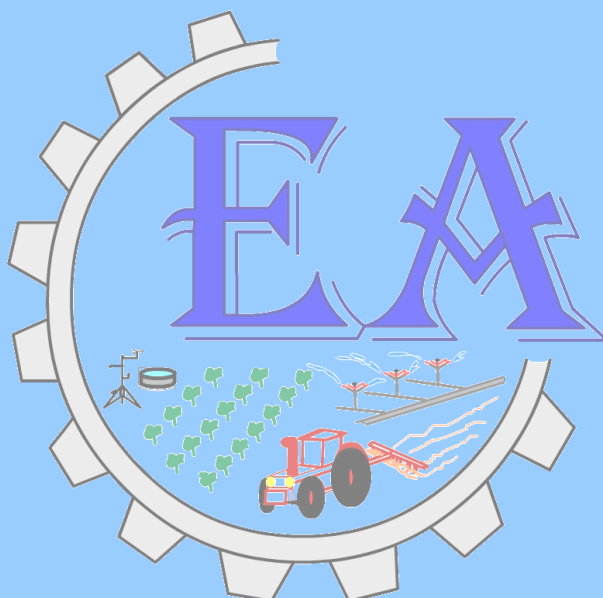




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Gilmara Pires Granja

**DEMANDA ENERGÉTICA DE DIFERENTES CONJUNTOS
MECANIZADOS PARA IMPLANTAÇÃO DE MODELOS DE
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**



JUAZEIRO/BA

2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Gilmara Pires Granja

**DEMANDA ENERGÉTICA DE DIFERENTES CONJUNTOS
MECANIZADOS PARA IMPLANTAÇÃO DE MODELOS DE
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Vale do
São Francisco – UNIVASF,
Campus Juazeiro – BA, como
requisito para obtenção do título
de Mestre.

Orientador: Prof. D. Sc. Daniel
Mariano Leite
Co-orientador: Prof. D. Sc. Renato
Garcia Rodrigues

**JUAZEIRO - BA
2018**

Granja, Gilmara Pires
G759d Demanda energética de diferentes conjuntos mecanizados para
implantação de modelos de recuperação de áreas degradadas /
Gilmara Pires Granja. -- Juazeiro-BA, 2018.
xii, 74 f.: il. ; 29 cm.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São
Francisco, Campus Juazeiro - BA, 2018.

Orientador: Prof. D. Sc. Daniel Mariano Leite

1. Máquinas agrícolas. 2. Semeadora-adubadora. 3.
Reflorestamento de Caatinga. 4. Mecanização agrícola. I. Título. II.
Leite, Daniel Mariano. III. Universidade Federal do Vale do São
Francisco

CDD 631.3

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Gilmara Pires Granja

“DEMANDA ENERGÉTICA DE CONJUNTOS MECANIZADOS PARA
IMPLANTAÇÃO DE MODELOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS”

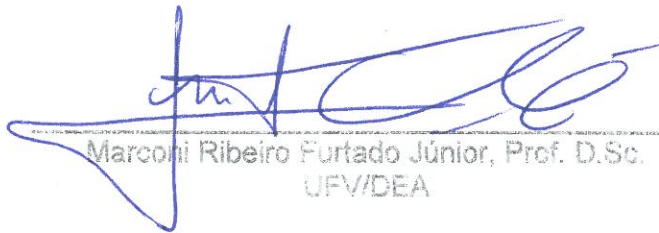
Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.



Daniel Mariano Leite, Prof. D.Sc.
UNIVASF/CPGEA



Renato Garcia Rodrigues, Prof. D.Sc.
UNIVASF/CCBIO



Marconi Ribeiro Furtado Júnior, Prof. D.Sc.
UFV/DEA



Julio César Ferreira de Melo Júnior, Prof. D.Sc.
UNIVASF/CEAGRO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus, por ter me proporcionado inúmeras oportunidades de aprendizado na vida;

Nesse transcurso, pessoas e profissionais estiveram ao meu lado e, sem sombra de dúvidas, contribuíram para a minha formação. Por esta parceria e apoio, agradeço:

Aos meus pais, por compreenderem e aceitarem os momentos de ausência por algo que julguei ser mais importante em minha vida. Agradeço por todos os esforços, incentivos, dedicação e apoio durante toda a minha vida.

Ao meu orientador, Professor Daniel Mariano Leite pela orientação, momentos de descanso deixados de lado para me ajudar, ensinamentos, oportunidades, paciência, amizade e, sobretudo, por toda a compreensão, essencialmente nos momentos difíceis que colocaram a prova a continuidade deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Professor Renato Garcia Rodrigues, pela disponibilidade e apoio recebido de diversas formas, especialmente por ceder equipamentos e apoio logístico do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA), fazendo a diferença para que este trabalho se concretizassem.

A Professora Jardênia Rodrigues Feitosa por seus indispensáveis ensinamentos, presteza e diligência no durante o trabalho.

Aos senhores membros da comissão de avaliação, os Professores Júlio César Ferreira de Melo Júnior e Marconi Ribeiro Furtado Júnior, por aceitarem gentilmente o convite.

À todos os membros do LMA, Blenner, Jeysa, Larissa, Railson, os quais não mediram esforços para ajudar neste trabalho, dentro do laboratório e nos ensaios à campo. Vocês foram fundamentais em cada etapa deste trabalho, muito obrigada!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida durante o curso de mestrado.

À Coordenação e ao Colegiado do Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, pela sensibilização e deferimento das solicitações enviadas.

À secretária do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, Carolina Torres, pela consideração e informações importantes recebidas.

À todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, em especial Edmo Cavalcante, Suzany Alves e Vitor Boson, pelos momentos de alegria e angústias compartilhadas.

À todos os meus amigos, em especial Danilo Sávio, Josenara e Naedja por estarem ao meu lado, pelos momentos de solidariedade e alegrias e me dedicarem a amizade.

A todos que colaboraram com o desenvolvimento do meu trabalho, direta e indiretamente, os meus sinceros agradecimentos.

*“Não é sobre chegar
No topo do mundo e saber que venceu
É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu”*

Ana Vilela

RESUMO

Diversos fatores podem afetar o desempenho energético e operacional dos conjuntos motomecanizados e nesse sentido, torna-se de fundamental importância o entendimento em campo do comportamento e a análise dos principais parâmetros de desempenho em busca da otimização e qualidade das operações. O objetivo com este trabalho foi avaliar o desempenho operacional e energético dos conjuntos motomecanizados nas operações de mobilização do solo e semeadura. Para os conjuntos motomecanizados de mobilização do solo, foi avaliada a influência de oito velocidades com quatro repetições, sendo avaliado o consumo horário de combustível, o volume de solo mobilizado, a capacidade operacional, a patinação dos rodados e o consumo de combustível por volume de solo mobilizado. Para o conjunto trator-semeadora-adubadora, o experimento foi instalado utilizando o delineamento composto central rotacional (DCCR), um fatorial 2^2 , incluindo cinco pontos axiais e três repetições no ponto central, avaliando o consumo horário de combustível, a capacidade operacional, a patinação dos rodados do trator e da semeadora e quantidade de sementes depositadas. O consumo horário de combustível apresentou acréscimos consideráveis com o aumento da velocidade. O volume de solo mobilizado não foi significativo. A capacidade operacional apresentaram forte dependência e efeito linear. Em média a maior patinação dos rodados foi promovido pelo conjunto trator-grade, as quais ficaram abaixo dos limites estabelecidos pela ASAE para solos arenosos. O aumento da velocidade implicou em um menor volume de solo mobilizado. A patinação da semeadora não foi influenciada pela velocidade e nem pela relação de transmissão.

Palavras-chave: semeadora-adubadora, implementos, restauração da Caatinga, consumo de combustível.

ABSTRACT

Several factors can affect the energy and operational performance of motomechanized assemblies. In this sense, it is fundamentally important to understand the behavior in the field and analyze the main performance parameters in order to optimize and quality the operations. The objective of this work was to evaluate the operational and energy performance of the motomechanized sets in soil mobilization and sowing operations. For the mechanized sets of soil mobilization, the influence of eight velocities with four replications was evaluated, with hourly fuel consumption, soil volume mobilized, operational capacity, wheel spin and fuel consumption per volume of only mobilized. For the tractor-sowing-fertilizer set, the experiment was set up using a rotational central composite (DCCR) design, a 2^2 factorial, including five axial points and three replicates at the central point, evaluating fuel hourly consumption, operational capacity, skating of tractor and seeder wheels and quantity of seeds deposited. The hourly fuel consumption showed considerable increases with the increase in speed. The volume of soil mobilized was not significant. The operational capacity showed strong dependence and linear effect. On the average, the increased skating of the wheels was promoted by the tractor-grid set, which was below the limits established by the ASAE for sandy soils. The increase in velocity implied a lower volume of mobilized soil. The skating of the sowing machine was not influenced by the speed nor the transmission ratio.

Keywords: seeder-fertilizer, implements, restoration of the Caatinga, fuel consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista da área experimental utilizada no experimento.	27
Figura 2. Gabarito em PVC utilizado para coleta da cobertura vegetal.	28
Figura 3. Penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf, utilizado na caracterização da área experimental.	29
Figura 4. Sementes de <i>Senna uniflora</i> (Mill.) H.S.Irwin & Barneby.	30
Figura 5. Trator New Holland® modelo TL75E utilizado no experimento.	32
Figura 6. Decalcomania da velocidade do sistema de transmissão 20x12.	32
Figura 7. a) Diagrama elétrico do microcontrolador e b) Display digital do SMAD. ..	34
Figura 8. Conjunto trator-grade utilizados no experimento.	35
Figura 9. Conjunto trator-escarificador utilizados no experimento.	35
Figura 10. Conjunto trator-sulcador utilizados no experimento.	36
Figura 11. Conjunto trator-semeadora-adubadora utilizados no experimento.	37
Figura 12. Relação de engrenagens e sensor instalado na semeadora-adubadora.	38
Figura 13. Sensor medidor de fluxo colocado na linha de alimentação do trator para a determinação do consumo de combustível.	40
Figura 14. Fluxograma da metodologia para o cálculo do volume de solo mobilizado: a) aquisição do perfil do solo in loco; b) tratamento da imagem capturada.	41
Figura 15. Resistência do solo à penetração em função da profundidade.	45
Figura 16. Consumo horário de combustível em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador.	47
Figura 17. Volume de solo mobilizado em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador.	51
Figura 18. Consumo de combustível pelo volume de solo mobilizado em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador.	56
Figura 19. Consumo horário de combustível em função da velocidade teórica para a semeadora.	57
Figura 20. capacidade operacional em função da velocidade teórica para a semeadora.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores utilizados no DCCR para os fatores em estudo	43
Tabela 2. Esquema e valores codificados dos ensaios para as variáveis velocidades e relação de transmissão	43
Tabela 3. Classificação textural da área experimental.....	44
Tabela 4. Densidade do solo e teor de água no solo.....	44
Tabela 5. Caracterização física da <i>Senna uniflora</i>	46
Tabela 6. Equações de regressão ajustadas para o consumo horário de combustível em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador	47
Tabela 7. Equações de regressão ajustadas para o volume de solo mobilizado em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador	50
Tabela 8. Equações de regressão ajustadas para capacidade operacional em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador	52
Tabela 9. Equações de regressão ajustada para patinagem dos rodados dianteiros e traseiros em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador	53
Tabela 10. Equação de regressão ajustada para o consumo de combustível pelo volume de solo mobilizado em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador	55
Tabela 11. Equação de regressão ajustada para o consumo horário de combustível em função da velocidade teórica para a semeadora.....	57
Tabela 12. Equação de regressão ajustada para capacidade operacional em função da velocidade teórica para a semeadora	58
Tabela 13. Equação de regressão ajustada para patinagem dos rodados dianteiros e traseiros em função da velocidade teórica para o conjunto trator-semeadora	60
Tabela 14. Equação de regressão ajustada para patinagem da semeadora (P_s) e quantidade de sementes (Q_s) por volta em função da velocidade teórica e da relação de transmissão	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1.PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE SETENTRIONAL	14
2.2.A IMPORTÂNCIA DA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA	15
2.3.CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS E ENERGÉTICAS	17
2.4.VELOCIDADE DE OPERAÇÃO DOS CONJUNTOS MOTOMECANIZADOS ..	20
2.5.PATINAGEM DOS RODADOS	21
2.6.SEMEADORAS-ADUBADORAS	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1.CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	27
3.1.1. Cobertura vegetal	27
3.1.2. Densidade do solo	28
3.1.3. Teor de água do solo.....	28
3.1.4. Resistência do solo à penetração	29
3.1.5. Análise granulométrica	29
3.2.CARACTERIZAÇÃO DA SEMENTE.....	30
3.2.1. Umidade das sementes	30
3.2.2. Massa de 1000 sementes	31
3.2.3. Germinação	31
3.3.CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS MOTOMECANIZADOS	31
3.3.1. Trator	31
3.3.2. Sistema de aquisição de dados.....	33
3.3.3. Grade-aradora	34
3.3.4. Escarificador	35
3.3.5. Sulcador	36

