



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

MARA ALICE MACIEL DOS SANTOS

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM PROTÓTIPO DE
QUADRICICLO AGRÍCOLA EM PISTA DE CONCRETO EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO
DA MACHA E CARGA APLICADA NA BARRA DE TRAÇÃO**

FORTALEZA

2017

MARA ALICE MACIEL DOS SANTOS

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM PROTÓTIPO DE
QUADRICICLO AGRÍCOLA EM PISTA DE CONCRETO EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO
DA MACHA E CARGA APLICADA NA BARRA DE TRAÇÃO

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

Orientador: Prof.Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

FORTALEZA

2017

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)

- S236d Santos, Mara Alice Maciel dos.
Desempenho operacional e energético de um protótipo de quadriciclo agrícola em pista de concreto em função da rotação da macha e carga aplicada na barra de tração / Mara Alice Maciel dos Santos. – 2017.
67 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.
Coorientação: Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro.
1. Agricultura familiar. 2. Consumo de combustível. 3. Potência na barra. I. Título.

CDD 630

MARA ALICE MACIEL DOS SANTOS

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM PROTOTIPO DE
QUADRICICLO AGRÍCOLA EM PISTA DE CONCRETO EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO
DA MACHA E CARGA APLICADA NA BARRA DE TRAÇÃO

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

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Aprovada em: 23 /02 /2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Daniel Albiero
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Max César de Araújo

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Dedico

A Deus, pelo dom da vida.

AGRADECIMENTOS

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

Aos meus pais, José Freitas dos Santos Filho e Maralúcia Maciel dos Santos, pela confiança, dedicação, carinho e compreensão e apoio e por sempre estarem ao meu lado.

À meu marido e amigo José Evanaldo Lima Lopes pela compreensão, apoio e carinhos dedicados nos momentos difíceis e alegres pelos quais enfrentei no período da Pós Graduação.

Aos meus amigos e irmãos Francisca Lucia Maciel dos Santos e Francisco Helder Maciel dos Santos que sempre me apoiaram e ao meu sobrinho José Caio Wendel Barbosa dos Santos. Aos meus familiares, principalmente a tia Lucimeire Maciel, Luciana Maciel e Juciana Maciel que sempre me acolheram nas horas em que precisei.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) pela oportunidade de realização cursar o Mestrado.

Ao Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, pela confiança, amizade, orientação e apoio na realização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro, pela co-orientação durante o mestrado.

Aos Professores que contribuíram com meu aprendizado durante as disciplinas do mestrado, ao Leonardo de Almeida Monteiro, Danilo Roberto Loureiro, Carlos Alessandro Chioderoli, Daniel Albiero e Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima.

Aos membros da banca examinadora pela valiosa contribuição ao trabalho.

Aos colegas que contribuíram com o experimento de campo Elivânia Maria, José Evanaldo, Jean Lucas, Isabela de Oliveira.

Ao senhor Geraldo de Souza Mota por disponibilizar o protótipo para a realização dos ensaios.

Aos operadores de tratores agrícolas do setor de mecanização do Departamento de Engenharia Agrícola, Junior Freitas (Emanuel), Sandoval Bezerra e Deleon Santiago pelo apoio nas atividades de campo e ao meu amigo Sousa que já não está aqui conosco, mais que contribuiu muito para a realização desse trabalho.

RESUMO

No Nordeste brasileiro é frequente o deslocamento dos jovens da zona rural para as cidades a procura de melhores condições de trabalho, com isso torna-se cada vez mais escasso a mão de obra empregada na agricultura familiar. O quadriciclo agrícola foi desenvolvido para ser utilizado por agricultores familiares, contribuindo para suprir a escassez da mão de obra existente, idealizando atividades desenvolvidas em pequenas áreas. No entanto, a avaliação do quadriciclo se faz necessário para melhor conhecimento do desempenho energético e operacional da maquina. Objetivou-se no presente trabalho avaliar o desempenho do quadriciclo agrícola em pista de concreto utilizando, quatro marcha (1^a, 2^a, 3^a e 4^a) e três variações de cargas de (0, 200 e 400 kg) com duas rotações no motor (2800 e 3600 rpm). O experimento foi conduzido na pista de concreto do LIMA - Laboratório de Investigação de Acidente com Máquinas Agrícolas na Universidade Federal do Ceará localizada na cidade de Fortaleza-Ceará. Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC, com arranjo fatorial de 4x3x2 com cinco repetições em cada tratamento. Para realizar a análise descritiva e para o teste de normalidade utilizou-se o software Assistat[®] e quando os dados não apresentaram normalidade, utilizou-se o software Minitab 17[®] para a confecção dos gráficos de Média Móvel Exponencialmente Ponderada - MMEP. Após a análise dos resultados dos ensaios na pista de concreto conclui-se que o patinamento dos rodados traseiros do quadriciclo agrícola apresentou valores crescentes conforme o aumento de escalonamento das marchas. Os maiores valores de velocidades foram encontrados com o aumento da rotação, e com escalonamento das marchas, sendo a rotação 2 e as marcha 3 e 4 apresentaram maiores valores com respectivamente 10,97 Km/h e 12, 44 Km/h. Para o consumo horário de combustível a rotação 2 aumentou em média 60% o consumo horário de combustível em relação a rotação 1, de acordo com a variação das marchas 1, 2, 3 e 4 houve aumento de consumo horário de combustível. Os valores médios do consumo específico de combustível apresentaram menores valores nas marchas que apresentaram menor velocidade de deslocamento. A medida que aumentou a rotação aumentou a força na barra de tração. Observou-se ainda que a força na barra de tração aumentou conforme o escalonamento das marchas e o aumento da carga aplicada na barra de tração. Quanto a potencia na barra de tração verificou-se que na rotação 2 obteve-se valores maiores de potencia. E que aumentando a carga e escalonamento das marchas também aumentou a potencia na barra de tração.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Consumo de combustível. Potência na barra.

ABSTRACT

In the Brazilian Northeast, the displacement of young people from rural areas to cities in search of better working conditions is frequent, with the result that the labor force used in family agriculture is becoming scarcer. The agricultural quadricycle was developed for use by family farmers, contributing to supply the shortage of existing labor, idealizing activities developed in small areas. However, the evaluation of the quadricycle is necessary for a better knowledge of the energetic and operational performance of the machine. The objective of this study was to evaluate the performance of the agricultural quadricycle in a concrete track using four gears (1a, 2a, 3a and 4a) and three load variations (0, 200 and 400 kg) with two engine rotations (2800 And 3600 rpm). The experiment was conducted on the concrete runway of LIMA - Laboratory of Agricultural Machine Accident Investigation at the Federal University of Ceará located in the city of Fortaleza, Ceará. The completely randomized design - DIC was used, with a factorial arrangement of 4x3x2 with five replications in each treatment. To perform the descriptive analysis and for the test of normality, the software Assistat® was used and when the data did not present normality, Minitab 17® software was used to make Exponentially Weighted Moving Average (MMEP) charts. After the analysis of the results of the tests in the concrete track, it was concluded that the skidding of the rear wheels of the agricultural quadricycle presented increasing values as the scale of the gears increased. The highest values of velocities were found with the increase of the rotation, and with the scheduling of the gears, being the rotation 2 and the march 3 and 4 presented higher values with respectively 10.97 km / h and 12, 44 km / h. For hourly consumption of fuel, rotation 2 increased by an average of 60% the fuel consumption per hour in relation to the rotation 1, according to the variation of gears 1, 2, 3 and 4 there was an increase in hourly fuel consumption. The average values of the specific fuel consumption presented lower values in the gears that presented lower speed of displacement. As the rotation increased, the force on the drawbar increased. It was also observed that the force on the drawbar increased as the lifts were scaled and the load applied to the drawbar increased. As for the power in the drawbar it was verified that in the rotation 2 obtained greater values of power. And that increasing the load and staggering of the gears also increased the power in the drawbar.

Keywords: Family farming. Fuel consumption. Power in the bar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Pista experimental.....	30
Figura 2 –	Vista lateral do quadriciclo utilizado no experimento.....	31
Figura 3 –	Comboio utilizado para os ensaios.....	31
Figura 4 –	Determinação do patinamento.....	32
Figura 5 –	Medidor do consumo de combustível.....	33
Figura 6 –	Vista lateral do quadriciclo agrícola equipado com as provetas para medição do consumo de combustível.....	33
Figura 7 –	Câmera digital.....	34
Figura 8 –	Tacômetro digital.....	34
Figura 9 –	Célula de carga marca HBM.....	35
Figura 10 –	Sistema de aquisição de dados da HBM modelo QuantumX MX804A...	35
Figura 11 –	Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g.kW.h^{-1}) para os tratamentos T1 (M1C1R1), T2 (M2C1R1), T3 (M3C1R1) e T4 (M4C1R1).....	46
Figura 12 –	Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g.kW.h^{-1}) para os tratamentos T5 (M1C2R1), T6 (M2C2R1), T7 (M3C2R1) e T8 (M4C2R1).....	47
Figura 13 –	Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g.kW.h^{-1}) para os tratamentos T9 (M1C3R1), T10 (M2C3R1), T11 (M3C3R1) e T12 (M4C3R1).....	49
Figura 14 –	Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g.kW.h^{-1}) para os tratamentos T13 (M1C1R2), T14 (M2C1R2), T15 (M3C1R2) e T16 (M4C1R2).....	50
Figura 15 –	Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g.kW.h^{-1}) para os tratamentos T17 (M1C2R2), T18 (M2C2R2), T19 (M3C2R2) e T20 (M4C2R2).....	52
Figura 16 –	Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g.kW.h^{-1}) para os tratamentos T21 (M1C3R2), T2 (M2C3R2), T23 (M3C3R2) e T24 (M4C3R2).....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Siglas dos tratamentos utilizados.....	36
Tabela 2 –	Estatística descritiva básica das variáveis, Pt – Patinamento em (%); V – velocidade em (Km/h); Ch - Consumo horário em (L/h); Cesp – consumo específico em (g,kW,h ⁻¹); F - Força em (kN); P - Potência em(kW).....	41
Tabela 3 –	Valores médios da análise de variância da variável patinamento.....	42
Tabela 4 –	Valores médios da análise de variância da variável velocidade.....	43
Tabela 5 –	Valores médios da análise de variância da variável consumo horário de combustível.....	44
Tabela 6 –	Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h ⁻¹) para os tratamentos T1 (M1C1R1), T2 (M2C1R1), T3 (M3C1R1) e T4 (M4C1R1).....	45
Tabela 7 –	Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h ⁻¹) para os tratamentos T5 (M1C2R1), T6 (M2C2R1), T7 (M3C2R1) e T8 (M4C2R1).....	47
Tabela 8 –	Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h ⁻¹) para os tratamentos T9 (M1C3R1), T10 (M2C3R1), T11 (M3C3R1) e T12 (M4C3R1).....	49
Tabela 9 –	Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h ⁻¹) para os tratamentos T13 (M1C1R2), T14 (M2C1R2), T15 (M3C1R2) e T16 (M4C1R2).....	50
Tabela 10 –	Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h ⁻¹) para os tratamentos T17 (M1C2R2), T18 (M2C2R2), T19 (M3C2R2) e T20 (M4C2R2).....	51
Tabela 11 –	Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h ⁻¹) para os tratamentos T21 (M1C3R2), T22 (M2C3R2), T23 (M3C3R2) e T24 (M4C3R2).....	53
Tabela 12 –	Valores médios da análise de variância da variável força na barra de tração.....	55
Tabela 13 –	Valores médios da análise de variância para variável potência na barra de tração.....	56

LISTA DE SIGLAS

ASAE	American Society of Agricultural Engineerig (Sociedade Americana de Engenharia Agrícola)
ASABE	American Society of Agricultural and Biological Engineers (Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos)
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização das Nações Unidas para a Agricultura)
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LIMA	Laboratório de Investigação de Acidentes com Maquinas Agrícolas
MMEP	Média Móvel Exponencialmente Ponderada
RPM	Rotações Por Minuto

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	Agricultura familiar.....	16
2.2	Micro trator.....	18
2.3	Avaliação e estimativas do desempenho de tratores.....	19
2.4	Eficiência energética em tratores e micro tratores agrícolas.....	21
2.5	Patinamento dos rodados.....	23
2.6	Consumo de combustível.....	24
2.7	Força de tração.....	26
2.8	Instrumentação eletrônica utilizados em ensaios com máquinas agrícolas.....	28
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1	Material.....	30
3.1.1	Localização da área experimental.....	30
3.1.2	Descrição do clima da região.....	30
3.1.3	Pista de concreto.....	30
3.1.4	Quadriciclo agrícola.....	31
3.1.5	Comboio utilizado nos ensaios.....	31
3.1.6	Determinação do patinamento.....	32
3.1.7	Medidor de consumo de combustível.....	33
3.1.8	Mensuração da velocidade de deslocamento.....	34
3.1.9	Identificação da rotação do motor.....	34
3.1.10	Força de tração média.....	35
3.2	Métodos.....	36
3.2.1	Delineamento Experimental.....	36
3.2.2	Análise estatística.....	37
3.2.3	Patinamento dos rodados.....	38
3.2.4	Velocidade de deslocamento.....	38
3.2.5	Consumo horário de combustível.....	39
3.2.6	Consumo específico de combustível.....	39
3.2.7	A força de tração média.....	40

3.2.8	Potência disponível na barra de tração.....	40
4.	RESULTADOS E DISCURSSÃO.....	41
4.1	Análise descritiva.....	41
4.2	Patinamento dos rodados.....	42
4.3	Velocidade de deslocamento.....	43
4.4	Consumo horário de combustível.....	44
4.5	Consumo específico de combustível.....	45
4.6	Força na barra de tração.....	55
4.7	Potência na barra de tração.....	56
5.	CONCLUSÕES.....	58
	REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

O deslocamento de parte da população do campo para os centros urbanos, principalmente jovens, em busca de melhores condições financeiras é frequente no Nordeste brasileiro ocasionando redução da mão de obra familiar empregada na agricultura.

Tendo em vista que a agricultura pratica da em grande parte da região semi árida brasileira principalmente, no estado do Ceará, caracteriza-se por agricultura familiar em que os membros das famílias são responsáveis pela implantação e condução da lavoura, a escassez de mão de obra prejudica o desenvolvimento da agricultura atuante.

Nesse tipo de agricultura é comum a utilização de técnicas rudimentares e com custo reduzido, entretanto, em algumas áreas é comum a utilização de micro tratores que apresenta como vantagens baixo custo de aquisição e manutenção. Embora auxilie o agricultor na problemática de escassez da mão de obra no campo, o micro trator apresenta como desvantagem exigência de esforço do agricultor, que algumas operações agrícolas trabalha caminhando atrás da máquina.

Dentro de uma economia em que o custo final do produto e a qualidade interferem na sua comercialização, principalmente, na agricultura familiar no Nordeste brasileiro em que predominam pequenos módulos fiscais, torna-se indispensável informação sobre o desempenho de máquinas agrícolas adequadas a agricultura familiar principalmente, sobre otimização de sua utilização em pequenas lavouras.

