



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**LUCAS FERNANDO ARAUJO SANTOS**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E OPERACIONAL DE UM CONJUNTO TRATOR-  
PULVERIZADOR NA CULTURA DA ACEROLA (*Malpighia emarginata*)**

**FORTALEZA**  
**2019**

LUCAS FERNANDO ARAUJO SANTOS

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E OPERACIONAL DE UM CONJUNTO TRATOR-  
PULVERIZADOR NA CULTURA DA ACEROLA (*Malpighia emarginata*)

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Viviane Castro dos Santos.

FORTALEZA

2019

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)

---

- S236e Santos, Lucas Fernando Araujo.  
Eficiência energética e operacional de um conjunto trator-pulverizador na cultura da acerola (Malpighia emarginata) / Lucas Fernando Araujo Santos. – 2019.  
33 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.  
Coorientação: Profa. Dra. Viviane Castro dos Santos.
1. Mecanização agrícola. 2. Desempenho operacional. 3. Pulverização agrícola. I. Título.
- CDD 630
-

LUCAS FERNANDO ARAUJO SANTOS

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E OPERACIONAL DE UM CONJUNTO TRATOR-  
PULVERIZADOR NA CULTURA DA ACEROLA (*Malpighia emarginata*)

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 18 / 06 / 2019.

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Viviane Castro dos Santos (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Ma. Aline Castro Praciano  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Ma. Isabela Oliveira Lima  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A minha família pelo carinho.

Aos meus amigos e amigas pela força.

Ao Universo pelo dom da vida.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, pela excepcional orientação.

A Prof<sup>a</sup>. Dr. Viviane Castro dos Santos pela excelente coorientação.

A Ma. Aline Castro Praciano por todo o apoio durante a minha graduação, pessoa dotada de um caráter incrível e fonte de conhecimento inesgotável.

A participante da banca Ma. Isabela Oliveira Lima pela valiosa colaboração.

Ao Prof. Dr. Daniel Albiero, por todos os ensinamentos e oportunidades concedidas, por desperta em mim o prazer pela ciência e instigação da buscar pelo novo.

Aos Professores Dr. Danilo Roberto Loureiro e Dr. Raimundo Nonato Távora Costa pelo apoio e ensinamentos excelentes.

A toda a equipe do Laboratório de Acidente com Máquinas Agrícolas (LIMA) pelo apoio prestado.

A Fazenda Amway Nutrilite do Brasil pela estrutura disponibilizada para a realização deste experimento.

Ao Grupo Agroecológico da UFC (Gaufc), espaço onde tive a oportunidade de ter uma visão holística da agronomia e do mundo.

A toda a excelente equipe da Diniz Consultoria Agrícola, por todas as oportunidades concedidas e ensinamentos profissionais em especial ao Sr. José Vieira Diniz um exemplo de profissional e ser humano.

Aos amigos e amigas da Agronomia UFC por todos os momentos de apoio, discussões filosóficas e descontração, com os quais tive o prazer de engrandecer meus valores e saberes em especial Luiz Tiago, Ms. Júlio Cesar B Dantas, Caíque Duarte, Eduardo Anselmo, Herbson Luz, Adão Barros, Timóteo Sampaio, Ruan Lessa, Lucas Lopes, Mariana Vieira, Luiza Rayol, Tainá Cunha, Lisandro Melo e Marcos Roberto.

Ao amigo Ellyson Costa pelo apoio e torcida desde o início de nossa amizade.

A minha família, meus Irmãos Raniel, Robert, meus pais Dinha, Daniel e Edvaldo pela paciência e apoio desde sempre. Aos meus tios em especial a minha tia Paula Lazar, a quem e serei eternamente grato e gostaria de compartilhar essa conquista.

Por fim a todas as pessoas que de alguma forma fazem parte deste capítulo do livro de minha vida.

## RESUMO

A mecanização agrícola constitui uma das grandes contribuições para a otimização de diversos processos dentro dos mais variados contextos da produção agrícola. No entanto, um dos grandes problemas encontrados por diversos produtores é a dificuldade no processo de adequação da frota de tratores e implementos existentes na propriedade, na maioria das vezes essa adequação é baseada na suposição do agricultor, algumas vezes esse conhecimento prático gera processos adequados mas muitas vezes a falta de parâmetros técnicos para escolha da melhor máquina e regime de marcha e rotação acabam por elevar os gastos e diminuir a eficiência do processo, o que pode resultar em gastos excessivos com combustível e tempo de operação, diminuindo a eficiência de campo da máquina. Nessa perspectiva, objetivou-se avaliar o desempenho de um modelo de trator com 61,23 kW de potência, implementado com um pulverizador do tipo atomizador utilizado na cultura da acerola, a fim de determinar as combinações ideais de marchas/rotações do conjunto, buscando um melhor desempenho operacional e diminuição no consumo de combustível. O trabalho foi conduzido nas entrelinhas de plantio de acerola da Fazenda Amway Nutrilite do Brasil no município de Ubajara no estado do Ceará, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com 2 tratamentos M1 (L3/1900) e M2 (L4/1900) com 8 repetições cada. Como parâmetros de avaliação foi utilizado o consumo de combustível por área (Cco), capacidade de campo efetiva (Cce) e capacidade de campo operacional (Cco) assim como a velocidade de deslocamento (V). Para testar a normalidade dos dados foi utilizada a metodologia da normalidade pelo índice de assimetria e curtose segundo Montgomery (2004). Confirmada a normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, onde as médias dos fatores significativos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, foi utilizado o *software* estatístico Minitab® versão 18. Segundo os resultados, foi demonstrado que o consumo de combustível por área de menor valor observado, foi no tratamento M2 de 3,12 L ha<sup>-1</sup> e maior em M1 de 4,385 L ha<sup>-1</sup>. Os maiores valores de Cce e Cca foram observados no tratamento M2 de 1,72 e 1,16 ha h<sup>-1</sup> respectivamente. Podemos concluir que o presente trabalho pôde através do escalonamento de marcha/rotação otimizar o desempenho operacional e energético do conjunto trator-implemento na situação estudada.

**Palavras-chave:** Mecanização agrícola. Desempenho operacional. Pulverização agrícola.

## ABSTRACT

Agricultural mechanization is one of the great contributions to the optimization of diverse processes within the most varied contexts of agricultural production. However, one of the major problems encountered by several producers is the difficulty in adapting the fleet of tractors and existing implementations in the property, most of the time this adaptation is based on the assumption of the farmer, sometimes this practical knowledge generates adequate processes but often the lack of technical parameters to choose the best machine and the speed and rotation regime end up increasing expenses and decreasing the efficiency of the process, which can result in excessive expenses with fuel and time of operation, reducing the field efficiency of the machine. The objective of this study was to evaluate the performance of a tractor model with 61.23 kW of power, implemented with an atomizer type sprayer used in the acerola crop, in order to determine the ideal combinations of gears / revolutions of the set, looking for improved operational performance and reduced fuel consumption. The study was conducted in the inter-planting lines of Fazenda Amway Nutrilite from Brazil in the municipality of Ubajara in the state of Ceará, the experimental design was completely randomized (DIC) with 2 treatments M1 (L3 / 1900) and M2 (L4 / 1900) with 8 repetitions each. The fuel consumption by area (Cco), effective field capacity (Cce) and operational field capacity (Bcc) as well as the displacement velocity (V) were used as evaluation parameters. In order to test the normality of the data, the methodology of normality was used by the asymmetry and kurtosis index according to Montgomery (2004). Confirmed to normality, the data were submitted to analysis of variance (ANOVA) by the F test, where the averages of the significant factors were compared with the Tukey test at the 5% probability level, the statistical software Minitab® version 18 was used. According to the results, the fuel consumption per area of lowest value observed was in the M2 treatment of 3.12 L ha<sup>-1</sup> and higher in M1 of 4,385 L ha<sup>-1</sup>. The highest values of Cce and Cca were in the M2 treatment of 1.72 and 1.16 ha h<sup>-1</sup> respectively. Therefore, we can conclude that the present work was able to optimize the operational and energetic performance of the tractor-implement group in the situation under study.