3.3.6. Semeadora-adubadora	36
3.3.6.1. Seleção das velocidades teóricas de deslocamento	37
3.3.6.2. Determinação da quantidade de sementes depositadas	38
3.4. PARÂMETROS OPERACIONAIS DE OBTENÇÃO INDIRETA	38
3.4.1. Velocidade	39
3.4.2. Patinagem dos rodados	39
3.4.3. Consumo horário de combustível	40
3.4.4. Capacidade operacional	41
3.7. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	44
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA SEMENTE	46
4.3. CONJUNTOS MOTOMECANIZADOS	46
4.3.1. Implementos de mobilização do solo	46
4.3.1.1. Consumo horário de combustível	46
4.3.1.2. Volume de solo mobilizado	50
4.3.1.3. Capacidade operacional	52
4.3.1.4. Patinagem dos rodados	53
4.3.1.5. Consumo de combustível por volume de solo mobilizado	55
4.3.2. Semeadora-adubadora	56
4.3.2.1. Consumo horário de combustível	56
4.3.2.2. Capacidade operacional	58
4.3.2.3. Patinagem dos rodados	59
4.3.2.4. Patinagem da semeadora e quantidade de sementes depositadas ...	61
5. CONCLUSÃO	62
6. REFERÊNCIAS	63

1. INTRODUÇÃO

O manejo inadequado dos recursos naturais vem promovendo drástica alteração nos ambientes da superfície terrestre, cuja principal causa é atribuída a desenfreadas intervenções humanas na natureza, sobretudo pela retirada da cobertura vegetal para exploração intensiva de atividades agropecuárias, expansão urbana e extração mineral através da aplicação intensiva de novas tecnologias e pela conquista de novas fronteiras, contribuindo para a degradação do ambiente.

Os números que suportam esse impacto ao ambiente somam um passivo de aproximadamente 21 milhões de hectares. Em uma conjuntura de marcha à pró-recuperação dessas áreas, o Brasil assumiu o compromisso mundialmente para recuperar 12 milhões de hectares de florestas até 2030, para múltiplos usos.

Legislações vigentes, como a Lei da Proteção da Vegetação Nativa (LPVN - Lei nº 12.651/2012) e o decreto da Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Decreto no 8.972/2017), e estratégias como as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), vinculadas à Convenção da Mudança do Clima, e o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG) indicam o interesse para fomentar a implementação das ações de recuperação e compensação de áreas degradadas.

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) é um empreendimento de infraestrutura hídrica, em que para a sua execução, um total de 28.213 ha receberam, até agosto de 2015, Autorização de Supressão de Vegetação (ASV). No período de 2007 a 2016, a área total desmatada no interior das áreas da ASV, durante a execução do PISF, foi de 9.183 ha (BRASIL, 2016). A recuperação dessas áreas de ASV está vinculada ao Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) do Plano Básico Ambiental 09.

Nesta perspectiva, frente ao desafio de recuperar extensas áreas ao longo dos canais de transposição do PISF, há necessidade de se direcionar estratégias eficientes na recuperação de áreas disjuntas ao longo da obra em larga escala, tornando-se imprescindível o auxílio de técnicas de mecanização.

O uso dessas técnicas, quando dimensionadas e planejadas corretamente, apresentam resultados de eficiência operacional e diminuição dos custos, acarretando no aumento da capacidade de trabalho e da produtividade bem como no estabelecimento de práticas que visem à sustentabilidade de sistemas.

E em se tratando de reflorestar este único ecossistema genuinamente brasileiro, a Caatinga, esse planejamento torna-se um pouco mais complexo, devido à praticamente ausência de informações acerca da temática e da variação das regulagens que devem ser realizadas em função do insumo utilizado, como exemplo as sementes nativas.

A escolha correta do maquinário e do implemento promovem a otimização da eficiência de operação e dos custos com operações, acarretando no bom desempenho do maquinário.

Contudo, para apresentarem um bom desempenho, é preponderante a realização da análise dos parâmetros técnicos e operacionais relativos à dinâmica e desempenho das máquinas. Tais análises objetivam aprimorar métodos de planejamento, previsão, controle e coordenação das atividades, buscando a maximização dos insumos e minimização de prováveis prejuízos.

Inúmeros fatores influenciam o desempenho energético e operacional de sistemas motomecanizados, a citar a condição de superfície do solo, o tipo de pneu utilizado, o peso total do trator, a distribuição de peso sobre os rodados, o equipamento tracionado, características intrínsecas ao solo, relevo, altitude, fatores ambientais bem como a forma de operação empregada, como a velocidade, sendo capaz de influenciar diretamente nos processos agrícolas mecanizados, de forma que a maneira mais conveniente de adquirir essas respostas é por intermédio de ensaios de desempenho operacional.

Portanto, considerando a influência da velocidade no desempenho de conjuntos motomecanizados, com este trabalho objetivou-se determinar a demanda energética de diferentes conjuntos nas operações de gradagem, escarificação, sulcamento e semeadura em função da velocidade do trator, na recuperação de áreas degradadas, tendo como objetivos específicos:

Para as operações de mobilização, avaliar:

- a caracterização física da área experimental;
- o consumo horário de combustível;

- o volume de solo mobilizado;
- a capacidade operacional;
- a patinagem dos rodados; e
- o consumo de combustível por volume de solo mobilizado;

Para a semeadura, avaliar:

- caracterização física das sementes;
- o consumo horário de combustível;
- a capacidade operacional;
- a patinagem dos rodados do trator e da semeadora; e
- a quantidade de sementes depositadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE SETENTRIONAL

A região Nordeste é historicamente conhecida pela irregularidade espacial e temporal das chuvas, evidências de seca prolongada, especialmente no semiárido em que a precipitação anual média de 600 mm. Devido a essa forte sazonalidade climática, o Governo Federal, dentro da Política Nacional de Recursos Hídricos, vem direcionando recursos financeiros e esforços à um empreendimento que tem por objetivo oportunizar o fornecimento de água para diversos fins, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) (BRASIL, 2004).

Esse projeto possui uma infraestrutura composta por estações de bombeamento de água, canais, pequenos reservatórios e usinas hidrelétricas para auto suprimento que abrangem dois sistemas independentes: o Eixo Norte, que possui mais de 400 km, e o Eixo Leste, que apresenta 220 km de extensão, os quais são responsáveis pela captação água no rio São Francisco, no Estado de Pernambuco (BRASIL, 2004).

Como consequência dessa execução, uma área de mais de 12.000 ha vem sendo alterada expressivamente, numa região que apresenta 1.031 espécies vegetais (FABRICANTE, 2012; SIQUEIRA et al., 2012). Ressalta-se que, apesar de poucos estudos a respeito, além dos impactos negativos para flora, em decorrência da supressão vegetal, alterações em solos e hidrografia estão impactando populações e comunidades vegetais da localidade, conforme observado por Fabricante et al. (2016).

Nesse contexto, vem sendo desenvolvidas ações que englobam 38 programas ambientais no intuito de mitigar ou compensar seus possíveis impactos negativos, fortalecer os benefícios sociais e ambientais que a obra trará, além de possibilitar um maior conhecimento da diversidade biológica do Bioma que está inserido.

Dentre esses programas ambientais, destaca-se o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas que prevê o desenvolvimento de atividades para recomposição e recuperação das áreas degradadas em decorrência das obras de implantação dos canais, por meio da recomposição da paisagem original tanto quanto possível (BRASIL, 2016).

Dessa forma, considerando que a área a ser recuperada ao longo dos canais de transposição do PISF é imensa, há necessidade de se direcionar estratégias eficientes na recuperação de áreas disjuntas ao longo da obra, tornando-se imprescindível o auxílio de técnicas de mecanização.

2.2. A IMPORTÂNCIA DA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

Em meados de 1850, a relação entre o homem e a agricultura andaram paralelamente, no qual ferramentas e implementos agrícolas simples facilitavam diferentes tipos de trabalhos para implantação e manutenção de distintas culturas. Essas ferramentas foram sendo criadas de acordo com a necessidade da execução das diferentes atividades agrícolas, no intuito de aumentar a produção e com isso, a produtividade.

Nesse cenário, configurou-se a importância de que a existência de máquinas de múltiplas operações otimizaria à execução dessas atividades e a substituição do uso de animais para o trabalho, modificando a trajetória das técnicas de produção e incrementando a capacidade trabalho e produtividade agrícola.

No Brasil, a produção de máquinas e implementos agrícolas iniciou com a instalação da indústria de tratores no ano de 1959, impulsionado pela instituição do Plano Nacional da Indústria de Tratores de Rodas, com a fabricação das primeiras unidades no ano seguinte (AMATO NETO, 1985).

Desde então, ocorrem expressivos avanços nesse setor com a substituição progressiva de técnicas agrícolas mais arcaicas e rudimentares por máquinas e equipamentos, sobretudo pelo aumento da demanda, intensificação dos meios de produção, além da escassez e valorização da mão-de-obra rural.

De acordo com Araújo (2013), a substituição do trabalho manual pela utilização de trator agrícola e na execução de atividades de campo, contribuiu para a redução significativa da carga física ao qual o trabalhador rural era sujeito e para a elevação da capacidade de produção agrícola local.

Atualmente, a mecanização agrícola consagra-se como alternativa primordial para aqueles que almejam serem competitivos no mercado, pois é a forma que permite maximização entre a dinâmica da capacidade de trabalho e da demanda por produtos agrícolas. Turker (2011) retratou a mecanização dos processos de produção agrícola como uma das condicionantes que acarretam o aumento da produtividade agrícola.

A importância desse mercado de máquinas agrícolas vem refletindo os investimentos nesse setor para a compra de tratores, que superaram 14% da totalidade de crédito disponível no país acessível aos produtores (ANFAVEA, 2014), atestando a importância dos tratores na agricultura. Entre os anos de 2013 e 2017 foram fabricados no Brasil mais de 309 mil máquinas agrícolas divididas entre as categorias de tratores de rodas, colhedora de grãos e colhedoras de cana-de-açúcar (ANFAVEA, 2018).

Para Peloia e Milan (2010), a mecanização pode ser uma alternativa para a minimização dos custos de produção, contudo, são necessárias a ampliação e a modernização da gestão dos sistemas mecanizados. Segundo Centeno e Kaercher (2010), os custos da mecanização em operações agrícolas nas diversas culturas, caracterizam 10 à 30% dos custos totais de produção.

Evidentemente o processo de mecanização requer investimentos iniciais relativamente altos de forma que é imprescindível a condução correta visando um menor custo de produção.