Rompendo com os paradigmas baseando-se nas necessidades a níveis de tecnologias para produtores familiares, foi desenvolvido um protótipo de quadriciclo agrícola, para ser utilizado na agricultura familiar, permitindo o preparo de maiores áreas para o cultivo em curto intervalo de tempo se comparado ao trabalho manual, além de apresentar um menor custo na obtenção se comparado a máquinas de maiores potência.

Diante da necessidade dos agricultores familiares e da evolução tecnológica de máquinas de baixa potência, proporcionando maior praticidade nos tratos culturais na lavoura, faz-se necessário analisar métodos de estudo que vise um melhor desempenho operacional e energético do quadriciclo agrícola nas operações mecanizadas. Por meio de ensaios em pista de concreto e no campo com uso de tecnologias como sensores para coleta e análise de informações atuando como importantes ferramentas utilizadas na tomada de decisão.

Os ensaios com máquinas agrícolas fornecem importantes informações do desempenho operacional e energético durante a realização do trabalho, possibilitando uma melhor utilização do equipamento adquirido ao adaptá-lo as condições da região estudada.

O desempenho energético pode ser mensurado pela medição do consumo de combustível, em que diversos fatores podem contribuir satisfatoriamente para o desempenho do quadriciclo agrícola, como velocidade de operação, patinamento e pressão de inflação dos pneus.

O desempenho operacional pode ser verificado por meio de medições de força na barra e potência na barra de tração, no entanto, variáveis como potência do motor, patinamento dos rodados e velocidades de deslocamento podem influenciar nos resultados dos ensaios de campo.

Objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho operacional, energético de um protótipo de quadriciclo agrícola em pista de ensaio utilizando duas rotações, diferentes marchas de trabalho e três cargas na barra de tração.

2. REVISÃO LITERATURA

2.1 Agricultura familiar

A atividade agrícola é de grande importância na economia do Nordeste brasileiro onde gera 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).

As pequenas propriedades familiares, em geral, caracterizam-se pelo uso da força humana ou de tração animal, pela baixa intensidade no uso de capital e insumos externos e por um autoconsumo ainda relativamente grande (SAMAH et al., 1993). A utilização da tração animal representa uma forma de mecanizar, de forma bem eficiente, pequenas áreas e áreas acidentadas (LAZIA, 2012).

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. A utilização do trabalho assalariado, quando existe, se dá em caráter complementar.

Segundo a Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas - FAO (2014) a agricultura familiar consiste em um meio de organização das produções agrícola, florestal, pesqueira, pastoril e aquícola que são gerenciadas e operadas por uma família e predominantemente dependente de mão de obra familiar, tanto de mulheres quanto de homens. Quando se fala em agricultura familiar pressupõe-se que esta é constituída de uma unidade de produção onde a propriedade e o trabalho estão intimamente ligados à família (SAVOLDI; CUNHA, 2010).

A agricultura familiar no Brasil, hoje, produz a maior parte dos alimentos que abastecem a mesa dos Brasileiros. Segundo levantamentos feitos, cerca de 70 por cento dos alimentos que chegam à mesa das famílias brasileiras são produzidas na pequena propriedade rural familiar (GABOARDI JUNIOR, 2013).

De acordo com o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará- IPECE, (2009), no ano de 2007, a maioria dos estabelecimentos rurais encontram-se na faixa de 10 a 500 hectares, dado que tanto em número de estabelecimentos como em área, eles representam a grande maioria: 68,70% e 68,45% respectivamente.

Em estudos realizado por Guanzioli et al. (2012), em que subsistem as limitações tecnológicas e fundiárias entre os agricultores familiares de modo geral. Uma parcela

significativa dos familiares possui pouca terra, fator esse que se verificou como um limitante na expansão de sua renda. E de acordo com Andrade *et al.* (2010), as regiões semiáridas do globo terrestre se caracterizam pelo déficit hídrico e por um elevado saldo positivo de energia solar, no entanto o nordeste brasileiro tem fatores determinantes específicos, tais como: solos rasos, alta demanda evaporativa retirada da cobertura vegetal e organização social.

Devido à natureza sazonal do trabalho agrícola, as máquinas agrícolas são utilizadas durante relativamente curtos períodos do ano. Com o crescimento na dimensão média das explorações, máquinas de alta capacidade são necessárias para realizar as tarefas durante estes períodos curtos (SRIVASTAVA *et al.*, 2006).

Na década de 80 Muzilli e Shiki (1985), afirmaram que as tecnologias geradas pela pesquisa moderna eram dirigidas basicamente aos grandes produtores onde o mesmo autor citava a necessidade de se ajustar o modelo organizacional das instituições de pesquisa agropecuária, visando a adequação filosófica e metodológica do trabalho para atendimento às necessidades de desenvolvimento da pequena propriedade.

Para 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.

O conceito de modernização não pode se restringir aos equipamentos usados e sim, deve levar em conta todo o processo de modificações ocorrido nas relações sociais de produção (TEIXEIRA, 2005).

Segundo Filho (2004) em relação à agricultura familiar, o tamanho da propriedade é fundamental. Algumas tecnologias são indivisíveis e superam a capacidade de utilização eficiente nos limites da propriedade individual. Ainda segundo o mesmo autor sua utilização eficiente depende do acesso por meio de uso cooperativo, condições que nem sempre estão presentes. O autor complementa que o sucesso de uma tecnologia agrícola depende da sua adequação e compatibilidade com as condições físico-ambientais da propriedade.

Uma solução para a mecanização da pequena propriedade brasileira é desenvolver uma máquina de cultivo conservacionista econômica e leve que possa ser acoplada a um motocultor (2 rodas) ou um micro-trator (4 rodas), com menos de 30 cv (22 kW) (MACIEL, 2004). De acordo com 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.

Para 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.

A agricultura familiar ocupa principalmente pequenas unidades de terra e torna-se a maior parte do número total de estabelecimentos rurais no país. Seu maior desafio é adaptar e organizar o seu sistema de tecnologias de produção com que estão disponíveis no mercado (MEDEIROS, 2015).

2.2 Micro trator

De acordo com Nascimento (2012), o uso da tração animal na agricultura foi substituído pela força mecanizada a partir do momento que o animal começou a competir com o homem por alimento. Conforme a mesma autora a necessidade de uma maior produção e produtividade fez com que o pequeno produtor buscasse outras formas de tração, assim, começou a surgir no campo os microtratores.

Os microtratores de duas rodas são chamados de motocultivadores, ou mulas mecânicas com direção por meio de rabiças devido a sua semelhança com os implementos de tração animal, onde o agricultor caminha atrás do implemento (MACHADO *et al.*, 2010).

Tratores de rabiça ou tratores de duas rodas: possuem duas rodas motrizes e um par de rabiças para acionamento e comando do trator pelo operador, que o acompanha. A potência varia entre 7 e 14 cv e também é conhecido como motocultivadores ou cultivadores mecanizados (MONTEIRO, 2013).

De acordo com ICEPA (2012), no Brasil os principais implementos e máquinas disponíveis para microtratores e motocultivadores são: arado de aivecas, enxadas rotativas, rotoencanteirador, pulverizadores e carretas.

A agricultura familiar possui como particularidade a diversificação das atividades, onde torna-se necessário como fonte de potência o emprego de tratores de rabiças. Com o micro trator torna possível abranger uma maior área em menor tempo quando comparado com a utilização da fonte de tração animal (MORAIS *et al.*, 2009)

Para Araujo (2013), os microtratores são ideais para o trabalho realizado em pequenas áreas. Caracteriza-se pelo baixo custo de aquisição e manutenção, baixa potência, baixa força de tração, proporciona menor esforço físico por parte do agricultor além de minimizar o problema da escassez de mão de obra.

O micro trator é uma importante fonte de potencia utilizado para aperfeiçoar o trabalho do agricultor. Trata-se de um veículo de menor porte, ágil e com capacidade para minimizar o problema da escassez de mão de obra (RODRIGUES *et al.*, 2006).

São também empregados para dar suporte aos diferentes sistemas de produção, principalmente em áreas de difícil acesso ou com espaço restrito, como jardins, estufas e galpões aviários (NAGASAKI; NONAKA, 1999).

O trator deve ter potência suficiente para acionar e tracionar máquinas ou implementos que, por outro lado, devem ter tamanhos e características compatíveis com o trator (SANTOS, 2010a).

O poder de tração do microtrato é muito baixa, o que limita seu uso a apenas alguns tipos de equipamento, para ser tracionados (SURESH; VARSHNEY, 2005). De acordo com os mesmos autores, as razões para o baixo consumo de energia de tração são atribuídas ao baixo peso do trator e o emprego de rodados de tamanho reduzido como dispositivos de tração.

Segundo a EMBRAPA (2015), máquinas e equipamentos agrícolas adequados para unidades produtivas de pequeno porte, voltados para a conservação e recuperação do solo, proporcionam aos agricultores maior conforto na execução das tarefas, humanizando seu trabalho e atraindo a atenção dos mais jovens.

De acordo com Araujo *et al.*, (2012), nas pequenas propriedades rurais, em que a agricultura familiar se faz presente com atividades diversificadas, o microtrator, popularmente conhecido como “Tobata” é importante instrumento na execução das principais atividades, pois segundo a mesma autora, aumenta a produtividade, diminui o tempo e os custos de produção, além de reduzir substancialmente, a demanda de esforço físico do homem do campo.

2.3 Avaliação e estimativas do desempenho de tratores

Testes de potência de motores e ensaios em condições reais de trabalho vêm sendo feitos desde o início da mecanização agrícola, visando ao rendimento dos tratores agrícolas (LINARES, 1996).

Considerando o desempenho dos tratores agrícolas Rinaldi (2011), relata que uma análise detalhada das informações contidas nas especificações técnicas e as medições de certas características possibilitariam o conhecimento do real potencial de cada modelo de trator, em condições estáticas.

Embora os agricultores não possam controlar todas as variáveis que influenciam os custos de produção, existem áreas que podem ser controladas e aperfeiçoadas. Uma dessas áreas são a operação e manejo das máquinas agrícolas, tais como a seleção adequada do conjunto trator e máquina agrícola (GREEN *et al.*, 1985).

Para Silva *et al.* (1997), o objetivo da avaliação do desempenho de tratores agrícola, em ensaios de campo, tem sido gerar informações que possibilitem dimensionar e racionalizar o uso de conjuntos moto mecanizados na agricultura.

Em conformidade com Garcia *et al.* (2005), é importante conhecer a capacidade da máquina, a fim de selecionar a potência e os equipamentos que desempenharão as operações agrícolas em tempo hábil, evitando, dessa forma, custos adicionais com máquinas superdimensionadas.

Gamero e Lanças (1996) citam algumas variáveis que podem ser mensuradas para se avaliar o desempenho operacional de máquinas de mobilização periódica do solo. Dentre eles estão: largura de corte (teórica, efetiva e operacional), velocidade de deslocamento, força de tração, consumo horário de combustível, consumo específico operacional, consumo de combustível por área trabalhada, patinação das rodas motrizes, resistência específica operacional e capacidade de campo efetiva.

Para Pacheco (2000) o propósito da seleção de máquinas agrícolas, neste caso relacionadas ao preparo do solo e estabelecimento da cultura é, sobretudo, a realização dessas operações da forma mais racional possível, levando-se em conta a capacidade operacional e a eficiência de campo, com aumento de desempenho e máximo de economia na sua utilização.

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

Segundo Santos (2006), para que se faça uma avaliação por meio de um sistema de instrumentação, seja mecânico ou eletrônico, é necessário que se tenha instalados instrumentos capazes de fazer a medição dos dados que se deseja avaliar e comparar. Portanto, é necessário um sistema de aquisição de dados para coletar informações, como consumo e temperatura de combustível, velocidade de deslocamento, potência e força de tração, patinamento e outros parâmetros.

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.

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 conseqüente incremento do consumo específico de combustível.

Quanto maior o ajuste da potência disponível do trator com a potência requerida pelo equipamento sob determinadas condições de trabalho, mais eficiente será a seleção da máquina (SERRANO *et al.*, 2003).

Estudo das operações agrícolas, levando-se em conta a capacidade de trabalho e a eficiência de campo, visa racionalizar o emprego das máquinas, implementos e ferramentas na execução dos trabalhos (SILVEIRA 2006).

Dá-se o nome de desempenho operacional a um complexo conjunto de informações que definem, em termos quali-quantitativos, os atributos da maquinaria agrícola quando executam operações sob determinadas condições (FOLLE; FRANZ, 1990).

De acordo com Silveira (2006), máquinas usadas em conjunto deverão ser adequadas umas às outras; por exemplo, um trator deverá ser capaz de fornecer a quantidade exata de potência para puxar ou acionar toda a gama de implementos ou máquinas selecionadas para o trabalho em combinação, na melhor velocidade de operação possível. Segundo o mesmo autor, deste modo atende a capacidade de trabalho da máquina, a eficiência de campo e os requisitos de potência, sendo fatores fundamentais no gerenciamento da utilização da maquinaria agrícola.

Para Fiorese *et al.* (2015) a avaliação de desempenho de tratores agrícolas, levando-se em consideração a condição do solo, é importante para identificar a máxima capacidade de tração e o consumo de combustível de acordo com os níveis de esforços exigidos.

2.4 Eficiências energéticas em tratores e micro tratores agrícolas

Ao relatar a importância da mecanização agrícola Lopes (2015) afirma que o trator é uma máquina que apresenta grande versatilidade, podendo ser empregado no campo

para o preparo do solo, colheita, transporte de produtos, equipamentos dentre outras funções indispensáveis para uma boa condução da lavoura.

Segundo Salvador *et al.*(2008) em uma propriedade agrícola é importante conhecer a demanda de potência de cada implemento utilizado. Isso é necessário para determinar a potência requerida nos tratores que irão realizar as operações.

Para Nascimento (2012), o conhecimento da eficiência energética do microtrator poderia ser mais um item a ser considerado em sua seleção. Ainda de acordo com a mesma autora, há uma necessidade de realizar ensaios em microtratores ou cultivadores motorizados, de modo a obter parâmetros e posteriormente adaptá-los as condições de solo da nossa região e fornecer informações ao produtor na hora da escolha da máquina.

Segundo Monteiro (2009), uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar a energia química contida nos combustíveis e fornecê-la na forma de energia mecânica, através da força produzida na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas e equipamentos agrícolas.

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.

Para Silva e Benez, (1997) o monitoramento do desempenho do trator tem sido do interesse de pesquisadores a mais de três décadas, tendo como objetivo principal otimizar o desempenho do trator para aumentar a eficiência durante a realização do trabalho.

A utilização correta do conjunto moto-mecanizado, trator-equipamento, pode gerar uma significativa economia de consumo de energia e, portanto, menor custo operacional e maior lucro (MONTEIRO; ALBIERO, 2012).

De acordo com Fett (2000), a produção agrícola desenvolve-se em um processo sucessivo de tomadas de decisão pelo produtor, que necessita escolher quando e como realizar os procedimentos recomendados pela pesquisa ou técnicos, podendo ainda optar pela execução ou não de determinadas atividades.