**Keywords:** Agricultural mechanization. Operational performance. Agricultural spraying.

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	9
2.1	<b>Objetivo geral</b> .....	9
2.1.1	<i>Objetivos específicos</i> .....	9
3	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	10
3.1	<b>Evolução da mecanização agrícola</b> .....	10
3.2	<b>Trator agrícola</b> .....	11
3.3	<b>Velocidade de deslocamento</b> .....	12
3.4	<b>Consumo de combustível</b> .....	13
3.5	<b>Desempenho operacional</b> .....	14
3.6	<b>Pulverização agrícola</b> .....	15
3.7	<b>Cultivo de acerola (mecanização)</b> .....	16
4	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
4.1	<b>Caracterização da área experimental</b> .....	18
4.1.2	<i>Classificação e granulometria do solo</i> .....	18
4.2	<b>Maquinário agrícola e instrumentação</b> .....	19
4.2.1	<i>Tratores</i> .....	19
4.2.2	<i>Pulverizador</i> .....	19
4.2.3	<i>Fluxômetro</i> .....	21
4.3	<b>Parâmetros operacionais de obtenção direta</b> .....	21
4.3.1	<i>Velocidade de deslocamento do conjunto</i> .....	21
4.4	<b>Parâmetros operacionais de obtenção indireta</b> .....	22
4.4.1	<i>Capacidades de campo efetiva</i> .....	22
4.4.2	<i>Capacidade de campo operacional</i> .....	22
4.4.3	<i>Consumo de combustível por área trabalhada</i> .....	23
4.5	<b>Procedimento de execução do experimento</b> .....	23
4.6	<b>Delineamento experimental e estatística</b> .....	24
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
5.1	<b>Estatística descritiva e anova</b> .....	25
5.2	<b>Teste de comparação de medias</b> .....	25

<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola foi um dos pilares da revolução agrícola ocorrida no século passado e se consolidou como um agente de incremento da eficiência do uso da terra e das operações de cultivo ao longo da história recente da agricultura.

Um dos custos mais alto na mecanização agrícola, podendo chegar a alcançar até 30 % dos custos totais da máquina é com combustível. Este consumo está ligado diretamente a alguns fatores como adequação do conjunto trator-implemento, tipo e condição do solo, profundidade de trabalho do implemento.

A pulverização é um dos tratos culturais mecanizados mais presentes durante o ciclo de produção de uma cultura frutífera, sendo necessária o seu uso desde o início de formação dos pomares até o fim de sua vida útil. O processo de aplicação de defensivos em frutíferas se mostra de baixa eficiência quando comparado com culturas anuais, o que mostra maior necessidade de controle dos fatores envolvidos nesta atividade.

Ainda é comum na agricultura mundial, principalmente em países em desenvolvimento, a tomada de decisão na escolha de que máquina agrícola utilizar em determinada operação baseada em decisões não técnicas por parte dos agricultores, algumas vezes esse processo gera resultados aceitáveis pela experiência empírica do agricultor, mas deixa muito espaço para otimização.

Um bom gerenciamento do maquinário agrícola, necessita de uma base de dados de parâmetros de desempenho e capacidade operacional da maquinaria de uma propriedade agrícola para auxiliar na tomada de decisões.

Faz-se necessário o ensaio de campo com implementos em uma propriedade agrícola vendo que os parâmetros de tomada de decisão como capacidade de campo efetiva e consumo de combustível são bastante influenciados por características do local que a máquina trabalha.

O escalonamento de marcha e rotação de trabalho de uma máquina agrícola deve ser baseado nos parâmetros de desempenho desta, e necessita de ensaios de campo para aferir seus valores e com isso chegar a maior eficiência operacional possível para a atividade agrícola a que se destina.

## 2 OBJETIVOS

Os objetivos dos experimentos estão destacados nos subtópico abaixo, especificando cada uma das propostas as quais o presente trabalho se propôs a realizar.

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar o consumo por área e capacidade de campo efetiva de um conjunto trator-implemento na atividade de pulverização na cultura da acerola sob diferentes regimes de marcha e rotação (escalonamento).

#### 2.1.2 *Objetivos específicos*

- Avaliar velocidades reais de deslocamento e comparar com teóricas;
- Calcular consumo de combustível por área trabalhada;
- Calcular capacidade de campo efetiva e operacional;
- Determinar o melhor regime de marcha/rotação para a operação nas condições estudadas.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

O estudo da mecanização agrícola é também um estudo da história evolutiva moderna da sociedade humana, diversos conhecimentos científicos são empregados na agricultura.

#### 3.1 Evolução da mecanização agrícola

A mecanização pode ser entendida como o processo de utilizar instrumentos mecânicos para substituir a mão de obra humana e animal na realização de uma determinada tarefa. Na agricultura essas diferentes tarefas podem ser simples como a substituição da enxada por um arado visando revolver a camada superior do solo para o plantio, as mais complexas como as de colheita (RIO GRANDE DO SUL, 1975).

A mecanização teve início com a revolução industrial em 1760 na Inglaterra, onde a manufatura passou por uma transformação, deixando processos artesanais de produção e aderindo a utilização de máquinas para realizar a fabricação de diversos produtos necessários a sociedade, de tecidos a automóveis, com a população mundial aumentando e impactando na demandando por alimento, foi visto que era necessário aumentar a produtividade agrícola (CARPANEZZI *et al.*, 2018). O trator foi o mecanismo que mais trouxe incremento de potência para as atividades no campo e sua evolução se confunde com a própria evolução da mecanização agrícola, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Evolução do trator no século XIX e XX



Fonte: Vian *et al.* (2013).

As máquinas agrícolas sofreram diversas otimizações no decorrer do século XX, os tratores e implementos foram se tornando cada vez mais específicos para as determinadas operações que se prestam a realizar, impulsionando a indústria de máquinas agrícola em vários países do mundo (OLMSTEAD; RHODE, 2014).

Um estudo realizado por Kuwornu, Apiors e Kwadzo (2017) em que os autores estudaram a mecanização em propriedades produtoras de arroz em Gana, observaram que cerca de 75% desses produtores tinham até 45% das operações agrícolas na propriedade mecanizadas, o que os garantia maior produtividade e competitividade do que os 25% que não chegavam a esse nível de mecanização das atividades.