Vale ressaltar que, pelas características inerentes de cada região, as máquinas e equipamentos precisam possuir desempenho adequado para as condições edafoclimáticas de cada local. Nesse contexto, é de fundamental importância que sejam realizadas ensaios em campo nas regiões que serão utilizadas (MIALHE, 1996).

Nesses ensaios de campo, dentre vários fatores que podem justificar uma atenção especial, a velocidade de trabalho ganha notável destaque dentro do desempenho operacional, pois uma vez associada com a correta combinação entre

marcha e rotação do motor, pode promover a manutenção da patinação dos rodados do trator em níveis aceitáveis e a redução no consumo de combustível, assegurando assim uma operação econômica e eficiente (FURTADO JÚNIOR et al., 2017).

Portanto, torna-se necessária a realização de estudos visando o conhecimento de regulagens e parâmetros e adequações para o planejamento eficiente das operações mecanizadas e a redução dos custos de produção nos sistemas.

2.3. CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS E ENERGÉTICAS

Diante do contexto em que a mecanização agrícola está inserida no agronegócio brasileiro, torna-se imprescindível o entendimento de conceitos operacionais e energéticos para estabelecer tomada de decisões, visando o gerenciamento das atividades, controle de custos e produtividade.

O desempenho operacional é conceituado como um complexo conjunto de informações que determinam suas características ao executarem operações agrícolas sob determinadas condições de trabalho, sendo associadas à características operacionais, como qualidade e quantidade de trabalho, e características dinâmicas, como potência e velocidade de trabalho (MIALHE 1974; FESSEL, 2003). Mais especificamente, na avaliação dessas operações agrícolas, variáveis como capacidade de trabalho e eficiência de campo devem ser estudadas a fim de se obter uma combinação eficiente entre máquinas e de equipamentos.

A capacidade de campo é composto pela capacidade de campo teórica e efetiva. Conforme a definição estabelecida pela ASAE (American Society of Agricultural Engineers) (1998) e Balastreire (1987), a capacidade de campo teórica é determinada quando uma máquina está desenvolvendo a função para a qual foi projetada, a uma dada velocidade e usando toda a sua largura teórica de trabalho, enquanto que a capacidade de campo efetiva é conceituada como a razão entre produção pela unidade de tempo, e eficiência de campo é estabelecida como a razão entre a capacidade efetiva e a teórica.

Cortez et al. (2011) afirmaram que as capacidades de campo, teórica e efetiva devem ser estudadas pois viabilizam a execução de atividades dentro de certos períodos minimizando erros na realização das operações de campo. Sobretudo, a análise operacional dos conjuntos mecanizados repercute no desenvolvimento de técnicas de previsão, planejamento, controle e coordenação das atividades, visando maximizar o rendimento útil de todos os recursos disponíveis, com o menor consumo energético (MASIERO et al., 2012).

Nesse contexto, é importante que seja realizada a seleção correta de características como rotação do motor, maquinário e equipamentos que influenciam no desempenho aumentando a eficiência e diminuindo os custos com operações agrícolas (PARK et al., 2010; MEHTA; SINGH; SELVAN, 2011).

Outro ponto de importante avaliação do desempenho de tratores é a definição de condições semelhantes às aquelas em que os tratores são utilizados no campo de forma que possa refletir as condições em que esses equipamentos tenham maior exigência de desempenho (JASPER et al., 2017).

Queiroz et al. (2017) ao estudarem o desempenho operacional de um conjunto mecanizado trator semeadora-adubadora com diferentes cargas no depósito de fertilizantes e escalonamento de marchas, concluíram que além da maior velocidade associada a maior carga no depósito de adubo ter proporcionado melhor desempenho operacional do conjunto, o escalonamento de marcha que gerou maior velocidade refletiu em maior capacidade operacional sem alterar o consumo energético do conjunto motomecanizado.

Fiorese et al. (2015) determinaram o desempenho de tratores agrícolas sobre uma pista de solo firme sem cobertura vegetal mediante a avaliação de três modelos de tratores 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar) e seis níveis de esforços na barra de tração (5, 10, 15, 20, 25 e 27 kN), constatando que o menor desempenho energético representado pelo consumo de combustível foi na operação com o maior regime de rotação.

Para Gonzalez-de-Soto et al. (2015), o consumo de combustível é proporcional à quantidade de energia solicitada pela máquina, influenciado diretamente pelas atividades agrícolas executadas.

Contudo, quando o objetivo é a maximização operacional de um sistema mecânico, a principal questão envolvida é a otimização energética. As máquinas automotrizes necessitam de uma considerável quantidade de energia para o

desenvolvimento de seu trabalho e, no caso dos tratores agrícolas, que são bastante versáteis em suas atividades, existem variações nas eficiências energéticas em relação aos meios de aproveitamento.

Assim, do ponto de vista energético, diversas são as variáveis que podem apontar o rendimento do uso do combustível de um trator, para a conversão em trabalho no campo, fornecendo números que permitem comparações entre diferentes motores e tratores, em termos construtivos, dimensionais, tecnológicos, entre outros.

Sob a perspectiva de rendimento do motor, a quantidade de combustível consumida representa uma das características mais relevantes, podendo ser expresso por duas maneiras: em relação ao tempo ($L h^{-1}$; $kg h^{-1}$) e em relação ao trabalho mecânico desenvolvido (consumo específico = $g cv h^{-1}$; $g kW h^{-1}$) (MIALHE, 1996).

Santos et al. (2017) avaliaram o consumo de combustível do conjunto trator-roçadora, com três tipos de roçadoras e quatro combinações de marcha e rotação, nas entre linhas de plantio em um pomar de produção orgânica de acerola e constataram que uma adequações dos conjuntos motomecanizados otimizaram a execução das atividades e minimizaram os custos operacionais com mecanização agrícola pela diminuição do consumo de combustível. A escolha apropriada do sistema de manejo do solo e correta adequação do conjunto motomecanizado, obtém-se redução na demanda energética de máquinas agrícolas (MCLAUGHLIN et al., 2008).

Em um Latossolo Vermelho, Compagnon et al. (2013) avaliaram o desempenho operacional do conjunto trator-escarificador, 4 x 2 TDA, em função do teor de água do solo e profundidade de trabalho e verificaram que o aumento no teor de água do solo proporcionou ao conjunto menor consumo horário de combustível, menor patinação dos rodados dianteiros, menor capacidade de campo operacional e maior consumo de combustível operacional.

Os mesmos autores ainda observeram que o aumento da profundidade acarretou no aumento do consumo horário e operacional de combustível, força de tração e potência na barra e patinação dos rodados dianteiros.

Diante do exposto, notavelmente diversos são os fatores que influenciam no desempenho de conjuntos motomecanizados, que isolados ou associados, determinam importantes parâmetros de desempenho, tais como a patinação dos rodados, velocidade de deslocamento, dimensão e formato da área a ser trabalhada,

habilidade do operador em detrimento a capacitações, condições de superfície do solo, características do solo e topografia da área, entre outras variáveis.

2.4. VELOCIDADE DE OPERAÇÃO DOS CONJUNTOS MOTOMECANIZADOS

Para execução de atividades agrícolas mecanizadas visando a otimização das operações, é necessário respeitar recomendações de regulação dos equipamentos, condições de relevo e de manejo do solo local na busca de melhorar o desempenho tratorial dos conjuntos motomecanizados. Assim, a velocidade de operação está entre uma das variáveis que influenciam diretamente no consumo de combustível, na demanda de tração e na qualidade das operações.

Em ensaios de máquinas, esse é um parâmetro que deve ser analisado em função da qualidade do trabalho executado, sendo definido por uma faixa de valores máximo e mínimo (MIALHE, 1996; ASAE, 2011).

Seguindo a mesma perspectiva, a execução de operações agrícolas, a faixa de velocidade de trabalho deve ser assumida como um critério de adequação de marcha, considerando que o escalonamento de marchas apontados pelos modelos comerciais atendam a potência máxima demandada pelo motor.

Complementarmente, a seleção da velocidade deve ser considerada em função do tipo de terreno e implemento que o trator tracionar, destacando-se como fatores que otimizam a execução das atividades em campo (MONTEIRO, 2009).

Martin et al. (2018) estudando a otimização energética e operacional de um trator agrícola, mediante as normas técnicas da OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), em três operações de gradagem combinadas com duas rotações do motor, verificaram que a redução da rotação do motor do trator agrícola associada a marcha de maior velocidade promoveu uma economia em torno de 30% no consumo de combustível nas operações de gradagem.

Vários trabalhos na literatura indicam que maiores velocidades promoverem o aumento da capacidade operacional dos conjuntos motomecanizados e reduzirem os custos operacionais, em contrapartida podem causar prejuízos na qualidade

dessas operações (PEQUENO et al., 2012; SOUZA et al., 2015; MARTINS et al., 2017) .

Avaliando o desempenho operacional de um conjunto trator-grade no preparo periódico do solo sob diferentes marchas do trator e ângulos da barra de tração em um Argissolo Amarelo, Pequeno et al. (2012) observaram que o comportamento da velocidade de deslocamento foi inversamente proporcional ao ângulo de tração e diretamente para a marcha do trator, além da largura de corte e da profundidade de trabalho diminuírem com o aumento do ângulo de tração e velocidade de deslocamento do conjunto. Os mesmos autores ainda concluíram que as capacidades de campo teórica e efetiva, e a potência apresentaram dependência do fator marcha (velocidade).

Souza et al. (2015) ao compararem o consumo horário de combustível de um trator agrícola nas operações de aração e gradagem em diferentes velocidades de deslocamento e profundidades de trabalho em um Cambissolo Franco-Argiloso, constataram que a menor velocidade de deslocamento e menor profundidade de trabalho acarretaram menor consumo de combustível do conjunto.

2.5. PATINAGEM DOS RODADOS

A patinagem dos rodados é um dos parâmetros que influenciam no desempenho dos conjuntos mecanizados, visto que favorece na redução da força de tração e no incremento no consumo de combustível (GABRIEL FILHO et al., 2002).

Conceitualmente, esse parâmetro representa o deslizamento entre a superfície da banda de rodagem e o solo, constituindo a condição preponderante para que ocorra o esforço de tração e então o deslocamento de máquinas e de equipamentos (MIALHE, 1991; HERZOG et al. 2002). Portanto, para que haja tração nos rodados é essencial que exista a patinagem.

Porém, para um adequado desempenho operacional do conjunto mecanizado, existe uma faixa ideal de patinagem que aquele possa estar sujeito, sendo dependente de fatores como a condição de solo, o tipo de rodado, a distribuição de peso no trator e a carga aplicada. Caso o conjunto não esteja dentro dos limites

dessa faixa, poderá ser provocada uma patinagem excessiva ou reduzida dos rodados.

Considerando estas referências, a ASAE S290.5 (1989) recomendou limites que devam estar entre as faixas de 8 - 10% para solos com pouca mobilização, 11 - 13% para solos revolvidos e entre 14 - 16% em solos arenosos. Contudo, pesquisas mostraram valores distintos de patinagem dos rodados que geraram máxima eficiência de tração.

Goering et al. (2003) afirmaram que baixos percentuais da patinagem dos rodados motrizes implicam na eficiência com que o torque aplicado ao rodado para converter em deslocamento seja usado apenas para vencer a resistência ao rolamento e não para produzir trabalho útil. Em contrapartida, percentuais elevados indicam a eficiência com que a velocidade teórica se converte em velocidade real de deslocamento da roda seja muito baixa.

Antunes Júnior et al. (2016) mostraram a influência de níveis de forças na barra de tração e tipos de cobertura do solo na patinagem dos rodados. Em um Latossolo sob semeadura direta, o solo sem cobertura vegetal proporcionou uma patinagem média dos rodados motrizes de 12,54% maior que o solo com cobertura vegetal e houve incremento da patinagem dos rodados quando se aumentou a força na barra de tração do trator.