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

Lima (2015), relata que a habilidade de uma máquina para desempenhar eficientemente sua função, trabalhando em qualquer ambiente, é um critério importante que afeta decisões sobre o seu gerenciamento. Segundo a mesma autora é necessário que haja uma redução do tempo de trabalho, uma redução no consumo de combustível e por consequência se tenha um aumento na lucratividade da atividade.

De acordo com Fiorese (2015), em geral, nos motores agrícolas, o maior consumo de combustível é atingido próximo à rotação de potência máxima e com o acelerador totalmente acionado, tendendo a reduzir o consumo com a queda de rotação do motor.

Para Souza (2013), avaliando o 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. Segundo o referido autor, dentro de uma economia global, na qual se insere a agricultura brasileira, a importância e a difusão de informações são essenciais para tomada de decisões, principalmente quando estão relacionadas à otimização da relação entre custo e benefício.

Serrano (2007) avaliando o desempenho energético de tratores agrícolas e implementos em trabalho, e observou que o consumo específico é um parâmetro previsível e pouco variável em determinadas condições de trabalho, tal como em regime semelhante de funcionamento do motor.

2.5 Patinamento dos rodados

Conforme Mialhe (1991) e Gamero e Lanças (1996), o patinamento é a denominação que se dá ao deslizamento entre a superfície da banda de rodagem e o solo, sendo ela um fator determinante para que ocorra a tração.

Conforme Herzog *et al.* (2002), nos tratores agrícolas a patinamento 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.

Para Russini (2009) um dos problemas que afeta o desempenho do trator é o patinamento das rodas motrizes, ao qual estão diretamente relacionados à diminuição da força de tração e o aumento no consumo de combustível.

O patinamento de uma roda motriz é a variação da velocidade de avanço da roda em relação a uma velocidade de referência estabelecida. A velocidade tida como referência

recebe o nome de velocidade teórica, sendo que a desenvolvida nas condições de trabalho é denominada velocidade real (LINARES *et al.*, 2006).

Para Corrêa *et al.* (1999) durante uma operação agrícola, o patinamento pode ser facilmente visualizada pelo movimento giratório das rodas motrizes do trator, com pequeno ou nenhum avanço das mesmas, o que acontece devido à falta de aderência das rodas com o solo. Para que ocorra tração é necessário que exista patinagem, entretanto, se esta ultrapassar determinados limites, pode ocorrer perda da aderência e redução da tração dos rodados (LANÇAS; UPADHYAIA, 1997).

Gabriel Filho *et al.* (2004), realizaram trabalhos de tração em solos agrícolas e concluíram que os índices de patinamento são menores com consequente aumento da eficiência de tração para condições superficiais onde se tenha menor quantidade de matéria seca.

Segundo Monteiro (2008) ao avaliar o desempenho operacional e energético de um trator agrícola encontrou os menores valores de patinamento na pista com superfície firme, esses resultados segundo o mesmo autor demonstram que as condições da superfície do solo podem alterar significativamente o esforço tratório, pois a tração está diretamente relacionada à patinagem do trator.

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

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

Zoz e Grisso (2003), analisando parâmetros relacionados com a teoria da tração, obtiveram gráficos de patinamento com comportamento exponencial em função da carga na barra de tração do trator, reduzindo a eficiência trativa para condições de alta patinagem.

2.6 Consumo de combustível

De acordo Sombra (2013) o consumo de combustível pode ser expresso como unidade de volume por unidade de tempo ($L \cdot h^{-1}$), unidade de massa por unidade de tempo ($kg \cdot h^{-1}$), porém, devido à diferença de temperatura ao longo da jornada de trabalho, a densidade do combustível pode variar, causando uma variação no consumo medido.

A mensuração da quantidade de combustível consumida constitui-se um dos mais importantes aspectos da avaliação do rendimento de um motor, ou seja, do seu desempenho como máquina térmica conversora de energia (MIALHE, 1996). O consumo específico de combustível é um dos indicadores mais consistente para a avaliação do desempenho de um trator (CORDEIRO, 2000).

O consumo de combustível varia em função de vários fatores, entre eles: adequação e condição do conjunto trator-implemento, 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.*, 1999; NAGAOKA *et al.*, 2002).

Araújo (2013) avaliou o desempenho operacional e energético de um micro trator observou que houve diferenças significativas no consumo de combustível quando se trabalharam nas diferentes marchas. O consumo de combustível para a 1ª marcha variou de 3,09 a 3,60 L.h⁻¹; 3,63 a 3,91 L.h⁻¹ para a 2ª marcha e 3,79 a 4,20 L.h⁻¹ para a 3ª marcha. Hanson *et al.* (2003) determinaram diferentes valores de consumo de combustível para o mesmo tipo de trabalho, em marchas distintas, orientando os usuários a reduzirem o consumo.

Lacerda (2014), avaliando a demanda energética de um trator de rabiças observou que na velocidade de 2,65 km h⁻¹, houve um aumento significativo no consumo horário de combustível de 2,14 l h⁻¹ quando comparado à velocidade de 1,76 km h⁻¹ que foi de 1,48 l h⁻¹. Segundo o mesmo autor este maior consumo de combustível horário se deu em função do trator ter sido mais exigido em potência na maior velocidade de operação, deste modo, necessitou de maior consumo de combustível para suprir a necessidade de potência requerida.

Conforme Lopes *et al.* (2003), o consumo específico é um parâmetro que permite a comparação de tratores distintos e quanto maior o valor, menor é a eficiência da conversão energética do combustível. Márquez (2012), acrescenta que o consumo específico de combustível, em função da demanda de tração, não possui comportamento linear e pode ser afetado pela patinação dos rodados motrizes.

Os motores a diesel apresentam maior eficiência em baixas rotações, em função da maior capacidade em admitir oxigênio (comburente), maior tempo para completar o ciclo da combustão e em função do menor atrito entre os componentes dinâmicos e estáticos do motor (MÁRQUEZ, 2012). Neste sentido, complementa Fiorese (2015), motores que operam em menores regimes de rotação tem grande tendência à um menor consumo de combustível.

Cortez *et al.* (2008) observaram que o uso de marchas de menores velocidade promoveram menor consumo de combustível devido a baixa potência exigida. Em relação ao consumo específico segundo o mesmo autor também foi afetado pelas marchas, em que a

marcha de menor velocidade apresentou maior consumo de combustível, devido ao maior tempo para realizar a operação em uma determinada área.

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.

De acordo com Jenane *et al.* (1996), uma forma de minimizar o consumo de energia, é operar o conjunto mecanizado a uma relação de tração mínima e na sua máxima eficiência trativa, para assegurar o mínimo consumo específico de combustível.

Na realização de ensaios são avaliadas inúmeras variáveis, as quais são expressas em valores e grandezas das mais diversas ordens resultantes de medidas e avaliações (MIALHE, 1996). Para Souza (2013), o monitoramento do desempenho do trator é algo de extremo interesse e que objetiva otimizar sua utilização para aumentar a eficiência de utilização do combustível no intuito de maximizar a quantidade de trabalho produzido por unidade de combustível consumido.

Avaliando o desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor, Almeida *et al.* (2010), concluiu que o consumo de combustível é menor quando se trabalha com baixa rotação do motor e baixa velocidade. Segundo o mesmo autor ao aumentar a velocidade variando rotações do motor, houve incremento de 38,1%, 38,4% e 36,2%, respectivamente, para volume consumido por parcela, consumo horário e específico.

Salvador *et al.* (2009) avaliando o consumo de combustível na operação de subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo, obteve resultados em que, as operações de preparo do solo, com arado, grade aradora e escarificador, proporcionaram melhor conversão energética quando utilizados antes da subsolagem, pois obteve menores valores de consumo específico de combustível obtendo melhor desempenho.

Nagaoka *et al.* (2002), ao comparar o consumo de combustível de um trator em diferentes tipos de preparo do solo, obteve o maior consumo de combustível do trator quando se utilizou o método convencional (aração e gradagem) em relação à área sob o sistema de plantio direto.

2.7 Força de tração

Para Liljedahl *et al.* (1996), os rendimentos máximos obtidos na barra de tração apresentam grande valor por serem o mais útil critério de desempenho mensurável dos tratores agrícolas. Isso se deve à versatilidade deste equipamento, representada pelo grande número de implementos e máquinas acionados pelo mesmo.

A qualidade de trabalho de um trator pode ser expressa pelo rendimento de tração, que é a relação entre a potência disponível na barra de tração e a potência fornecida pelo motor (SANTOS, 2010b). Segundo Soranso (2006), apesar da grande versatilidade, a barra de tração é menos eficiente que a tomada de potência e o sistema hidráulico para fornecimento da potência disponibilizada pelo motor.

Para Monteiro *et al.* (2013) existem diferenças entre o desempenho de tração e o desempenho do trator. O desempenho do trator é proporcional ao desempenho dos mecanismos de tração, mas não igual a ele; portanto, para se obter o desempenho de tração é necessário conhecer a potência disponível no dispositivo de tração.

De acordo com Gabriel Filho (2004), entre os fatores que interferem na tração, a condição da superfície do solo é um fator determinante, todavia nos modelos propostos para determinar a eficiência de um trator em desenvolver tração em condições de campo, não se contempla o tipo de cobertura vegetal presente sobre o solo. O autor destaca ainda a importância de conhecer o desempenho sobre cobertura vegetal devido aos grandes avanços em termos de área dos sistemas conservacionistas, entre eles o plantio direto.

Naderloo *et al.* (2009) avaliando o efeito da velocidade de deslocamento e da profundidade de trabalho, obtiveram que a força média demandada por cada implemento avaliado, aumentou em função do aumento do nível de profundidade de trabalho.

Yanai *et al.* (1999), ressaltam que a eficiência de tração pode variar em função de algumas propriedades do solo, como a textura e umidade, além da cobertura existente. Serrano (2007), com diversos modelos de tratores e em distintas condições de tração, mostrou um comportamento linear crescente do consumo de combustível em função do aumento da força de tração por unidade de largura de trabalho.

Determinando a força de tração, muitos parâmetros são avaliados com o objetivo de minimizar as perdas de potência desde o motor até a barra de tração e, com isso, conseguir o menor esforço de tração com máximo rendimento operacional, reduzindo, portanto, os custos operacionais de produção (SILVA, 1997).

Avaliando o rendimento de um trator agrícola com diferentes relações de peso/potência, sob diferentes regimes de cargas aplicadas na barra de tração Monteiro *et al.* (2013), afirmam que, uma das maneiras de se obter informações, principalmente no que diz

respeito ao seu desempenho de tração, o rendimento na barra de tração é frequentemente o mais usado para comparar ou avaliar tratores.

Segundo Mialhe (1980), a força de tração deve ser suficiente para vencer a resistência oferecida para movimentação do próprio trator bem como deslocar a carga imposta à barra de tração nas velocidades requeridas para o trabalho.

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.

Qualquer melhoria que puder ser feita com relação à transformação da potência do motor em potência de tração da forma mais eficiente possível contribuirá diretamente para a eficiência da produção agrícola e para a conservação e uso racional de energia (MAZIERO, 2010).

Segundo Pacheco (2000), a força de tração necessária é o principal fator a ser considerado para o cálculo da potência nominal que um trator deverá ter no motor para tracionar determinado equipamento.

2.8 Instrumentação eletrônica utilizados em ensaios com máquinas agrícolas

Para Fontes (2011), os fabricantes de tratores agrícolas têm se deparado com a necessidade de inovar tecnologicamente seus equipamentos e produtos para torná-los mais competitivos. De acordo o referido autor, os sistemas eletrônicos têm se mostrado como a solução encontrada pelos fabricantes de máquinas e implementos agrícolas, para o aumento da competitividade e satisfação de seus clientes, segundo o autor estes novos sistemas cooperam nas análises de desempenho e produtividade auxiliando a tomada de decisão dos profissionais.

As avaliações diretas do desempenho de tratores em condições de campo são obtidas através da instrumentação e monitoramento dos mesmos, permitindo assim a determinação de fatores diretamente relacionada com a eficiência de trabalho do trator (CORDEIRO, 2000).

Através dos dados coletados pode-se determinar o desempenho operacional do conjunto mecanizado, assim como uma avaliação de forma bastante rápida a fim de recomendação tanto para o usuário como para o fabricante (SORANSO, 2006).

De acordo com Silva *et al.* (2001), a instrumentação de máquinas agrícolas para a realização de ensaios de campo tem por finalidade a geração de informações, através de sensores instalados nos tratores e equipamentos, proporcionando o conhecimento de parâmetros que possibilitem dimensionar e racionalizar o uso desses conjuntos.

A aplicação de novas tecnologias no meio rural pode auxiliar no incremento de produtividade, de qualidade e de eficiência enquanto se busca a conservação, e preservação dos recursos naturais (CRESTANA; FRAGALLE, 2012).

Os ensaios são fundamentais para embasar a tomada de decisão sobre as mudanças que devem ser feitas na máquina visando melhorar a sua capacidade de trabalho (MIALHE, 1996). Estas decisões são feitas com base nos dados gerados pelos instrumentos utilizados durante as avaliações e permitem a obtenção do melhor desempenho produtivo e menor custo operacional do trator (SANDI, 2014).

Conforme Garcia *et al.* (2003), nos equipamentos que se deseja monitorar ou controlar são instalados os sensores que transformam um fenômeno físico em sinais elétricos. Segundo o mesmo autor os sinais elétricos produzidos variam de acordo com os parâmetros físicos que estão sendo monitorados e devem ser condicionadas para fornecer sinais apropriados as placas de aquisição de dados.

Antuniassi (2001), observou que o avanço do uso da eletrônica para o monitoramento e controle de sistemas agrícolas tem sido rápido, podendo ser considerado como uma revolução gerencial no uso dos equipamentos.

Segundo Guimarães (2003), o crescimento do emprego da eletrônica embarcada em máquinas agrícolas é motivado principalmente pela popularização do conceito de agricultura de precisão.

Para Silva e Benez (1997), o monitoramento do desempenho do trator tem sido do interesse de pesquisadores a mais de três décadas, tendo como objetivo principal otimizar o desempenho do trator para aumentar a eficiência durante a realização do trabalho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido na pista de concreto para ensaio de tratores na área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas - LIMA pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará. Com coordenadas geográficas: latitude 3°44' S e longitude 38°34' O e altitude de 25 metros do nível do mar.

3.1.2 Descrição do clima da região

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw' – tropical chuvoso; quente e úmido, caracterizado por temperaturas médias mensais superiores a 18°C e mais ou menos constantes no decorrer do ano, com amplitude térmica inferior a 5°C. (AQUINO, 2007).

3.1.3 Pista de concreto

A pista de concreto possui 200 metros de comprimento e 4 metros de largura totalizando 800 m² de área com declividade de 1% no sentido do comprimento, construída segundo a Norma OECD-Code2 (2008), conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1- Área experimental



Fonte: Google Earth 2017.

Fonte: Autora 2017.

3.1.4 Quadriciclo agrícola

Todos os ensaios foram realizados com um protótipo de quadriciclo agrícola desenvolvido para atuar na agricultura familiar, movido a diesel ou biodiesel, 4x2, partida elétrica e manual, potência de 6,61 kW (9cv) com motor Toyama[®] de 1 cilindro, dimensões aproximadas de 1650 mm de comprimento por 800 mm de largura, câmbio com 5 (cinco) marchas sincronizadas sendo 4 à frente e 1 de ré, diferencial e sistema de refrigeração a ar e massa total de 460 kg como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2-Vista lateral do quadriciclo utilizado no experimento



Fonte: Autora, 2017.

