representam distribuições achatadas em relação à média.

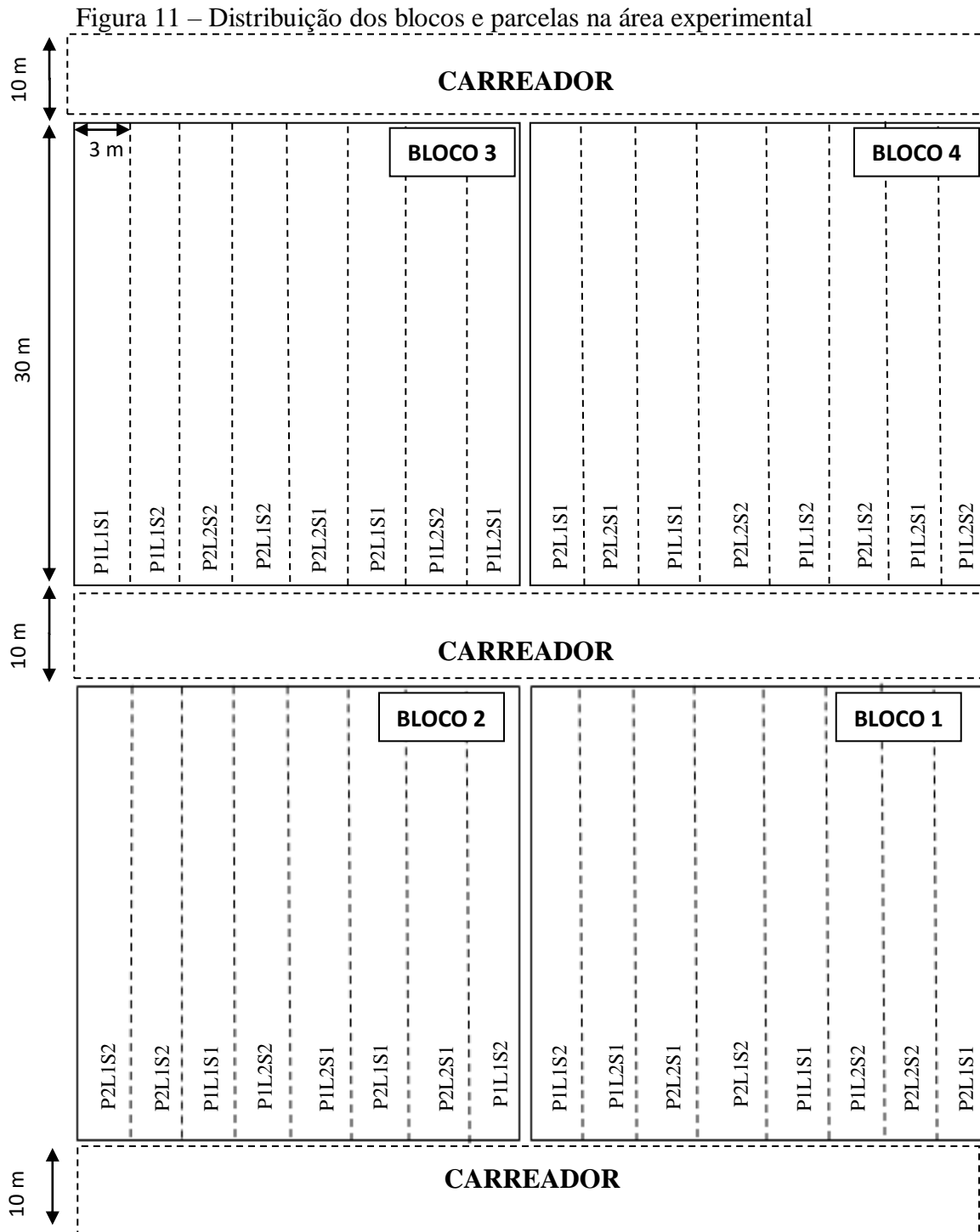
Procedendo à normalidade foi realizada análise de variância (ANOVA) para as médias que se apresentarem normais, conforme a Tabela 4. Os dados foram submetidos ao Teste F utilizado-se software SISVAR<sup>®</sup> e quando se fez necessário, foi aplicado o Teste de Tukey ( $p < 0,10$ ) para comparação das médias.

Tabela 4 – Análise de variância para delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial (2x2x2) para resistência do solo à penetração, teor de água no solo, desempenho operacional e energético do conjunto trator escarificador

<b>FATORES DE VARIAÇÃO</b>	<b>G. L</b>
Pneu (P)	1
Lastragem (L)	1
Superfície (S)	1
P x L	1
L x S	1
P x S	1
P x L x S	1
Blocos	3
Resíduo	21
<b>Total</b>	<b>31</b>

5.2.3 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial dos tratamentos  $2 \times 2 \times 2 = 8$ , com quatro repetições por cada tratamento, totalizando 32 parcelas, conforme demonstrado na Figura 11.



**Legenda:**

P1L1S1 – Pneus desgastados com lastros em solo com palhada; P1L1S2 – Pneus desgastados com lastros em solo mobilizado; P1L2S1 – Pneus desgastados sem lastros em solo com palhada; P1L2S2 – Pneus desgastados sem lastros em solo mobilizado; P2L1S1 – Pneus novos com lastros em solo com palhada; P2L1S2 – Pneus novos com lastros em solo mobilizado; P2L2S1 – Pneus novos sem lastros em solo com palhada e P2L2S2 – Pneus novos sem lastros em solo mobilizado.

## 5.2.4 Propriedades físicas do solo

## 5.2.4.1 Textura do solo

Para determinar a textura do solo, foram coletas amostras simples de solo nas parcelas experimentais nas profundidades de 0 – 0,15; 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m e em seguida, das amostras simples foram misturas para comporem amostras compostas de acordo com as profundidades relatadas acima.

As amostras de solo foram encaminhadas para o Laboratório de Física do Solo da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, localizado no Departamento de Solo na Universidade Federal do Ceará, para realização da análise granulométrica, para a determinação dos componentes sólidos, de acordo com os diâmetros das partículas que compõem o solo, foi possível verificar a porcentagem de areia, silte e argila que compõem o solo da área experimental, conforme descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados da análise física do solo

Profundidade		Composição granulométrica (g/Kg)			
(m)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila natural
0 – 0,15	59	254	481	206	199
0,15 – 0,30	46	347	392	215	205
0,30 – 0,45	61	259	406	274	223
Profundidade	Grau de flocculação	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		Classificação	
(m)	(g/100g)	Global	Partícula	textural	
0 – 0,15	3	1,23	2,55	Franco	
0,15 – 0,30	5	1,29	2,59	Franco	
0,30 – 0,45	19	1,23	2,58	Franco argiloso	

## 5.2.4.2 Resistência do solo à penetração

A análise de resistência do solo à penetração foi realizada com o auxílio de um penetrômetro de impacto da marca SONDATERRA® e modelo PI-60 (Figura 12).

Figura 12 – Penetrômetro de impacto



**Fonte:** Autor, 2018.

Foram realizadas leituras nas 32 parcelas experimentais em três profundidades: 0 – 0,15; 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m antes e após a realização do preparo do solo, totalizando 192 amostras.

Após as leituras de campo realizadas nas parcelas experimentais antes e após o preparo nas profundidades 0 – 0,15; 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, os dados do número de pancadas para cada profundidade analisada, foram colocados em uma planilha eletrônica para calcular a resistência do solo a penetração em MPa.

#### 5.2.4.3 Densidade do solo

A densidade do solo na área experimental foi determinada pelo método do anel volumétrico conforme metodologia da EMBRAPA (2011), com auxílio de um coletor de amostra indeformada nas profundidades: 0 – 0,15; 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m antes da realização do experimento nas parcelas experimentais para caracterização da área conforme exposto na Tabela 6. Foram extraídas 24 amostras por cada profundidade totalizando 72 amostras.

Tabela 6 – Dados de densidade do solo nas camadas: 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m

Profundidade das camadas (m)	Macroporosidade (%)	Microporosidade (%)	Porosidade total (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
0 – 0,15	0,09	0,32	0,41	1,50
0,15 – 0,30	0,06	0,34	0,40	1,58
0,30 – 0,45	0,10	0,34	0,44	1,69

#### 5.2.4.4 Teor de água no solo

Para verificar o teor de água no solo, coletaram-se seis amostras por parcela experimental nas profundidades de 0 – 0,15; 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, respectivamente, antes e após o preparo do solo, totalizando 192 coletas de solo.

Para determinar o teor de água no solo, as amostras de solo úmido foram pesadas em balança com precisão de duas casas decimais (Figura 13).

Figura 13 – Balança de precisão



Fonte: Autor, 2018.

Em seguida as amostras foram levadas a estufa elétrica com regulagem de temperatura de 105° C, até atingir massa constante e em seguida, uma nova pesagem foi realizada (Figura 14).



Figura 14 – Estufa elétrica



Fonte: Autor, 2018.

Posteriormente, a segunda pesagem das amostras, para determinação do teor de água no solo foi calculada utilizando-se a Equação 1.

$$U = \left( \frac{MSU - MSS}{MSS} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Em que:

U= teor de água no solo (%);

MSU= massa de solo úmido (g);

MSS= massa de solo seca (g).

### 5.2.5 Patinamento dos rodados do trator

Para determinar o patinamento dos rodados do trator, as garras dos pneus dianteiros e traseiros foram numeradas (Figura 15).

Figura 15 – Medição do patinamento



Fonte: Autor, 2018.

O patinamento dos rodados do trator foi obtida contando-se o número de voltas do rodado do trator na parcela experimental tracionando o implemento (com carga) e com o implemento erguido (sem carga). Essa contagem foi realizada por filmagens utilizando-se de câmeras digital quando o pneu dianteiro do trator passa lateralmente o início de parcela e encerrando-se os vídeos nas estacas que delimitaram o final de cada parcela.

Posteriormente as atividades de campo, a contagem do número de voltas dos rodados foi realizada por meio dos vídeos e em seguida o patinamento foi calculado conforme descrito por meio da Equação 2.

$$PR = \left[ \frac{n^1 - n^0}{n^1} \right] \times 100 \quad (2)$$

Em que:

PR = Patinamento dos rodados do trator (%);

$n^0$  = Número de voltas dos rodados sem carga;

$n^1$  = Número de voltas dos rodados com carga.

#### 5.2.6 Velocidade de deslocamento

Para mensurar o tempo de deslocamento do conjunto trator-escarificador nas parcelas experimentais, foi utilizado um cronômetro digital (Figura 16), acionando e desligado de acordo com a passagem do rodado dianteiro do trator lateralmente nas estacas que delimitarão as parcelas.

Figura 16 – Cronômetro digital



Fonte: Autor, 2018.

A velocidade média de deslocamento foi verificada cronometrando-se o tempo necessário para o conjunto trator-escarificador percorrer cada parcela de 30 m de comprimento e os valores de velocidade foram expressos como descrito na Equação 3.

$$Vm = \frac{S}{T} \times 3,6 \quad (3)$$

Em que:

$Vm$  = Velocidade média ( $\text{km h}^{-1}$ );

$S$  = Espaço percorrido (m);

$T$  = Tempo decorrido (s);

3,6= Fator de conversão.

#### 5.2.7 Capacidade de campo efetiva e operacional

A capacidade de campo efetiva foi obtida em relação à largura de trabalho do escarificador, da velocidade de deslocamento e fator de conversão de unidade, conforme Mialhe (1996), como descrito na Equação 4.

$$Cce = LT \times V \times 0,36 \quad (4)$$

Em que:

$Cce$  = capacidade de campo efetiva ( $\text{ha h}^{-1}$ );

$LT$  = largura trabalho do equipamento (m);

$V$  = velocidade real de deslocamento ( $\text{m s}^{-1}$ );

0,36 = fator de conversão de unidade.

Para determinar a capacidade de campo operacional (Equação 5), foi obtida em relação à largura de trabalho do escarificador, da velocidade de deslocamento, fator de conversão de unidade e eficiência de 75% da capacidade de campo efetiva, segundo recomendações da ASAE (1997).

$$CCo = LT \times V \times 0,36 \times 0,75 \quad (5)$$

Em que:

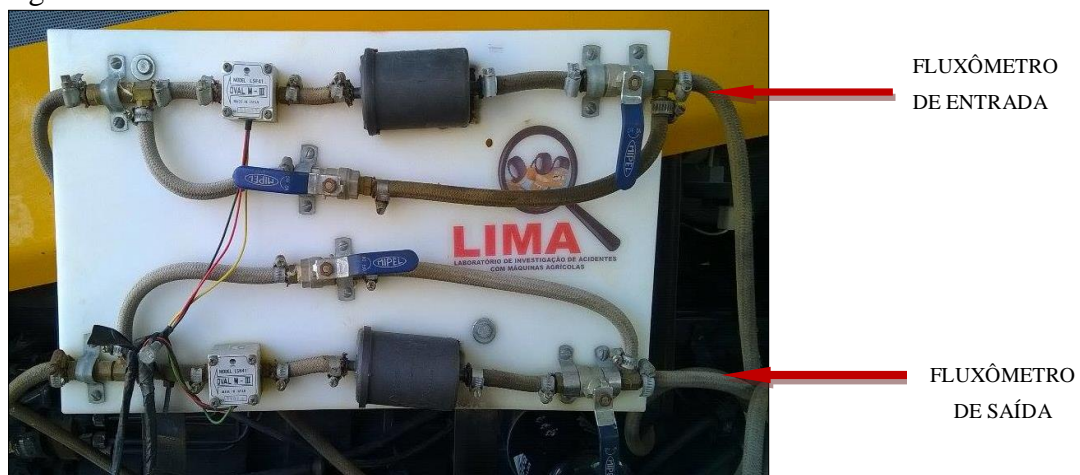
$CCo$  = capacidade de campo operacional ( $\text{ha h}^{-1}$ );

LT = largura trabalho do equipamento (m);  
 V = velocidade real de deslocamento (m s<sup>-1</sup>);  
 0,36 = fator de conversão de unidade;  
 0,75 = eficiência de campo do equipamento.