Esse processo de mecanização do campo não impactou só o ganho de produtividade mas refletiu na dinâmica social do ambiente como um todo, os fluxos migratórios de camponeses para os centros urbanos se intensificaram em decorrência desse fenômeno de emprego de tecnologias no meio rural pós segunda guerra que ficou conhecido como revolução verde (JESUS; OMMATI, 2017).

### **3.2 Trator agrícola**

De acordo com a Associação Americana de Engenheiros (ASAE, 1994), tratores agrícolas são veículos autopropelidos de rodas, esteiras ou mistos, com função de converter a energia química dos combustíveis, por meio de um motor, em movimento. Disponibilizando potência para atividades tractórias ou estacionárias com fins agrícolas e/ou florestais.

Em 1892 o Engenheiro alemão Rudolf Diesel patenteou o motor de ignição por compressão, depois de aproximadamente 10 anos de pesquisas, os motores a combustão interna do ciclo “Diesel” são os mais utilizados em veículos pesados, como os tratores agrícolas, até os dias de hoje (BRUNETTI, 2012).

O surgimento do trator se dá por volta do ano de 1850 na Inglaterra, os primeiros possuíam motores a vapor e eram extremamente pesados foi só em meados do ano de 1920 que um trator dotado de um motor a combustão interna do ciclo Diesel foi apresentado e popularizou-se no campo (OLMSTEAD; RHODE, 2014).

Nos dias atuais a agricultura tecnificada possui no trator a fonte básica de potência para diversas atividades agropecuárias, na Figura 1 podemos observar o número de tratores e características da frota brasileira de uma série histórica dos anos de 1970 a 2012.

Figura 2 – Evolução da frota brasileira de tratores agrícolas por tempo de uso do veículo em mil unidades



Fonte: ANFAVEA (2013).

### 3.3 Velocidade de deslocamento

A velocidade de deslocamento é um fator que está diretamente relacionado a parâmetros de desempenho em máquinas agrícolas e possui valores distintos para cada operação mecanizada, de forma a obter a melhor qualidade do trabalho que está sendo realizado (KICHLER *et al.*, 2011),

Para Mialhe (1996) a velocidade de deslocamento do conjunto trator-implemento deve ser um parâmetro a ser avaliado tão somente em função da qualidade do trabalho realizado pelo implemento. As velocidades atingidas por tratores em operações agrícolas são dependentes de vários fatores como as características do implemento, da operação (preparo do solo, aplicação de corretivos, pulverização, colheita), características do solo de trabalho (físicas principalmente), tipo de pneu, deslizamento dos rodados, dentre outros.

Um estudo realizado por Cortez *et al.* (2008) onde os autores avaliaram os efeitos de dois diferentes tipos de preparo do solo (convencional e plantio direto) a velocidade de deslocamento (4,0; 5,0 e 7,0 km h<sup>-1</sup>) no desempenho de um trator agrícola na operação de semeadura, demonstrou que não houve impacto do tipo de preparo sobre os parâmetros de desempenho, porém foi observado que os diferentes regimes correspondentes as velocidades estudadas impactaram no consumo horário de combustível, consumo específico e capacidade

de campo efetiva do conjunto.

Feitosa *et al.* (2015) avaliando a velocidade de deslocamento e pressão de ar dos pneus de um trator agrícola e sua influência em parâmetros operacionais do trator e físicos do solo observaram que quanto maior a velocidade atingida, maior o incremento no consumo horário de combustível e menor no consumo por área. Essa observação demonstra que o consumo horário não é um bom parâmetro para tomadas de decisão sobre conjunto trator-implemento, mas sim sobre o trator isoladamente, pois este não leva em consideração as velocidades de deslocamento atingidas e conseqüentemente despreza a área trabalhada pelo conjunto.

Kichler *et al.* (2011) trabalhando com a operação de subsolagem observaram um aumento da ordem de 40% no consumo de combustível por intermédio de um aumento na velocidade de 3,0 para 5,0 km h<sup>-1</sup> para hastes subsoladoras com curvatura lateral, nas hastes convencionais, o aumento foi de 66%. Isso demonstra a importância que a velocidade de deslocamento tem não só na qualidade do trabalho realizado, mas também no impacto econômico das atividades mecanizadas de uma propriedade.

### **3.4 Consumo de combustível**

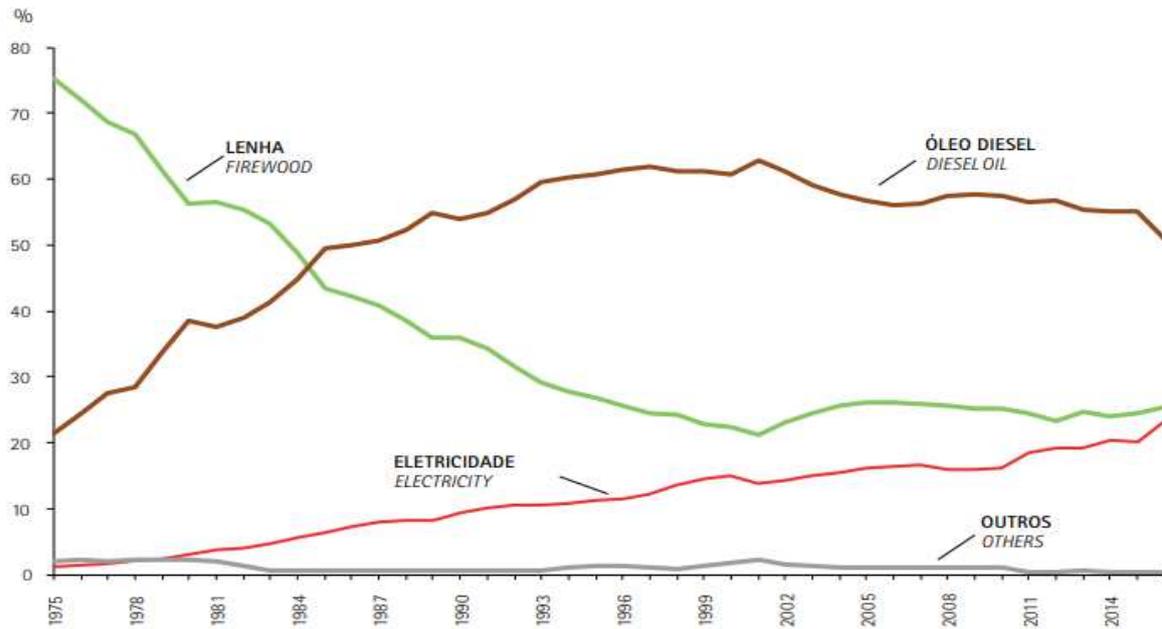
A medição da quantidade de combustível consumido por uma máquina é um dos mais importantes parâmetros para medir o rendimento do motor que fornece potência para o trabalho realizado (MIALHE, 1996).

Para Cordeiro (2000) o consumo de combustível é um dos parâmetros mais importantes de desempenho para uma máquina agrícola. O insumo combustível está em toda a cadeia produtiva da agricultura moderna desde as máquinas autopropelidas como tratores, colhedoras, pulverizadoras até máquinas estacionárias como motobombas para irrigação.