3.1.5 Comboio utilizado nos ensaios

Na avaliação da eficiência energética do quadriciclo utilizou-se um sistema de comboio composto por um microtrator da marca Yanmar Agritech[®], modelo TC14S, 2 x 2, potência de 10,3 kW a 2.400 rpm, massa total de 498 kg e um pulverizador de barra da marca Yanmar Agritech[®] com capacidade de 400 litros (Figura 3). Em que utilizou-se o pulverizador de barra para dar estabilidade de frenagem ao quadriciclo e oferecer cargas diferentes para os testes com o quadriciclo agrícola nos ensaios em campo.

Figura 3-Comboio utilizado para os ensaios



Fonte: Autora, 2017.

As cargas que foram impostas foram sem carga (comboio sem a adição de água ao pulverizador), 200 kg (comboio utilizando o pulverizador com 200 L de água) e 400 kg (comboio utilizado com o pulverizador contendo 400 L de água) conforme a Figura 4.

Figura 4-Quadriciclo e o comboio utilizado para os ensaios



Fonte: Autora, 2017.

3.1.6 Determinação do patinamento

Para a determinação do patinamento numerou-se as garras do pneu traseiro do quadriciclo em que totalizou 16 garras conforme observado na Figura 5, e com a utilização de uma câmera digital, filmou-se o número de voltas dadas pelo quadriciclo para percorrer um percurso de 30 m de comprimento na pista de ensaio, sem tracionar o equipamento (sem carga) e com o equipamento acoplado a barra de tração (com carga).

Figura 5-Determinação do patinamento

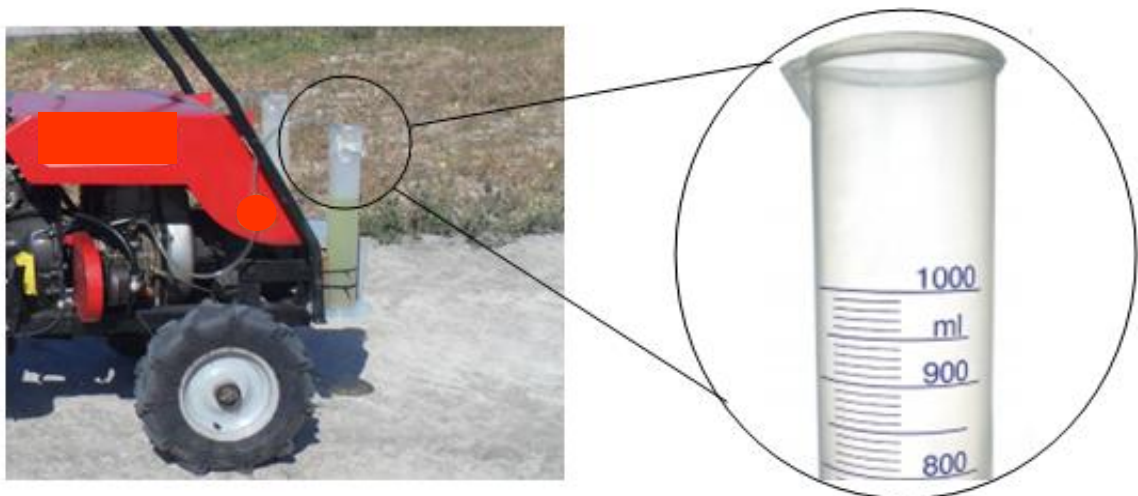


Fonte: Autora, 2017.

3.1.7 Medidor de consumo de combustível

O consumo de combustível foi mensurado utilizando uma proveta graduadas em milímetro instalado no sistema de alimentação e retorno do combustível. As provetas foram instaladas na frente do quadriciclo, o valor do consumo era obtido diretamente na proveta graduada anotada no início e no final de cada parcela em que se verificava o volume inicial e final, obtendo-se o consumo de combustível de cada parcela, o valor obtido foi dividido pelo tempo que o quadriciclo levou para percorrer a parcela, conforme a Figura 6.

Figura 6-Vista lateral do quadriciclo agrícola equipado com as provetas para medição do consumo de combustível



Fonte: Autora, 2017.

3.1.8 Mensuração da velocidade de deslocamento

Na mensuração da velocidade de deslocamento do conjunto quadriciclo-comboio marcou-se uma parcela de 30m de comprimento na pista de concreto, e foi utilizada uma câmera digital da marca SANSUNG®, 14.2 megapixels (Figura 7) que foi acionando e desligando de acordo com a passagem do rodado dianteiro lateralmente as estacas que delimitam o início e o final das parcelas experimentais.

Figura 7-Câmera digital



Fonte: Google, 2017.

3.1.9 Identificação da rotação do motor

Para mensurar a rotação do motor do quadriciclo agrícola utilizou-se um tacômetro foto contato/digital da marca MINIPA® modelo MDT 2238 (Figura 8), em que foi fixado uma fita na transmissão do quadriciclo onde verificou-se a rotação utilizada.

Figura 8-Tacômetro digital



Fonte: Autora, 2017.

3.1.10 Força de tração média

Para mensuração da força de tração foi utilizado uma célula de carga marca HBM® Controle e Automação, modelo S9M/10kN-1 com capacidade de 10 kN, precisão de $\pm 2\%$, sensibilidade nominal de 2mV/V e tensão de excitação de 10 V, onde foi tracionada entre o quadriciclo agrícola instrumentado e o sistema de comboios (micro trator + pulverizador (Figura 9).

Figura 9-Célula de carga marca HBM



Fonte: Autora, 2017.

Na coleta dos dados da célula de carga utilizou-se um sistema de aquisição de dados da HBM®, modelo QuantumX MX804A,(Figura 10) com capacidade de monitorar e registrar informações a uma frequência de 19.200Hz.

Figura 10- Sistema de aquisição de dados da HBM modelo QuantumXMX804A



Fonte: HBM, 2010.

3.2 Métodos

3.2.1 Delineamento Experimental

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado – DIC com um arranjo fatorial 4x3x2, sendo utilizando quatro marcha (1^a, 2^a, 3^a e 4^a) e três variações de cargas de (0, 200 e 400 kg) e duas rotações no motor do quadriciclo agrícola (2800 rpm e 3600 rpm) com cinco repetições por tratamento totalizando 120 parcelas experimentais, como descrito na Tabela 1.

Tabela 1-Siglas dos tratamentos utilizados

TRATAMENTOS	SIGLAS
T 1	M1C1R1
T 2	M2C1R1
T 3	M3C1R1
T 4	M4C1R1
T 5	M1C2R1
T 6	M2C2R1
T 7	M3C2R1
T 8	M4C2R1
T 9	M1C3R1
T 10	M2C3R1
T 11	M3C3R1
T 12	M4C3R1
T 13	M1C1R2
T 14	M2C1R2
T 15	M3C1R2
T 16	M4C1R2
T 17	M1C2R2
T 18	M2C2R2
T 19	M3C2R2
T 20	M4C2R2
T 21	M1C3R2
T 22	M2C3R2
T 23	M3C3R2
T 24	M4C3R2

Fonte: Autora, 2017.

Legenda: M1 = Marcha 1; M2 = Marcha 2; M3 = Marcha 3; M4 = Marcha 4; C1 = Carga 1 (0 Kg); C2 = Carga (200 Kg); C3 = Carga 3 (400 Kg); R1 = (Rotação de 2800 rpm) e R2 = (Rotação de 3600 rpm).

3.2.2 Análise estatística

Para análise estatística dos dados, utilizou-se o Delineamento Experimental Inteiramente Casualizado (DIC) em pista de ensaios, com 30m de extensão, com fatorial 4x3x2, sendo quatro marcha (M1, M2, M3 e M4), e três variações de cargas de (0, 200 e 400 kg) e duas rotações no motor do quadriciclo agrícola (2800 e 3600 rpm), constituindo 24 tratamentos, com cinco repetições cada totalizando 120 parcelas experimentais.

De posse dos dados, foi realizada a análise descritiva, utilizando-se o software estatístico Assistat 7.7 Beta[®] para verificar a normalidade dos dados em que foram analisados os coeficientes de assimetria e curtose.

Para os dados que apresentaram normalidade foi realizado a NOVA, para os que não apresentaram normalidade, utilizou-se à Média Móvel Exponencialmente Ponderada (MMEP) para avaliar a variabilidade existente entre as médias estudadas por meio do Software Minitab[®] – Versão 16. Montgomery (2004) propõe que dados não normais, ou seja, que não apresentaram normalidade quando avaliados sejam avaliados utilizando a Média Móvel Exponencialmente Ponderada (MMEP) para analisar a variabilidade das médias, conforme apresentada na Equação 1.

$$Z_i = \lambda \cdot \sum_0^{f-1} (1 - \lambda) \cdot X_{i,j} + (1 - \lambda) \cdot Z_0 \quad (1)$$

Em que:

z_i é o valor da média móvel ponderada;

x_i é o valor da característica medida;

λ é o peso considerado para a média, se refere à sensibilidade em captar pequenas mudanças na média.

O peso considerado para a média (λ) foi de 0,40, o mesmo utilizado em pesquisa realizada por Albiero (2010).

Conforme Montgomery (2004), as Equações 2 e 3 expressam os limites (superior e inferior) de controle do gráfico da MMEP.

$$LSC = \mu + L \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)} \cdot [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (2)$$

Em que:

LSC é o limite superior de controle;
 μ é a média do processo;
 L é a largura da faixa entre a média e o limite;
 σ é o desvio padrão da amostra.

$$LIC = \mu - L \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \cdot [1 - (1-\lambda)^{2i}]} \quad (3)$$

Em que:
 LIC é o limite inferior de controle;
 μ é a média do processo;
 L é a largura da faixa entre a média e o limite;
 σ é o desvio padrão da amostra.

3.2.3 Patinação dos rodados

A determinação da patinação dos rodados traseiro do quadriciclo agrícola foi obtida utilizando-se câmeras digitais para contar o número de volta de cada rodado tracionando o equipamento (com carga) e com o equipamento (sem carga) segundo Mialhe (1996) como descrito por meio da Equação 4.

$$PR = \left[\frac{n^1 - n^0}{n^1} \right] \times 100 \quad (4)$$

Em que:
 PR = Patinação dos rodados do trator (%);
 n^0 = Número de voltas dos rodados sem carga;
 n^1 = Número de voltas dos rodados com carga.

3.2.4 Velocidade de deslocamento

A verificação da velocidade média de deslocamento foi realizada cronometrando-se o tempo necessário para o conjunto trator-equipamento percorrer cada parcela de 30 metros

de comprimento e os valores da velocidade foi expressos em km h^{-1} , como descrito na Equação 5.

$$Vm = \frac{S}{T} \times 3,6 \quad (5)$$

Em que:

Vm = Velocidade média (km. h^{-1});

S = Espaço percorrido (m);

T = Tempo decorrido (s);

3,6= Fator de conversão de unidade.

3.2.5 Consumo de combustível

O consumo horário de combustível foi obtido como demonstrado 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^{-1});

q = Volume consumido na parcela (ml);

t = Tempo para percorrer a parcela (s);

3,6 = Fator de conversão de unidade.

3.2.6 Consumo de combustível

Para o consumo específico de combustível foi determinado de acordo com a Equação 7.

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

Em que:

CE = consumo específico de combustível (g. kW. h^{-1});

CH = consumo horário do combustível (L. h^{-1});

d = densidade do combustível (835 g. L⁻¹);

3.2.7 A força de tração média

Na determinação da força na barra de tração, os sinais gerados pela célula de carga foram armazenados no sistema de aquisição de dados do HBM modelo Quantum XMX804A, em seguida, transferidos para um computador para posteriormente serem analisados. A força média na barra de tração foi obtida por meio da Equação 8.

$$F = \left(\frac{\sum F_i}{\sum n} \right) \times 0,0098 \quad (8)$$

Em que:

F = Força média na barra tração (kN);

F_i = Força de tração instantânea (kgf);

n = Número de dados registrados;

0,0098= Fator de adequação.

3.2.8 Potência disponível na barra de tração

A determinação da potência disponível na barra de tração do quadriciclo agrícola foi efetuada o em função da força de tração e da velocidade de deslocamento, conforme a Equação 9.

$$Pb = \frac{Fm \times V}{3,6} \quad (9)$$

Em que:

Pb = Potência na barra (kW);

Fm = Força de tração média (kN);

V = Velocidade de deslocamento (km. h⁻¹).

3,6= Fator de conversão de unidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise descritiva das variáveis analisadas

Na Tabela 2 encontram-se os dados das análises descritivas das variáveis patinamento, velocidade, consumo horário de combustível, consumo específico de combustível, força na barra de tração e potência na barra de tração. Para Montgomery (2004) valores de simetria e curtose maiores que 2 e menores que -2, representam grande desvio da distribuição normal.

Tabela 2 - Estatística descritiva básica das variáveis, Pt – Patinamento em (%); V - velocidade em (Km/h); Ch - Consumo horário em (L/h); Cesp - Consumo específico em (g. kW. h⁻¹); F - Força em (kN) e P - Potência em (kW)

	Pt	V	Ch	Cesp	F	P
Observações	120	120	120	120	120	120
Média	2,48	8,90	4,36	3547,23	0,54	1,43
CV (%)	58,10	38,52	62,06	80,07	35,59	71,16
Variância	2,07	11,78	7,34	8067197,8	0,038	1,03
Desvio Padrão	1,43	3,43	2,71	2840,28	0,19	1,01
Mínimo	0,37	3,29	1,35	1017,21	0,245	0,12
Máximo	5,53	16,24	12,05	19071,54	1,13	4,17
Simetria	0,52	0,18	0,95	3,36	0,75	0,75
Curtose	-0,57	-1,03	-0,41	13,73	-0,15	-0,39

Pt – Patinamento em (%); V – velocidade em (Km/h); Ch - Consumo horário em (L/h); Cesp Consumo específico em (g,kW,h-1); F - Força em (kN); P Potência em (kW).

Conforme os resultados obtidos para os valores de simetria e curtose na tabela acima, verifica-se que todos os dados apresentaram normalidade com exceção ao consumo específico de combustível que apresentou valores superiores a 2 e -2.

De acordo com Albiero (2010) em casos de comprovação da não normalidade dos dados a análise de variância não se torna uma ferramenta estatística indicada para avaliação dos dados. Assim à utilização da avaliação, do comportamento das médias e a variabilidade dos dados proposta por Montgomery (2004) se faz necessária, através da Média Móvel Exponencialmente Ponderada – MMEP.

4.2 Patinamento dos rodados

Na Tabela 3 encontram-se os resultados da análise de variância para a variável patinamento dos rodados traseiros do quadriciclo agrícola.