### 5.2.8 Consumo de combustível

O consumo de combustível foi mensurado utilizando dois medidores de fluxo de combustível da marca Flowmate®, modelo Oval M-III e LSF 41 com precisão de 0,01 ml que foram instalados em série na entrada e no retorno da bomba injetora, obtendo-se o volume de combustível consumido pelo conjunto trator-escarificador durante o percurso em ml, conforme demonstrado na Figura 17.

Figura 17 – Medidores de fluxo de combustível



Fonte: Autor, 2018.

O consumo horário de combustível foi obtido analisando o volume de combustível consumido em cada parcela pelo tempo gasto para percorrê-la, como descrito na Equação 6.

$$C_H = \left(\frac{q}{t}\right) \times 3,6 \quad (6)$$

Em que:

$C_H$  = Consumo horário de combustível (L h<sup>-1</sup>);

$q$  = Volume consumido na parcela (ml);

$t$  = Tempo para percorrer a parcela (s);

3,6 = Fator de conversão de unidade.

O consumo específico de combustível foi determinado conforme pode ser verificado na Equação 7.

$$CE = \frac{CH \cdot d}{P} \quad (7)$$

Em que:

CE = Consumo específico de combustível (g. kW. h<sup>-1</sup>);

CH = Consumo horário do combustível (L.h<sup>-1</sup>);

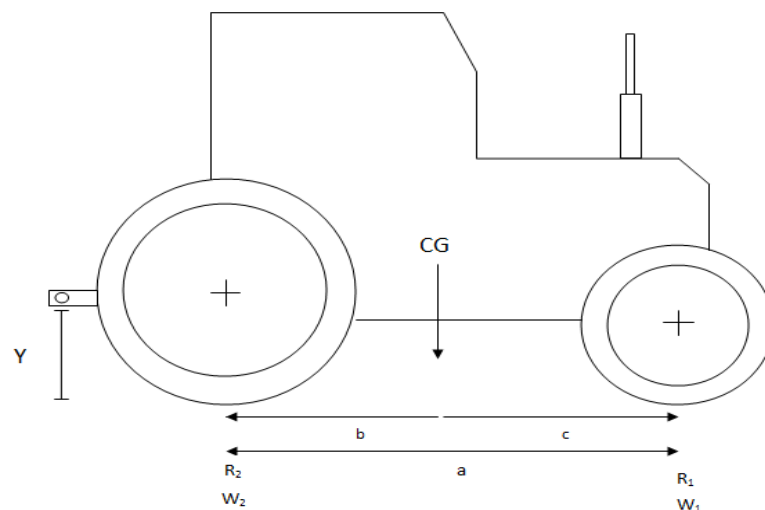
d = Densidade do combustível (0,835 g.L<sup>-1</sup>);

P = Potência na barra (kW).

### 5.2.9 Distribuição de cargas no trator

A distribuição de carga estática e dinâmica encontram-se expostas na Figura 18.

Figura 18 – Distribuição de cargas no trator



Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

A reação estática no eixo dianteiro do trator foi obtida conforme pode ser observado na Equação 8.

$$R1 = \frac{PCG \times c}{a} \quad (8)$$

Em que:

$R_1$  = Reação estática no eixo dianteiro (kgf);

PCG = Peso no centro de gravidade (kg);

$c$  = Distância do centro de gravidade até o eixo traseiro (mm);

$a$  = Distância entre eixo (mm).

A reação estática no eixo traseiro do trator foi determinada conforme demonstrado na Equação 9.

$$R_2 = \frac{PCG \times b}{a} \quad (9)$$

Em que:

$R_2$  = Reação estática no eixo traseiro (kgf);

PCG = Peso no centro de gravidade (kg);

$b$  = Distância do centro de gravidade até o eixo dianteiro (mm);

$a$  = Distância entre eixo (mm).

A transferência de peso foi calculada conforme pode ser verificado na Equação 10.

$$Tp = \frac{FT \times y}{a} \quad (10)$$

Em que:

$Tp$  = Transferência de peso (kgf);

FT = Força de tração máxima (kgf);

$y$  = Altura da barra de tração (mm);

$a$  = Distância entre eixos (mm).

A carga dinâmica no eixo dianteiro do trator foi obtida conforme pode ser observado na Equação 11.

$$Wd_1 = R_1 - Tp \quad (11)$$

Em que:

$Wd_1$  = Carga dinâmica no eixo dianteiro (Kgf);

$R_1$  = Reação estática no eixo dianteiro (kgf);

$T_p$  = Transferência de peso (kgf).

A carga dinâmica no eixo traseiro do trator foi verificada conforme demonstrado na Equação 12.

$$Wd_2 = R_2 + T_p \quad (12)$$

Em que:

$Wd_2$  = Carga dinâmica no eixo traseiro (Kgf);

$R_2$  = Reação estática no eixo traseiro (kgf);

$T_p$  = Transferência de peso (kgf).

O coeficiente de tração foi determinado conforme pode ser verificado na Equação 13.

$$CT = \frac{FT}{Wd_2} \quad (13)$$

Em que:

$CT$  = Coeficiente de tração (%);

$FT$  = Força de tração máxima (kgf);

$Wd_2$  = Carga dinâmica no eixo traseiro (Kg).

Na Tabela 7 encontram-se os valores de carga estática, carga dinâmica nos eixos dianteiro e traseiro e coeficiente de tração para a pesagem 1 (trator com lastro) e pesagem 2 (trator sem lastro) .

Tabela 7 – Valores de carga estática, carga dinâmica nos eixos dianteiro e traseiro do trator e coeficiente de tração

	Pesagem 1			Pesagem 2		
	Carga estática (kgf)	Carga dinâmica (kgf)	Coeficiente de tração (%)	Carga estática (kgf)	Carga dinâmica (kgf)	Coeficiente de tração (%)
Eixo dianteiro (1)	2725	2315	60,00	2029	1620	86,40
Eixo traseiro (2)	3545	3954		2331	2740	

### 5.2.10 Força média na barra de tração

Para determinação de requerimento de força média na barra de tração do trator, foi utilizada uma célula de carga HBM®, modelo U10M, com sensibilidade de 2,067 mV/V e escala nominal de 125 kN, conforme a Figura 19.

Figura 19 – Célula de carga



Fonte: Autor, 2018.

Para a coleta dos dados da célula de carga utilizou-se o sistema de aquisição de dados HBM® modelo Quantum X MX804A com capacidade de monitorar e registrar informações a uma frequência de 19.200 Hz, conforme a Figura 20.

Figura 20 – HBM modelo Quantum X MX804A



Fonte: Autor, 2018.

Em seguida os dados de força média na barra de tração foram transferidos para um computador para serem analisados e posteriormente os dados foram obtidos por meio da Equação 14.



$$F = \left( \frac{\sum F_i}{\sum n} \right) \times 0,0098 \quad (14)$$

Em que:

F = Força média na barra tração (kN);

F<sub>i</sub> = Força de tração instantânea (kgf);

n = Número de dados registrados;

0,0098 = Fator de adequação.

#### 5.2.11 Potência média disponível na barra de tração

Para determinar a potência média disponível na barra de tração foi calculada em função da força de tração média e da velocidade de deslocamento, conforme demonstrado na Equação 15.

$$P_b = \frac{F_m \times V}{3,6} \quad (15)$$

Em que:

P<sub>b</sub> = potência na barra (kW);

F<sub>m</sub> = força de tração média (kN);

V = velocidade de deslocamento (km h<sup>-1</sup>).

#### 5.2.12 Mobilização do solo

A área mobilizada consiste na área situada entre o perfil do solo antes do preparo e o perfil de fundo de sulco após o preparo, enquanto que a área de elevação é situada entre o perfil natural e o perfil da superfície do solo após a mobilização, conforme proposto por (GAMERO; BENEZ 1990). Para determinação da área de solo mobilizada foi utilizado um perfilômetro de madeira (Figura 21) com 20 varetas metálicas, espaçamento entre varetas de 0,005 m, com suporte de 3 m de largura e 1 m de altura com base vertical para fixação de papel milimetrado com folhas de papel de tamanho 0,40 x 0,60 m.

Figura 21 – Perfilômetro de madeira



Fonte: Autor, 2018.

Para a obtenção dos dados de empolamento dos perfis do solo, foi determinada a área mobilizada do solo e a área de elevação em cada parcela experimental, conforme (GAMERO; BENEZ, 1990), utilizando a Equação 16.

$$Emp = \frac{AE}{AM} \cdot 100 \quad (16)$$

Em que:

E = Empolamento (%);

AE = Área de elevação (m<sup>2</sup>);

AM = Área mobilizada (m<sup>2</sup>).

A resistência específica do solo foi obtida conforme a Equação 17.

$$RE = \frac{Fm}{Am} \quad (17)$$

Em que:

RE = resistência específica do solo (kN m<sup>-2</sup>);

Fm = força de tração média (kN);

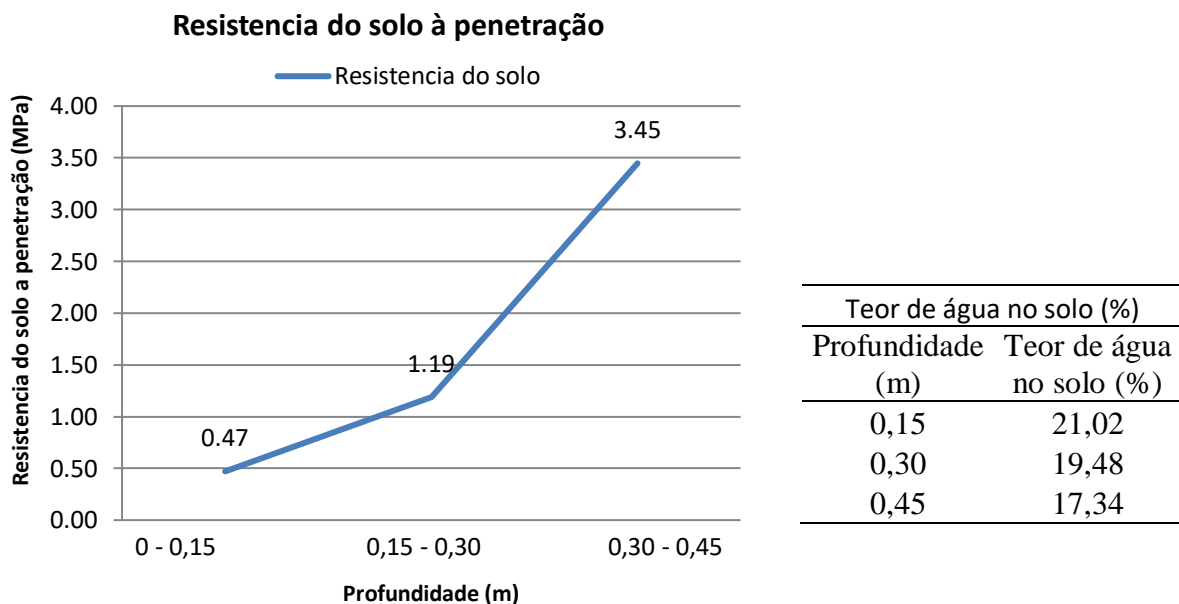
Am = área média mobilizada (m<sup>2</sup>).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Resistência do solo à penetração e teor de água no solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m

Na Figura 22, encontram-se os valores da caracterização da resistência do solo à penetração e teor de água no solo antes da realização do experimento, ou seja, anterior ao preparo do solo com escarificador nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m.

Figura 22 – Caracterização da resistência do solo à penetração e teor de água no solo antes do preparo do solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m



Conforme observado na figura acima, a resistência do solo à penetração antes da realização do experimento apresentava valor superior a 2 MPa na camada de 0,30 - 0,45 m, possivelmente por se tratar de uma área de pastagem sem mobilização há alguns anos e pela própria característica do solo com camada identificada em análise física do solo como franco argilosa.

Já em relação às camadas 0,0 – 0,15 e 0,15- 0,30 m os valores de resistência do solo a penetração ficaram abaixo de 2 MPa. Pedrotti *et al.* (2001), afirmam que a resistência à penetração serve para descrever a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele.