Durante a transmissão de potência do motor do trator para a barra de tração ocorre perdas que podem levar a uma baixa significativa da transmissão de potência para as atividades e para equilibrar o consumo de combustível aumenta por parte do motor (GABRIEL FILHO *et al.*, 2010).

O consumo de combustível de uma máquina agrícola está diretamente relacionando com a atividade dessa máquina, a escolha de marcha e rotação e as características do local de trabalho (GONZALEZ-DE-SOTO *et al.*, 2015).

Figura 3 – Consumo energético no setor agropecuário brasileiro no ano de 2016



Fonte: Brasil (2017).

### 3.5 Desempenho operacional

O desempenho operacional das máquinas agrícolas é definido como um conjunto complexo de informações que demonstra as características das operações realizadas em determinadas condições de trabalho, tais informações podem ser relacionadas a qualidade e quantidade de trabalho (BARBOSA, 2015).

As características operacionais de máquinas agrícolas são evidenciadas com base na capacidade operacionais, constituídas por parâmetros como a capacidade teórica, capacidade efetiva e capacidade operacional, consumo de combustível horário e específico dentre outros (FESSEL, 2003).

A avaliação direta do desempenho de tratores em campo é realizada através de instrumentos de monitoramento do trator, permitindo a determinação de parâmetros relacionados com a eficiência de trabalho da máquina e serve para levantar dados da operação e criar banco de dados que são utilizados no planejamento das operações mecanizadas de uma propriedade (CORDEIRO, 2000).

A capacidade operacional de um conjunto trator-implemento é dada pela área trabalhada por unidade de tempo geralmente em hectares por hora ( $ha\ h^{-1}$ ). O consumo de combustível (fonte de energia) serve para calcular os custos operacionais do maquinário, através disso é possível expressar a quantidade de energia consumida por um conjunto máquina-

implemento nas diversas operações de campo. O cálculo da energia consumida nas operações agrícolas deve ser feito a partir da capacidade operacional dos implementos e máquinas (LEITE, 2015).

O estudo do desempenho do conjunto trator-implemento tem como objetivo levantar dados para tomada de decisão no gerenciamento de máquinas e implementos de uma propriedade e através desse conhecimento aumentar a eficiência das atividades, diminuir os custos com operações e mão-de-obra (REVANTH *et al.*, 2018).

A adequação de regimes de marcha e rotação em operações com tratores agrícolas permite uma otimização do trabalho realizado e influência diretamente nos parâmetros de desempenho da atividade (FESSEL, 2003).

A adequação do conjunto trator implemento deve ser baseada em estudos de campo já que está depende de uma série de fatores locais como o tipo de solo da área, declividade do terreno e utilização das fontes de potência do trator (MONTANHA *et al.*, 2011).

### **3.6 Pulverização agrícola**

Cabe destacar a diferença entre o processo de pulverização e aplicação, está primeira segundo Casali (2015) é um processo de transformação físico-mecânico de um fluido líquido em partículas ou gotas. Aplicação é o processo de depositar gotas da calda contendo um princípio ativo sobre o alvo desejado, visando um objetivo proposto (ANDEF,2004).

Pulverizadores são todos os equipamentos responsáveis por produzir gotas resultantes da pressão exercida em uma calda (JACTOR, 2001). Existem diversos tipos de pulverizadores disponíveis no mercado, a classificação mais utilizada segundo Casali (2015) é a que separa esses equipamentos em costais (manuais e motorizados), de barra (3 pontos, carreta e autopropelido), turbo-atomizador (3 pontos e carreta) e canhão de ar (3 pontos).

Assim como outros mecanismos empregados na agricultura os pulverizadores veem se desenvolvendo tecnologicamente e tornando-se específicos para certas culturas, com características que otimizam suas funções. O pulverizador do tipo pneumático/atomizador é bastante empregado na fruticultura brasileira e mundial (SANTOS; SANTOS FILHO, 2001).

Os pulverizadores pneumáticos utilizam um fluxo de ar para levar as gotas até o alvo e com isso diminui a deriva, que é considerada um dos principais causadores da diminuição da eficiência de aplicação (MEWES *et al.*, 2015). Forma-se uma espécie de neblina na direção do alvo, visto essa particularidade o emprego dessa tecnologia de pulverização é bastante utilizado em pomares de frutíferas, em decorrência da estrutura da copa das árvores que

dificultam a penetração dos produtos pulverizados (PAIXÃO. 2016).

Machado, Queiroz e Reynaldo (2015) em um estudo com pulverizadores de barra observou que a variação na velocidade de deslocamento dos pulverizadores causou variações no tamanho médio das gotas do produto pulverizado. A velocidade de aplicação é um dos fatores que impacta na qualidade da operação de pulverização.

A fruticultura tradicionalmente se utiliza da pulverização em volume alto, com a calda sendo aplicada até ser percebido que o produto está a escorrer no limbo foliar da planta isso ocorre pela diversidade de portes, ramos, frutos e folhas nas espécies frutíferas este paradigma vem sendo mudado com a evolução de tecnologias de aplicação mais eficientes (FERREIRA, 2013). O processo de pulverização em culturas frutíferas é segundo Holownicki *et al.* (2000) um processo que comparado a pulverização em culturas anuais se mostra de baixa eficiência, visto que por volta de 50% do produto aplicado não atinge o alvo, isso se dá pelas características estruturais e de aplicação destas culturas.

### **3.7 Cultivo de acerola (mecanização)**

A acerola (*Malpighia emarginata* DC.) vem ganhando nos últimos anos popularidade principalmente pela elevada quantidade de vitamina C presente nos frutos, 100g de polpa pode haver até 5000 mg dessa vitamina. É uma planta considerada rústica pois se adapta bem a diversas condições de solo e não possui elevado pragas e doenças identificadas, sua origem é na América Central e do Sul, temperatura média ideal de 26°C, seu fruto é uma drupa de coloração que varia do amarelo ao vermelho (JUNQUEIRA *et al.*, 2004).

Em 1955 a professora Maria Celene Cardoso de Almeida, da UFRPE, trouxe de Porto Rico sementes de diversas variedades de acerolas e distribuiu para agricultores no Pernambuco e na região Nordeste, foi nesta região que a cultura mais se adaptou e hoje possui os maiores plantios do Brasil, provavelmente em decorrência do clima que se aproxima com o da região de origem da planta. (BARBOZA; TAVARES; MELO, 1996).

Assim como outras culturas agrícola, o cultivo de acerola passou pelo processo de mecanização, porém uma das etapas do cultivo mais onerosas que é a da colheita ainda é realizada de forma manual na maioria dos pomares, seja por falta de desenvolvimento de maquinário especializado para a cultura ou pela dificuldade de adaptação de máquinas já existentes no mercado para a realidade dos cultivos no Brasil que majoritariamente é feita por pequenos agricultores com limitação de capital (PONTES *et al.*, 2015). Porém outras etapas do cultivo são facilmente mecanizáveis com destaque para o controle de plantas daninhas e de

pragas e doenças através da operação de pulverização agrícola.