Tabela 3 - Valores médios da análise de variância da variável patinamento

Causas de Variação		Patinamento (%)
Rotação (R)	R 1 – 2800 rpm	2,52 a
	R2–3600 rpm	2,43 a
Carga (C)	Carga 1– 0 kg	1,94 c
	Carga 2– 200 kg	2,37 b
	Carga 3– 400 kg	3,12 a
Marcha (M)	Marcha 1 – 1 ^a	1,30 d
	Marcha 2 – 2 ^a	1,65 c
	Marcha 3 – 3 ^a	2,61 b
	Marcha 4 – 4 ^a	4,35 a
Valor de F	R	1,99 ns
	C	128,43 **
	M	505,66 **
CV%		13,42

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo ($p > 0,05$), CV- coeficiente de variação.

Conforme a Tabela acima verificou-se que o patinamento dos rodados traseiros do quadriciclo agrícola apresentou valores crescente conforme o aumentando de escalonamento das marchas, sendo 1,30%, 1,64%, 2,60% e 4,30% na marcha 1, 2, 3 e 4 respectivamente e a marcha 4 proporcionou maior patinamento.

Gabriel Filho et al, (2010), avaliando o desempenho de trator agrícola em três superfícies, observou que o aumento gradual da velocidade de, aproximadamente, $3,5 \text{ km h}^{-1}$, obtido na marcha A3, até cerca de $6,0 \text{ km h}^{-1}$, na marcha C1, não alterou significativamente a patinagem do trator.

Em pesquisa realizada por Rodrigues et al, (2006) avaliando o desempenho de um microtrator verificou que os valores do patinamento elevaram-se com o aumento da potência na barra de tração.

Para Nascimento et al. (2016) a patinação é um dos problemas que afeta o desempenho nos tratores, contribuindo para a diminuição da força de tração e aumento no consumo de combustível.

4.3 Velocidade de deslocamento

Na Tabela 4 encontram-se os resultados da análise de variância para a variável velocidade de deslocamento do quadriciclo agrícola.

Tabela 4 - Valores médios da análise de variância da variável velocidade

Causas de Variação		Velocidade (Km/h)
Rotação (R)	R 1 – 2800 rpm	7,65 b
	R2 – 3600 rpm	10,17 a
Carga (C)	Carga 1 – 0 kg	8,66 b
	Carga 2 – 200 kg	8,58 b
	Carga 3 – 400 kg	9,49 a
Marcha (M)	Marcha 1 – 1 ^a	4,64 d
	Marcha 2 – 2 ^a	7,58 c
	Marcha 3 – 3 ^a	10,97 b
	Marcha 4 – 4 ^a	12,45 a
Valor de F	R	397,17 **
	C	21,02 **
	M	770,26 **
CV%		7,76

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo ($p > 0,05$), CV- coeficiente de variação.

Observou-se com a Tabela acima que os maiores valores de velocidade foram encontrados com o aumento da rotação, e com escalonamento das marchas, sendo a rotação 2 e as marcha 3 e 4 que apresentaram respectivamente valores médios de 10,97 Km/h e 12, 44 Km/h consideradas elevada velocidade de deslocamento para atividade agrícola, sendo recomendadas apenas para deslocamento ou em atividade de pulverização.

Para a variável velocidade em função da carga, verificou-se que houve pouca variação entre as médias encontradas, contudo houve diferença significativa nos resultados encontrados. Nascimento (2012), em avaliação da eficiência energética de microtrator de duas

rodas, encontrou os valores médios de velocidade de deslocamento em função das marchas e variação de cargas de 1,3 a 1,2 km. h⁻¹ (1ª marcha), 1,5 a 1,3 km. h⁻¹ (2ª marcha) e de 1,7 a 1,6 km. h⁻¹ (3ª marcha) para pista de asfalto.

Em ensaios realizados Almeida et al. (2010) afirma que ao aumentar a velocidade de deslocamento variando marchas e rotações do motor, houve incremento de 38,1%, 38,4% e 36,2%, respectivamente para os consumos instantâneos, horário e específico do motor.

4.4 Consumo horário de combustível

Na Tabela 5 encontram-se os resultados da análise de variância para o variável consumo horário de combustível do quadriciclo agrícola.

Tabela 5- Valores médios da análise de variância da variável consumo horário de combustível

Causas de Variação		Consumo Horário (L/h)
Rotação (R)	R 1 – 2800 rpm	2,49 b
	R2 – 3600 rpm	6,25 a
Carga (C)	Carga 1 – 0 kg	4,15 b
	Carga 2 – 200 kg	4,22 b
	Carga 3 – 400 kg	4,73 a
Marcha (M)	Marcha 1 – 1 ^a	2,49 d
	Marcha 2 – 2 ^a	3,31c
	Marcha 3 – 3 ^a	5,43 b
	Marcha 4 – 4 ^a	6,25 a
Valor de F	R	1448,91 **
	C	13,80 **
	M	318,92 **
CV%		12,37

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo ($p > 0,05$), CV- coeficiente de variação.

Conforme a Tabela acima para a rotação 2 houve aumento de 60% no consumo horário de combustível em relação a rotação 1. Em relação a carga utilizada não houve diferença estatística entre as médias da carga 1 e carga 2 contudo a carga 3 apresentou valor de consumo maior e diferentes estatisticamente.

De acordo com as marchas utilizadas houve aumento da média dos valores de consumo horário de combustível a marcha 1, 2, 3 e 4 apresentou consumo médio de 2,48 L/h, 3,30 L/h, 5,42 L/h e 6,24L/h respectivamente. Em ensaios realizados avaliando o desempenho operacional de um conjunto microtrator-rotoencanteirador Nascimento et. al, (2016) encontrou consumo de combustível médio de 3,24 L/h, 4,19 L/h e 5,30 L/h respectivamente, para as marchas utilizadas 1, 2 e 3.

Segundo Fiorese et al, (2015), em geral, nos motores agrícolas, o maior consumo de combustível é atingido próximo a rotação de potência máxima e com o acelerador totalmente acionado, tendendo a reduzir o consumo com a queda de rotação do motor.

4.5 Consumo específico de combustível

Na tabela 6 encontram-se os dados estatísticos descritivos para o consumo específico do quadriciclo agrícola nos tratamentos 1, 2, 3 e 4 na pista de concreto.

Tabela 6 - Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T1 (M1C1R1), T2 (M2C1R1), T3 (M3C1R1) e T4 (M4C1R1)

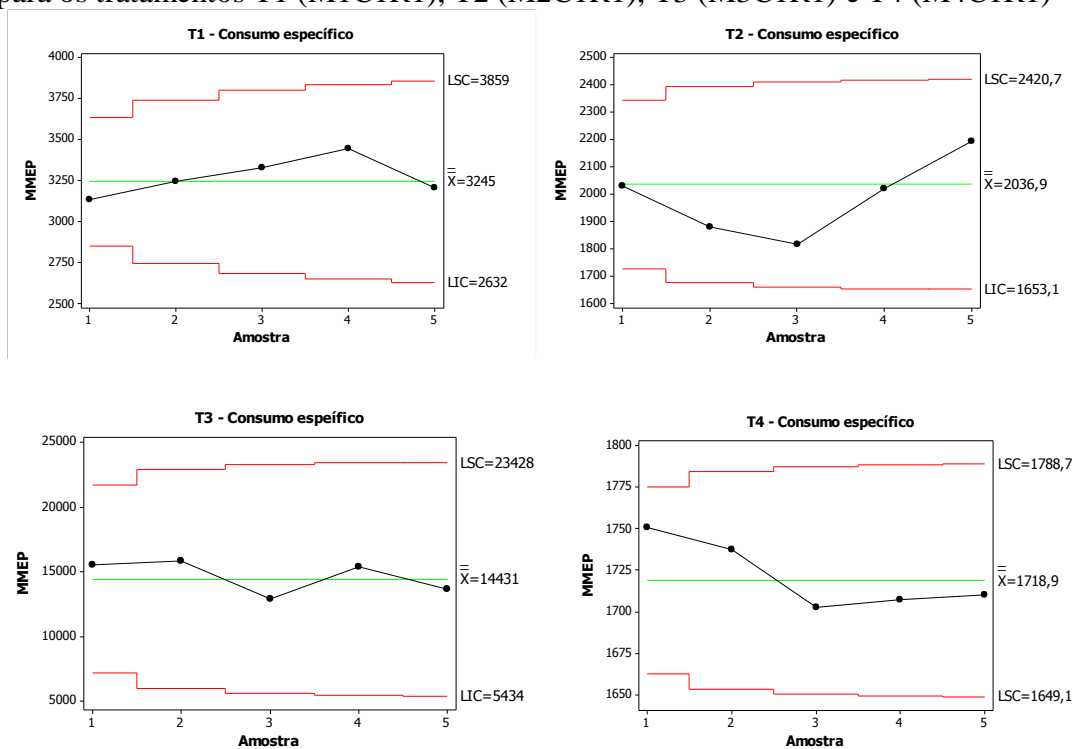
Consumo específico de combustível (g. kW. h ⁻¹) do quadriciclo agrícola				
	T1	T2	T3	T4
Observações	5	5	5	5
Média	3245,24	2036,92	14430,98	1718,89
CV (%)	20,03	15,50	27,51	2,71
Variância	422896,66	99689,86	15766487,38	2179,65
Desvio Padrão	650,30	315,73	3970,70	46,68
Mínimo	2246,94	1659,70	8547,87	1650,71
Máximo	3936,43	2455,12	19071,54	1797,67
Simetria	-0,72	0,11	-0,55	0,50
Curtose	-1,88	-2,57	-2,00	2,12

Conforme a Tabela anterior, os tratamentos T2, T3 e T4 não apresentaram distribuição normal, pois apresentaram valores de coeficiente de simetria e curtose maiores que o intervalo de 2 e -2. Em que segundo Hines *et al.* (2006) a normalidade pode ser considerada se os valores do coeficiente assimetria e de curtose se apresentassem dentro do intervalo -2 e 2.

A MMEP foi utilizada para avaliar a variabilidade que houve entre as médias estudadas nos diferentes tratamentos para o consumo específico de combustível. De acordo com Albiero *et al.* (2012) consideram que se 95 % dos pontos estiverem dentro dos limites de controle especificados o processo apresenta estabilidade.

Na Figura 11 encontram-se os gráficos da MMEP para o consumo específico de combustível para os tratamentos T1 (M1C1R1), T2 (M2C1R1), T3 (M3C1R1) e T4 (M4C1R1).

Figura 11 - Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T1 (M1C1R1), T2 (M2C1R1), T3 (M3C1R1) e T4 (M4C1R1)



Na Figura acima é possível observar que os dados apresentaram-se estáveis para a variável consumo específico de combustível nos tratamentos 1, 2, 3 e 4, dado que todos os pontos encontram-se dentro dos limites inferiores e superiores indicados.

Verificou-se ainda que os valores médios do consumo específico de combustível apresentaram menores valores nas marchas que apresentaram menor velocidade de deslocamento. Monteiro (2008), avaliando o desempenho operacional e energético de um trator verificou que a marcha de maior consumo específico de combustível, para todas as pistas (condições superficiais), foi a B1 (marcha de menor velocidade de deslocamento).

Na Tabela 7 encontram-se os dados da estatística descritiva para a variável patinamento nos tratamentos 5, 6, 7 e 8 na pista de concreto.

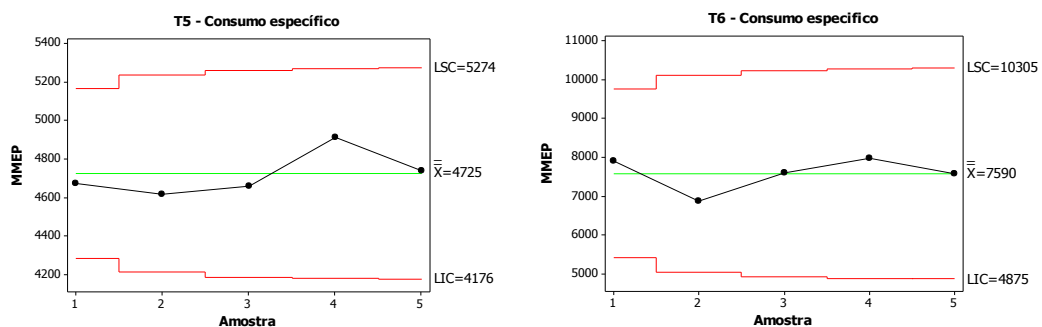
Tabela 7 - Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T5 (M1C2R1), T6 (M2C2R1), T7 (M3C2R1) e T8 (M4C2R1)

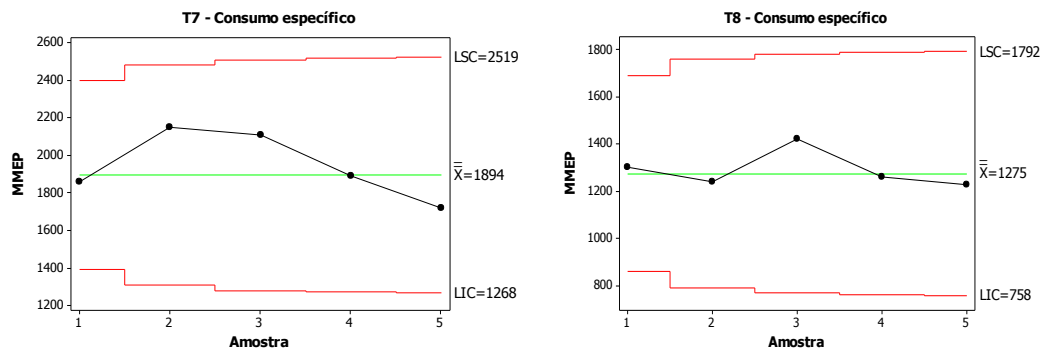
Consumo específico de combustível (g. kW. h ⁻¹) do quadriciclo agrícola				
	T5	T6	T7	T8
Observações	5	5	5	5
Média	4725,06	7590,04	2088,06	1275,02
CV (%)	6,32	17,00	25,25	18,20
Variância	89399,15	1665823,45	278190,01	53873,31
Desvio Padrão	298,99	1290,66	527,43	232,10
Mínimo	4474,41	5307,03	1469,73	1017,21
Máximo	5299,75	8705,40	2780,76	1691,52
Simetria	1,83	-1,29	0,13	1,25
Curtose	3,48	0,65	-2,66	1,60

Na Tabela acima os valores do coeficiente de simetria e curtose para o consumo específico de combustível apresentaram valores maiores que 2 e -2, não exibindo normalidade para os tratamentos 5 e 6. Verificou-se ainda que o tratamento 7 e 8 apresentaram menores valores de consumo específico de combustível.

Na Figura 12 encontram-se os gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível nos tratamentos 5, 6, 7 e 8.

Figura 12 - Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g. kW h⁻¹) para os tratamentos T5 (M1C2R1), T6 (M2C2R1), T7 (M3C2R1) e T8 (M4C2R1)





Observando a Figura acima, verificou-se que os dados apresentaram-se estáveis para a variável consumo específico de combustível nos tratamentos 5, 6, 7 e 8, no qual os pontos ficaram entre os limites inferiores e superiores indicados.