Em relação ao teor de água no solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m antes da realização do experimento, verificou-se que a medida em que aumenta a

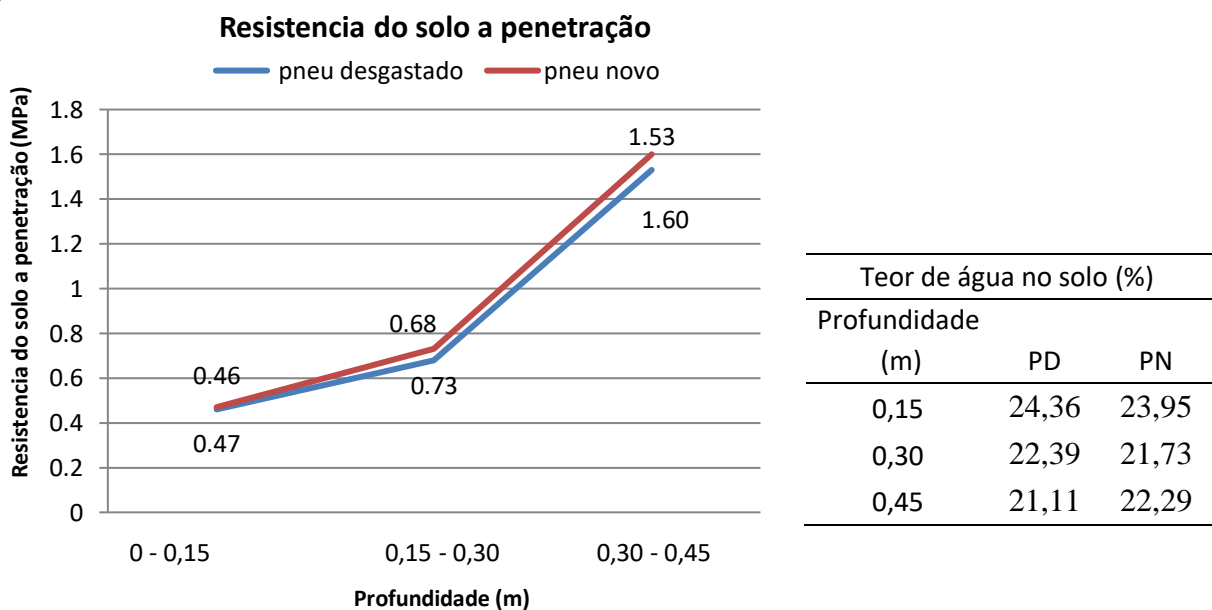
profundidade no perfil do solo, diminui o teor de água, ou seja, na camada 0,0 – 0,15 foi verificado 21,02 % do teor de água, já na camada de 0,30 – 0,45 foi observado 17,34 %. Chioderoli (2013), afirma que o aumento do teor de água permite menor exigência de força da haste para penetração, provavelmente devido à ação lubrificante da água tornando as forças de coesão menos expressivas.

Analisando em conjunto a resistência do solo a penetração e teor de água no solo para as três profundidades de amostragem realizadas 0,0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, respectivamente, verifica-se que o teor de água no perfil do solo reduz com o aumento da profundidade.

Esses resultados de redução no teor de água no perfil do solo com o aumento da profundidade podem explicar o fato da maior resistência do solo a penetração ter ocorrido na camada 0,30 – 0,45. Para Laguë et al. (2003), a compactação na camada superficial do solo até 0,25 m de profundidade está relacionada com a pressão exercida entre o rodado e a superfície de contato, enquanto a compactação subsuperficial está relacionada à carga por eixo das máquinas.

Na Figura 23, encontram-se os valores de resistência do solo à penetração e teor de água no solo após a realização do experimento, nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m para os tratamentos pneu desgastado e pneu novo.

Figura 23 – Resistência do solo à penetração e teor de água no solo após o preparo do solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, para os tratamentos pneu desgastado (PD) e pneu novo (PN)



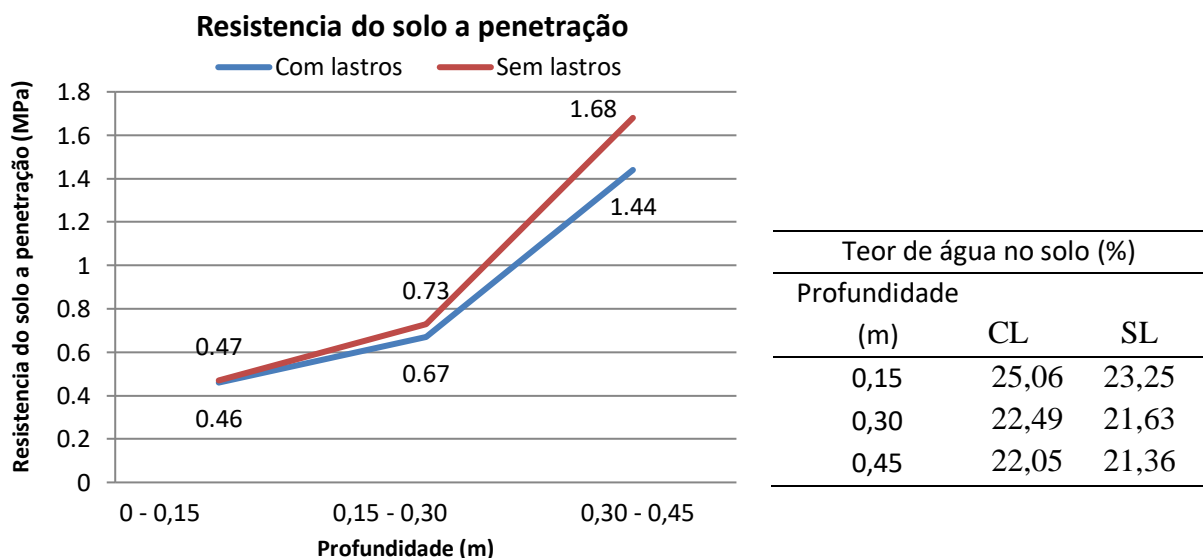
Analisando a Figura 23, referente à resistência do solo à penetração após o preparo do solo para os tratamentos pneu desgastado e pneu novo, os valores ficaram bem próximos, sendo que para pneu desgastado os valores foram um pouco superiores aos observados para pneu novo nas três camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m.

Comparando a Figura 22 com leituras de resistência do solo à penetração realizadas antes do preparo do solo com os dados da Figura 23 referente à coleta realizada após o preparo do solo, foi constatado redução na resistência do solo à penetração nas três camadas analisadas e que os valores encontrados ficaram abaixo de 2 MPa. Esses resultados indicam que o preparo do solo com escarificador contribui para redução da resistência do solo a penetração nas profundidades analisadas. Silveira et al. (2010), afirmam que para a qualidade física, a resistência do solo à penetração é considerada a propriedade mais adequada para expressar o grau de compactação do solo.

Em relação ao teor de água no solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m após o preparo do solo para os tratamentos pneu desgastado e pneu novo, observou-se acréscimo no teor de água no solo, principalmente nas camadas de 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, quando comparado aos dados da caracterização antes da realização do experimento.

Na Figura 24, encontram-se os valores de resistência do solo à penetração e teor de água no solo após a realização do experimento, nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m para os tratamentos com lastros (CL) e sem lastros (SL).

Figura 24 – Resistência do solo à penetração e teor de água no solo após o preparo do solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, para os tratamentos com lastros (CL) e sem lastros (SL)



Conforme observado na Figura 24, a resistência do solo à penetração após o preparo do solo para os tratamentos com lastros e sem lastros, os valores ficaram bem próximos na camada de 0,0 – 0,15 m e nas camadas 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m e no tratamento sem lastro os valores observados foram superior quando comparado ao tratamento com lastro.

Comparando os dados da caracterização da resistência do solo à penetração da Figura 22 com as leituras realizadas na Figura 24 referente à coleta dos dados após o preparo do solo, foi observado redução na resistência do solo à penetração nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m e que os valores encontrados foram inferiores a 2 MPa.

Em pesquisa realizada por Cortez et al. (2011) trabalhando em Argissolo Amarelo sob preparo convencional no semiárido nordestino, os autores verificaram que o preparo interferiu na densidade do solo na camada de 0,10 – 0,20 m, apresentando maior porosidade nas áreas sem preparo, enquanto que nas áreas preparadas com escarificador e grade leve off-set com discos de 0,61 m de diâmetro, apresentou menor porosidade, sendo que no tratamento com escarificador, a resistência mecânica à penetração é menor.

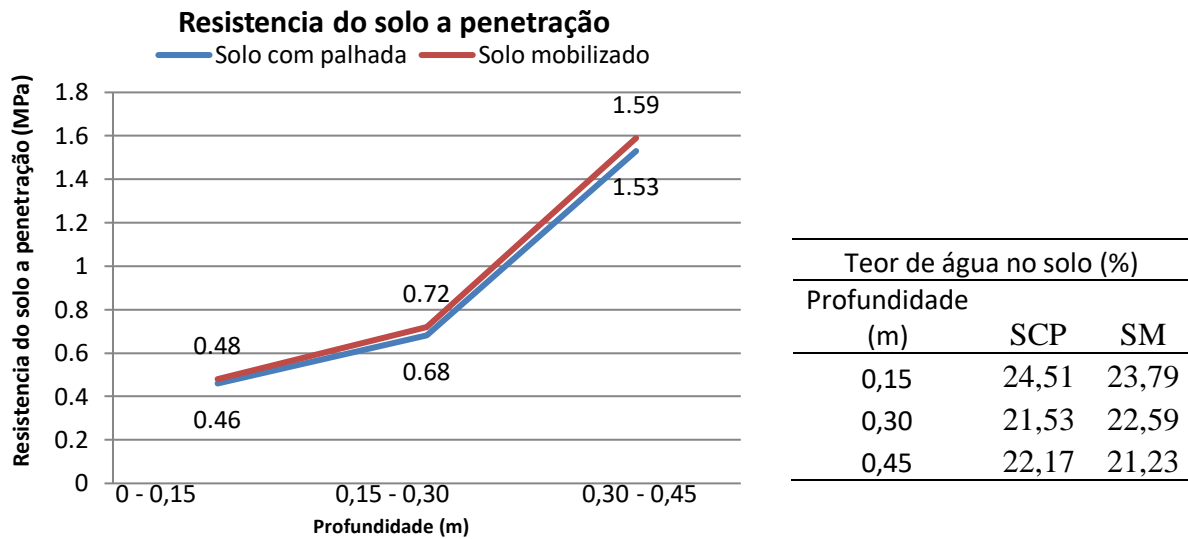
Analisando o teor de água no solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m após o preparo do solo para os tratamentos com lastros e sem lastros, verificou-se acréscimo no teor de água no solo, principalmente nas camadas de 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, quando comparado aos dados de caracterização antes do preparo do solo.

Esses resultados demonstram que a mobilização do solo promovida com o processo de escarificação contribui para aumentar a infiltração de água no perfil do solo quando comparado a antes do preparo, conseqüentemente, melhorando a estrutura do solo, reduzindo a resistência do solo à penetração em todas as camadas analisadas.

Em relação ao preparo do solo, Deperon Júnior et al. (2016), afirmam que os métodos de preparo podem variar desde aqueles que causam intensa mobilização do solo, como o preparo convencional, até os preparos conservacionistas. Em função do trabalho mecânico, podem ocorrer alterações nos atributos do solo, e estas alterações podem ser mais expressivas nos atributos físicos da camada mais superficial, principalmente em virtude do tráfego de máquinas e implementos agrícolas em condições inadequadas de manejo (VALICHESKI et al., 2012).

Na Figura 25, encontram-se os valores de resistência do solo à penetração e teor de água no solo após a realização do experimento, nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m para os tratamentos solo com palhada e solo mobilizado.

Figura 25 – Resistência do solo à penetração e teor de água no solo após o preparo do solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m, para os tratamentos solo com palhada (SCP) e solo mobilizado (SM)



Analisando a Figura 25 referente à resistência do solo à penetração após o preparo do solo para os tratamentos solo com palhada e solo mobilizado, os valores encontrados ficaram bem próximos, sendo que para tratamento solo mobilizado os valores foram um pouco superiores aos observados para solo com palhada nas três camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m.

Comparando a Figura 22 referente à caracterização da resistência do solo à penetração realizadas antes do preparo do solo com os dados da Figura 25 referente à coleta realizada após o preparo do solo, foi verificado redução na resistência do solo à penetração nas três camadas analisadas e que os valores ficaram abaixo de 2 MPa. A resistência à penetração é um atributo do solo sensível e eficiente em identificar as alterações estruturais dos solos (DIAS JUNIOR et al., 2004). Os solos mais compactados apresentam maior resistência à penetração (MARASCA et al., 2011).

Em relação ao teor de água no solo nas camadas 0 – 0,15, 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m após o preparo do solo para os tratamentos solo com palhada e solo mobilizado, verificou-se acréscimo no teor de água no solo, principalmente na camada de 0 – 0,15 m, quando comparado aos dados da caracterização do teor de água no solo antes do. Esses resultados do teor de água no solo indicam que o preparo do solo com escarificador contribui para melhorar a infiltração de água no perfil do solo. Chioderoli (2013) considera que a palhada sobre a superfície do solo contribui com a retenção de água principalmente nas camadas superficiais.

## 6.2 Patinamento dos rodados e velocidade de deslocamento

Os valores de patinamento nos rodados dianteiros, patinamento nos rodados traseiros do trator e a velocidade de deslocamento (Tabela 8) demonstram que para os tratamentos pneu, lastragem e superfície, de acordo com a análise de variância, não houve efeito significativo ( $p < 0,10$ ) para os fatores analisados.