A patinagem excessiva pode ocasionar a perda de velocidade do trator, o que resulta na redução do rendimento operacional (KLAVER, 2013; RUSSINI, 2012). De acordo com Spagnolo (2010), o aumento da patinagem pode ocorrer em função da diminuição da área de contato entre o pneu e o solo. Silveira (1988) acrescenta que essa redução da superfície de contato também pode provocar perda de tração e aumento do consumo de combustível.

O mesmo autor associa que há uma relação inversa entre a área de contato e a pressão nos pneus, em que altas pressões de insuflagem nos pneus reduzem a área de contato pneu/solo. Resultados similares foram obtidos por Feitosa et al. (2015), Taghavifar e Mardani (2013), Furtado Júnior (2013), Biris et al. (2011), Machado et al. (2005).

Em um Latossolo Vermelho distroférico típico, Coelho et al. (2012) avaliaram o deslizamento do rodado de pneus de um trator em diferentes sistemas de preparo do solo na cultura do milho, sob diferentes marchas e rotações do motor e

concluíram que no preparo convencional, o maior índice de deslizamento ocorreu na operação de semeadura, no cultivo mínimo foi na operação de escarificação e no plantio direto ocorreu na operação de semeadura.

Monteiro et al. (2011) ao comparar o desempenho de um trator equipado com pneus radiais e com pneus diagonais, para diferentes condições de lastragem líquida, condições superficiais de um Nitossolo Vermelho distrófico em três velocidades, constataram que o melhor desempenho do trator, equipado com pneu diagonal, ocorreu na condição de 75% de água nos pneus, apresentando maior velocidade de deslocamento, menor patinagem, menor consumo horário de combustível e gerando maior potência na barra de tração.

Os mesmos autores ainda puderam constatar que, para pneus radiais, o melhor desempenho do trator aconteceu na lastragem com 40% de água nos pneus, proporcionando maiores velocidades do trator, potência e rendimento na barra de tração e menores patinagens, consumos horário e específico de combustível.

Com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e energético de um trator agrícola, Monteiro (2008) obtiveram os menores valores de patinagem na pista com superfície firme. De acordo com o mesmo autor, esses resultados demonstraram que as condições da superfície do solo podem alterar significativamente o esforço tratório, pois a tração está diretamente relacionada à patinagem do trator.

2.6. SEMEADORAS-ADUBADORAS

Balastreire (1996) e Coelho (1996) definiram uma máquina para semeadura como aquela destinada a dosar certa quantidade de sementes e lançá-las no solo de acordo com um adequado padrão de distribuição. As principais funções de uma semeadora são: abrir o sulco de semeadura, dosar sementes, depositá-las no sulco, cobri-las e compactar o solo em torno delas. (REIS; FORCELLINI, 2002).

A combinação desses fatores, incluindo sobretudo a qualidade das sementes e sua localização no solo, em termos de profundidade e posição na linha de semeadura, influenciam na qualidade da semeadura (MARQUES, 2004). Com

relação à semente, é preciso considerar a viabilidade, a pureza e o índice de sobrevivência para uma cultura em particular. A forma e a uniformidade no tamanho também precisam ser consideradas, sendo necessária uma prévia classificação ou modificação física das sementes e seleção adequada do mecanismo dosador (BALASTREIRE, 2005).

Inúmeros fatores podem influenciar na qualidade da operação dessas máquinas agrícolas. Garcia et al. (2011) destacam a velocidade, uma vez que na etapa de semeadura influencia diretamente na patinação da roda motriz e, por consequência na deposição, na distribuição longitudinal e na profundidade das sementes e dos fertilizantes.

Avaliando o desempenho operacional de semeadora-adubadora submetida a três sistemas de preparo de solo (preparo convencional, plantio direto e conservacionista), Chioderoli et al. (2010) verificaram que na semeadura direta os índices de patinação para solo firme ficaram dentro dos limites proposto pela ASAE (1996), enquanto que para o solo escarificado obtiveram valores superiores a estes limites.

Portella et al. (1993) apontam para as condições de solos não preparados e com cobertura vegetal são menos favoráveis à deposição de sementes e fertilizantes em razão da menor mobilização do solo. Os solos apresentam diferentes propriedades se comparados àquelas do sistema convencional como maior densidade, resistência ao cisalhamento e presença de cobertura vegetal, requerendo alterações na configuração da máquina, o que, eventualmente, pode causar reações diferentes em seu comportamento (BORTOLOTTO et al., 2006).

Landers (1995) destaca algumas características de semeadoras-adubadoras que atendem esses requisitos. O autor cita a presença de discos cortadores de vegetação residual, em frente aos discos de adubo e semente; maior robustez e peso ou massa; sistemas de regulagem de profundidade mais precisos e independentes; presença de rodas duplas anguladas para compactação suave do solo; mecanismo de discos duplos desencontrados; estrutura reforçada para evitar deformações.

Casão Júnior et al. (1997), relataram a resistência à penetração de componentes rompedores em solos com elevados teores de argila, reduziu o desempenho de semeadoras-adubadoras de plantio direto. Janke e Herbach (1985),

por sua vez, apontam para variação da resistência do solo à penetração, havendo maior esforço por parte dos dispositivos de abertura de sulco e controle de profundidade.

Cabe considerar também algumas características operacionais de uma semeadora que são importantes para a qualidade de semeadura. Portella (2001) ressalta a capacidade do implemento poder garantir uma semeadura uniforme, mesmo com uma velocidade variável; manter a integridade física das sementes; semear diferentes culturas, além de ser durável, de fácil manejo, regulação e manutenção.

Esses requisitos somados à heterogeneidade da agricultura brasileira, se traduzem na diversidade de equipamentos para operações de semeadura com o objetivo de atender diferentes demandas dos agricultores (SILVA, 2003).

As demandas podem ser atendidas a partir da combinação de diferentes formas de formas de tração, de engate a fonte de potência e de modelo de distribuição de sementes (MACHADO et al., 2007). Com relação à forma de tração, as semeadoras podem ser acionadas exclusivamente pelo homem, por tração animal ou ainda por tratores agrícolas.

Quanto ao engate a fonte de potência, existem os sistemas montados e os de arrasto. No primeiro, a semeadora está acoplada ao sistema hidráulico de levantamento do trator. No de arrasto, a semeadora está acoplada à barra de tração do trator (PORTELLA, 2001). Este último é descrito por Silva (2003) como o modelo mais comumente utilizado no Brasil em razão, entre outros, do melhor controle de semeadura e menor esforço do sistema hidráulico dos tratores.

Ao estudar o desempenho operacional do conjunto trator-semeadora com diferentes cargas no depósito de adubo e regime de marcha do trator em um Argissolo Vermelho-amarelo, Queiroz et al. (2017) verificaram que a patinação dos rodados apresentou valores considerados baixos para todos os tratamentos, comparados aos dados da ASAE (1989), indicando que, independente da marcha ou carga avaliada, a patinação não apresentou diferença significativa. Esse resultado pode ser consequência da fonte de potência utilizada no experimento, pois apesar de seguir os padrões técnicos e distribuição adequada, a demanda de tração da semeadora utilizada é considerada baixa quando comparada a disponibilidade de potência que o trator possui.

Por fim, quanto à forma de distribuição, existem as semeadoras de fluxo contínuo e de precisão. As de fluxo contínuo, são mais apropriadas a sementes miúdas, as quais são distribuídas sem precisão na colocação e curto espaçamento entre linhas; nesse caso, a densidade populacional da cultura é elevada (PORTELLA, 2001). Reis e Forcellini (2002) citam ainda as semeadoras-adubadoras múltiplas, que são capazes de semear uma grande variedade de culturas agrícolas. Elas podem tanto semear em fluxo contínuo quanto em precisão.

Nas semeadoras de precisão, as sementes são depositadas em sulcos, obedecendo a intervalos regulares de acordo com a densidade de semeadura pré-estabelecida. São utilizadas para semear culturas com baixa densidade populacional, como milho.

Nesse tipo de semeadora, a regularidade da deposição de sementes é essencial para um estande adequado de plantas. De fato, os espaçamentos entre plântulas são influenciados pelas condições de solo e pelo potencial de germinação das sementes (LAN et al., 1999). O mecanismo dosador pode também ocasionar espaçamentos falhos por não conseguir capturar a semente e realizar sua adequada deposição no sulco (KACHMAN; SMITH, 1995).

A desuniformidade da cultura, por outro lado, pode levar à diminuição da produtividade da cultura. Segundo Reis (2007), um maior tempo de emergência em função da inadequada profundidade de deposição da semente torna a plântula mais suscetível ao ataque de pragas presentes no solo.

Um fator importante na operação de semeadura é a velocidade de deslocamento do conjunto tratorsemeadora, a qual influencia diversos aspectos, entre eles o consumo de combustível (FURLANI; LOPES; SILVA, 2005), a capacidade operacional (BRANQUINHO et al., 2004) e a qualidade de semeadura (DIAS et al., 2009; MELLO et al., 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em área experimental pertencente ao Laboratório de Mecanização Agrícola, Campus Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), em Petrolina - PE (09° 19' 16" S e 40° 33' 43" W, a 373 m de altitude). Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima do tipo BSw^h, semiárido quente, sendo caracterizado pela escassez e irregularidade espacial e temporal das precipitações, com médias anuais de temperatura em torno de 26,5 °C e de precipitação média de 541 mm. O solo foi classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO órtico, segundo o sistema de classificação proposto pela EMBRAPA (2018).



Figura 1. Vista da área experimental utilizada no experimento.

3.1.1. Cobertura vegetal

A determinação da massa seca da cobertura vegetal seguiu metodologia descrita por Chaila (1986), em que aleatoriamente foram coletadas dez amostras da

biomassa vegetal utilizando-se um gabarito de PVC como referência, de dimensões 0,5 x 0,5 m (Figura 2). Essas amostras foram levadas ao laboratório e colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante, sendo posteriormente pesadas e o resultado convertido em quilogramas por hectare (kg ha^{-1}).



Figura 2. Gabarito em PVC utilizado para coleta da cobertura vegetal.

3.1.2. Densidade do solo

A densidade do solo foi determinada pelo método da proveta adaptado de EMBRAPA (2017), sendo extraídos em 15 pontos aleatórios nas faixas de profundidades de 0,00 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m.

3.1.3. Teor de água do solo

O teor de água no solo foi determinado pelo método gravimétrico (EMBRAPA, 2017), para as faixas de profundidades de 0,00 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m.

3.1.4. Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração foi determinada utilizando-se o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. Foram realizadas 15 amostragens na área experimental para as profundidades de 0,00 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m.



Figura 3. Penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf, utilizado na caracterização da área experimental.

3.1.5. Análise granulométrica

Foram coletadas 15 amostras simples deformadas de solo nas faixas de profundidades 0,00 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m, para constituir uma amostra composta por profundidade avaliada. A determinação foi realizada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 2017).

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA SEMENTE

A semente utilizada como insumo foi *Senna uniflora* (Mill.) H.S.Irwin & Barneby, pertencente a família Fabaceae é vulgarmente conhecida como mata-pasto e considerada uma espécie nativa da Caatinga (ALVES et al., 2009; LORENZI, 2008). Caracteriza-se como uma espécie de porte herbáceo, pouco estudada e de informações sobre as características físicas das sementes desta espécie para fins de semeadura.



Figura 4. Sementes de *Senna uniflora* (Mill.) H.S.Irwin & Barneby.

As sementes utilizadas foram provenientes de lotes do banco de germoplasma do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da UNIVASF (NEMA/UNIVASF) e submetidas aos seguintes procedimentos e testes: umidade das sementes, massa de 1000 sementes e germinação.

3.2.1. Umidade das sementes

O percentual de umidade das sementes foi determinado pelo método de estufa, fazendo o uso de uma estufa de circulação forçada a $105^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}$ por 24 horas, conforme preconiza a metodologia da Regra para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). Assim, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes em

recipiente adequado. A determinação da massa foi realizada em balança semi analítica (0,01 g). O resultado foi expresso em percentagem.