Constatou-se que os valores médios do consumo específico de combustível no tratamento 5 (M1C2R1) foi de 4725 g. kW. h⁻¹, no tratamento 6 (M2C2R1) a média é de 7590,05 g. kW. h⁻¹, para o tratamento 7 (M3C2R1) encontrou-se valores médios de consumo de 1894 g. kW. h⁻¹ e no tratamento 8 (M4C2R1) a média de 1275 g. kW. h⁻¹.

Na Tabela 8 verificam-se os dados da estatística descritiva para a variável patinamento nos tratamentos 9, 10, 11 e 12 na pista de concreto.

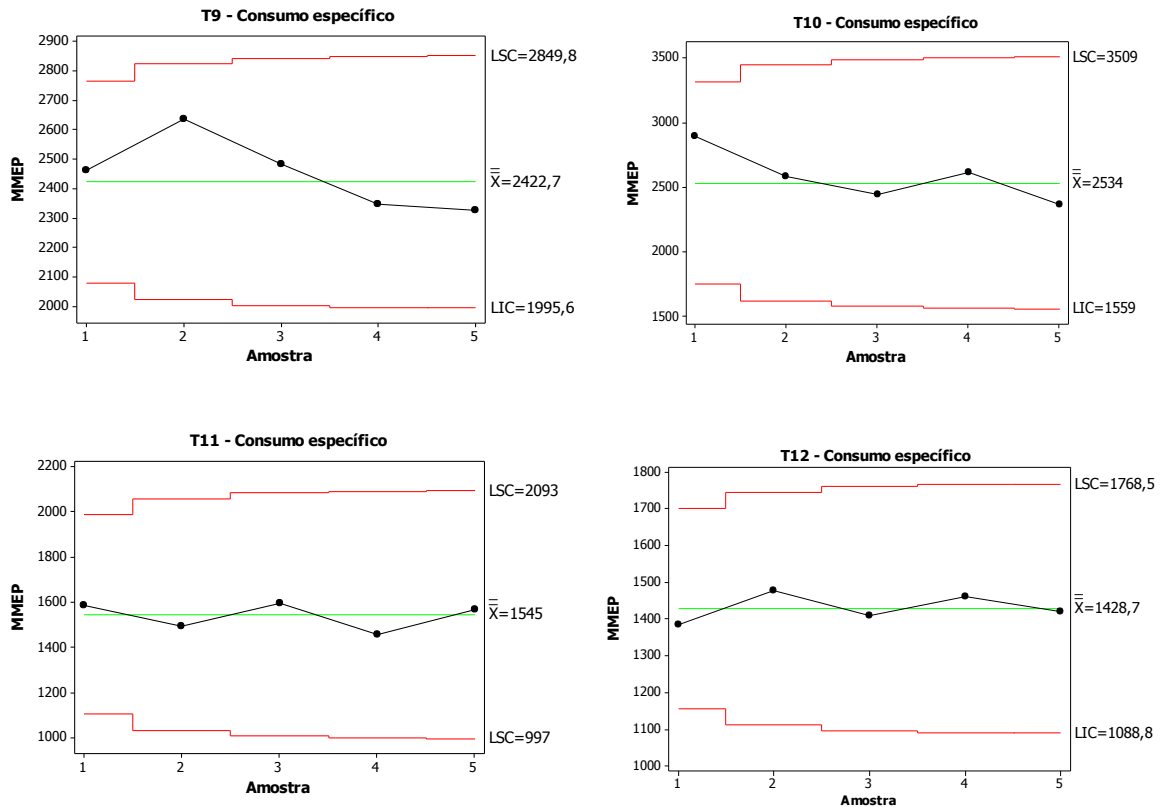
Tabela 8 - Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T9 (M1C3R1), T10 (M2C3R1), T11 (M3C3R1) e T12 (M4C3R1)

Consumo específico de combustível (g. kW. h ⁻¹) do quadriciclo agrícola				
	T9	T10	T11	T12
Observações	5	5	5	5
Média	2422,71	2533,97	1545,22	1460,33
CV (%)	11,01	21,51	13,22	8,82
Variância	71265,49	297170,94	41767	15901,61
Desvio Padrão	266,95	545,13	204,36	126,10
Mínimo	2144,09	2001,20	1243,69	1305,00
Máximo	2898,41	3440,83	1745,24	1615,66
Simetria	1,25	0,098	-0,63	0,67
Curtose	1,18	-0,6	-2,35	-2,37

Com os dados da Tabela acima é possíveis identificar que os tratamento 11 e 12 não apresentaram normalidade com os valores de simetria e curtose maiores que 2 e -2.

Na Figura 13 encontram-se os gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola nos tratamentos 9, 10, 11 e 12.

Figura 13 - Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T9 (M1C3R1), T10 (M2C3R1), T11 (M3C3R1) e T12 (M4C3R1)



Conforme a Figura anterior os dados apresentaram-se estáveis para a variável consumo específico de combustível nos tratamentos 9, 10, 11 e 12, observou-se que os pontos ficaram dentro dos limites inferiores e superiores indicados.

O valor médio do consumo específico de combustível nos tratamentos 9 (M1C3R1) foi de 2427,7 g. kW. h⁻¹ no tratamento 10 (M2C3R1) a média foi de 2534 g. kW. h⁻¹, no tratamento 11 (M3C3R1) a média encontrada foi de 1545 g. kW. h⁻¹, no tratamento 12 (M4C3R1) apresentou média de 1428,7 g. kW. h⁻¹. Conforme os valores observados de consumo específico de combustível verifica-se que a marcha 4 apresentou o menor consumo específico de combustível para diferentes marchas utilizando cargas e rotações iguais nos tratamentos avaliados.

Na Tabela 9 se encontra a análise descritiva para a variável consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola nos tratamentos 13, 14, 15 e 16.

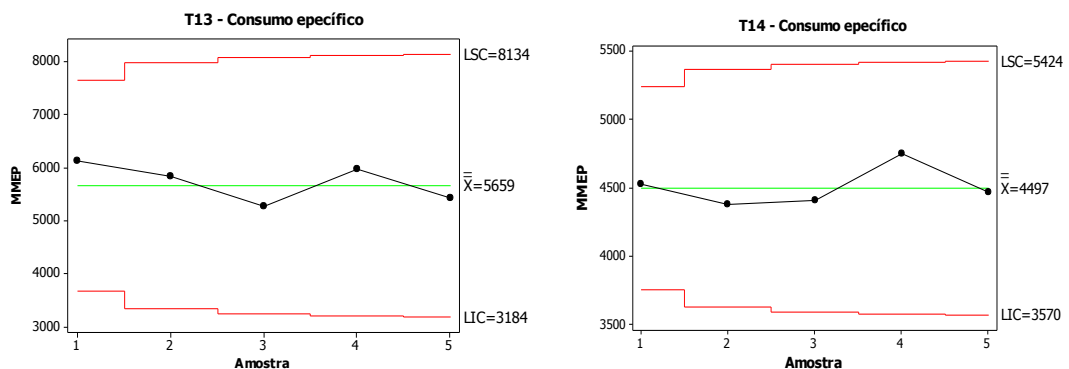
Tabela 9 - Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T13 (M1C1R2), T14 (M2C1R2), T15 (M3C1R2) e T16 (M4C1R2)

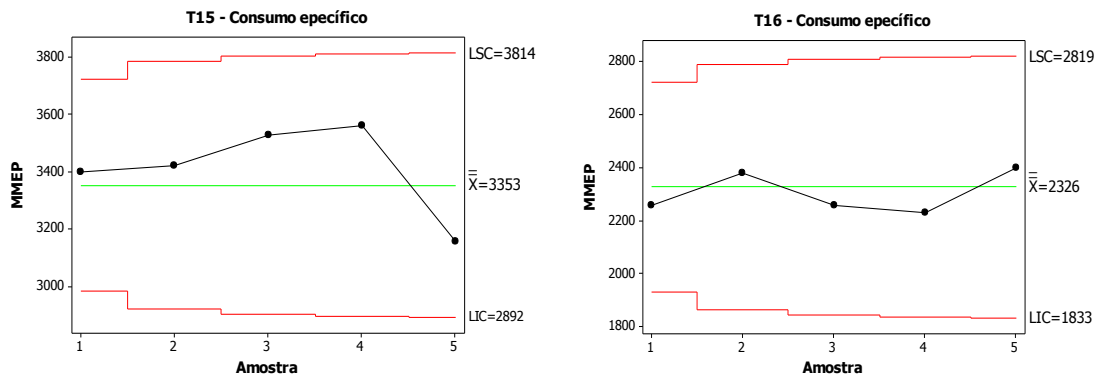
Consumo específico de combustível (g. kW. h ⁻¹) do quadriciclo agrícola				
	T13	T14	T15	T16
Observações	5	5	5	5
Média	5658,91	4497,08	3353,02	2326,30
CV (%)	19,36	9,66	12,29	10,12
Variância	1201085,22	188784,06	169854,32	55443,82
Desvio Padrão	1095,94	434,49	412,13	235,46
Mínimo	4422,33	4032,20	2548,31	2069,19
Máximo	7040,02	5268,61	3690,80	2651,97
Simetria	0,26	1,14	-1,97	0,54
Curtose	-2,93	1,35	4,11	-2,77

De acordo com a Tabela anterior, o tratamento 14 apresentou normalidade e os tratamentos 13, 15 e 16 não apresentaram normalidade, dado que os valores de simetria e curtose ficaram fora do intervalo adotado de 2 e -2. Em ensaios com tratores agrícolas em diferentes tipos de superfície Monteiro (2011), verificou que na pista com superfície de concreto, o consumo específico de combustível foi menor do que na superfície de solo agrícola, segundo o mesmo no solo a capacidade do trator em desenvolver a tração diminuiu, pois o solo não oferece a mesma resistência se comparado com a superfície de concreto.

Na Figura 14 encontram-se dados da MMEP para o consumo específico do quadriciclo agrícola nos tratamentos 13, 14, 15 e 16.

Figura 14 - Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T13 (M1C1R2), T14 (M2C1R2), T15 (M3C1R2) e T16 (M4C1R2)





Na Figura anterior observa-se que os dados apresentaram-se estáveis para a variável consumo específico de combustível nos tratamentos 13, 14, 15 e 16, ficando os pontos entre o limite inferior e superior dos gráficos. Verificou-se que o valor da média do consumo específico de combustível para o tratamento 13 (M1C1R2) foi de 5659 g. kW. h⁻¹, no tratamento 14 (M2C1R2) o valor da média foi de 4497 g. kW. h⁻¹, para o tratamento 15 (M3C1R2) o valor da média encontrada foi de 3353 g. kW. h⁻¹, e no tratamento 16 (M4C1R2) a média apresentada foi de 2326 g. kW. h⁻¹.

Na Tabela 10 encontra-se a análise descritiva para o consumo específico do quadriciclo agrícola nos tratamentos 17, 18, 19 e 20.

Tabela 10 - Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T17 (M1C2R2), T18 (M2C2R2), T19 (M3C2R2) e T20 (M4C2R2)

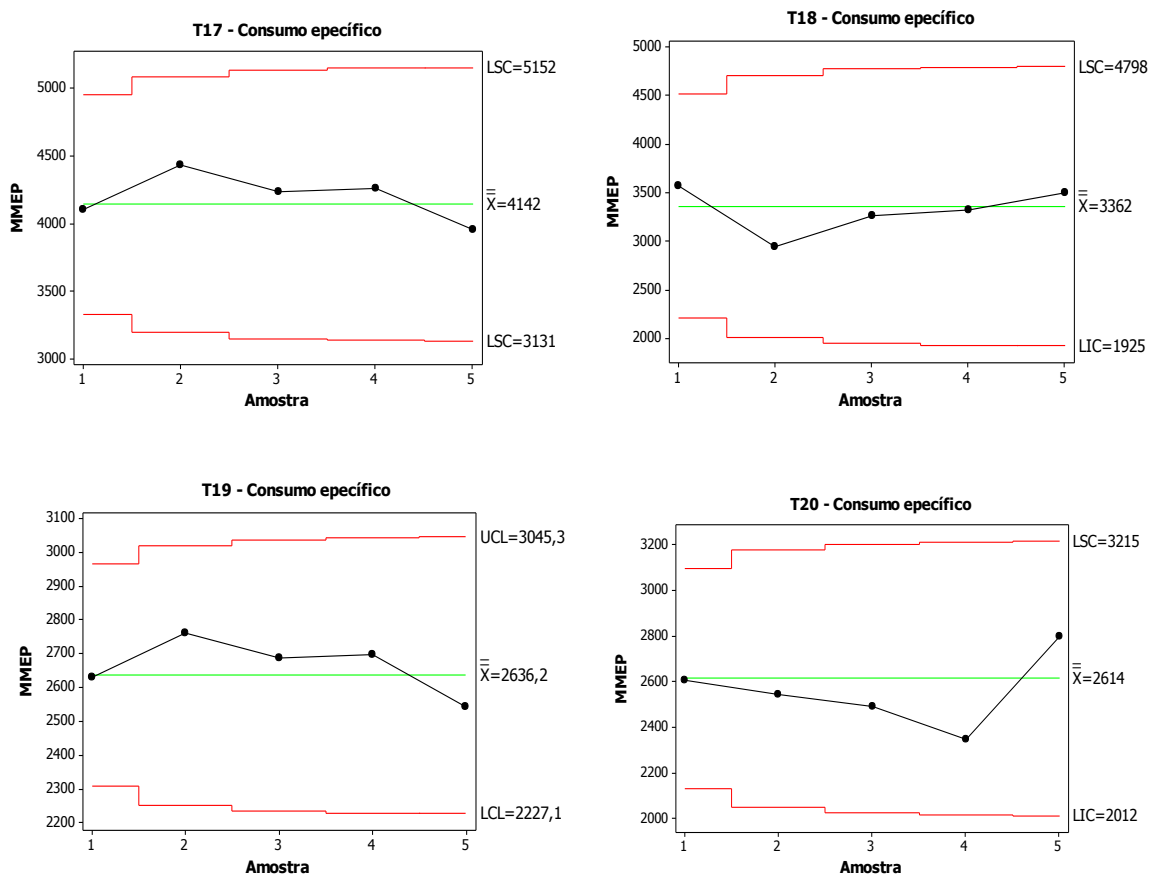
Consumo específico de combustível (g. kW. h ⁻¹) do quadriciclo agrícola				
	T17	T18	T19	T20
Observações	5	5	5	5
Média	4141,74	3361,71	2636,21	2503,28
CV (%)	11,36	20,69	8,78	20,39
Variância	221447,36	483867,48	42947,93	260710,10
Desvio Padrão	470,58	695,60	207,23	510,59
Mínimo	3506,75	2009,74	2311,82	2048,56
Máximo	4932,72	3888,01	2953,25	3476,30
Simetria	0,66	-1,94	7,86	1,73
Curtose	1,08	3,84	-0,06	3,28

Na Tabela acima se observa que para o tratamento 18, 19 e 20 os dados não apresentaram normalidade, apresentando valores de simetria e curtose fora do intervalo adotado de 2 e -2.

Para Rodrigues et al, (2006) avaliando o desempenho de microtrator de motor de combustão interna, verificou que os valores de consumo específico de combustível diminuíram com o aumento da patinagem para ambas as marchas até 12%. Segundo os mesmos autores analisando a 1ª marcha, observou-se valor mínimo do consumo específico de combustível de 724,5 g kW-1h-1 para a patinagem de 16,5%, enquanto, na 2ª marcha, o valor mínimo foi de 1761,7 g kW-1h-1 para a patinagem de 21%.