Tabela 8 – Valores médios para patinamento dos rodados dianteiro (PRD) e traseiro (PRT) do trator e velocidade de deslocamento (V)

Causas de Variação		PRD (%)	PRT (%)	V (Km h <sup>-1</sup> )
Pneu (P)	Pneu desgastado	4,81 b	6,94 b	5,55 a
	Pneu novo	8,09 a	10,96 a	5,25 b
Lastragem (L)	Com lastros	5,42 b	8,05 b	5,47 a
	Sem lastros	7,49 a	9,84 a	5,33 b
Superfície (S)	Solo com palhada	6,17 b	8,48 b	5,44 a
	Solo mobilizado	6,73 a	9,42 a	5,35 b
Valor de F	P	154,77*	199,58*	54,69*
	L	61,98*	39,55*	12,88*
	S	4,51*	11,00*	5,63*
	P*L	0,01 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>
	P*S	0,23 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	5,93*
	L*S	0,02 <sup>NS</sup>	2,42 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>
	P*L*S	0,41 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>
CV (%)		11,54	8,99	2,10

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

\*- significativo ( $p < 0,10$ ); <sup>NS</sup>- não significativo ( $p > 0,10$ ); CV – Coeficiente de variação.

Analisando o patinamento dos rodados dianteiro na tabela acima, observou-se média de patinamento superior para tratamento pneu novo, seguido dos tratamentos sem lastros e superfície de solo mobilizado. Os resultados demonstram que as médias de patinamento dos rodados dianteiros ficaram entre 4,81 a 8,09%, valores considerados muito baixos para as superfícies de rolamentos utilizadas no experimento com área de solo com palhada na superfície e solo mobilizado. Masiero (2010) observou em sua pesquisa resultados de patinamento dos rodados da ordem de 7,60%, em pista de concreto; 11,90%, em solo firme; 14,60%, em solo com cobertura vegetal e 16,20%, em solo mobilizado, quando avaliou



o rendimento dinâmico na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), em diferentes condições de superfície do solo.

Ainda em relação ao patinamento dos rodados de tratores agrícolas, Cepik et al. (2010), afirmam que o patinamento aumenta à medida que aumenta a quantidade de resíduos sobre o solo, efeito que pode ser atribuído ao contato deficiente do pneu com o solo e pela palhada ser composta de fragmentos não aderidos ao solo, podendo serem removidos facilmente pelo pneu, discordando em partes com os resultados da presente pesquisa, em que foi observado maior patinamento dos rodados dianteiros na superfície de solo com palhada.

Para o patinamento dos rodados traseiros, verificou-se resultado significativo com diferença entre as médias para os fatores, pneu, lastragem e superfície. Para os tipos de pneus, esses resultados podem estar relacionados ao fato do pneu novo apresentar garras menos planas quando comparadas as garras do pneu desgastado que se encontram com a banda de rodagem mais plana em comparação com os pneus novos. Em relação à lastragem, o menor peso do trator quando se encontrava na condição sem lastros líquidos e sólidos favoreceu ao maior patinamento dos rodados e já para superfície, o solo mobilizado reduz a tração existente entre os rodados e o solo, aumentando o deslizamento dos rodados traseiros do trator favorecendo o patinamento.

A ASAE (2003) recomenda patinamento entre 8 a 10% para solo firme, demonstrado que os dados da pesquisa estão em parte fora dos parâmetros estabelecidos. De acordo com sugestões da ASABE (2006) para obtenção de máxima eficiência de tração, recomenda-se patinamento de 8 a 10% em solos não mobilizados, e de 11 a 13% em solos mobilizados. Já Furtado Júnior (2013) enfatiza que elevadas taxas de deslizamento dos rodados nas operações agrícolas acarretam redução da eficiência tratorial e consequente, consumo desnecessário de combustível.

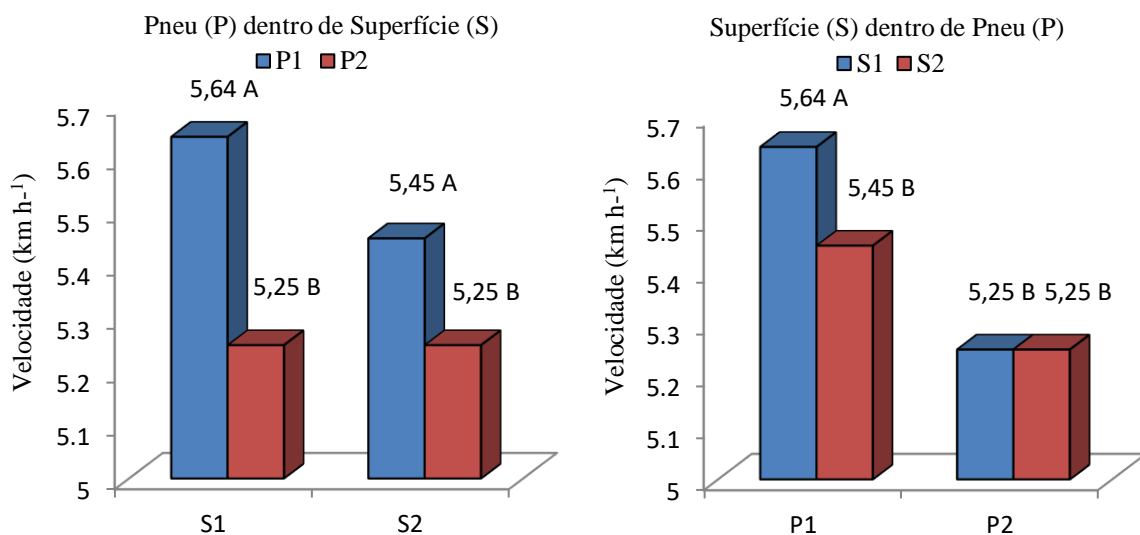
Para velocidade de deslocamento, foi observado que houve resultado significativo para os fatores pneu, lastragem e superfície. Em relação ao fator pneu, foi observada média de velocidade superior para pneu desgastado quando comparado a pneu novo, esse resultado pode estar relacionado a fato do pneu desgastado apresentar garras mais planas e de menor altura em relação aos pneus novos, proporcionando melhor contato do rodado com o solo, possivelmente diminuindo o patinamento e favorecendo maior velocidade de deslocamento.

Para lastragem observou-se velocidade superior no tratamento com lastros quando comparado a sem lastros, esse fato pode ter relação com maior peso do trator, contribuindo assim para aumentar o coeficiente de tração, redução no patinamento dos rodados e incremento na velocidade de deslocamento do conjunto trator-escarificador. Em relação à

superfície, verificou-se que solo com palhada apresentou maior valor de velocidade de deslocamento, possivelmente devido a presença de palhada na superfície proporcionar melhor aderência do pneu com o solo, reduzindo o patinamento e favorecendo aporte de velocidade de deslocamento para o conjunto formado por trator-escarificador. Gabriel Filho et al. (2010) em pesquisa com um trator John Deere 6600 com a TDA acionada e exercendo esforço na barra de tração, observaram que ao elevar gradualmente a velocidade do trator de 3,5 km h<sup>-1</sup> para 6,0 km h<sup>-1</sup> não foram obtidas variações significativas no deslizamento dos rodados, discordando com os resultados aqui apresentados.

Observando a Tabela 13 pode-se verificar ainda que houve interação significativa entre os tratamentos pneu e superfície para variável velocidade de deslocamento sendo os desdobramentos da interação representados na Figura 26.

Figura 26 – Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e superfície para variável velocidade



Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

No desdobramento de pneu (P) dentro de superfície (S), verifica-se que houve diferença significativa entre as médias tanto para superfície de solo com palhada como para superfície de solo mobilizado, sendo que trabalhando com pneu desgastado associado a solo com palhada, observou-se velocidade de deslocamento superior, esse resultado pode estar relacionado ao fato da melhor aderência do pneu com garras desgasta com o solo com cobertura de palhada na superfície, possivelmente aumentando o coeficiente de tração, diminuindo o patinamento dos rodados e favorecendo maior velocidade de deslocamento.

Em relação o desdobramento superfície (S) dentro de pneu (P) para a variável velocidade de deslocamento, observou-se que houve diferença significativa apenas para pneu desgastado e maior valor foi observado trabalhando na superfície de solo com palhada. Compagnon et al. (2013), em pesquisa avaliando o desempenho energético e operacional do trator Valtra, modelo BM 125i, 4 x 2 TDA, tracionando o escarificador Marchesan, modelo AST/MATIC 450, com massa total de 1400 kg, trabalhando com o teor de água (26,2 e 21,9%), e a profundidade de escarificação de (0,20 e 0,30 m), os autores não verificaram diferença significativa na velocidade de trabalho do conjunto trator-escarificador.

### 6.3 Capacidade de campo efetiva e operacional

Para os valores médios de capacidade de campo efetiva e capacidade de campo operacional (Tabela 9), os resultados demonstram que foi constatado efeito significativo ( $p < 0,10$ ) entre as médias dos tratamentos pneu, lastragem e superfície.

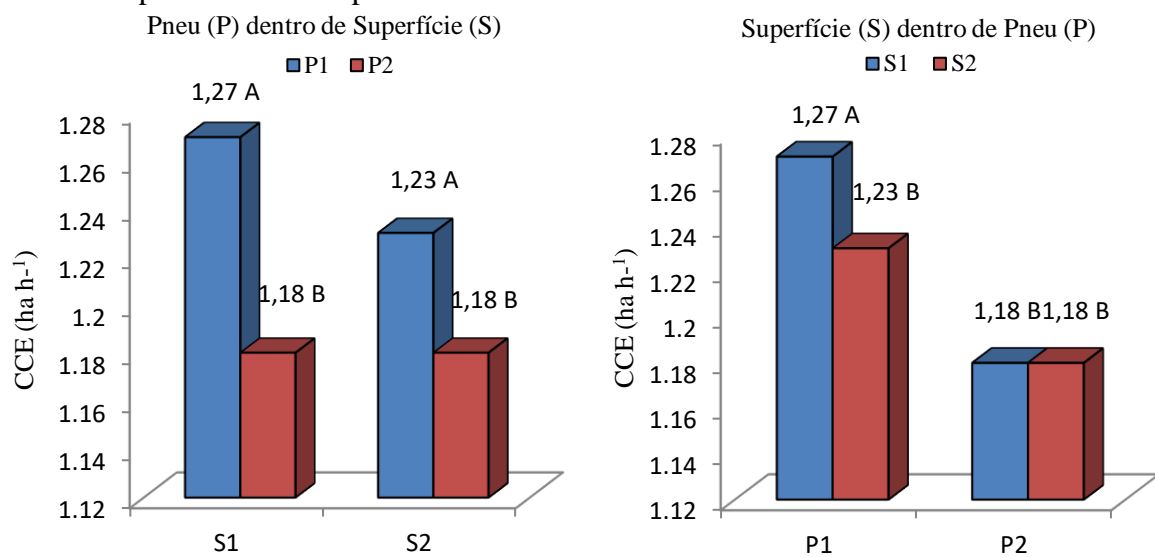
Tabela 9 – Valores médios para capacidade de campo efetiva (CCE) e capacidade de campo operacional (CCO)

Causas de Variação		CCE (ha h <sup>-1</sup> )	CCO (ha h <sup>-1</sup> )
Pneu (P)	Pneu desgastado	1,25 a	0,94 a
	Pneu novo	1,18 b	0,89 b
Lastragem (L)	Com lastros	1,23 a	0,92 a
	Sem lastros	1,19 b	0,90 b
Superfície (S)	Solo com palhada	1,23 a	0,92 a
	Solo mobilizado	1,20 b	0,90 b
Valor de F	P	61,07*	55,45*
	L	13,59*	12,51*
	S	7,04*	6,79*
	P*L	0,09 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>NS</sup>
	P*S	6,28*	6,79*
	L*S	0,54 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>
	P*L*S	0,78 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>
CV (%)		1,98	2,09

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.  
\*- significativo ( $p < 0,10$ ); <sup>NS</sup>- não significativo ( $p > 0,10$ ); CV – Coeficiente de variação.

Em relação à capacidade de campo efetiva, verificou-se que o pneu desgastado apresentou média superior ao pneu novo, analisando o tratamento lastragem, verificou-se que com lastros apresentou média 3,36% superior a sem lastros e em relação o fator superfície, na superfície solo com palhada constatou-se média de 1,23 (ha h<sup>-1</sup>) enquanto que superfície solo mobilizado apresentou média de 1,20 (ha h<sup>-1</sup>). Ainda em relação capacidade de campo efetiva, pode-se verificar que houve interação significativa entre os tratamentos pneu e superfície e os desdobramentos da interação encontram-se representados na Figura 27.