3.2.2. Massa de 1000 sementes

A massa de 100 sementes foi determinada conforme Brasil (2009) utilizando-se oito subamostras de 100 sementes oriundas da porção de sementes puras de cada lote. As sementes foram quantificadas manualmente e posteriormente pesadas em balança semi analítica (0,01 g), com resultado expresso em gramas (g).

3.2.3. Germinação

Análise com quatro repetições de 50 sementes por lote, fazendo uso de caixas do tipo “gerbox” sob substrato papel mata-borrão umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, conduzido na temperatura de 20 °C constante.

As avaliações foram realizadas no quinto e décimo quarto dias após a semeadura, segundo critérios estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 2009). Considerou-se germinadas que formaram plântula. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais, para cada lote.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS MOTOMECANIZADOS

3.3.1. Trator

Como fonte de potência, foi utilizado um trator marca New Holland® (Figura 5), modelo TL75E, 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), com 55,2 kW (75 cv)

de potência nominal no motor a 2200 rpm, com aproximadamente 30 horas de trabalho.



Figura 5. Trator New Holland® modelo TL75E utilizado no experimento.

O motor do trator trabalhou com combustível óleo diesel S10. Esse modelo possui o sistema de transmissão com inversor e super-reductor Creeper que oferece quatro marchas (1^a, 2^a, 3^a e 4^a) e ligação com três gamas de velocidades e dois super-redutores para a frente e uma para a marcha ré, totalizando um câmbio sequencial de 20 velocidades para frente e 12 velocidades para a marcha ré (Figura 6).

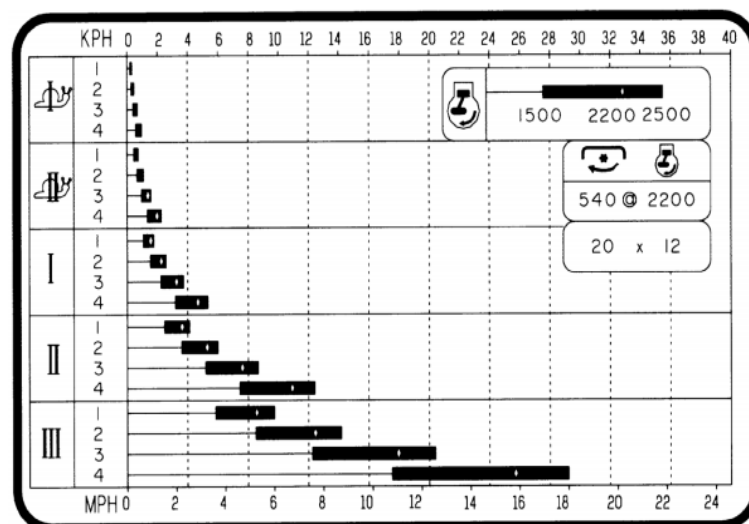


Figura 6. Decalcomania da velocidade do sistema de transmissão 20x12.
Fonte: Manual do operador New Holland® Agriculture.

Foram utilizados pneus dianteiros 12.4 - 24 R1 e traseiros 18.4 - 30 R1, novos, operando com lastragem líquida nos pneus a um nível de aproximadamente 75% de seu volume e lastragem sólida com duas unidades de 50 kg em cada roda traseira e plaina agrícola dianteira sem lâmina.

3.3.2. Sistema de aquisição de dados

Foi desenvolvido um sistema móvel de aquisição de dados (SMAD) de baixo custo, visando a obtenção de dados de consumo de combustível e de rotação do mecanismos dosadores da semeadora.

A concepção do SMAD foi realizada em quatro módulos em distintas etapas: módulo de alimentação, módulo gerenciador, módulo interface homem-máquina e módulo de sensores.

O módulo de alimentação possui a função de regular a tensão oriunda na bateria do trator, a qual alimentará o sistema gerenciador por intermédio de um regulador de tensão LM 7805 acoplado a capacitores para eliminar os surtos de tensão e um circuito para proteção contra inversão de tensão. Todos os componentes foram imbuídos em placa de circuito impresso.

O módulo gerenciador de dados apresenta como principal componente o microcontrolador, responsável por realizar o controle de todas as atividades do sistema. Foi utilizado o microcontrolador modelo PIC18F4620, Microchip Inc[®], assistido por um oscilador externo de 20 MHz, o qual foi construído utilizando um cristal oscilador de quartzo e capacitores cerâmicos de 15 pF (Figura 7).

Esse modelo possui 40 pinos, sendo 4 para entrada de potência e 36 portas, treze conversores analógicos/digitais (A/D) de 10 bits de resolução; dois módulos PWM/COMPARADOR/CAPTURADOR (CCP), duas portas para comunicação via USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter), quatro temporizadores e cinco pinos de interrupção externa (MICROCHIP, 2004).

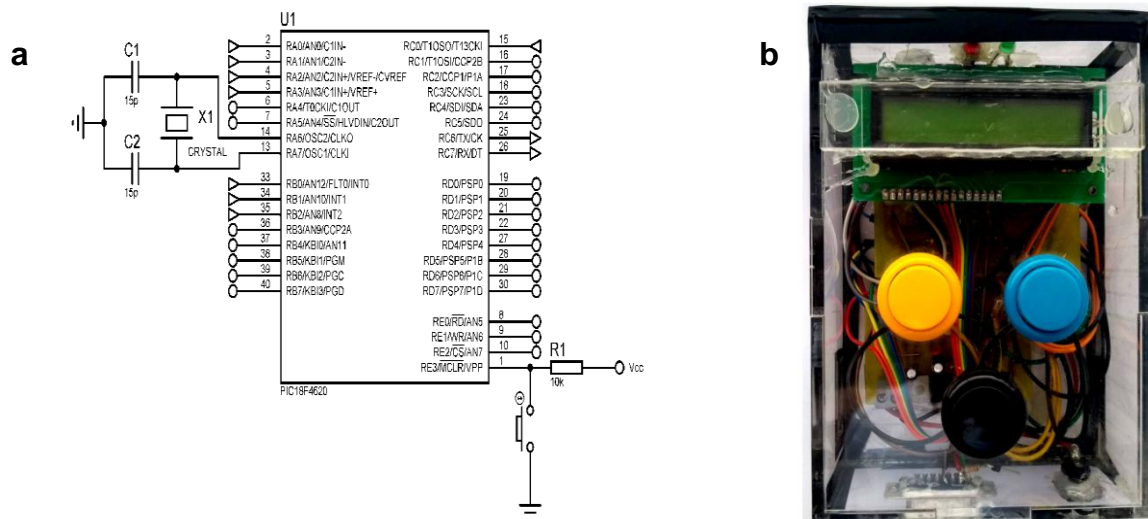


Figura 7. a) Diagrama elétrico do microcontrolador e b) Display digital do SMAD.

Além desse componente, o módulo gerenciador possui uma FTDI externa, a qual realiza a conversão de comunicação TTL para USB, possibilitando assim a comunicação com o microcomputador por porta USB. A potência fornecida para módulo gerenciador é oriunda do módulo de alimentação.

3.3.3. Grade-aradora

Foi utilizada uma grade aradora tracionada, da marca KLR-KOHLER®, modelo GAC 245, com sete discos recortados em cada seção, com diâmetro de 0,66 m (26”) e distância entre discos de 0,24 m, profundidade de trabalho de 0,10 a 0,18 m, massa de 1.415 kg e largura de trabalho de 1,75 m (Figura 8).



Figura 8. Conjunto trator-grade utilizados no experimento.

3.3.4. Escarificador

Foi utilizado um esscarificador montado no sistema de levante hidráulico, da marca Asus[®], modelo SB5/5, com cinco hastes espaçadas a 0,39 m, proporcionando uma largura teórica de trabalho de 1,56 m (Figura 9).



Figura 9. Conjunto trator-escarificador utilizados no experimento.

3.3.5. Sulcador

Foi utilizado um sulcador montado pelo sistema de levante hidráulico, da marca Marcassio[®], modelo BM, com largura do sulco de 0,65 m (Figura 10).



Figura 10. Conjunto trator-sulcador utilizados no experimento.

3.3.6. Semeadora-adubadora

Foi utilizada uma semeadora-adubadora marca Jumil[®], modelo 2570 POP, de arrasto, com seis linhas de semeadura, dotada de disco de corte para palhada de 17" (43,18 cm), haste sulcadora para adubo com 17,00 cm de espessura da ponteira e mecanismos sulcadores de discos duplos de 15" (38,10 cm) para deposição de sementes pela semeadura direta (Figura 11).



Figura 11. Conjunto trator-semeadora-adubadora utilizados no experimento.

A semeadora foi equipada com disco dosador tipo perfurado horizontal de plástico, com um platô na parte superior, nele fixado o mecanismo dosador e o disco de sustentação por onde desliza o disco dosador com as sementes miúdas. A regulagem foi realizada por intermédio da variação da velocidade de trabalho e pela troca das engrenagens.

3.3.6.1. Seleção das velocidades teóricas de deslocamento

Para os implementos grade, escarificador e sulcador, as velocidades de deslocamento utilizadas nos experimentos foram definidas com base na velocidade teórica para a execução de cada operação e mapa de decalcomania do manual do trator. Assim, foram estabelecidas as seguintes marchas de trabalho: 3^a I, 4^a I, 2^a II e 3^a II, cada uma, respectivamente, atuando nas rotações econômica e nominal do trator (1700 rpm e 2200 rpm). Para a semeadora-adubadora, as velocidades foram selecionadas mediante o delineamento composto central rotacional (DCCR).

3.3.6.2. Determinação da quantidade de sementes depositadas

Para o cálculo da quantidade de sementes depositadas, foram utilizados transdutores indutivos instalados no eixo da engrenagem movida do sistema semeador (Figura 12). Esse sensor, emite os dados na forma de sinal ou pulsos, estando conectados ao a um sistema de aquisição de dados.

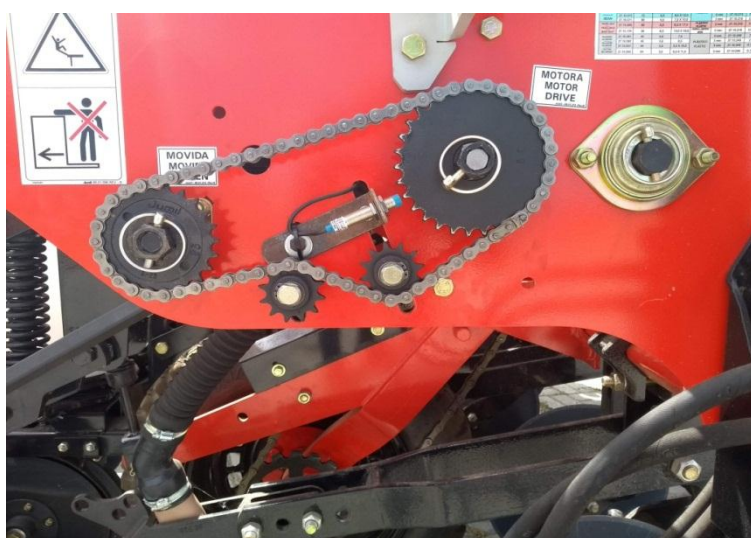


Figura 12. Relação de engrenagens e sensor instalado na semeadora-adubadora.

3.4. PARÂMETROS OPERACIONAIS DE OBTENÇÃO INDIRETA

Como procedimento de execução para obtenção dos parâmetros operacionais, no início e no final de cada unidade experimental foram colocadas estacas para referência, de forma que quando o conjunto motomecanizado passasse por elas, a contagem das variáveis eram contabilizadas.

A unidade experimental apresentava uma área útil de 90 m² (30 m x 3 m) deixando um espaço de 10 m entre as unidade experimentais para tráfego e manobras do conjunto motomecanizado e para a estabilização antes do início da aquisição de dados.