Na Figura 15 verificam-se os dados da MMEP para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola para os tratamentos T17 (M1C2R2), T18 (M2C2R2), T19 (M3C2R2) e T20 (M4C2R2).

Figura 15 - Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T17 (M1C2R2), T18 (M2C2R2), T19 (M3C2R2) e T20 (M4C2R2)



Na Figura acima observou-se que os dados apresentaram-se estáveis para a variável consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola nos tratamentos 17, 18,

19 e 20, em que as médias ficaram entre os limites inferiores e superiores dos gráficos de MMEP.

Os valores médios para o consumo específico de combustível no tratamento 17 (M1C2R2) foi de 4112 g. kW. h⁻¹, no tratamento 18 (M2C2R2) o valor médio foi de 3362 g. kW. h⁻¹, no tratamento 19 (M3C2R2) o valor médio encontrado foi de 2636,2 g. kW. h⁻¹ no tratamento 20 (M4C2R2) a média é de 2612 g. kW. h⁻¹, observou-se que na marcha 4 o quadriciclo apresentou valores médios de consumo de combustível específico menores que nas demais marchas utilizadas, sendo que 36,47% menor que na marcha 1 utilizando a mesma carga e rotação

Segundo Souza (2013) em avaliação do desempenho de um trator 4x2 TDA verificou que o trator trabalhando em superfície de rolamento do tipo solo mobilizado apresentou um consumo específico de combustível superiores ao realizado em pista de concreto para o mesmo autor isso ocorre devido ao trator requerer uma quantidade de combustível para gerar a potência necessária na barra de tração para tracionar um implemento.

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados da estatística descritiva dos dados, obtidos para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola para os tratamentos 21, 22, 23 e 24.

Tabela 11 - Estatística descritiva para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T21 (M1C3R2), T22 (M2C3R2), T23 (M3C3R2) e T24 (M4C3R2)

Consumo específico de combustível (g. kW. h ⁻¹) do quadriciclo agrícola				
	T21	T22	T23	T24
Observações	5	5	5	5
Média	3447,76	2833,79	2692,15	2727,41
CV (%)	17,20	18,94	17,48	14,87
Variância	351998,79	288127,64	221523,98	164507,27
Desvio Padrão	593,29	536,77	470,66	405,59
Mínimo	2289,36	2062,29	2117,76	2176,77
Máximo	3893,38	3507,62	3231,79	3187,58
Simetria	-1,98	-0,11	-0,31	-0,44
Curtose	4,06	-1,78	-2,98	-2,73

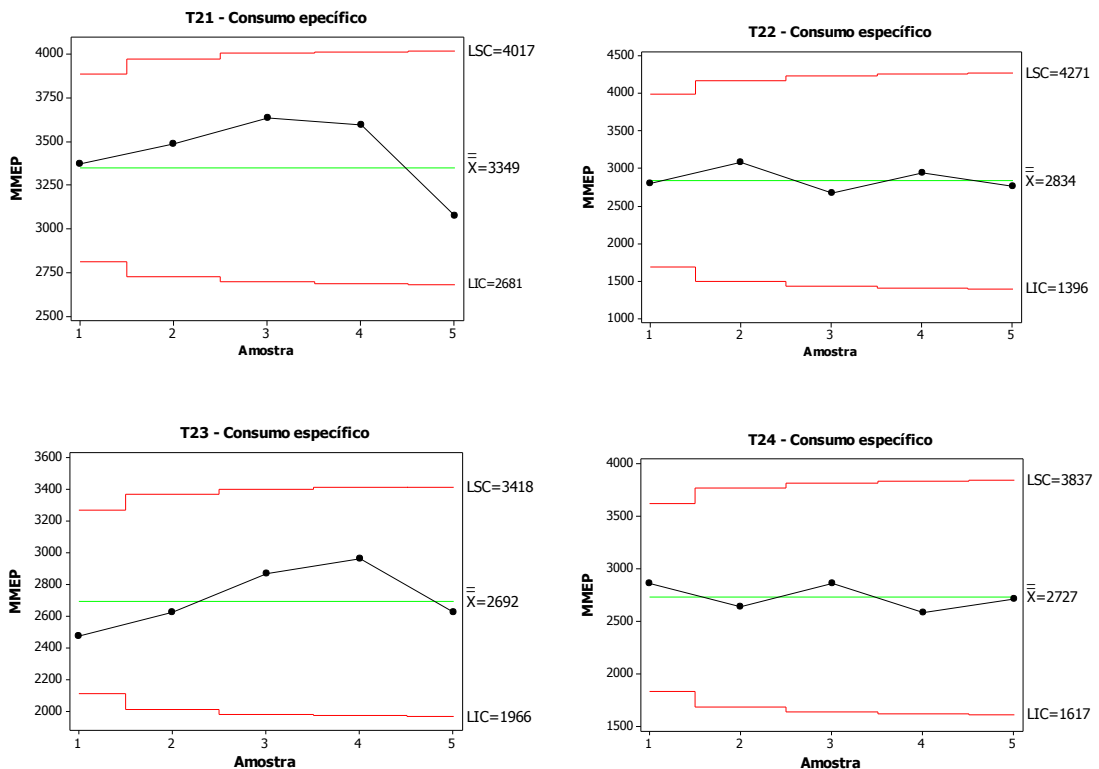
Na Tabela anterior verificou-se que os tratamentos 21, 23 e 24 não apresentaram normalidade, pois os dados de simetria e curtose apresentaram valores superiores a 2 e -2.

Para Sandi et al. (2014) o consumo de combustível é dependente da eficiência energética do trator na transformação, transmissão e aplicação da energia obtida. Assim várias medidas podem ser tomadas para melhorar cada um destes sistemas, permitindo tornar o trator mais econômico.

A avaliação do consumo energético das operações mecanizadas na agricultura permite a escolha de práticas que demandam menor consumo de energia proporcionando maior economia no uso de recursos (RODRÍGUEZ, et al., 2014).

A Figura 16 está representando os dados da MMEP para o consumo específico de combustível do quadriciclo agrícola para os tratamentos 21, 22, 23 e 24.

Figura 16 - Gráficos de controle da MMEP para o consumo específico de combustível (g. kW. h⁻¹) para os tratamentos T21 (M1C3R2), T22 (M2C3R2), T23 (M3C3R2) e T24 (M4C3R2)



Com a Figura acima, verifica-se que os dados apresentaram-se estáveis para a variável consumo específico de combustível nos tratamentos 21, 22, 23 e 24 dado que os valores médios ficaram entre os intervalos dos níveis inferiores e superiores dos gráficos. Constatou-se ainda que o valor médio do consumo específico de combustível no tratamento 21 (M1C3R2) foi de 3349 g. kW. h⁻¹, no tratamento 22 (M2C3R2) o valor médio foi de 2834 g. kW. h⁻¹, no tratamento 23 (M3C3R2) o valor médio encontrado foi de 2692 g. kW. h⁻¹ e no tratamento 24 (M4C3R2) a média é de 2727 g. kW. h⁻¹.

Verificou-se com os resultados apresentados nas tabelas anteriores que as marchas mais elevadas apresentaram menores valores de consumo de combustível, por apresentar uma maior potencia na barra de tração.

Conforme Márquez (2012) as maiores rotações são menos eficientes, tendo em vista que há um maior gasto energético em função do maior atrito entre os componentes móveis e estáticos do motor e também devido ao menor tempo para a combustão do combustível.

Para Cortez et al. (2008) o consumo específico de combustível é afetado pelas marchas, em que a marcha de menor velocidade apresenta maior consumo de combustível, devido ao maior tempo para realizar a operação.

4.6 Força na barra de tração

Na Tabela 12 encontram-se os resultados da análise de variância para a variável força na barra de tração do quadriciclo agrícola.

Tabela 12 - Valores médios da análise de variância da variável força na barra de tração

Causas de Variação		Força (kN)
Rotação (R)	R 1 – 2800 rpm	0,50 b
	R2 – 3600 rpm	0,59 a
Carga (C)	Carga 1 – 0 kg	0,47 c
	Carga 2 – 200 kg	0,54 b
	Carga 3 – 400 kg	0,62 a
Marcha (M)	Marcha 1 – 1 ^a	0,42 c
	Marcha 2 – 2 ^a	0,46 c
	Marcha 3 – 3 ^a	0,57 b
	Marcha 4 – 4 ^a	0,74 a
Valor de F	R	17,38 **
	C	15,02 **
	M	41,63 **
CV%		22,11

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo ($p > 0,05$), CV- coeficiente de variação.

Para variável força na barra de tração, verifica-se que os resultados apresentaram valores significativos para os fatores rotação, carga e marchas. Observou-se que as médias diferiram estatisticamente para o fator rotação e cargas, contudo para o fator marchas, verificou-se que a marcha 1 e a marcha 2 não houve diferenças estatísticas entre as médias avaliadas.

Verificou-se que à medida que aumentou a rotação aumentou a força na barra de tração. Contudo Almeida, et al. (2010) em ensaios utilizando diferentes marchas e rotação do motor, verificou que a força de tração e a patinação dos rodados não foram afetadas pela variação da rotação do motor. Observou-se ainda conforme a tabela acima que a força na barra de tração aumentou conforme o escalonamento das marchas e aumento da carga aplicada na barra de tração.

4.7 Potência na barra de tração

Na Tabela 13 encontram-se os resultados da análise de variância para a variável potência na barra de tração do quadriciclo agrícola.

Tabela 13 - Valores médios da análise de variância para variável potência na barra de tração

Causas de Variação		Potência (kW)
Rotação (R)	R 1 – 2800 rpm	1,01 b
	R2 – 3600 rpm	1,84 a
Carga (C)	Carga 1 – 0 kg	1,15 c
	Carga 2 – 200 kg	1,39 b
	Carga 3 – 400 kg	1,73 a
Marcha (M)	Marcha 1 – 1 ^a	0,55 d
	Marcha 2 – 2 ^a	0,89 c
	Marcha 3 – 3 ^a	1,73 b
	Marcha 4 – 4 ^a	2,54 a
Valor de F	R	347,74 **
	C	57,64 **
	M	405,93 **
CV%		16,99

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo ($p > 0,05$), CV- coeficiente de variação.

Conforme a Tabela 13 é possível identificar que na rotação 2 obteve-se valores maiores de potência na barra de tração. E que aumentando a carga e escalonamento das machas também aumentou a potência na barra de tração. Em relação à macha 1 para marcha 4 o valor foi cerca de 78,34% maior, verificou-se também que houve diferença significativa para os três fatores avaliados, indicando que as mudanças nas rotações, cargas e marchas influenciam significativamente na potência na barra do quadriciclo agrícola.

Na transmissão de potência do motor dos 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 (GABRIEL FILHO *et al.*, 2010).

Serrano (2007), avaliando o desempenho agrícola em tração, verificou que há uma relação aproximadamente linear entre o consumo de combustível por hectare e a força de tração na barra por metro de largura de trabalho do implemento, para cada regime de funcionamento do motor e em cada condição de solo.

Segundo Nascimento *et al.* (2016) em ensaios realizados verificou que a elevação da rotação na tomada de potência, proporcionou uma menor patinamento, contribuindo para o menor consumo de combustível e maior capacidade teórica e de campo efetiva.

Para Monteiro (2008), no desempenho de tração de um trator além das condições do solo, também as características dos rodados e variáveis como carga dinâmica, força na barra de tração, torque e patinagem afetam a eficiência de tração. Segundo Fiorese *et al.* (2015) nos ensaios de tratores agrícolas em pista se consegue detectar, a partir da obtenção do desempenho na barra de tração (BT) as condições de trabalho que oferecem maior eficiência.

De acordo com Almeida *et al.* (2010), estima-se que a maioria dos motores dos tratores atualmente disponível no mercado atingem seu torque máximo em rotações inferiores a 1500 rpm. Conforme o mesmo autor a partir desta faixa de rotação, a reserva de torque começa a diminuir, a potência requerida na barra de tração e o consumo de combustível passa a aumentar gradativamente, à medida que se aumenta ainda mais a rotação do motor sem a troca das marchas.

De acordo com Santos (2010), o desempenho da força de tração dos tratores depende inicialmente da potência do motor, distribuição de peso nas rodas de tração, tipo de engate e condição de solo.

5 CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados dos ensaios na pista de concreto pôde-se concluir que:

O patinamento dos rodados traseiros do quadriciclo agrícola apresentou valores crescentes conforme o aumento de escalonamento das marchas.

Os maiores valores de velocidades foram encontrados com o aumento da rotação, e com escalonamento das marchas, sendo a rotação 2 e as marcha 3 e 4 apresentaram maiores valores com respectivamente 10,97 Km/h e 12, 44 Km/h.

Para o consumo horário de combustível a rotação 2 aumentou em média 60% o consumo horário de combustível em relação a rotação 1. Não houve diferença estatística no consumo horário de combustível entre as médias na carga 1 e carga 2 contudo, na carga 3 apresentou valor de consumo horário maior e diferente estatisticamente. De acordo com a variação das marchas 1, 2, 3 e 4 houve aumento de consumo horário de combustível.

O consumo específico de combustível os valores médios do consumo específico de combustível apresentaram menores valores nas marchas que apresentaram menor velocidade de deslocamento.

À medida que aumentou a rotação aumentou a força na barra de tração. Observou-se ainda que a força na barra de tração aumentou conforme o escalonamento das marchas e o aumento da carga aplicada na barra de tração.

Quanto a potência na barra de tração, verificou-se que na rotação 2 obteve-se valores maiores de potencia. E que aumentando a carga e escalonamento das marchas também aumentou a potência na barra de tração.