Figura 27 – Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e superfície para variável capacidade de campo efetiva



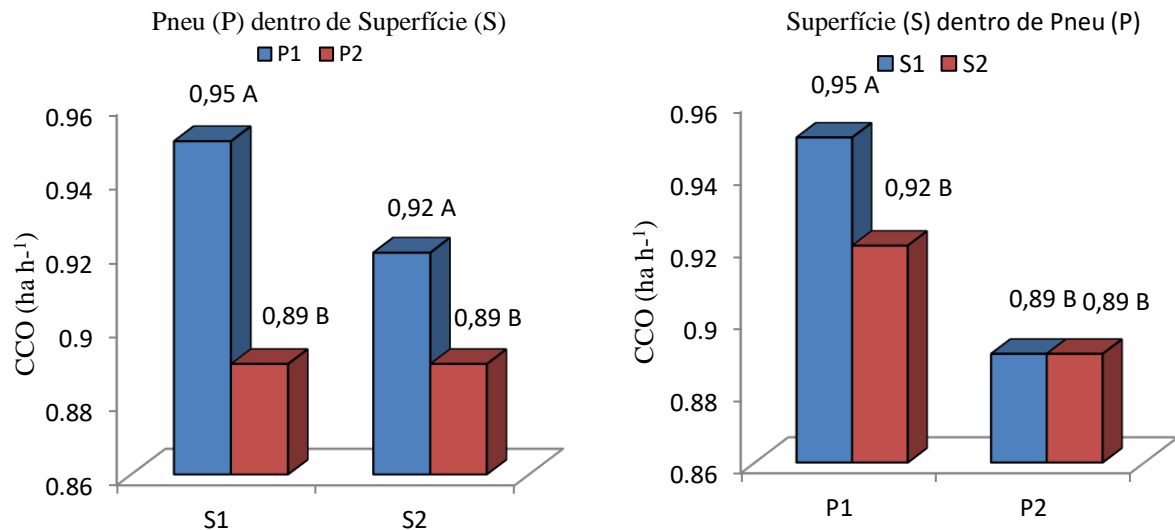
Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Analisando o desdobramento de pneu (P) dentro de superfície (S), constata-se que houve diferença significativa tanto para superfície solo com palhada como para superfície solo mobilizado, sendo que trabalhando com pneu novo associado a superfície solo mobilizado verificou-se menor capacidade de campo efetiva, esse resultado pode ter relação com o fato do solo mobilizado facilitar o deslizamento dos rodados do trator, aumentando o patinamento dos pneus novos, reduzindo a velocidade de deslocamento e consequentemente a capacidade de campo efetiva. Em relação o desdobramento de superfície (S) dentro de pneu (P) para variável capacidade de campo efetiva, observou-se que houve diferença significativa entre as médias e que a maior média foi observada para pneu desgastado trabalhando na superfície solo com palhada.

Para a variável capacidade de campo operacional, verificou-se que o pneu desgastado apresentou média de 0,94 (ha h<sup>-1</sup>) enquanto pneu novo foi de 0,89 (ha h<sup>-1</sup>), no

tratamento com lastros observou-se média 2,22% superior a sem lastros e em relação ao fator superfície, na superfície solo com palhada constatou-se média superior a superfície solo mobilizado. Resultados semelhantes foram observados Lopes et al. (2005) em pesquisa avaliando o desempenho de um trator em Latossolo Vermelho eutrófico também verificaram que a capacidade de campo foi menor quando trabalhou sem lastragem líquida no pneu. Observou-se ainda em relação à capacidade de campo operacional que houve interação significativa entre os tratamentos pneu e superfície e os desdobramentos da interação são descritos na Figura 28.

Figura 28 – Gráfica de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e superfície para variável capacidade de campo operacional



Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Verificando o desdobramento de pneu (P) dentro de superfície (S), observa-se que houve diferença significativa tanto para superfície de solo com palhada como para superfície solo mobilizado, trabalhando com pneu desgastado associado à superfície solo com palhada verificou-se maior capacidade de campo operacional, esse resultado pode está relacionado com o fato do solo com palhada facilitar o deslocamento dos rodados do trator, diminuído o deslizamento dos pneus com garras baixas, aumentando à velocidade de deslocamento, contribuindo para maior capacidade de campo operacional.

Para o desdobramento de superfície (S) dentro de pneu (P) para variável capacidade de campo operacional, verificou-se diferença significativa entre as médias e que os maiores valores foram observados para pneu desgastado trabalhando tanto em superfície solo com palhada como em superfície solo mobilizado.

Em relação a capacidade de campo operacional, em pesquisa realizada por Compagnon et al. (2013), com trator Valtra, modelo BM 125i, 4 x 2 TDA operando com escarificador Marchesan, modelo AST/ MATIC 450, com massa total de 1400 kg e sete hastes em latossolo vermelho eutroférico, os autores não encontraram diferença significativa para a capacidade de campo operacional nas profundidades de 0,20 a 0,30 m.

#### 6.4 Força, potência na barra de tração e coeficiente de tração

Na Tabela 10 verifica-se que para força média na barra de tração foi constatado efeito significativo ( $p < 0,10$ ) para as médias nos tratamentos pneu e superfície e não significativo para lastragem, já em relação potência na barra de tração, observou-se efeito significativo entre as médias para todos os tratamentos analisados e para coeficiente de tração efeito significativo foi observado para tratamento pneu.

Tabela 10 – Valores médios para força, potência na barra de tração e coeficiente de tração

Causas de Variação		Força (kN)	Potência (kW)	CT (%)
Pneu (P)	Pneu desgastado	12,89 b	20,06 b	40,21 b
	Pneu novo	14,59 a	21,39 a	63,15 a
Lastragem (L)	Com lastros	13,88	21,22 a	52,04
	Sem lastros	13,61	20,23 b	51,04
Superfície (S)	Solo com palhada	12,99 b	19,59 b	51,28
	Solo mobilizado	14,49 a	21,86 a	52,08
Valor de F	P	40,84*	11,54*	148,53*
	L	1,03 <sup>NS</sup>	6,38*	0,46 <sup>NS</sup>
	S	31,73*	33,25*	0,18 <sup>NS</sup>
	P*L	4,83*	4,12*	1,58 <sup>NS</sup>
	P*S	1,28 <sup>NS</sup>	2,80 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>
	L*S	2,35 <sup>NS</sup>	1,89 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>
	P*L*S	1,88 <sup>NS</sup>	1,92 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>
CV (%)		5,50	5,37	10,30

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

\*- significativo ( $p < 0,10$ ); <sup>NS</sup>- não significativo ( $p > 0,10$ ); CV – Coeficiente de variação.

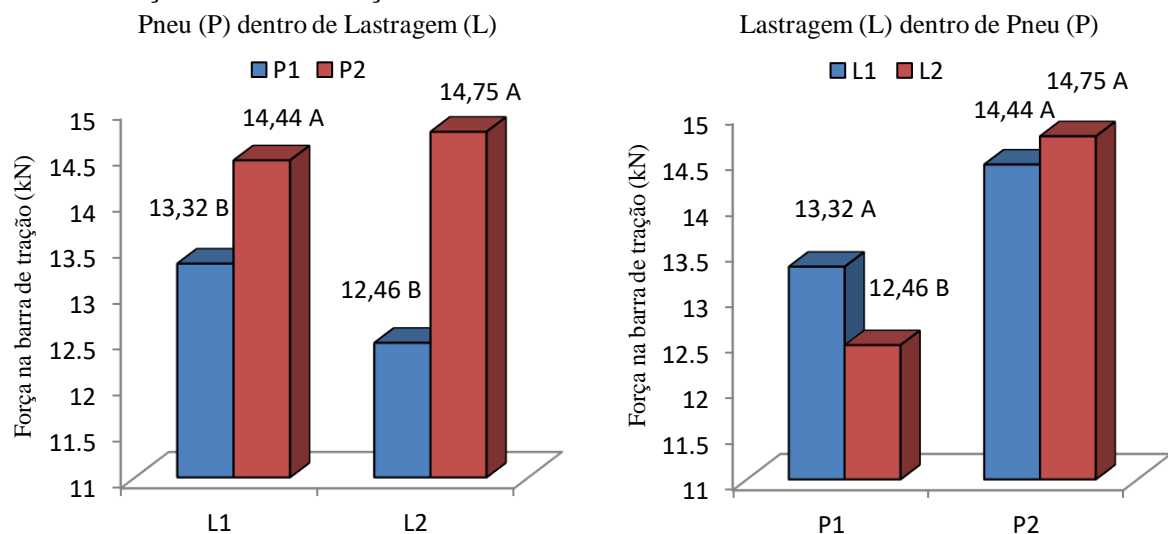
Para a variável força na barra de tração, observou-se que pneu desgastado apresentou demanda de força na barra de tração inferior quando comparado com o pneu novo,

a superfície solo mobilizado apresentou maior demanda de força na barra de tração quando comparada a superfície solo com palhada.

Esses resultados de baixa demanda de força na barra de tração podem estar relacionados com as características físicas do solo da área experimental, que apresenta classe textural franca nas camadas de 0,0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 e o preparo do solo com escarificador ter ocorrido em média até 0,28 m de profundidade. Santos et al. (2016), analisando a força na barra de tração no preparo do solo com escarificador trabalhando com duas lastragens líquidas (0 e 75%) e três profundidades de preparo (0,15; 0,30 e 0,40 m), verificaram resultado significativo com diferença entre as médias para os dois fatores, lastragem e profundidade e que para 75% de água foi observada maior demanda de força quando comparado 0% corroborando com os dados da presente pesquisa.

Observa-se ainda que houve interação significativa entre os tratamentos pneu e lastragem, sendo os desdobramentos da interação representados na Figura 29.

Figura 29 – Gráfica de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e lastragem para variável força na barra de tração



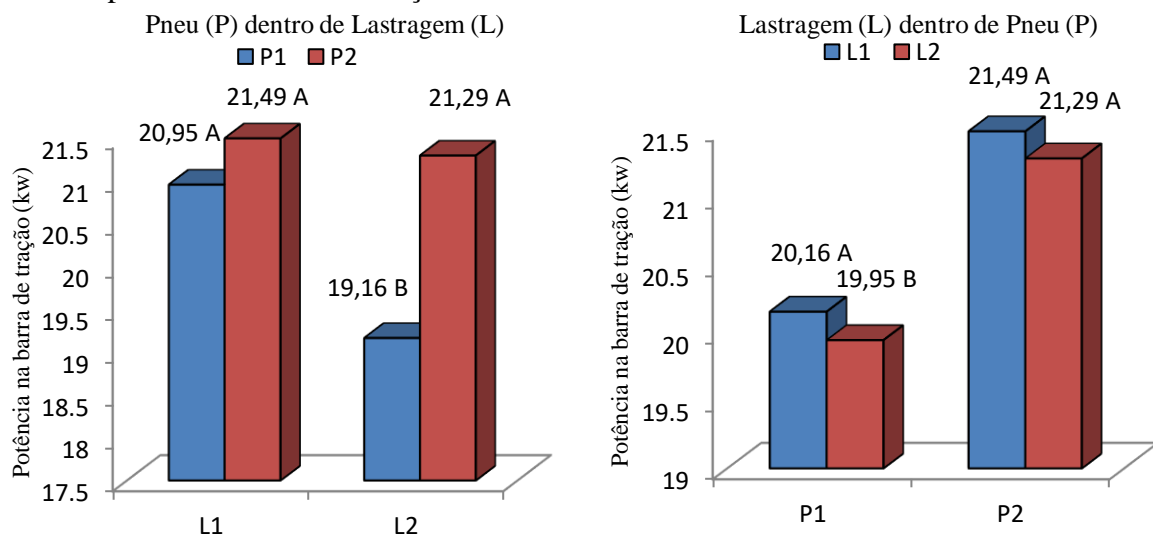
Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Observando o desdobramento de pneu (P) dentro de lastragem (L), verifica-se diferença significativa tanto para o tratamento com lastros como para sem lastros, e que trabalhando com pneu novo associado a sem lastros foi constatado maior demanda de força na barra de tração, esse resultado pode está associado com a maior altura das garras do pneu novo, proporcionando a menor área de contato do pneu com o solo e da maior exigência de força na barra de tração quando o trator se encontra sem lastros sólidos e líquidos. Já para o

desdobramento de lastragem (L) dentro de pneu (P), observou-se diferença significativa entre as médias para variável força na barra de tração e que o menor valor foi observado para pneu desgastado trabalhando sem lastros.

Analisando a Tabela 15 verificou-se efeito significativo ( $p < 0,10$ ) com diferença entre as médias para os fatores, pneu, lastragem e superfície para variável potência na barra de tração e que o pneu novo apresentou maior demanda de potência na barra de tração quando comparado com o pneu desgastado, sem lastros e a superfície de solo com palhada apresentaram menores médias de potência na barra de tração. Monteiro et al. 2013, obtiveram resultados semelhante, ao realizar a avaliação energética de um trator 4x2 TDA em função da lastragem com água, tendo como resultado, maiores valores de potência quando aumentando a lastragem. Ainda referente à potência na barra de tração verificou-se interação significativa entre os tratamentos pneu e lastragem e os desdobramentos da interação são apresentados como descritos na Figura 30.

Figura 30 – Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e lastragem para variável potência na barra de tração



Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Analisando o desdobramento de pneu (P) dentro de lastragem (L), observou-se que houve diferença significativa tanto para com lastros como para sem lastros, em que trabalhando com pneu novo associado a com lastros verificou-se maior potência na barra de tração. O resultado apresentado pode está relacionado com a maior altura das garras do pneu novo, proporcionando a menor área de contato do pneu com o solo e da maior exigência de potência na barra de tração quando o trator se encontra sem lastragem. Para o desdobramento



de lastragem (L) dentro de pneu (P), observou-se que houve diferença significativa entre as médias para variável potência na barra de tração e que os maiores valores foram observados para pneu novo trabalhando tanto em com lastros como sem lastros.

Esse resultado pode está associados com a menor área de contato do pneu novo com o a superfície do solo. Em relação ao coeficiente de tração, verificou-se efeito significativo ( $p < 0,10$ ) apenas para o fator pneu, o tratamento pneu novo proporcionou coeficiente de tração superior quando comparado ao pneu desgastado. Esse resultado pode está relacionada com a maior altura das garras do pneu novo melhorar o coeficiente de tração.

## 6.5 Consumo de combustível

Na Tabela 11 observa-se que para consumo horário de combustível foi constado efeito significativo ( $p < 0,10$ ) para as médias nos tratamentos pneu, lastragem e superfície, para consumo específico de combustível verificou-se diferença significativa apenas para o tratamento superfície.