3.4.1. Velocidade

A velocidade de deslocamento foi obtida em função do tempo de operação ao percorrer a unidade experimental, com o auxílio de um cronômetro digital, conforme a Equação 1.

$$V_m = \frac{E}{T} \times 3,6 \quad (1)$$

onde,

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

E = percurso útil na unidade experimental (m);

T = tempo gasto na unidade experimental (s); e

3,6 = fator de conversão.

3.4.2. Patinação dos rodados

A patinação dos rodados do trator foi obtida a partir da contagem do número de voltas de todas as rodas do trator, com o implemento em operação em relação ao conjunto motomecanizado sem carga, fora de operação na unidade experimental, de acordo com a Equação 2.

$$P_i = \frac{N_i - N_0}{N_i} \times 100 \quad (2)$$

onde,

P_i = Deslizamento dos rodados do trator (%);

N_0 = Número de voltas do rodado do trator sem carga; e

N_1 = Número de voltas do rodado do trator com carga.

3.4.3. Consumo horário de combustível

A determinação do volume de combustível consumido foi obtida utilizando-se um medidor de fluxo volumétrico, de marca FLOWMATE® M-III, modelo LSF41C, que expressou o consumo em tempo real em um display digital (Figura 13) sendo posteriormente calculado o consumo horário por meio da Equação 3.

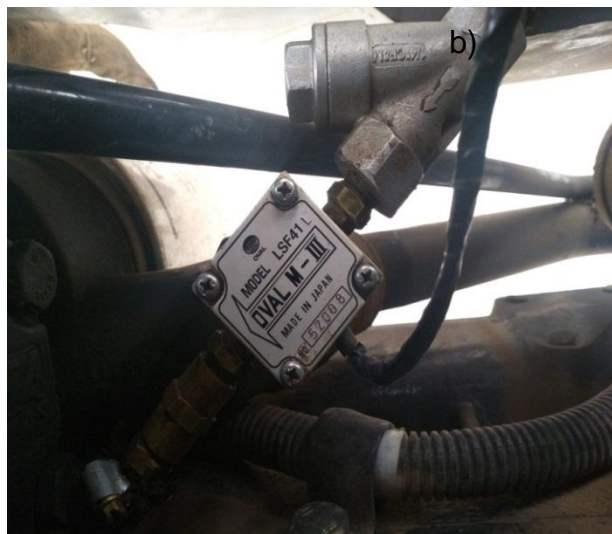


Figura 13. Sensor medidor de fluxo colocado na linha de alimentação do trator para a determinação do consumo de combustível.

$$C_h = \frac{Q}{T} \times 3,6 \quad (3)$$

onde,

C_h = consumo horário ($L h^{-1}$);

Q = combustível consumido pelo trator na unidade experimental (mL);

T = tempo gasto pelo trator na unidade experimental durante a operação (s); e

3,6 = fator de conversão.

Antes do início da coleta de dados, o conjunto motomecanizado iniciava seu deslocamento e após de ocorrer a estabilização e então entrar na parcela, iniciava-se a coleta de dados através do uso do SMAD, marcava-se o tempo de início e saída.

3.4.4. Capacidade operacional

Com base na largura de trabalho mensuradaa em campo, realizou-se o cálculo da capacidade operacional utilizando a Equação 4.

$$C_o = \frac{L \times V_m}{10} \times 0,75 \quad (4)$$

onde,

C_o = capacidade operacional teórica ($h \text{ ha}^{-1}$);

V_m = velocidade média de operacional ($km \text{ h}^{-1}$);

L = largura de trabalho (m);

10 = fator de conversão; e

0,75 = eficiência de campo (ASAE, 1996).

3.5. Volume de solo mobilizado

Para determinação do volume de solo mobilizado, foi utilizado um perfilômetro de varetas e com o auxílio de uma câmera fotográfica, foram registrados perfis de solo no sentido transversal à passagem dos implementos, sendo realizada três repetições por unidade experimental (Figura 14).

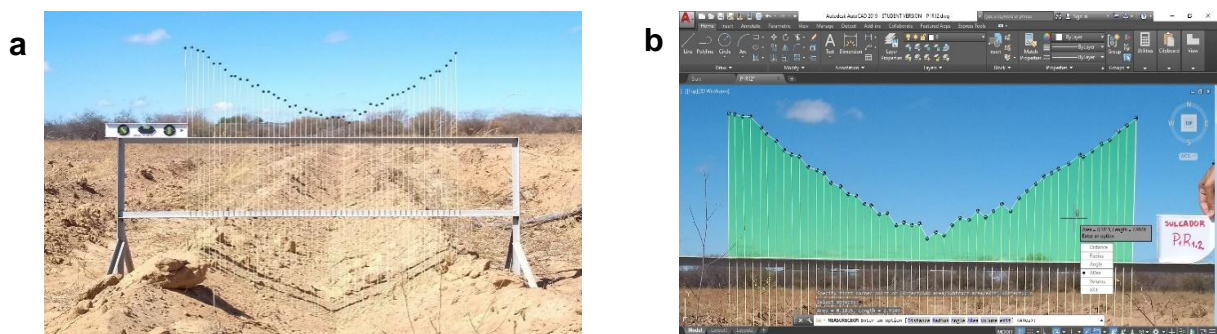


Figura 14. Fluxograma da metodologia para o cálculo do volume de solo mobilizado: a) aquisição do perfil do solo in loco; b) tratamento da imagem capturada.

Essas imagens foram analisadas no programa computacional Autodesk AutoCad® versão estudantil 2018, onde foram realizadas correções de escala e determinação da área mobilizada e posteriormente o volume de solo mobilizado.

3.6. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL POR VOLUME DE SOLO MOBILIZADO

Para determinação do combustível em $L m^{-3}$, dividiu-se seu consumo por unidade experimental pelo volume de solo mobilizado (área da seção trabalhada pelo comprimento da unidade experimental), conforme descrito na Equação 5:

$$C_{vsm} = \frac{Q}{V_{sm}} \quad (5)$$

C_{vsm} = consumo de combustível por volume de solo mobilizado ($L m^{-3}$);

Q = combustível consumido pelo trator na unidade experimental (L);

V_{ms} = volume de solo mobilizado (m^3); e

3,6 = fator de conversão.

3.7. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para cada conjunto motomecanizado de mobilização do solo, foi montado um experimento onde foi avaliada a influência da velocidade no desempenho, sendo utilizada as velocidades 2,48; 3,46; 3,71; 4,20; 4,70; 5,21; 5,96 e 7,42 $km h^{-1}$ com quatro repetições, perfazendo 32 unidade experimentais para cada implemento avaliado, com cada um possuindo 90 m^2 (3,0 m x 30,0 m), deixando um espaço de 10 m entre as unidade experimentais para tráfego e manobras do conjunto motomecanizado e para a estabilização antes do início da aquisição de dados.

Para o conjunto trator-semeadora-adubadora, o experimento foi instalado utilizando o delineamento composto central rotacional (DCCR), um fatorial 2^2 ,

incluindo cinco pontos axiais e três repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios, conforme as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Valores utilizados no DCCR para os fatores em estudo

Variáveis	Código	-1,41	-1	0	1	1,41
Velocidade (km h ⁻¹)	x ₁	3,00	3,73	5,50	7,27	8,00
Relação de transmissão	x ₂	0,380	0,42	0,510	0,60	0,640

Tabela 2. Esquema e valores codificados dos ensaios para as variáveis velocidades e relação de transmissão

Ensaio	x1	x2	Velocidades	Marchas teóricas	Motora	Movida
1	-1	-1	3,70	3 ^a II 2200	27	19
2	1	-1	7,27	3 ^a II 2350	27	19
3	-1	1	3,70	3 ^a II 2200	30	15
4	1	1	7,27	3 ^a II 2350	30	15
5	-1,41	0	3,00	3 ^a I 2200	30	17
6	1,41	0	8,00	3 ^a II 2500	30	17
7	0	-1,41	5,50	4 ^a I 2500	30	23
8	0	1,41	5,50	4 ^a I 2500	33	15
9	0	0	5,50	4 ^a I 2500	30	17
10	0	0	5,50	4 ^a I 2500	30	17
11	0	0	5,50	4 ^a I 2500	30	17

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de regressão e os modelos, escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” e adotando-se o nível de 5% de probabilidade, bem como no coeficiente de determinação (R²), utilizando o programa R.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de velocidade de deslocamento, patinagem, consumo horário de combustível, consumo específico de combustível, capacidade operacional teórica, capacidade de campo efetiva, e as análises do solo são apresentados em gráficos e tabelas nos tópicos subsequentes.

4.1. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para classificação granulométrica e da densidade do solo obtida na área experimental, sendo classificada como de textura arenosa em função de possuir mais de 70,00 dag kg⁻¹, conforme estabelece a Embrapa (2017).

Tabela 3. Classificação textural da área experimental

Classificação Textural	Granulometria (dag kg)
Areia grossa	19,27
Areia média	22,11
Areia fina	45,00
Silte	13,11
Argila	0,51

Na determinação da densidade do solo, os valores médios encontrados de 1,25, 1,49 e 1,64 g cm⁻³ para as faixas de profundidade de 0,00 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m respectivamente, com o teor de água no solo homogêneo na área experimental, tendo em média 1,3% (Tabela 4).

Tabela 4. Densidade do solo e teor de água no solo

Profundidade (m)	Densidade do Solo (g cm⁻³)	Teor de Água no Solo (%)
0 - 0,10	1,25	1,3
0,10 - 0,20	1,49	1,3
0,20 - 0,30	1,64	1,3

Para a resistência a penetração, os maiores valores encontrados foram 4,43 MPa, 7,68 MPa e 14,83 MPa para as faixas de profundidade de 0,10 m, 0,20 m e 0,30 m respectivamente (Figura 15).

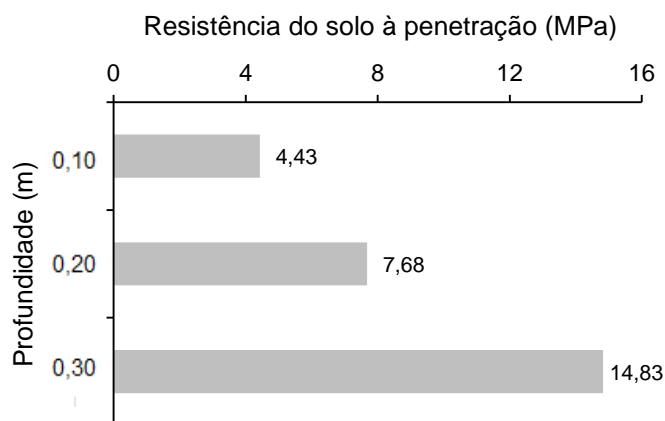


Figura 15. Resistência do solo à penetração em função da profundidade.

Observa-se que os valores médios da resistência tendem a aumentar conforme ocorre aumento da profundidade, oferecendo maior resistência mecânica aos implementos agrícolas que operam em tais profundidades. Isso pode ser consequência da pressão exercida pela camada superficial sobre as camadas subsuperficiais, da cobertura vegetal raleada, da baixa mobilização do solo em consequência ao estado de pouso da área e incorporação de resíduos vegetais. Resultado semelhante foi obtido por Patrizzi et al. (2003), trabalhando em Neossolo Quartzarênico. Os mesmos autores relataram que valores nessa faixa ocorrem devido a baixos teores de água no solo e densidade do solo.

A elevada resistência a penetração pode comprometer o desenvolvimento radicular das culturas, de forma que solos de textura arenosa tendem a oferecer resistência ao desenvolvimento radicular a partir de 6,0 MPa, com seu efeito mais prejudicial quando o solo encontra-se com baixo teor de água no solo (TAVARES FILHO; TESSIER, 2009; COSTA, 2014).