Em uma busca na literatura encontramos um volume baixo de trabalhos na área de mecanização na cultura da acerola, segundo Possuelo (2018) em seu trabalho de avaliação econômica de um protótipo de colhedora semimecanizada para a cultura da acerola, existe uma lacuna de desenvolvimento e a mecanização se mostra viável de acordo com o tamanho da área plantada, no trabalho em questão foi encontrado que a utilização da colheita semimecanizada só se torna economicamente viável a partir de 2 ha em comparação com a colheita manual e a mecanizada a partir dos 17 ha quando comparada com a colheita manual.

Na Figura 4 podemos observar uma máquina de colher oliva adaptada para a colheita da acerola trabalhando na Fazenda Amway Nutrilite do Brasil no estado do Ceará local onde foi desenvolvido o presente trabalho.

Figura 4 – Máquina de colher oliva, adaptada a colheita da acerola na linha de plantio da cultura



Fonte: Possuelo (2018).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Nos subtópicos a seguir estão descritas as informações da base metodológica do experimento como localização, maquinário utilizado, execução e delineamento experimental.

### 4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Amway Nutrilite do Brasil, no município de Ubajara – CE, microrregião da Ibiapaba, latitude 3° 52' 2.82" S, Longitude 41° 5' 35.82" W, altitude de 769 metros e clima Amw de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1928).

Figura 5 – Imagem de satélite da área experimental



Fonte: Google Earth (2016).

#### 4.1.2 Classificação e granulometria do solo

O solo do talhão onde foi realizado o experimento foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Eutrófico Argissólico, segundo o sistema brasileiro de classificação de solos (SiBCS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2012). A Tabela 1 demonstra os valores da composição granulométrica do solo da área experimental, com isso podemos observar a natureza franco-arenosa do solo.

Tabela 1 – Composição granulométrica do solo a área experimental

Profundidade (m)	Granulometria (g kg <sup>-1</sup> )			Classificação textural	Densidade global (g cm <sup>-3</sup> )
	Areia	Silte	Argila		
0 – 0,10	800	90	110	Franco Arenosa	1,37
0,10 – 0,23	770	40	190	Franco Arenosa	1,44
0,23 – 0,53	700	100	200	Franco-Argilo-Arenosa	1,57

Fonte: Adaptado de Gadelha (2015).

## 4.2 Maquinário agrícola e instrumentação

Foram utilizados, trator, pulverizador do tipo atomizador e um fluxômetro para realizar o experimento, a caracterização de cada um desses componentes está descrita nos subtópicos a seguir.

### 4.2.1 Trator

Foi utilizado para tracionar o pulverizador um trator com as seguintes características demonstradas na Tabela 2 a seguir. O peso sobre eixo foi estimado através relação de 40% para eixo dianteiro e 60% para o traseiro do peso total do trator de acordo com metodologia de Mialhe (1996).

Tabela 2 – Características do trator utilizado no experimento

Características	Trator
Potência (kW)	63,21
Tração (tipo)	4x2 (TDA)
Rotação nominal da TDP (RPM)	1900
TDP (540 RPM)	Acionada
PSE traseiro-dianteiro (kg)	1000-1500
Peso/potência (kg kW <sup>-1</sup> )	40,00

Fonte: Adaptador de Massey Ferguson (2012).

### 4.2.2 Pulverizador

Foi utilizado um pulverizador do tipo pneumático, modelo “Twister Mãozinha” da marca Kuhn® com capacidade para 2000 litros de calda, acoplado a barra de tração do trator e com o sistema de bomba acionado pela tomada de potência do trator (TDP) de 540 RPM com

rotação nominal do motor do trator de 1900 RPM.

Na Figura 6 a seguir podemos observar o implemento, com destaque para as paletas onde ficam os bicos e sua disposição que proporciona diversas regulagens de acordo com a cultura agrícola a ser trabalhada.

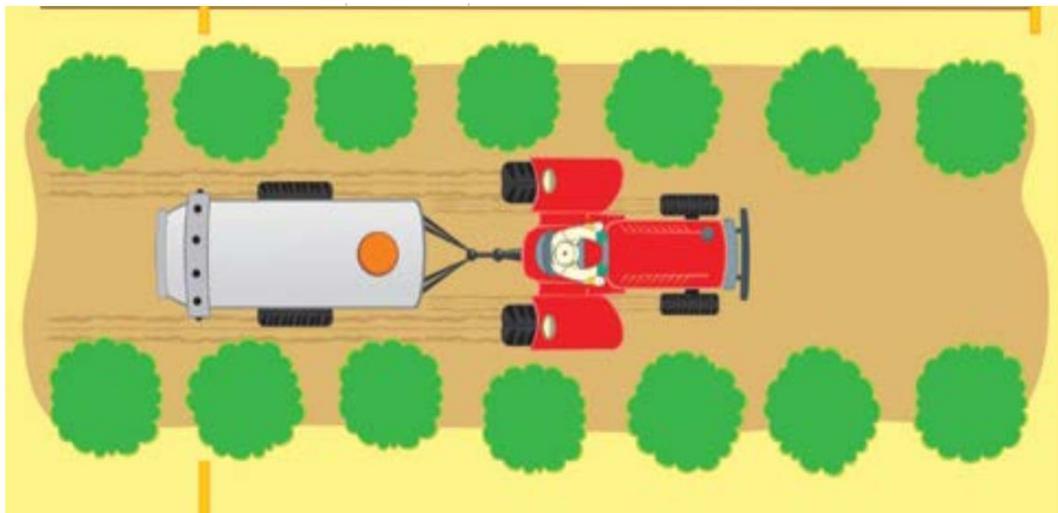
Figura 6 – Pulverizador utilizado no experimento



Fonte: Kuhn (2016).

A Figura 7 é uma representação de um conjunto trator-pulverizador trabalhando nas entrelinhas de uma cultura frutífera.

Figura 7 – Esquema de um conjunto trator-pulverizador pneumático em trabalho

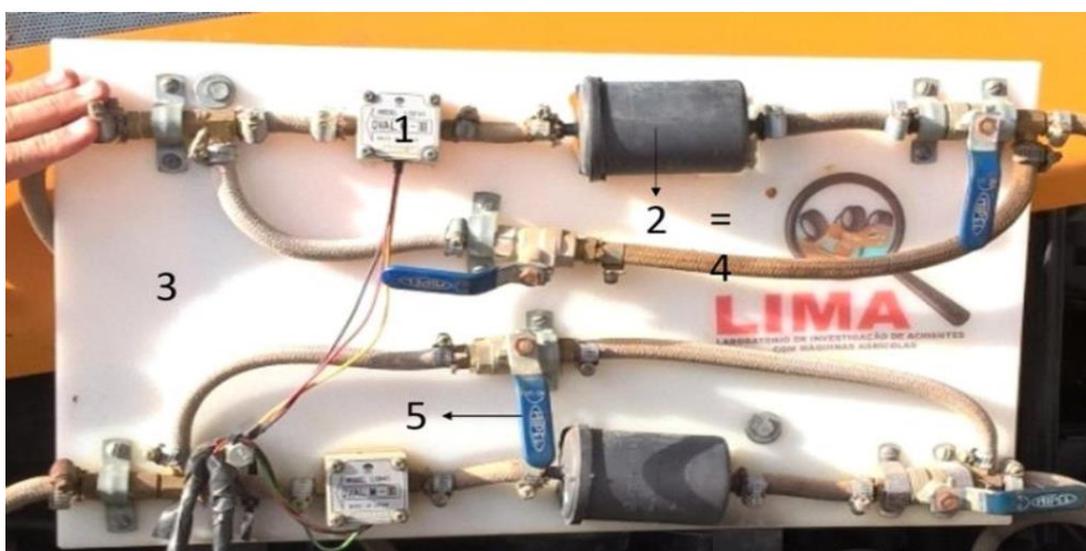


Fonte: Andef (2004).