Tabela 11 – Valores médios para consumo horário de combustível (CH), consumo específico de combustível (CE) e consumo por área trabalhada (CA)

Causas de Variação		CH (L h <sup>-1</sup> )	CE (g kW h <sup>-1</sup> )	CA (L ha <sup>-1</sup> )
Pneu (P)	Pneu desgastado	14,06	588,43	11,25 b
	Pneu novo	14,15	555,33	11,99 a
Lastragem (L)	Com lastros	14,45	572,56	11,75
	Sem lastros	13,76	571,19	11,50
Superfície (S)	Solo com palhada	14,44	609,07 a	11,81
	Solo mobilizado	13,77	534,68 b	11,45
Valor de F	P	0,05 <sup>NS</sup>	2,64 <sup>NS</sup>	3,83 <sup>*</sup>
	L	2,45 <sup>NS</sup>	0,004 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>
	S	2,31 <sup>NS</sup>	13,33 <sup>*</sup>	0,88 <sup>NS</sup>
	P*L	0,82 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>NS</sup>
	P*S	0,16 <sup>NS</sup>	3,15 <sup>*</sup>	0,05 <sup>NS</sup>
	L*S	3,29 <sup>*</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	2,38 <sup>NS</sup>
	P*L*S	0,45 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>
CV (%)		8,87	10,08	9,27

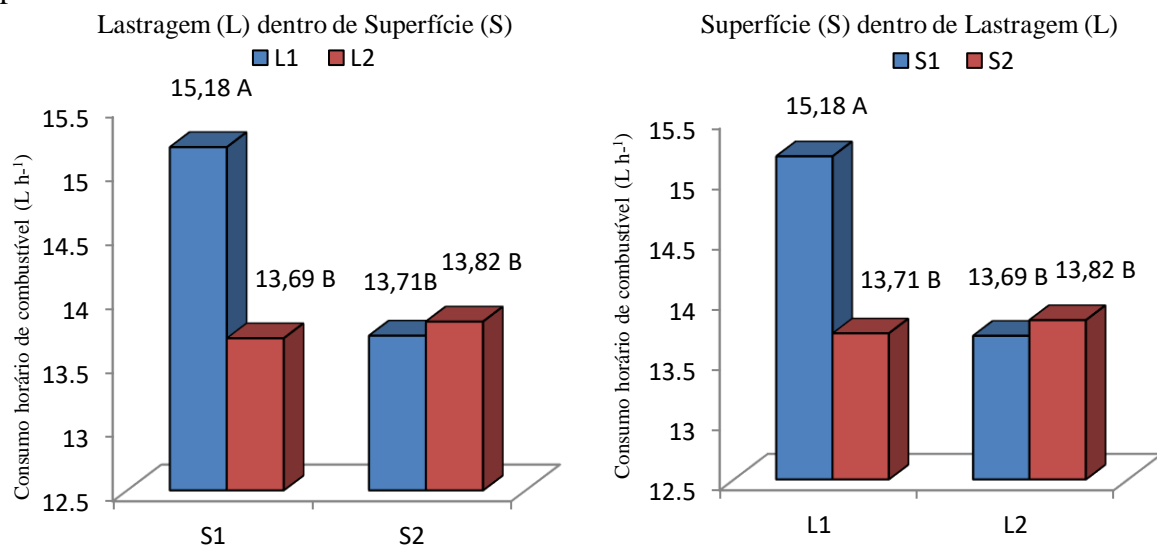
Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

\*- significativo ( $p < 0,10$ ); <sup>NS</sup>- não significativo ( $p > 0,10$ ); CV – Coeficiente de variação.

Em relação ao consumo por área trabalhada observou-se efeito significativo ( $p < 0,10$ ) com diferença significativa entre as médias apenas para o tratamento pneu. Em pesquisa realizada por Monteiro et al. (2011), verificaram resultados contrários que apontaram para diferença no consumo de combustível em função da lastragem líquida nos pneus do trator. É importante ressaltar que os referidos autores desenvolveram o trabalho em solo de textura argilosa, condição está que exige do trator maior força na barra para tracionar implementos e conseqüentemente, maior demanda energética, já a presente pesquisa foi desenvolvido em solo de textura franco arenosa o que pode ter contribuído para os resultados apresentados.

Ainda em relação ao consumo horário de combustível, a Figura 31 representa o desdobramento da interação significativa entre os tratamentos lastragem e superfície para variável consumo horário de combustível.

Figura 31 – Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, lastragem e superfície para variável consumo horário de combustível



Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Verificando o desdobramento de lastragem (L) dentro de superfície (S), observa-se que houve diferença significativa tanto para solo com palhada como para solo mobilizado, em que trabalhando com lastros associado à superfície solo com palhada constatou-se maior consumo horário de combustível, esse resultado pode está associado ao fato do trator lastrado trafegando na superfície de solo com palhada apresentar menor patinamento dos rodados e conseqüentemente, maior consumo de combustível. Em relação ao desdobramento de superfície (S) dentro de lastragem (L), observou-se diferença significativa entre as médias

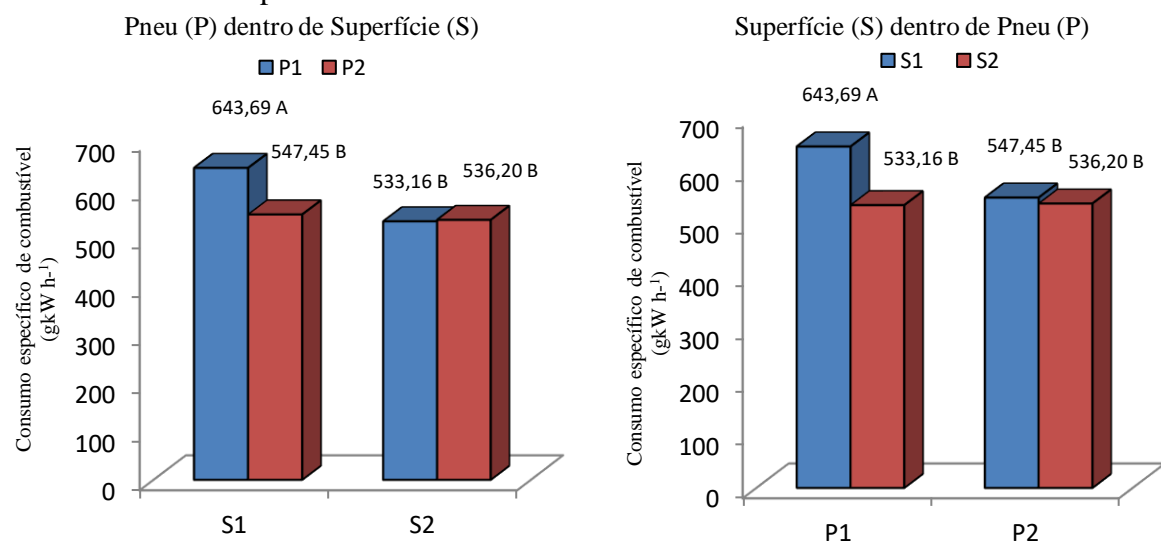
para variável consumo horário de combustível e que os menores valores foram observados para sem lastros trabalhando tanto no solo com palhada como solo mobilizado.

Lopes et al. (2003a) verificaram que o consumo de combustível num trator 4x2 TDA com 121 cv no motor é influenciado pela lastragem do trator, pela carga imposta na barra de tração, pelo tipo de pneu e pela velocidade de deslocamento. Analisando o consumo de combustível na subsolagem antes e depois de diferentes tipos de preparo (SALVADOR et. al, 2009), concluíram que o menor patinamento das rodas motrizes proporciona menor compactação do solo, menor desgaste dos pneus e dos mecanismos de transmissão, como também reduz os gastos adicionais de combustíveis.

Para consumo específico de combustível, foi observado efeito significativa entre as médias ( $p < 0,10$ ), somente para o fator superfície em que no solo com palhada apresentou média de  $609,07 \text{ (g kW h}^{-1}\text{)}$ , ou seja, superior ao observado para no solo mobilizado. Esses resultados discordam dos observados por Lopes et al. (2005), em suas pesquisa ao avaliar o desempenho de um trator agrícola 4x2 TDA, de  $89 \text{ kW (121cv)}$  de potência máxima no motor tracionando um escarificador de arrasto, equipado com rolo destorroador, discos de corte e sete hastes retas inclinadas com ponteiros de  $7 \text{ cm}$  de largura, em que o menor consumo específico foi observado para lastragem de  $75\%$  de água no pneu.

Em relação ao específico de combustível verificou-se ainda, que houve interação significativa entre os tratamentos pneu e superfície e os desdobramentos da interação são demonstrados na Figura 32.

Figura 32 – Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e superfície para variável consumo específico de combustível



Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Esse resultado pode está relacionado ao fato da maior potência exigida pelo escarificador trabalhando com pneus novos, pois o consumo específico de combustível é avaliado em função do consumo horário de combustível e da potência na barra de tração. Salvador et al. (2009) ao avaliar a relação de consumo específico de combustível concluíram que os menores valores de consumo específico de combustível significam a otimização do desempenho do motor, da eficiência trativa e da adequação do equipamento a fonte de potência.

Para Palma et al. (2010), ao avaliar o consumo de combustível de um trator Valtra BL 88 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA) tracionando uma semeadora-adubadora de precisão, com haste sulcadora em diferentes profundidades (100, 150, 200 e 250 mm), verificaram maior consumo específico na menor profundidade. Nagaoka *et al.*, (2002) em suas pesquisas concluíram que as condições de superfície do solo influenciam no consumo de combustível do trator, ao comparar o consumo de combustível de um trator em diferentes tipos de preparo do solo, os referidos autores, constataram que o maior consumo de combustível do trator foi observado quando se utilizou o método convencional em relação à área sob o sistema de plantio direto.

Para consumo por área trabalhada observou-se efeito significativa ( $p < 0,10$ ) apenas para fator pneu, em que foi verificada média de 11,99 ( $L ha^{-1}$ ) para o tratamento pneu novo. Resultados opostos foram encontrados por Santos et al, (2016), que obtiveram valores significativos trabalhando em três profundidade (0,15; 0,30 e 0,40 m) e com duas lastragem (0 e 75% de lastragem) em operação de preparo de solo com escarificador.

## **6.6 Mobilização do solo**

Na Tabela 12 demonstra-se que para área mobilizada foi constado efeito significativa ( $p < 0,10$ ) com diferença significativa entre as médias para os tratamentos lastragem e superfície, para área de elevação verifica-se efeito significativo entre as médias apenas para o tratamento pneu. Em relação ao empolamento do solo observa-se que não houve diferença significativa entre as médias para os tratamentos pneu, lastragem e superfície e já para resistência específica do solo houve efeito significativo para os tratamentos lastragem e superfície.

Tabela 12 – Valores médios para área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo (E) e resistência específica do solo (RE)

Fontes de Variação		AM (m <sup>2</sup> )	AE (m <sup>2</sup> )	E (%)	RE (kN m <sup>2</sup> )
Pneu (P)	Pneu desgastado	0,30	0,08 b	28,62	44,95
	Pneu novo	0,32	0,11 a	33,63	46,41
Lastragem (L)	Com lastros	0,29 b	0,09	30,27	48,61 a
	Sem lastros	0,33 a	0,10	31,97	42,75 b
Superfície (S)	Solo com palhada	0,29 b	0,09	29,35	41,02 b
	Solo mobilizado	0,32 a	0,10	32,90	50,34 a
Valor de F	P	2,30 <sup>NS</sup>	9,72 <sup>*</sup>	2,06 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>
	L	4,37 <sup>*</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	5,12 <sup>*</sup>
	S	3,40 <sup>*</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	1,04 <sup>NS</sup>	13,00 <sup>*</sup>
	P*L	1,41 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	5,05 <sup>*</sup>
	P*S	0,04 <sup>NS</sup>	2,05 <sup>NS</sup>	0,48 <sup>NS</sup>	0,50 <sup>NS</sup>
	L*S	0,02 <sup>NS</sup>	1,59 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>
	P*L*S	0,08 <sup>NS</sup>	1,20 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>
CV (%)		13,90	22,15	31,67	16,01

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

\*- significativo ( $p < 0,10$ ); <sup>NS</sup>- não significativo ( $p > 0,10$ ); CV – Coeficiente de variação.

Para variável área mobilizada, houve diferença significativa entre as médias ( $p < 0,10$ ) para os tratamentos lastragem e superfície. Apesar da diferença significativa para lastragem e superfície, os resultados estão bem próximos entre as médias, pode está associado ao fato do preparo do solo com escarificador ter sido realizado a 0,28 m, ou seja, em uma única profundidade, não favorecendo na variação de área de solo mobilizada. Valores idênticos de área mobilizada de solo foram observados por Santos et al. (2014), avaliando a mobilização do solo, velocidade de infiltração de água e taxa de cobertura do solo para grama esmeralda, em manejos mecanizados com uso de escarificador.