REFERÊNCIAS

- 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.
- ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M.; MONTEIRO, L. A.; MION, R. L. Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 86-95, 2012.
- 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.
- 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**, 32 (2): 81-87, 2002.
- ANDRADE, E.; PEREIRA, O.; DANTAS, E. **Semiárido e o manejo dos recursos naturais**. Fortaleza: Imprensa Universitária-UFC, 2010, 396 p.
- ANTUNIASSI, U. R. O desenvolvimento de produtos, equipamentos e componentes na aplicação de agrotóxicos, tendências e realidade: controladores para aplicação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: Instituto Agrônomo de Campinas. 2001.
- ARAÚJO, K. L. B. **Desempenho operacional e energético de um micro trator em função da lastragem, velocidade de deslocamento e pressão de inflação dos pneus**. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- ARAÚJO, K. L. B. VILIOTTI, C. A. NASCIMENTO, E. M. S. SILVIA, F. S. LUCAS, F. C. B. **Nível de ruído produzido por um microtrator acoplado a um rotoencanteirador**. I Congresso Nacional Multidisciplinar de Ruído Ambiental Urbano e Ruído Aéreo- 2012.
- AQUINO, D. N. **Irrigação e sustentabilidade dos recursos solo e água na área do distrito de irrigação Baixo Acaraú – DIBAU - Ceará**. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Agricultural Machinery Management. EP 496.2. In: **ASAE Standards: Standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1999. p.353-358.
- CORDEIRO M. A. L. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem da velocidade de deslocamento**. 2000. 153f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

- CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; YANAI, K.; LOPES, A. Técnicas de determinação da patinagem das rodas motrizes de tratores agrícolas. **Campinas: Instituto Agrônomo**, 1999b. 15 p. (Boletim Técnico, 179).
- CORREA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G.; LANÇAS, K. P. Determinação da circunferência de rolamento de pneus agrícolas utilizando dois métodos: manual e eletrônico. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 179-184, 1999.
- CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. Efeito residual do preparo do solo e velocidade de deslocamento na operação de semeadura da *Crotalaria juncea*. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.357- 362, 2008. ISSN 1519-1125.
- CRESTANA, S.; FRAGALLE, E. P. A trilha da quinta potência: um primeiro ensaio sobre ciência e inovação, agricultura e instrumentação agropecuária brasileiras. **Revista Eixo**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 6- 27, 2012.
- EMBRAPA - Realocação Espacial da Agricultura no Âmbito de Microrregiões: Pernambuco, 1990 e 2004. Manuel Alberto Gutiérrez Cuenca; Diego Costa Mandarino; Otávio João Wachholz de Siqueira. **Documentos 104**, EMBRAPA, 2007.
- EMBRAPA- Plantio direto de milho consorciado com a gliricídia, na região agreste, com o uso de microtrator ou tração animal. 2015. Cristiane Otto de Sá; José Henrique de Albuquerque Rangel; José Luiz Sá; Edson Patto Pacheco; Marcelo Ferreira Fernandes. **Circular técnica**, EMBRAPA, 2015.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999, 412p.
- FAO/INCRA. **Diretrizes de política agrária e desenvolvimento sustentável para a pequena produção familiar**. 1994
- FETT, M. S. **Análise econômica de sistemas de cultivo de macieiras no município de Vacaria/RS**. UFRGS. Dissertação, 145p. Mestrado em Economia Rural, Porto Alegre, 2000.
- FILHO, H. M. S.; BUAINAIN, A. M.; GUANZIROLI, C.; BATALHA, M. O. **Agricultura Familiar e Tecnologia no Brasil**: características, desafios e obstáculos. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/09O442.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2016.
- FIGLIARELLI, D. A.; MARASCA, I.; FERNANDES, B. B.; SANDI, J.; MORELLI-FERREIRA, F.; LANÇAS, K. P. Desempenho de três tratores agrícolas em ensaios de tração. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 2, p. 68-76, abr./jun. 2015.
- FIGLIARELLI, D. A.; SANDI, J.; MARASCA, I.; FERREIRA F. M.; SPADIM, E. R.; LANÇAS, K. P. Torque nos rodados motrizes de um trator agrícola submetido a ensaios de tração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.903–909, 2015.
- Fontes, I. R. **Desenvolvimento e aplicação da instrumentação virtual na unidade móvel de ensaios na barra de tração – UMEB-** São Paulo. 2011.67f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de mesquita filho” Botucatu, 2011.

FURTADO JUNIOR, M. R.; FORASTIERE, P. R.; FERNANDES, H.C.; SILVA, A.C.; LEITE, D. M. **Efeito da seleção da marcha no desempenho operacional de um trator agrícola.** XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

GABOARDI JUNIOR, A. **A importância da produção na agricultura familiar para a segurança alimentar.** 2ª Jornada questão agrária e desenvolvimento. Universidade Federal do Paraná. 2013.

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

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

GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; JESUINO, P. R. Desempenho de 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

GARCIA, R. F. Desempenho operacional de conjunto trator – colhedora de feijão. **Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v.25, n.1, p.199-206, 2005. ISSN 0100-6916.

GARCIA, R. F. et al. Programa computacional para aquisição de dados para avaliação de máquinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 7, n. 2 p 375-381, agost. 2003.

GREEN, M. K.; Stout, B. A.; Searcy, S. W. (1985). Instrumentation package for monitoring tractor performance. **Transactions of the ASAE,** v.28, n.2, p.346.

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

GUIMARÃES, A. A. **Análise da Norma ISO11783 e sua utilização na implementação do barramento do implemento de um monitor de semeadora.** 2003. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação e Sistemas Digitais) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

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

HERZOG, R. L. S.; LEVIEN, R.; BEUTLER, J. F.; TREIN, C. R. Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola,** 31., 2002. Salvador. Anais...Salvador: UFB, 2002. CDROM.

HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: Pioneira, 1976. 323p.

ICEPA. **Custo de produção**. Disponível em: <[http:// www.icepa.com.br](http://www.icepa.com.br) >. Acesso em: 18 nov. 2016.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2009. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo5/>>. Acesso em: 21 Dez. 2015.

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

JUOSTAS, A.; JANULEVICIUS, A. Investigation of tractor engine power and economical working conditions utilization during transport operation. **Transport: Research Journal of Vilnius Gediminas Technical University and Lithuanian Academy of Sciences**. Volume: 23. pp 37-43. 2008. ISSN: 1648-4142.

LACERDA, E. G.; FERNANDES, H. C.; SIMON, C. P.; PETERLE, G.; SANTOS, L. N. **Avaliação da demanda energética e custos de produção de um trator de rabiças em função das velocidades de deslocamento no preparo do solo**. XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2014.

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

LAZIA, B. **Uso de tração animal na mecanização agrícola**. 2012. Disponível em: <<http://www.portalagropecuaria.com.br/agricultura/mecanizacao-agricola/uso-de-tracao-animal-na-mecanizacao-agricola/>>. Acesso em: Jan. 2016.

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.

LEMOS, C. M. A. de. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento**. 2000. 153 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

LILJEDAHL, J. B.; et al. **Tractors and their power units**. 4. ed. St. Joseph: ASAE Textbook, 1996. 463 p.

LIMA, I.O. **Seleção do conjunto trator/implemento do assentamento santa bárbara dentro da filosofia da cadeia trófica de mecanização**. 2015, 71f. Monografia (Curso de Especialização em Extensão Rural Agroecológica e Desenvolvimento Rural Sustentável) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

LINARES, P et al. **Teoría de La tracción de tractores agrícolas**. Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos da Universidad Politécnica de Madrid. 2006.254p.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; FURLANI, C. A.; NAGAOKA, A. K.; CASTRO NETO, P. C.; GROTTA, D. 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-PB, v. 7, n. 2, p. 382-386, 2003.

LOPES, J. E. L. **Mapeamento e caracterização de acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais brasileiras que cortam o estado de minas gerais**. 2015. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícola) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

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

MARCHETTI, I. **Sistema automatizado para avaliação do consumo de biodiesel em tratores agrícolas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Marechal Cândido Rondon, 2006. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/tede/tde_arquivos/1/TDE-2006-12-11T104855Z_60/Publico/Paulo%20Roberto%20Dulnik.pdf>. Acesso em: 17 Dez. 2015.

MÁRQUEZ, L. **Tractores Agrícolas: tecnologías y utilización**. Madrid: B&h Editores, 2012. 844 p.

MASIERO, F. C. **Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA)**. 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Botucatu-sp, 2010.

MEDEIROS, F. A.; REIS, A. V.; MACHADO, A. L. T.; MACHADO, R. L. T.; STEFANELLO, G. Uso de sulcadores rotativos acionados por trator de rabiças em semeadura direta. **Revista Ciência Agrônômica** vol.46 n.1 Fortaleza Jan./Mar. 2015.

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

MIALHE, L. G. **Máquinas motoras na agricultura**. v.2. São Paulo: EDUSP/USP, 1980. 367p.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.

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

MOLIN, J.P. et al. Ensaio de características dimensionais, ponderais e de desempenho na barra de tração de um quadriciclo 4x2 TDA. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 278-287, 2002.

MONTEIRO, L. A. **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição**

superficial do solo. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Botucatu-SP, 2008.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D.; SOUZA, F. E.; MELO, R. P.; CORDEIRO, I. M. Rendimento na barra de tração de um trator agrícola com diferentes relações de peso e potência. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 70-75, 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.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. **Operações e manutenção de tratores agrícolas.** Fortaleza/CE: Apostila. 80p. 2012.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D.; CHIODEROLI, C. A.; LOUREIRO, D. R. **Segurança e operações agrícolas.** 2013. Disponível em: <http://www.lima.ufc.br/arquivos_pdf/20140108105947.pdf>. Acesso em: 19 Jan. 2016.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MORAIS, C. S. et al. **Avaliação do nível de ruído de um trator de rabiça utilizando dosímetro.** XVIII Congresso de Iniciação Científica, o XI Encontro de Pós-graduação e I Mostra Científica – Universidade Federal de Pelotas. 2009. Disponível em: <<http://www2.ufpel.edu.br/cic/2009/index.php>>. Acesso em: 16 Dez 2015.

MUZILLI, O.; SHIKI, S. 1985. Organização da pesquisa agropecuária voltada à visão integrada em sistemas de produção. In Seminário sobre Impacto Social do Desenvolvimento Tecnológico na Agricultura de São Paulo e Paraná, 1. IAPAR, Ponta Grossa, Paraná. p.89-100. **Anais.**

NADERLOO, L.; ALIMADANI, R.; AKRAM, A.; JAVADIKIA; P.; KHANGHAH H. Z. Tillage depth and forward speed effects on draft of three primary tillage implements in clay loam soil. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.7, n.3-4, p.382-385, 2009. ISSN 1459-0255.

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.

NAGASAKI, Y.; NONAKA, M. Development of electric motor-driven monorail systems for agrochemical application In Sloping Greenhouses. St. Joseph: Transactions of the ASAE, paper 994169, 1999.

NASCIMENTO, E. M. S.; AMORIM, M. Q. ; ARAUJO, K. L. B. ; CHIODEROLI, C. A. ; OLIVEIRA, J. L. P. . Desempenho operacional do conjunto microtrator-rotoencanteirador. **Nucleus (Ituverava. Online)**, v. 13, p. 291-300, 2016.

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

OLIVEIRA, J. U. C. de. **Estatística: uma nova abordagem.** Rio de Janeiro: Ciência, 2010. Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas – FAO. **Ano internacional da agricultura familiar.** Disponível em: <<http://www.fao.org/family-farming-2014/home/what-is-family-farming/pt/>>. Acesso em: 25 Jan. 2016.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 58).

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.

RODRIGUES, D. E.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; RODRIGUES, G. J. Desempenho de um micro trator utilizando-se motores com diferentes alternativas energéticas. **Acta Science Technology**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 55-63, 2006.

RODRÍGUEZ, Y. M. T.; FERNANDES H. C.; BRITO, J. D.; SILVA, A. C.; CARNEIRO, J. E. S. **Demanda de potência e energia de um trator agrícola em função da marcha de trabalho e do sistema de manejo do solo.** XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2014.

RUSSINI, A. **Projeto, construção e teste de instrumentação eletrônica para a avaliação do desempenho de tratores agrícolas.** 2009. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

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. **Ciência Agrotécnica**, v. 33, n. 03, p. 870-874, 2009.

SAMAHA, M. J., M. F. S. Ribeiro & T. Pellini. 1993. **Aspectos econômicos do plantio direto de milho e feijão com equipamento de tração animal.** In Encontro Latino Americano sobre Plantio Direto na Pequena Propriedade, 1. IAPAR, Ponta Grossa, Paraná. p. 285-292. Anais.

SANDI, J.; SPADIM, E. R.; MARTINS, M. B.; FERNANDES, B. B.; LANÇAS, K. P. **Ensaio de barra de tração de dois tratores agrícolas em pista de concreto.** XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2014.

SANTOS, A. P. **Análise técnica de semeadoras adubadoras para plantio direto de milho.** 2006. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Concentração em Máquinas e Automação Agrícola) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2006.

SANTOS, M.da.S. **Parâmetros mecânicos de tração em sistemas de cultivo da melancia.** 2010a. 97 f. Dissertação (Departamento de Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010a.

SANTOS, P. M. **Modelagem do desempenho em tração de conjuntos mecanizados visando ao dimensionamento do trator**. 2010b. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010b.

SAVOLDI, A.; CUNHA, L. A.; Uma abordagem sobre a agricultura familiar, PRONAF e a modernização da agricultura no sudoeste do Paraná na década de 1970. **Revista Geografar**, Curitiba, v.5, n.1, p.25-45, 2010.

SERRANO, J. M. P. R. Desempenho de tratores agrícolas em tração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 42, n. 7, p. 1021-1027, 2007.

SERRANO, J. M.; PEÇA, J. O.; PINHEIRO, A.; CARVALHO, M.; NUNES, M.; RIBEIRO, L.; SANTOS, L. The effect of gang angle of offset disc harrows on soil tith, work rate and fuel consumption. **Biosystems Engineering**, v.84, p.171-176, 2003.

SIEMENS, J. C.; BOWERS. W. W. Machinery management: how to select machinery to fit the real needs of farm managers. Farm Business Management (FMB) series, East Moline: **John Deere Publishing**, 1999.5p.

SILVA, S. L., BENEZ, S. H. Construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e equipamentos agrícolas em ensaios de campo. **Energia na agricultura**. Botucatu, v.12, n.3, p.10-18, 1997.

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

SILVA, S. L., RICIERI, R. P., PEREIRA, J. O., BENEZ, S. H. Sistemas de aquisição de dados para ensaios de campo: comparação da força de tração média obtida com micrologger 21x e milivoltímetro na operação de escarificação. In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 6, Chillán. *Anales*...Chillán: 2001.

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. DA; *et al.* Sistema de aquisição automática de dados para o gerenciamento de operações mecanizadas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p.305-310, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052005000200018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 Dez. 2015.

SOMBRA, W. A. **Desempenho de um micro trator agrícola em diferentes relações peso e potência**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza.

SORANSO A. M. **Desempenho de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado etílico e metílico**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Paraná –UNIOESTE, Cascavel. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/tede/>>

td_e_arquivos/1/TDE-2006-12-08T152432Z-51/Publico/Ana%20Marta%20Soranso.pdf>
Acesso em: 18 Maio 2016.

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

SRIVASTAVA, A. K.; CARROLL E. G.; ROGER, P. R.; and DENNIS R. B. **Machinery selection and management**. Chapter 15 in Engineering Principles of Agricultural Machines, 2nd ed., 525-552. St. Joseph, Michigan: ASABE. Copyright American Society of Agricultural and Biological Engineers. Na operação com máquinas agrícolas. 2006.

SORANSO, A. M. **Desempenho de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado etílico e metílico**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Paraná – UNIOESTE, Cascavel.

SOUSA, R. B. C. **Conforto térmico de operadores de tratores agrícolas submetidos a diferentes condições de operação de preparo de solo**. 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Concentração engenharia e sistemas agrícolas) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

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**. 2013.112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícola) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

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

TEIXEIRA, J. C. **Modernização da agricultura no Brasil: Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas Três Lagoas-MS, V 2 – n.º 2 – ano 2, Setembro de 2005.

YANAI, K.; SILVEIRA, G.M.; 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.1427-34, 1999.

ZOZ, F. M.; GRISSO, R. D. **Traction and Tractor Performance**. Louisville: ASAE, 2003. 46 p.