De acordo com Genro Júnior, Reinert e Reinert (2004), a resistência do solo à penetração é estreitamente influenciada pela densidade e teor de água do solo. Oliveira et al. (2007) verificaram que, em condições de baixa teor de de água no solo, a resistência à penetração e a densidade do solo apresentaram correlação positiva.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA SEMENTE

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados obtidos pela caracterização física da semente utilizada para no processo de semeadura.

Tabela 5. Caracterização física da *Senna uniflora*

Espécie	<i>Senna uniflora</i>
Peso de mil sementes (g)	13,03
Sementes (kg)	75125,3
Umidade (%)	5,1
Poder germinativo (%)	68,76

4.3. CONJUNTOS MOTOMECANIZADOS

Para um melhor entendimento, os resultados obtidos para os implementos de mobilização do solo: escarificador, grade e sulcador serão apresentados em conjuntos e um outro subtópico abordará o conjunto trator-semeadora-adubadora.

4.3.1. Implementos de mobilização do solo

4.3.1.1. Consumo horário de combustível

Na Tabela 6 estão apresentadas as equações para predição do consumo horário de combustível. Nos ensaios realizados com a grade e o sulcador, a velocidade mostrou-se de grande influência na variável resposta e os modelos de regressão apresentaram comportamento linear crescente. Especificamente, verificou-se que 79,94 e 70,58% da variação do consumo horário de combustível podem ser explicados, de maneira que para acréscimos de uma unidade de velocidade, aumenta-se 0,52 e 0,57 L h⁻¹ para a grade e sulcador, respectivamente.

Tabela 6. Equações de regressão ajustadas para o consumo horário de combustível em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador

Implementos	Equação	R ²
Escarificador	$C_h = 12,54$	-
Grade	$C_h = 8,0045 + 0,5212*v$	0,7994
Sulcador	$C_h = 7,1362 + 0,5754*v$	0,7058

* Significativo ao nível de 5% pelo teste t; C_h - Consumo horário ($L h^{-1}$); v - Velocidade teórica de deslocamento ($km h^{-1}$)

Pode-se constatar que, quanto maior a velocidade, maior o consumo horário de combustível para ambos os implementos (Figura 16). A relação direta entre esses dois parâmetros está estreitamente associada com a potência demandada ao motor, sendo convertida em força de tração e velocidade desenvolvida pelo trator, dado que quanto maior a demanda de torque do motor, maior o fluxo de combustível (LEITE et al., 2017).

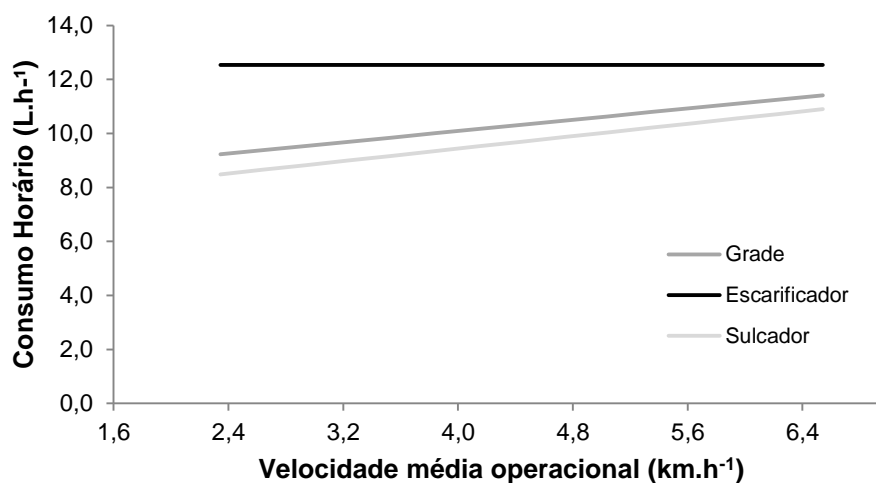


Figura 16. Consumo horário de combustível em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador.

Resultados similares foram encontrados por Rodrigues et al. (2011) que ao avaliar diferentes manejos e velocidades de trabalho, evidenciaram o aumento do consumo horário de combustível conforme o acréscimo de velocidade.

Diferentemente dos demais implementos de mobilização do solo, a velocidade do conjunto trator-escarificador não foi significativa para consumo horário de combustível, de forma que o modelo de regressão ajustado para a variável em

estudo manifestou-se como não significativo. Em virtude disso, foi representada a equação da reta composta por uma constante, cujo valor corresponde a média aritmética dos valores do consumo horário obtidos com o deslocamento do conjunto em função de todas as velocidades, equivalendo a $12,54 \text{ L h}^{-1}$.

Cabe considerar que, em média, o conjunto trator-escarificador obteve o maior consumo horário de combustível em detrimento aos demais, podendo ser consequência característica do órgão ativo desse implemento, visto que trata-se de um equipamento que proporciona o rompimento do solo nos pontos mais fracos de sua estrutura por meio do arrasto das hastes, sem o revolvimento e pela presença de inúmeras raízes nas camadas subsuperficiais na área experimental.

Isto porque as raízes ficavam presas nas hastes oferecendo uma maior resistência ao deslocamento e requeria um maior consumo de combustível para suprir a necessidade de potência requerida. Para Monteiro et al. (2011), o desempenho de tração e o consumo de combustível está associado às características da superfície do solo.

De modo semelhante atua o sulcador, contudo por ser um equipamento de uma única linha, o esforço de tração demandado não é significativo como o do escarificador, que possui cinco hastes. A grade, em contrapartida, por possuir discos recortados como órgãos ativos, executam as operações com movimento de rotação, tornando-os menos propensos a obstáculos.

Em suma, o incremento na resistência oferecido pelas raízes presentes nas camadas subsuperficiais ao deslocamento dos conjuntos, exigiu uma capacidade do trator para superar essa sobrecarga momentânea de tração, atuando sobre fluxo de combustível para manter a rotação do motor mais próxima possível da condição anterior a sobrecarga, extinguindo a necessidade de troca de marcha, por exemplo. Portanto, dado qualquer impedimento ao tracionamento na condição operacional do implemento, é possível de superar quando se opera em baixas velocidades.

Contextualizando com a potência, velocidade baixa reflete um ganho na força disponível. Em contrapartida, no momento em que se destina essa potência para ser utilizada em maiores velocidades, ocorre a diminuição da disponibilidade de força. Em vista disso, a conversão entre velocidade e força está associada a um tempo o qual repercutirá na capacidade operacional do conjunto, fazendo com que haja um tempo maior para percorrer a unidade experimental. Esse efeito de conversão em

função da resistência oferecida ao implemento é proporcionado pelo regulador centrífugo, que atua sobre a bomba injetora e reserva de torque.

Conforme relata Márquez (2012), rotações elevadas possuem menor rendimento, tendo em vista que aumento gasto energético em consequência do maior atrito entre os componentes móveis e estáticos do motor, bem como ao menor tempo para a combustão do combustível.

Santos et al. (2017) avaliaram o consumo de combustível em um conjunto trator-roçadora, com três tipos de roçadoras e quatro diferentes combinações de marcha e rotação, nas entre linhas de plantio em um pomar de produção orgânica de acerola e constataram que uma adequações dos conjuntos motomecanizados otimizaram a execução das atividades e minimizaram os custos operacionais com mecanização agrícola pela diminuição do consumo de combustível.

Fernandes e Gameiro (2010), ao estudar o desempenho das máquinas agrícolas no preparo convencional e reduzido na implantação da cultura do girassol constataram que na operação de cultivo reduzido (escarificador), obtiveram o menor consumo de combustível por hora de trabalho ($L h^{-1}$), quando comparado com o cultivo convencional (aração seguida de gradagem), mesmo trabalhando a uma menor velocidade ($2,87 km h^{-1}$).

Em estudo realizado por Nagaoka et al. (2002) foi verificado que em solo preparado pelo método convencional (aração e gradagem) obteve maior consumo de combustível do trator em relação à área sob o sistema de plantio direto.

A demanda de consumo de combustível nos tratores agrícolas constitui um dos maiores custos em operações agrícolas sendo dependente da adequação e condição do conjunto trator-equipamento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, número total de operações utilizadas no processo de preparação do solo (MONTANHA et al., 2011). Conforme relatado por Hanson et al. (2003) diferentes proporções de consumo de combustível podem ser verificadas para uma mesma operação, conforme a relação de transmissão utilizada, ou seja, dependendo da seleção da marcha.

4.3.1.2. Volume de solo mobilizado

Na Tabela 7 são apresentados os resultados de volume de solo mobilizado em função da velocidade operacional, para os conjuntos motomecanizados avaliados. Observou-se que velocidade somente influenciou nos conjuntos com escarificador e sulcador, e apesar desses modelos apresentarem baixo poder de explicação, foram estatisticamente significativos ao nível de 5%.

Tabela 7. Equações de regressão ajustadas para o volume de solo mobilizado em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador

Implementos	Equação	R ²
Escarificador	$V_{SM} = 15,6516 - 1,4536*v$	0,2882
Grade	$V_{SM} = 8,19$	-
Sulcador	$V_{SM} = 12,3528 - 1,5163*v$	0,0178

* Significativo ao nível de 5% pelo teste t; V_{SM} – Volume de solo mobilizado (m³); v – Velocidade teórica de deslocamento (km h⁻¹)

Para o escarificador, verificou-se que 28,82% da variação do volume de solo mobilizado podem ser explicados pela velocidade, enquanto que o sulcador a explicação foi de 1,78%. Em ambos implementos, a influência da velocidade é negativa, permitindo inferir que para cada unidade de velocidade, promove-se um decréscimo médio de 1,45 e 1,51 m⁻³ no volume de solo mobilizado, respectivamente (Figura 17). Um provável fator preponderante por esse comportamento semelhante, pode ser em razão dos órgãos ativos possuírem características semelhantes quanto a forma de penetração, corte, elevação e inversão da leiva do solo.

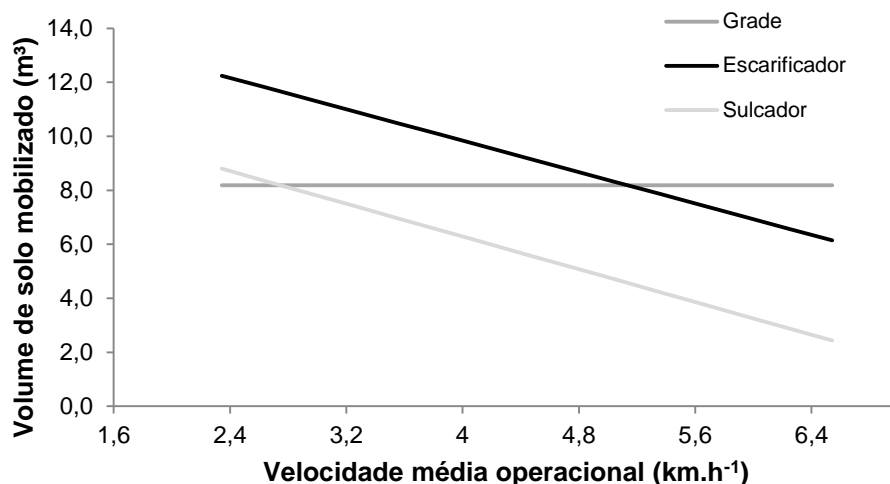


Figura 17. Volume de solo mobilizado em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador

Em contrapartida, não foi significativo para o conjunto trator-grade a influência da variável estudada e, por essa razão, foi representada a equação da reta composta por uma constante, cujo valor corresponde a média aritmética dos valores do volume de solo mobilizado obtidos com o deslocamento do conjunto em função de todas as velocidades, que foi de 8,19 m. Esse resultado pode ser atribuído a textura de solo arenosa da área experimental e do baixo teor de umidade no momento do ensaio, estabelecendo que a porção do solo mobilizado prontamente voltasse para o sulco formado, independente da velocidade de operação do conjunto.