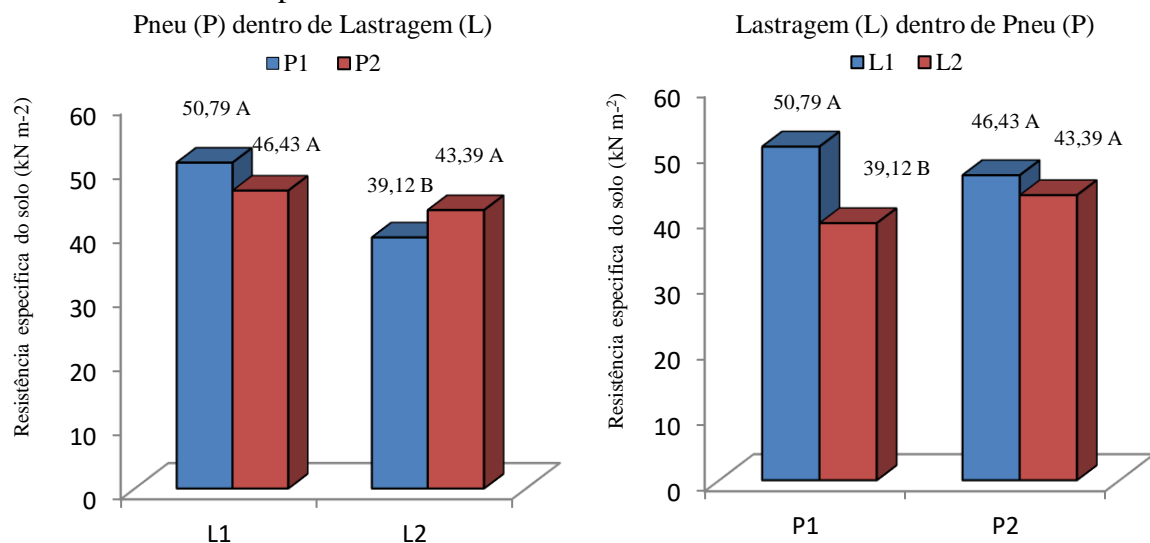
Em relação à área de elevação observou-se resultado significativo com diferença entre as médias ( $p < 0,10$ ) apenas para o fator pneu, em que o pneu novo apresentou média superior quando comparado ao pneu desgastado. Santos et al. (2016), avaliando a área de elevação no preparo do solo com escarificador trabalhando com duas lastragens líquidas (0 e 75%) e três profundidades de preparo (0,15; 0,30 e 0,40 m), verificaram resultado significativo com diferença entre as médias para os dois fatores, lastragem e profundidade. Os pesquisadores verificaram ainda que a lastragem com 75% de água foi a que propiciou maior

área de elevação e que a profundidade com maior área de elevação foi a de 0,40 m com valor médio de 0,08 m<sup>2</sup>, que pode ser associado à maior área de solo mobilizada, discordando dos dados apresentados no presente trabalho.

Para variável área de empolamento, observou-se que não houve diferença significativa entre as médias ( $p < 0,10$ ) para os fatores pneus, lastragem e superfície, evidenciando que os tratamentos adotados na presente pesquisa não influenciaram no empolamento do solo durante a realização do preparo com o escarificador. Rosa et al. (2011), analisando o efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira de um escarificador, os referidos autores não verificaram diferença significativa para área de elevação em profundidades de 0,23 e 0,15 m, no entanto, verificaram maior empolamento na profundidade de 0,15 m, associando este resultado a ocorrência de camadas compactadas.

De acordo com os resultados demonstrados na Tabela 13 para variável resistência específica do solo, verifica-se que houve diferença significativa entre as médias ( $p < 0,10$ ) para os fatores lastragem e superfície. Foi observada maior média para com lastros e em relação a superfície, solo com palhada proporcionou menor média quando comparado a solo mobilizado. Analisando o efeito da compactação do solo, Rosa et al. (2011), verificaram que o solo sob compactação adicional demandou a maior tração por área trabalhada, ou seja, maior resistência específica operacional, sendo encontrado valores três vezes superior ao solo sob semeadura direta. Observou-se ainda que houve interação significativa entre pneu e lastragem e os desdobramentos da interação dos fatores estão demonstrados na Figura 33.

Figura 33 – Gráficos de desdobramentos da interação entre os fatores, pneu e lastragem para variável resistência específica do solo



Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Analisando o desdobramento de pneu (P) dentro de lastragem (L), observou-se que houve diferença significativa entre as médias para com lastros em relação a sem lastros, sendo que trabalhando com pneu desgastado associado à com lastros observou-se resistência específica do solo superior quando comparado a sem lastros. Para o desdobramento lastragem (L) dentro de pneu (P), verificou-se que houve diferença significativa entre as médias apenas para pneu desgastado trabalhando tanto com lastros como sem lastros.

Esse resultados divergem dos encontrados em pesquisa realizada por Sasaki et al. (2005), utilizando dois tipos de hastes subsoladoras, parabólica e reta-inclinada, dois tipos de ponteiros, com e sem asas, na subsolagem de dois solos com diferentes texturas (Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho-Amarelo) trabalhando com subsolador de haste única acoplado ao sistema hidráulico de três pontos do sistema hidráulico do trator, com controle de profundidade realizado por braçadeira de fixação, em e não verificaram efeito significativos.

## 7 CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados conclui-se que:

O processo de escarificação contribui para redução da resistência do solo a penetração nas camadas 0,15 – 0,30 e de 0,30 – 0,45 m, proporcionando incremento significativo no teor de água no solo na camada 0,30 – 0,45;

Menor patinamento dos rodados dianteiro do trator foi registrado para pneu desgastado, para os rodados traseiros maior patinamento foi constatado para pneu novo;

Trabalhando com pneu desgastado foram constatadas maior velocidade de deslocamento e maior capacidade de campo efetiva e operacional do conjunto trator-escarificador;

Os pneus desgastados e a superfície de solo com palhada proporcionaram menor exigência de tração e potência na barra e coeficiente de tração superior foi constatado trabalhando com pneus desgastados;

O consumo horário de combustível não foi afetado significativamente pelos tratamentos analisados, menor consumo específico de combustível foi constatado para solo mobilizado e maior consumo de combustível por área foi observado para pneu novo;

Sem lastro e solo mobilizado proporcionaram maior área mobilizada, maior área de elevação do perfil do solo foi observado trabalhado com pneu novo, a área de elevação não sofre alteração significativa pelos tratamentos e maior resistência específica do solo foi observada na superfície de solo mobilizado.



## REFERÊNCIAS

- ACUÑA, R. R. D.; MANTOVANI, E. C.; MARTYN, P. J.; BERTAUX, S. Comparação do coeficiente de tração e da eficiência tratória 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.
- ALBIERO, D. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. 2010. 244 f. Tese (Dourado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.
- ALMEIDA, R. A.; LEÃO, P. G. F.; BARCELLOS, L. C.; SILVA, J. G. Desenvolvimento e avaliação de uma semeadora adubadora à tração animal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 32, p. 81-87, 2002.
- ALMEIDA, R. A. S.; SILVA, C. A. T.; SILVA, S. L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n.7, p. 63-70, 2010.
- AL-SUHAIBANI, S.A.; GHALY, A.E. Effect of plowing depth of tillage and forward speed on the performance of a medium size chisel plow operating in a sandy soil. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 5, n. 3, p. 247-255, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2014. Disponível em: <DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 10 abr. 2017.
- ANDRADE-LIMA, D. de. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 149-153, 1981.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. Sobral, CE: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 19 p. (EMBRAPA-CNPC. Circular Técnica, 13).
- ARAÚJO FILHO, J. A. **Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris**. Sobral: EMBRAPA-CNPC, 2002. 18 p. (Embrapa-CNPC. Circular Técnica).
- ASABE. American Society Of Agricultural And Biological Engineers. ASAE D497.5: Agricultural machinery management data. *In*: \_\_\_\_\_. **ASAE Standards 2006**. St. Joseph, p. 391-398, 2006.
- ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Terminology and definitions for soil tillage and soil tool relationships**. *In*: ASAE Standards 1982. St. Joseph, p. 229-241, 1982. (ASAE EP291.1).
- ASAE S296.4 DEC 95. Uniform terminology for traction of agricultural tractors, self-propelled implements, and other traction and transport devices. *In*: **ASAE Standards**:

standards engineering practices data. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p. 119-121, 1999.

ASAE D497.4. Agricultural Machinery Management Data. In: *ASAE Standards: standards engineering practices data*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p. 359-366, 1999.

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. **ASAE EP291.1**: standards engineering practices data. St. Joseph: ASAE, 1997. p. 254-275. 1997.

ASAE-American Society of Agricultural Engineers. Terminology and definitions for agricultural tillage implements. In: *ASAE Standards 2003: standards engineering practices data*. St. Joseph: ASAE, p. 373-380, 2003.

BARBOSA, J. A.; LUCIANO, B. V.; GUTEMBERG, P. D.; MOACIR, S. J. Desempenho operacional de um trator agrícola equipado alternadamente com pneus radiais e diagonais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, 2005.

BARROS, P. R. P. **Simulação da capacidade de tração de um trator 4 x 2 com tração dianteira auxiliar em diferentes condições de superfície**. 2012. 78 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

BIRIS, S.S.; UNGUREANU, N.; MAICAN, E.; MURAD, E.; VLADUT, V. FEM model to study the influence of tire pressure on agricultural tractor wheel deformations. **Engineering for Rural Development**, Berlin, v. 10, p. 223-228, 2011.

BERNARDES, R. C.; BALASTREIRE, L. A. Determinação das curvas de iso-consumo de combustível com trator operando sobre solo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFPEL, 1999. CD-Rom.

BERTOL, I.; AMARAL, A. J.; VÁSQUEZ, E. V.; GONZÁLES, A.P.; BARBOSA, F. T.; BRIGNONI, L. F. Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com estabilidade de agregados em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 543-53, 2006.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília: Ministério da Integração Nacional. 2005. Disponível em: <[http://www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915)>. Acesso em: 31 jul. 2017.

CAMPOS, F. H.; GUERRA, S. P. S.; LANÇAS, K. P.; MONTEIRO, L. A.; MONTANHA, G. K. The effect of cinematic advance on the tractor performance with front Wheel traction on. In: International Conference of Agricultural Engineering and XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. *Anais...* Foz-do-Iguaçu: SBEA, 2008. CD-ROM.

CARVALHO FILHO, A.; CENTURION, J. F.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; CARVALHO, L. C. C. Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 229-237, 2007.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R.; HERZOG, R. L. S. Patinagem do trator e força de tração de haste sulcadora de semeadora-adubadora de precisão em função de teores de água no solo. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R.; CONTE, O. Força de tração e mobilização do solo por hastes sulcadoras de semadoras-adubadoras. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 14, n. 5, p. 561-566, 2010.

CHIODEROLI, C. A.; FURLANI, C. E. A.; AGUIAR, A. O.; CAVICHIOLI, F. A.; CASSIA, M. T. Operational parameters of soybean seeding in santa fe system. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 5, p. 900-908, 2012.

CHIODEROLI, C. A. **Consortiação de *urochloas* com milho em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão**. 2013. 200 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013.

COELHO, H.; FERNANDES, H. C.; CAMPOS, D. S.; TEIXEIRA, M. M.; LEITE, D. M. Deslizamento de rodados de tratores de pneus em diferentes operações agrícolas. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 407-410, 2012.

COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A.; OSHIRO, K. A.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T. Desempenho de um conjunto trator-escarificador em dois teores de água do solo e duas profundidades de trabalho. **Engenharia na Agricultura**, v. 21, p. 52-58, 2013.

CORDEIRO M. A. L. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento**. 2000. 153 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

CORREA, I. M. Conheça o pneu agrícola que você usa. **Revista Unesp Rural**, Jaboticabal, v. 18, p. 21, 1999.

CORRÊA, 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, 1999b.

CORREA, I. M.; LANÇAS, K. P.; MAZIERO, J. V. G.; YANAI, K. Desempenho operacional de trator 4x2 (aux.) com pneus radiais de baixa pressão e diagonais com atração dianteira desligada. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRÍCOLA, X, 2000, Guanajuato, México. **Anales...** Guanajuato: ALIA, 2000. CD-ROM.

CORTEZ, J. W.; FERREIRA, B. J. M.; ALVES, A. D. S.; MOURA, M. R. D.; NAGAHAMA, H. J. Desempenho operacional do conjunto trator- implementos nas operações de preparo do solo. **Nucleus**, v. 8, n. 2, 2011.

CORTEZ, J. W.; ALVES, A. D. S.; MOURA, R. D.; OLSZEWSKI, N.; NAGAHAMA, H. J. Atributos físicos do Argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1207-1216, 2011.

COUTO, R. F. **Compactação e recalque superficial de um Latossolo Vermelho em condição de campo e laboratório**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.

DALLMEYER, A. U. **Eficiência energética e operacional de equipamentos conjugados de preparo de solo**. 1994. 157 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

DEPERON JÚNIOR, M. A.; NAGAHAMA, H. DE. J.; OLSZEWSKI, N.; CORTEZ, J. W.; SOUZA, E. B. Influência de implementos de preparo e de níveis de compactação sobre atributos físicos do solo e aspectos agrônômicos da cultura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 367-376, 2016.

DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, A. R.; FONSECA, S.; LEITE, F. P. Método alternativo de avaliação da pressão de preconsolidação por meio de um penetrômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 805-810, 2004.

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 713-722, 2011.

EMBRAPA - Realocação Espacial da Agricultura no Âmbito de Microrregiões: Pernambuco, 1990 e 2004. Manuel Alberto Gutiérrez Cuenca; Diego Costa Mandarinó; Otávio João Wachholz de Siqueira. **Documentos 104**, EMBRAPA, 2007.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2011. 230 p.

EMBRAPA SOLOS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Sistema de Produção de Informação - SPI, 1999. 412 p.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

FAO/INCRA. **Diretrizes de política agrária e desenvolvimento sustentável para a pequena produção familiar**. Brasília, DF: FAO/INCRA 1994, 98 p.