### 4.2.3 Fluxômetro

Para determinação do volume de combustível consumido foi utilizado um medidor de fluxo volumétrico da marca FLOWMATE® M-III, modelo LSF41C. Onde o volume é expresso em unidade de tempo, com uma vazão de  $1 \text{ ml pulso}^{-1}$ , onde cada pulso é resultante de um giro completo das engrenagens que ficam no interior do dispositivo (1) evidenciado na Figura 8.

Figura 8 – Fluxômetro utilizado no experimento



Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Os outros componentes são filtros (2), suporte de acrílico (3), mangueiras de alimentação e retorno do combustível (4) e alavancas de abertura e fechamento do fluxo (5).

### 4.3 Parâmetro operacional de obtenção direta

O parâmetro descrito nos subtópicos a seguir foram obtidos através dos dados levantados diretamente no experimento de campo com o conjunto motomecanizado, as equações estão presentes em Márquez (2012).

#### 4.3.1 Velocidade de deslocamento do conjunto

A velocidade de deslocamento (V) foi determinada medindo-se o tempo necessário para percorrer as parcelas de 50 m de comprimento. Em cada extremidade da parcela foi

colocada uma baliza para que o operador pudesse iniciar e finalizar o instrumento de contagem do tempo embarcado no trator, posteriormente os valores da velocidade foram calculados pela Equação 1.

$$V = \frac{D}{T} 3,6 \quad (1)$$

em que:

$V$  = Velocidade de deslocamento (km h<sup>-1</sup>);

$T$  = Tempo em segundos (s);

$D$  = Distância percorrida (m);

3,6 = Fator de conversão.

#### **4.4 Parâmetros operacionais de obtenção indireta**

Os parâmetros relacionados a seguir foram obtidos por meio de equações dependentes de parâmetros descritos anteriormente e de determinações realizadas no conjunto trator-implemento ensaiado.

##### **4.4.1 Capacidades de campo efetiva**

A capacidade de campo efetiva ( $C_{ce}$ ) foi calculada a partir da área trabalhada e do tempo de produção do conjunto na operação de pulverização, conforme a equação 2.

$$C_{ce} = \frac{At}{T_{pr}} \quad (2)$$

em que:

$C_{ce}$  = Capacidade de trabalho efetiva do conjunto (ha.h<sup>-1</sup>);

$At$  = Área trabalhada (ha);

$T_{pr}$  = Tempo de produção (h).

##### **4.4.2 Capacidade de campo operacional**

A capacidade de campo operacional ( $C_{co}$ ) foi calculada a partir da velocidade de deslocamento, largura efetiva e da eficiência da operação que segundo Pacheco (2000) é da faixa de 60 – 75%. Foi escolhido um valor intermediário de 67,5%, conforme a equação 3.

$$C_{co} = \frac{V L_c}{10} E_f \quad (3)$$

em que:

$C_{co}$  = Capacidade de campo operacional ( $\text{ha h}^{-1}$ );

$V$  = Velocidade de deslocamento do conjunto ( $\text{km h}^{-1}$ );

$L_c$  = Largura de trabalho efetiva do implemento (m);

$E_f$  = Eficiência de campo (0,675 ou 67,5%);

10 = Fator de conversão.

#### **4.4.3 Consumo de combustível por área trabalhada**

O consumo de combustível por área trabalhada ( $C_{ca}$ ) foi calculado por meio da equação 4.

$$C_{ca} = \frac{C_h}{C_{ce}} \quad (4)$$

em que,

$C_{ca}$  = Consumo de combustível por área trabalhada ( $\text{L ha}^{-1}$ );

$C_h$  = Consumo horário ( $\text{L h}^{-1}$ );

$C_{ce}$  = Capacidade de campo efetiva ( $\text{ha h}^{-1}$ ).

#### **4.5 Procedimento de execução do experimento**

O experimento teve 8 repetições de 58 metros em cada parcela sendo computado valores de consumo somente dos últimos 50 metros, os primeiros 8 metros foram desconsiderados, para que houvesse a estabilização do conjunto trator-implemento para que o mesmo, atingisse velocidade de deslocamento.

O pulverizador foi recarregado em sua capacidade máxima de 2000 litros, a cada tratamento objetivando com isso uma uniformidade em cada repetição dos tratamentos empregados, essa metodologia foi adaptada de Costa (2002) que trabalhou avaliando a capacidade operacional de pulverizadores costais motorizados.

Figura 9 – Trator trabalhando na entrelinha de plantio da cultura (parcela experimental)



Fonte: elaborado pelo autor (2016).

#### 4.6 Delineamento experimental e estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), foram realizadas 8 repetições para cada tratamento sendo estes M1 (Marcha L3/1900 RPM) e M2 (Marcha L4/1900 RPM) os tratamentos foram escolhidos com base na velocidade teórica dada pelo fabricante que foram de  $4,5 \text{ km h}^{-1}$  em M1 e de  $6 \text{ km h}^{-1}$  em M2. Em operações que envolvem a tomada de potência, o controle da velocidade deve ser realizado com base nas combinações de marchas e não na variação de rotação do motor, objetivando com isso não alterar a rotação nominal requerida pela TDP para trabalhar em velocidades constantes (MARQUEZ, 2012).

Para testar a normalidade dos dados foi utilizada a metodologia da normalidade pelo índice de assimetria e curtose segundo Montgomery (2004). Confirmada a normalidade, os

dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, onde as médias dos fatores significativos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, foi utilizado o *software* estatístico Minitab® versão 18.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos subtópicos a seguir são demonstrados e discutidos os resultados do experimento realizado.

### 5.1 Estatística descritiva e anova

A Tabela 4 demonstra a estatística descritiva e resumo da ANOVA de 1 fator para as variáveis. consumo de combustível por área (Cca), capacidade de campo efetiva (Cce), capacidade de campo operacional (Cco) e velocidade de deslocamento (V), está última foi avaliada somente de forma descritiva. Podemos observar que o coeficiente de variação (C.V) para os dados está dentro dos valores tidos como aceitáveis para experimentos de campo segundo Gomes (1991), pois este se encontra na faixa de 10 – 20 (%) para todas as variáveis.

Os valores de assimetria e curtose estão dentro da faixa de (3 a -3) normalidade segundo Montgomery (2004).