FEITOSA, J. R.; OLSZEWSKI, N.; CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. DE J. Variáveis físicas de argissolo amarelo do semiárido nordestino em função das operações de preparo periódico. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 21 n. 5, p. 456-464, 2013.

FERNANDES, H. C.; SILVEIRA, J. C. M. da; RINALDI, P. C. N. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1582-1587, 2008.

FERNANDES, J. C.; GAMERO, C. A. Avaliação do desempenho das máquinas agrícolas na implantação da cultura do girassol. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 2, p. 74-87, 2010.

FERREIRA, M. F.; NEUJAHN, E. B.; SCHLOSSER, J. F.; SCHNEIDER, V. Influência da pressão interna em pneus diagonais na força de tração de um trator 4x2 em duas condições de superfície. **Revista Brasileira de Agrociência**, n. 1, v. 6, p. 66 -70, 2000.

FOLLE, S. M.; SEIXAS, J. M. Mecanização agrícola. In: GOEDERT, W. J. (Ed). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: NOBEL/EMBRAPA CPAC, p. 385-408, 1986.

FURTADO JÚNIOR, M. R. **Análise operacional de um trator agrícola em função da pressão interna dos pneus e inclinação da linha de tração**. 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 458-464, 2005.

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.

GADANHA JÚNIOR, C. D.; MOLIN, J. P.; COELHO, J. L. D.; YAHN, C. H.; TOMIMORI, S. M. A. W. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**, 1. ed. São Paulo: SITI, 1991. 468 p.

GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H. Avaliação da condição do solo após a operação de preparo. In: SILVEIRA, G. M. IV Ciclo de estudos sobre mecanização agrícola. Jundiaí: Fundação Cargill. 1990. p. 12-21.

GAMERO, C. A.; LANÇAS, K. P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 463-514.

GOODYEAR. **Farm tire handbook**. Americana, 1994. 88 p.

GRECENKO, A.; PRIKNER, P. Tire rating based on soil compaction capacity. **Journal of Terramechanics**, v. 58, p. 77-92, 2014.

GUANZIROLI, C. E.; BUAINAIN, A. M.; SABBATO, A. D.; **Dez Anos de Evolução da Agricultura Familiar no Brasil: (1996 e 2006)**. RESR, Piracicaba-SP, v. 50, n. 2, p. 351-370, 2012.

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.

IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**. 2012. Rio de Janeiro: IBGE, v. 72, p. 458, 2012.

JESUÍNO, P. R. **Desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo**. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2007.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; TARSITANO, M. A. A.; KAPASSI, R. M. A.; VILELA, R. G. Custos e rentabilidade do milho em função do manejo do solo e da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 102-109, 2010.

KOSUTIC, S. et al. Effects of different soil tillage systems on yield of maize, winter wheat and soybean on albic luvisol in north-west slavonia. **Journal of Central European Agriculture**, v. 6, n. 3, p. 241-248, 2005.

LAGUË, C.; AGNEW, J.; KHELIFI, M. Theoretical evaluation on the feasibility of controlled traffic farming using wide-span implements carriers for Canadian agriculture. In: ANNUAL MEETING OF THE CSAE/SCGR, p. 03-233, 2003.

LANÇAS, K. P.; SANTOS FILHO, A. G.; UPADHYAYA, S. K. **Implications of using low/correct inflation pressure for radial ply tractor tires**. St. Joseph: ASAE, 1995. Paper n.95- 056.

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. 33 p. Boletim Técnico nº 1.

LANÇAS, K. P.; MONTEIRO, L. A.; GUERRA, S. P. S.; GABRIEL FILHO, A.; MARASCA, I. **Efeito da pressão de inflação dos pneus no desempenho operacional de um trator agrícola**. In: X CONGRESSO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL y II DEL MERCOSUR. Actas... Rosario: UNR Editora, 2009. p. 763-768. CD-ROM.

LANÇAS, K. P. Elementos básicos para adequação de conjuntos mecanizados. In: MONTEIRO, L. A.; SILVA, P. R. A. **Operação com tratores agrícolas**. Botucatu: Edição dos autores, 2009. p. 59-74.

LEE, D. R.; KIM, K. U. Effect of inflation pressure on tractive performance of bias ply tires. **Journal of Terramechanics**, v. 34, n. 3, p. 187-208, 1997.

LEITE, D. M. **Desempenho de um conjunto trator-grade em função da velocidade do trator, pressão interna e tipo de construção dos pneus**. 2015. 97 f. Tese (Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2015.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; FURLANI, C. E. A.; NAGAOKA, P. C. N.; 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. 382-386, 2003a.

LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Desenvolvimento de um protótipo para medição do consumo de combustível em tratores. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 24- 31, 2003b.

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. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 366-370, 2005.

LOPES, J. E. L.; MONTEIRO, L. A.; SANTOS, M. A. M.; ALBIERO, D.; SOUSA, R. B. C.; MACIEL NETO, J. P. Barulho Calculado. **Cultivar Máquinas**. Ano XII. n° 13, p. 30-32. 2013.

MARASCA, I.; OLIVEIRA, C.; GUIMARÃES, E.; CUNHA, J.; ASSIS, R.; PERIN, A.; MENEZES, L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água em sistema de plantio direto na cultura da soja. **Bioscience Journal, Uberlândia**, v. 27, n. 2, p. 239-246, 2011.

MÁRQUEZ, L. **Tractores agrícolas: Tecnología y utilizacion**. 1. Ed. Madrid: B&H Editores, 2011. 843 p.

MASIERO, F. C.; LANÇAS, K. P.; MONTEIRO, L. A.; MARASCA, I.; GARCIA, E. A. Desempenho de um trator agrícola em função das variações da pressão de inflação dos pneus e da força na barra de tração. In: X Congresso Argentino de Ingeniería Rural y II Del MERCOSUR. **Avances en Ingeniería Rural 2007-2009**. Rosario: UNR Editora, 2009. p. 180-188. CD-ROM.

MASIERO, F. C. **Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4X2 TDA)**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: Alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1197-1206, 2011.

MIALHE, L. G. **Máquinas Motoras na Agricultura**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 2, 1980. 366 p.

MIALHE, L. G. **Gerência de sistema tratorizado vs operação otimizada de tratores**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 30 p.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: Ensaio e certificação**. Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722 p.

MODOLO, A. J. **Demanda energética de uma semeadora-adubadora com diferentes unidades de semeadura**. 2003. Ano de obtenção: 2003. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2003.

MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GABRIEL FILHO, A. Desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo do pneu e da lastragem líquida em três velocidades de deslocamento na pista com superfície firme. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 68-84, 2009.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. Fortaleza: Imprensa Universitária da UFC, 2013. 124 p.

MONTEIRO, L. A. **Outras características construtivas dos pneus agrícolas**. Portal Dia de Campo. 17 de Dezembro 2009. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=20776&secao=Colunas%20e%20Artigos>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

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, 2011.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D.; SOUZA, F. H.; MELO, P. R.; TRIGUEIRO D.; SILVA, G. J.; MOTA, W. A. Avaliação energética de um trator 4x2 tda equipado com rodados pneumáticos em função da lastragem com água. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 3, n. 1, p. 43-50, 2013.

MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GABRIEL FILHO, A. Desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo do pneu e da lastragem líquida em três velocidades de deslocamento na pista com superfície firme. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 68-84, 2009.

NAGAOKA, A. K.; LANÇAS, K. P.; CASTRO NETO, P.; LOPES, A.; GUERRA, S. P. S. Projeto, construção e avaliação de um equipamento para ensaio dinâmico de pneu agrícola individual. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 2002.

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.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. D.; SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Produtividade de feller-buncher em povoamento de eucalipto em relevo acidentado. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 39. n. 4, p. 905-912, 2009.

OLIVEIRA, J. U. C. de. **Estatística: Uma nova abordagem**. Rio de Janeiro. Editora Ciência, 2010.

PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C, E, S.; BARBOSA, J, A.; SPAGNOLO, R, T.; BARROS, M, M.; BOAS, L. A. V. Efeito da profundidade de hastes sulcadoras na patinagem, força de tração e consumo de combustível de um trator agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1320-1326, 2010.



- PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; CRESTANA, S. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 25, n. 3, p. 521-529. 2001.
- PEREIRA FILHO, J. M.; CEZAR, M. F.; GONZAGA NETO, S. Utilização racional dos recursos forrageiros da caatinga. In: Encontro Nacional de Produção de Caprinos e Ovinos, 1.;2006, Campina Grande, PB. **Anais...** Campina Grande – PB, 475 p, 2006.
- ROSA, D. P.; REICHERT, J. M.; MENTGES, M. I.; BARROS, C. A. P.; REINERT, D. J.; VIEIRA, D. A. Cultivo mínimo: efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1199-1205, 2011.
- REIS, Â. V. **Motores, tratores, combustíveis e lubrificantes**. 2. ed. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL. 2005. 307 p.
- RINALDI, P. C. N. **Parâmetros de desempenho de tratores agrícolas de pneus comercializados no Brasil**. 2011. 108 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.
- RUSSINI, A. **Máquinas Agrícolas I**. Caderno didático. Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias – Universidade de Santa Cruz do Sul – RS, 2010.
- ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. **Manutenção da fertilidade e recuperação dos solos na cultura da cana-de-açúcar**. Apta–Pólo Regional Centro-Sul, Piracicaba – Programa Cana-de-açúcar do IAC, 2008. 38 p.
- SANTOS, M. A. M.; MONTEIRO, L. A.; LOPES, J. E. L.; ALBIERO, D.; SOUSA, R. B. C.; MACIEL, N. J. P.; SILVA, M. P. S. Esforço Medido. **Cultivar Máquinas**. Ano XII. nº 136, p. 14-16, 2014.
- SANTOS, A. M.; BÔAS, R. L. V.; BACKES, C.; GODOY, L. J. G.; BARDIVIESSO, D. M. Mobilização do solo, velocidade de infiltração de água e taxa de cobertura do solo na grama esmeralda, sob manejos mecanizados. **Energia na Agricultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 197-204, 2014.
- SANTOS, P. R. A.; MENDONÇA, C. A.; SANTOS, M. A. M.; NICOLAU, F. E. A.; AMORIM, M. Q.; REIS, M. A. M.; CHIODEROLI, C. A.; LOUREIRO, D. R. Operating and energetic performance of the assembly tractor-scarifier in different liquid ballasting and working depths. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 4195-4205, 2016.
- SALVADOR, N.; MION, R. L.; BENEZ, S. H. Requerimento energético e desagregação do solo em diferentes sistemas de preparo periódico num Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 6, n. 4, p. 226-234, 1998.
- 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.

SASAKI, C. M.; GONÇALVES, J. L. M.; BENTIVENHA, S. R. P. Desempenho operacional de hastes subsoladoras em função da ponteira e do tipo do solo. **Scientia Forestalis**, n. 67, p. 44-52, 2005.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR; A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 427-36, 2000.

SCHLOSSER, J. F. **Tratores agrícolas**. Santa Maria: UFSM, Departamento de Engenharia Rural, (Série técnica, I). 2001. 63 p.

SCHLOSSER, J. F. Barulho sobre controle. **Cultivar Máquinas**, v. 13, p. 20-23, 2002.

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

SCHLOSSER, J. F. *et al.* Análise comparativa do peso específico dos tratores agrícolas fabricados no Brasil e seus efeitos sobre a seleção e uso. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 92-97, 2005.

SERRANO, J. M. P. R. Pressão de insuflagem dos pneus no desempenho do conjunto trator-grade de discos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 227-233, 2008.

SILVEIRA, G. M. da. **O preparo do solo: implementos corretos**. 2. ed. São Paulo: Globo, 1989. 243 p.

SILVEIRA, G.M.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v. 10, n. 1, p. 220–224, 2006.

SILVEIRA, G. M.; SIERRA, J. G. Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 14, n. 4, p. 418-424, 2010.

SILVEIRA, D. de C.; MELO FILHO, J. F. de.; SACRAMENTO, J. A. A. S. do.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 659-667, 2010.

SOUZA, F. H. **Desempenho energético de um trator agrícola 4x2 - tda, em função da pressão de inflação dos pneus em pista de concreto e em solo mobilizado, conforme a norma oecd – código 2**. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícola) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

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

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas de relevo sob cultivo de cana-de-acúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 937-944, 2004.

SPAGNOLO, R. T.; VOLPATO, C. E. S.; BARBOSA, J. A.; PALMA, M. A. Z.; BARROS, M. M. Fuel consumption of a tractor in function of wear, of ballasting and tire inflation fissure. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 131-139, 2012.

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

TAGHAVIFAR, H.; MARDIANI, A.; HOSSEINLOO, A.R. Appraisal of artificial neural network-genetic algorithm based model for prediction of the power provided by the agricultural tractors. **Energy**, v. 93, p. 1704–1711, 2015.

TRELLEBORG. **Agricultural tyres manual**. Trelleborg, 2002. 20 p.

TRINTIN, C. G.; NETO, R. P.; BORTOLOTTO V. C. Demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora para plantio direto, submetida a três velocidades de operação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 127-131, 2005.

YANAI, K.; SILVEIRA, GM.; LANÇAS, K. P.; CORRÊA. I. M.; MAZIERO, J. V. G. Desempenho operacional de trator com e sem acionamento da tração dianteira auxiliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 27-34, 1999.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A .L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 969-977, 2012.

VILAGRA, J. M.; GENZ, J. S. **Dor e desconforto na operação de trator agrícola**. FIEP Bulletin: Federation Internationalen D' Education Physique. Special Edition. Article –II, v. 79, 2009. 149 p.

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