Tabela 3 – Características do trator utilizado no experimento

Variável	N	Média	C.V	Mínimo	Mediana	Máximo	Assimetria	Curtose	Valor F
Cce	16	1,46	18,28	1,19	1,46	1,75	0,01	-2,28	2671,10*
Cco	16	0,99	18,38	0,8	0,98	1,18	0,00	-2,28	2472,07*
Cca	16	3,75	20,01	2,39	3,85	4,75	-0,35	-1,07	37,62*
V	16	4,87	18,21	3,96	4,87	5,84	0,01	-2,28	n/a

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

n/a = não se aplica.

Ainda na Tabela 4, segundo a anova houve diferença significativa entre os tratamentos para todas as variáveis estudadas a um nível de probabilidade de 5%, posteriormente foi realizado o teste de Tukey das médias para verificar se as médias das variáveis diferiam entre si.

### 5.2 Teste de comparação de médias

A Tabela 4 demonstra os valores das médias das variáveis estudadas em relação aos tratamentos aplicados M1 (Marcha L3/1900 RPM) e M2 (Marcha L4/1900 RPM). Podemos observar que todas as médias das variáveis Cce, Cco e Cca, para os dois tratamentos, diferiram pelo teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.

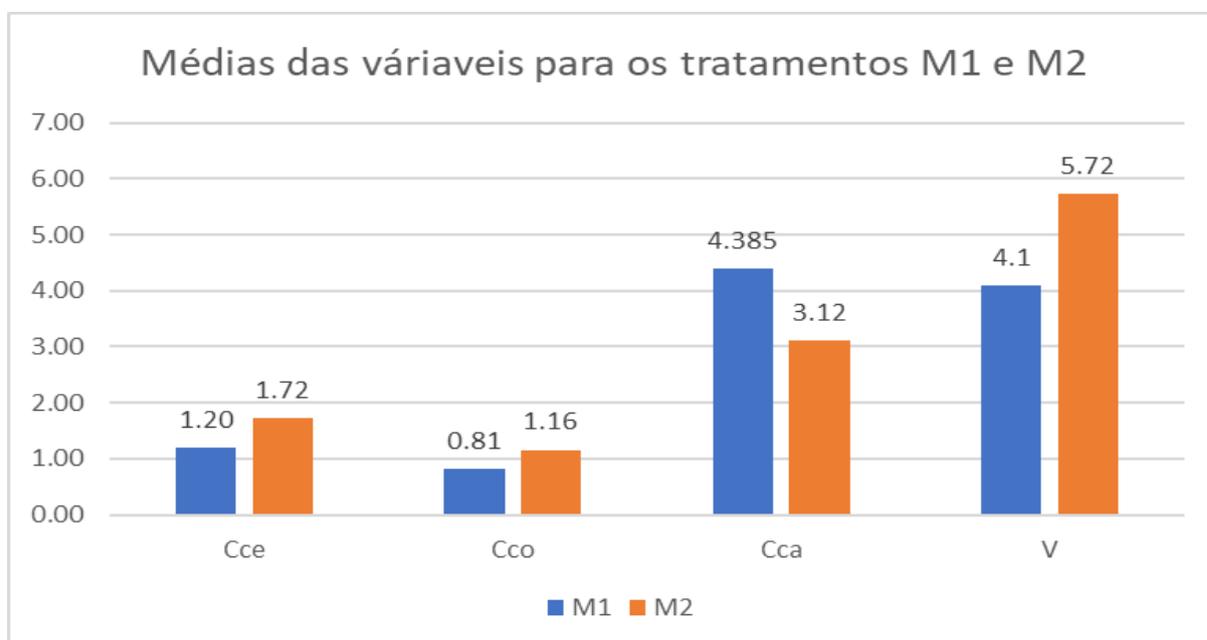
Tabela 4 – Teste de comparação de médias de Tukey

Tratamento	Variável			
	Cce	Cco	Cca	V
M1	1,20 A	0,81 A	4,38 B	4,01
M2	1,72 B	1,16 B	3,12 A	5,75

Médias seguidas de mesma letra nas colunas (C) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Estes mesmos resultados são demonstrados em forma gráfica no Gráfico 1 a seguir, onde na cor azul está os valores das variáveis para o tratamento M1 e em laranja para o tratamento M2.

Gráfico 1 – Médias dos tratamentos em cada variável estudada



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A primeira observação que podemos fazer é a respeito da velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador que estão em ambos os tratamentos dentro da

faixa de 4 – 8 km h<sup>-1</sup> que segundo a Andef (2004) é a faixa recomendável para as operações com pulverizadores. Quando comparadas as velocidades teóricas fornecidas pelo fabricante notamos valores um pouco abaixo, M1 4,1 km h<sup>-1</sup>, sendo valor teórico de 4,5 km h<sup>-1</sup> e em M2 de 5,72 km h<sup>-1</sup>, sendo o teórico de 6 km h<sup>-1</sup> (diferença de . Essa diferença pode ser explicada por pequenas oscilações na rotação do motor que acontecem pela natureza heterogênea do campo, principalmente por fatores relativos ao solo da área (ALMEIDA; SILVA; SILVA, 2010)

Os valores da capacidade de campo efetiva e operacional mais altos foram observados no tratamento M2 da ordem de 1,72 e 1,16 ha h<sup>-1</sup> respectivamente, e os menores no tratamento M1 que ficaram em 1,20 e 0,81 ha h<sup>-1</sup> respectivamente, a diferença entre a maior e menor capacidade de campo efetiva e operacional foi de 30%, essa diferença segundo Machado *et al.* (2015) se dá pela velocidade ser incrementada nos regimes de marcha mais elevados o que impacta diretamente nesses fatores estudados. Pequeno *et al* (2012) estudando um conjunto trator-grade observaram resultados semelhantes.

O consumo de combustível por área trabalhada foi maior no tratamento M1 (4,385 L ha<sup>-1</sup>) sendo 1,26 L ha<sup>-1</sup> maior que em M2 (3,12 L ha<sup>-1</sup>) compreendendo uma diferença percentual relativa de 28,8%. Segundo Furlani *et al* (2005) o aumento na velocidade do conjunto trator-implemento, trabalhando na operação de semeio, causou a redução no consumo de combustível por área trabalhada, assim como os resultados encontrados no presente trabalho.

## 6 CONCLUSÃO

As velocidades de deslocamento foram avaliadas e se mostram um pouco abaixo das indicadas pelo fabricante para o regime de marcha/rotação estudado.

O consumo de combustível por área de menor valor observado no estudo, foi no tratamento M2 de 3,12 L ha<sup>-1</sup> e maior em M1 de 4,385 L ha<sup>-1</sup>.

Os maiores valores de capacidade de campo efetiva e operacional, foram observados no tratamento M2 de 1,72 e 1,16 ha h<sup>-1</sup> respectivamente.

O tratamento que demonstrou a melhor eficiência energética operacional para os parâmetros avaliados no presente estudo foi M2 com o trator na configuração L4/1900 RPM.

## REFERÊNCIAS

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. **Agrarian**, Dourados, v.3, n. 7, p. 63-70, 2010.

ASAE -American Society of Agricultural Engineers. **ASAE S390.1**. Agricultural machinery management data. In: ASAE Standards: standards engineering practices data. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1994.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL – Andef. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários**. 1ª ed. Campinas: Linea Creativa, 2004. 50 p.

BARBOSA, L. P. *et al.* Desempenho operacional e análise de custo do conjunto mecanizado no preparo do solo para plantio florestal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 11 n. 21, p. 746-757, 2015.

BARBOZA, Sarah Brandão; TAVARES, Edson Diogo; MELO, Marcelo Brito de. **Instruções para o Cultivo de Acerola**. Aracaju: Embrapa, 1996. 42 p.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. 292 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

BRUNETTI, F. **Motores de combustão interna** – volume 1. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2018, 554 p.

CARPANEZZI, Leonardo et al. História e Evolução da Mecanização. **Revista Científica Eletrônica Agronomia**, Garça, v. 1, n. 25, p.45-51, ago. 2018. Disponível em: <[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/CxbNYOvf8fSKep0\\_2018-1-25-14-45-46.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/CxbNYOvf8fSKep0_2018-1-25-14-45-46.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2019.

CASALI, A, L. **Caracterização, avaliação e classificação dos pulverizadores autopropelidos produzidos no Brasil**. 2015, 127 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

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

COSTA, Marco Antônio Ferreira da. **Avaliação de desempenho operacional de um pulverizador pneumático costal motorizado utilizado no controle de mosquitos vetores de doenças**. 2002. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas do Solo. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. Brasília, DF: Embrapa

Produção da Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012, 306 p.

FEITOSA, J. R.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M. Influência Da pressão interna dos pneus e da velocidade de deslocamento nos parâmetros operacionais de um trator agrícola e nas propriedades físicas do solo. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**. Jaboticabal, p. 117-127. fev. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v35n1/1809-4430-eagri-35-1-0117.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

FERREIRA, Marcelo da Costa. Avanços Tecnológicos na Pulverização de Frutíferas. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 6., 2013, Londrina. **Anais Sintag**. Londrina, 2013. p. 10 – 14.

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de Eucalyptus grandis, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FURLANI, C. E. A. *et al.* Semeadora-adubadora: Exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jaboticabal, v. 32, n. 01, p. 345-352, nov./out. 2008.

GABRIEL FILHO, Antônio *et al.* Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 333-339, mar. 2010.

GADELHA, J. C. **Matéria orgânica e nutrientes em agroecossistemas sob cultivo orgânico e irrigado**. 2015, 82 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

GONZALEZ-DE-SOTO, M. *et al.* Reducing fuel consumption in weed and pest control using robotic tractors. **Computers and Electronics in Agriculture**. Florida, v. 114, p. 96-114, jan. 2015.

HOLLOWICKI, R. *et al.* Automatic self-adjusting air-jet sprayer concept for fruit trees. In: international conference on agricultural engineering, 10., 2000, Warwick. **Anais...** Londres: 2000. p. 10 – 11. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

JACTOR. **Manual técnico sobre orientação de pulverização**. 5ª ed. São Paulo, 2005, 24 p. (Circular técnica, 23).

JESUS, Alex Sander Silva de; OMMATI, José Emílio Medauar. Segurança alimentar e revolução verde: questionamentos atuais acerca da luta contra a fome no plano internacional. **Revista do Direito Público**, Londrina, v. 12, n. 3, p.191-2015, 30 dez. 2017.

JUNQUEIRA, K. P. *et al.* **Cultura da acerola**. Lavras: UFLA, 2004. 27 p. Disponível em: <[file:///C:/Users/Robert/Downloads/bol\\_26%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Robert/Downloads/bol_26%20(1).pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2019.

KICHLER, C. M. *et al.* Effects of transmission gear selection on tractor performance and fuel

costs during deep tillage operations. **Soil and Tillage Research**, Lincoln, v. 113, n. 2, p.105-111, jun. 2011. Disponível em: <<https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/861/>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde Gotha: Verlag Justus Perthes**. 1928. “Mapa de classificação de climas na terra”. Graz, 1928.

KUWORNU, John K. M.; APIORS, Emmanuel K.; KWADZO, George T. Access and Intensity of Mechanization: Empirical Evidence of Rice Farmers in Southern Ghana. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 60, n. 1, p.1-18, jun. 2017.

LEITE, Daniel Mariano. **Desempenho de um conjunto trator- grade em função da velocidade do trator, pressão interna e tipo construção dos pneus**. 2015. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

MACHADO, Thiago Martins; QUEIROZ, Danilo Gonçalves Batista; REYNALDO, Étore Francisco. Desempenho Operacional de um Pulverizador Autopropelido de Barra no Município de Sinop-MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, p.875-887, dez. 2015.

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

MATTOS, P. C. *et al.* **Estudo comparativo de desempenho do trator agrícola empregando óleo Diesel e mistura de etanol/óleo de mamona como combustíveis** In: XI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1981, Brasília - DF. Anais do XI CONBEA. Sorocaba - SP: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1981. v.3. p.1083 – 1095.

MASSEY FERGUSON (Brasil). **Manual técnico MF série 200**. São Paulo: Agco, p. 911. 2012.

MEWES, W. L. C. *et al.* Parâmetros característicos da pulverização pneumática em copas de árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 635-640, 2015.

MIALHE, L. G. **Máquinas Agrícola: ensaios e certificação**. Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 1996, 723 p.

MONTANHA, G. K. *et al.* Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. **Revista Energia na Agricultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 39-51, jan. 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 563 p.

OLIVEIRA, M. L. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2000.

OLMSTEAD A.L.; RHODE P.W. **Agriculture in American economic history: The Oxford Handbook of American Economic History**, Volume 1, 2018. 472p.

PAIXÃO, G. P. **Caracterização de pulverizadores para aplicação de defensivos agrícolas na cultura do café**. 2016, 44 p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa,

2016.

PEQUENO, I. D. *et al.* Desempenho operacional de conjunto trator-grade em Argissolo Amarelo no semiárido nordestino. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 9, n.9, p. 83-92, 2012.

PONTES, A. T. A. C. *et al.* Uso do ciclo fenológico da aceroleira para padronização do ponto de colheita mecanizada. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola-CONBEA, 2015, São Pedro. **Anais do Jubileu de ouro do SBEA**, São Paulo. 2015. v. 44.

POSSUELO, Orlando de Moraes. **Viabilidade econômica de um protótipo para sistema de colheita semimecanizada da cultura da acerola**. 2018. 29 f. Monografia (Bacharelado) – Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2018.

REVANTH, K. *et al.* Decision Support System for Matching Tractor - Implement System. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Tamilnadu, v. 7, n. 11, p.624-632, 10 nov, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. Dejalme Andreoli. Fundação de Economia e Estatística. **A mecanização da agricultura do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fee, 1975. 251 p. Disponível em: <<http://cdn.fee.tche.br/digitalizacao>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

SANTOS, J. E. G.; SANTOS FILHO, A. G. **Apostila de máquinas agrícolas**. 2001. 70 p. Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2001.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas *et al.* Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 51, n. 4, p.719-744, dez. 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032013000400006&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032013000400006&script=sci_abstract)>. Acesso em: 10 jun. 2019.