Vale ressaltar que, apesar de não haver significância para esse conjunto, deve-se considerar o maior revolvimento do solo pela ação dos discos, comparando às ações das hastes do escarificador e sulcador. Portanto, a avaliação desse parâmetro demonstra ser bastante criteriosa, uma vez que a ação de cada implemento no solo é diferente para áreas mobilizadas semelhantes.

O uso de conjuntos motomecanizados para a mobilização do solo e o consumo energético desses equipamentos correspondem um dos custos mais significativos nas execução de atividades agrícolas das propriedades rurais (MONTANHA et al., 2012).

4.3.1.3. Capacidade operacional

Em relação a capacidade operacional, a velocidade de todos os conjuntos motomecanizados apresentaram dependência e efeito linear, sendo capaz de explicar mais de 90% da variação a 5% de significância, sugerindo que esses modelos são adequados para avaliar o comportamento dessa variável (Tabela 8).

Tabela 8. Equações de regressão ajustadas para capacidade operacional em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador

Implementos	Equação	R ²
Escarificador	$C_O = 0,3523 - 8,2362*v$	0,9046
Grade	$C_O = - 0,4268 + 11,2938*v$	0,9096
Sulcador	$C_O = 0,4894 - 19,8019*v$	0,9510

* Significativo ao nível de 5% pelo teste t; C_O – Capacidade operacional (ha h⁻¹); v – Velocidade teórica de deslocamento (km h⁻¹)

A influência da velocidade para o escarificador e sulcador foi negativa, enquanto que para a grade foi positiva, permitindo inferir que para cada unidade de velocidade, promove-se um descréscimo médio de 8,23 e 19,80 ha h⁻¹ e incremento de 11,29 ha h⁻¹ para o escarificador, sulcador e grade, respectivamente.

Uma vez que a capacidade operacional é função da quantidade de trabalho que sistemas motomecanizados executam por unidade de tempo, a sua eficiência pode ser influenciada por fatores como relevo, habilidade do operador, tipo de operação agrícola, velocidade, condição do solo, entre outras variáveis.

Como já compreendido, qualquer aumento de carga imposta ao conjunto motomecanizado, demanda do motor uma correspondente exigência de potência com determinada redução na velocidade. Em decorrência da quantidade considerável de raízes presentes na área experimental, o tipo de órgão ativo do escarificador e do sulcador requereu uma maior capacidade de tração, acarretando em redução da velocidade e conseqüente incremento no tempo para realização da operação e redução no rendimento operacional.

Resultado oposto foi encontrado por Nagahama et al. (2013), ao verificar que o aumento de velocidade acarretou aumento na capacidade operacional.

4.3.1.4. Patinagem dos rodados

Os resultados das patinagens dos rodados dianteiros e traseiros nas três condições mobilização do solo para as velocidades avaliadas, estão apresentados na Tabela 9. Os únicos modelos que, apesar da baixa influência, demonstraram dependência em relação a variável analisada foi a equação da patinagem dos rodados dianteiros tanto para o conjunto com o escarificador como para com o sulcador.

Tabela 9. Equações de regressão ajustada para patinagem dos rodados dianteiros e traseiros em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador

Implementos	Equação	R ²
Escarificador	$P_d = - 3,2522 + 0,1908 *v$	0,1719
	$P_t = 5,6981$	-
Grade	$P_d = 5,1600$	-
	$P_t = 6,7371$	-
Sulcador	$P_d = - 0,0834 + 1,3436 *v$	0,1964
	$P_t = 3,2478$	-

* Significativo ao nível de 5% pelo teste t; P_d – Patinagem do rodado dianteiro (%); P_t – Patinagem do rodado traseiro (%); v – Velocidade teórica de deslocamento (km h^{-1}).

Estima-se que 17,19 e 19,64% da variação da patinagem podem ser explicados velocidade, considerando-se um intervalo de 5% de significância. Em ambos os casos, a influência da velocidade é positiva, ou seja, para cada unidade de velocidade, promove-se um incremento médio de 0,19 e 1,34% na patinagem dos rodados dianteiros para esses implementos.

Nos demais resultados não foi verificado a significância a 5% e, por essa razão, foi representada a equação da reta composta por uma constante, cujo valor corresponde a média aritmética dos valores da patinagem dos rodados obtidos com o deslocamento do conjunto em função de todas as velocidades (Figura 19). Levando a deduzir que a patinagem dos rodados além de comportar-se independentemente da velocidade, pode apresentar outros fatores importantes com maior poder de explicação e que não foram avaliados. Resultados obtidos por Gabriel Filho et al. (2004), Monteiro (2008), Vale et al. (2014) também não observaram tendência de que esse parâmetro fosse diretamente proporcional com a velocidade.

Nessas condições, os valores médios de patinagem obtidos estão abaixo dos limites aceitáveis pela norma ASAE EP496.2 (2011), a qual estabelece faixa entre 14 e 16% para solos arenosos. Esses valores podem estar relacionados com a baixa demanda de tração pelos conjuntos motomecanizados na realização das operações, que ao executarem atividade em solo textura arenosa, pouca aderência é oferecida aos rodados motrizes, refletindo assim negativamente no desempenho.

Isto porque os espaços entre as garras são preenchidos pelas partículas de solo e como a área experimental é formada por solo de textura arenosa com baixo teor matéria orgânica e baixo teor de água no solo, caracteriza-se como um solo com capacidade de suporte mais estável de forma que quando o conjunto desenvolve esforço de tração, o atrito entre os rodados do trator e o solo é minimizado.

Assim, dentre as alternativas que podem auxiliar no controle da patinagem das rodas motrizes e na estabilidade do maquinário, quando tracionam implementos que exigem elevada capacidade tratória, consiste na adição de lastros à estrutura do trator (NERES et al., 2012).

Especificamente, fatores como o peso do trator, a resistência de rolamento, a pressão dos rodados, condições de superfície do solo, umidade do solo, entre outros, são os que mais influenciam na patinagem dos rodados. No que diz respeito a condição de superfície, a área experimental possuía um baixo índice de cobertura vegetal e teor de umidade e possivelmente estão entre os fatores que promoveram a baixa percentagem desse parâmetro.

Resultados divergentes foram encontrados por Antunes Júnior et al. (2017) que, avaliando a patinagem dos rodados motrizes de um trator agrícola submetido a dois tipos de cobertura vegetal em um Latossolo sob semeadura direta, constataram que o solo com cobertura vegetal promoveu menores valores de patinagem dos rodados que o solo sem cobertura vegetal.

Monteiro et al., (2011) observaram em diferentes condições de superfície do solo, em que na pista com superfície mobilizada, a patinagem foi maior, alcançando níveis intermediários na pista com cobertura vegetal, e os menores valores foram encontrados na pista com superfície firme. Os mesmos autores ainda relataram que as condições da superfície do solo podem modificar o esforço tratório, visto que a tração está diretamente associada à patinagem do trator. Resultados similares foram obtidos por Mazetto et al. (2004) e Gabriel Filho et al. (2004).

De acordo com Herzog et al. (2002), nos tratores agrícolas o patinagem dos rodados ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado equipamento e o tipo de superfície em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes.

Então embora o conjunto estivesse seguindo os padrões técnicos, esses resultados abaixo da faixa de valores recomendada para solos arenosos podem estar relacionados com a distribuição de carga adequada, a demanda de tração dos implementos e propriedades físicas do solo, sendo considerada baixa quando comparada a disponibilidade de potência do trator.

Cabe ressaltar que os implementos de maiores massas, escarificar e grade promoveram maiores percentuais de patinagem e foram os que requerem maior consumo de combustível.

4.3.1.5. Consumo de combustível por volume de solo mobilizado

O consumo de combustível pelo volume de solo mobilizado apresentou comportamento semelhante ao volume de solo mobilizado, sendo possível inferir que velocidade somente influenciou nos conjuntos com escarificador e sulcador, e apesar desses modelos apresentarem baixo poder de explicação, foram estatisticamente significativos considerando uma significância de 5% (Tabela 10).

Tabela 10. Equação de regressão ajustada para o consumo de combustível pelo volume de solo mobilizado em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador

Implementos	Equação	R ²
Escarificador	$C_{vsm} = 0,0204 - 0,0015*v$	0,1938
Grade	$C_{vsm} = 0,0083$	-
Sulcador	$C_{vsm} = 0,0134 - 0,0005*v$	0,1262

* Significativo ao nível de 5% pelo teste t; C_{vsm} – Consumo de combustível pelo volume de solo mobilizado ($L m^{-3}$); v – Velocidade teórica de deslocamento ($km h^{-1}$)

Para o escarificador, verificou-se que 19,38% da variação do consumo de combustível por volume de solo mobilizado podem ser explicados pela velocidade, enquanto que o sulcador a explicação foi de 12,62%. Em ambos implementos, a

influência da velocidade é negativa, permitindo inferir que para cada unidade de velocidade, promove-se um decréscimo médio de 0,02 e 0,01 L m⁻³ no consumo por volume de solo mobilizado, respectivamente, de forma que sua relação é inversamente proporcional (Figura 18).

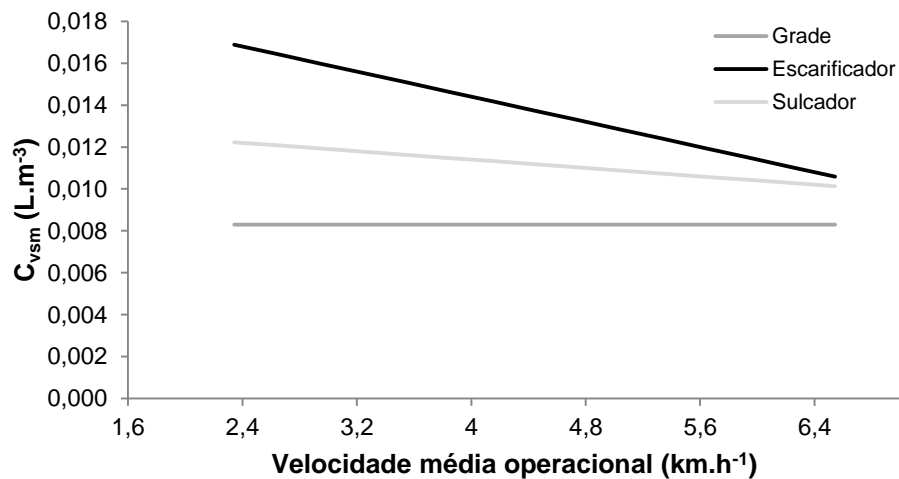


Figura 18. Consumo de combustível pelo volume de solo mobilizado em função da velocidade teórica para os conjuntos trator-escarificador, trator-grade e trator-sulcador.

Esse parâmetro é inversamente proporcional ao volume de solo mobilizado. Por essa razão, considerando que o conjunto trator-grade apresentou o maior volume de solo mobilizado, o menor consumo de combustível por volume de solo mobilizado foi por esse mesmo equipamento.

4.3.2. Semeadora-adubadora

4.3.2.1. Consumo horário de combustível

Para resposta do consumo horário de combustível foram encontrados efeitos gerados pela velocidade, de forma que o modelo de regressão apresentou

comportamento linear crescente, sendo capaz de explicar 61,27% da variação a 5% de significância (Tabela 11).

Tabela 11. Equação de regressão ajustada para o consumo horário de combustível em função da velocidade teórica para a semeadora

Equação	R ²
$C_h = -2,0445 + 2,0456*v$	0,6127

* Significativo ao nível de 5% pelo teste t; C_h - Consumo horário ($L h^{-1}$); v - Velocidade teórica de deslocamento ($km h^{-1}$)

Verifica-se que incrementos no consumo horário de combustível quando da variação na velocidade, implicando em uma maior demanda energética na operação de semeadura, podendo-se inferir que para incremento de uma unidade de velocidade, aumenta-se $2,04 L h^{-1}$ na execução dessa atividade (Figura 19). Portanto, o aumento do consumo horário de combustível é explicado pela maior demanda do trator com o incremento da velocidade.

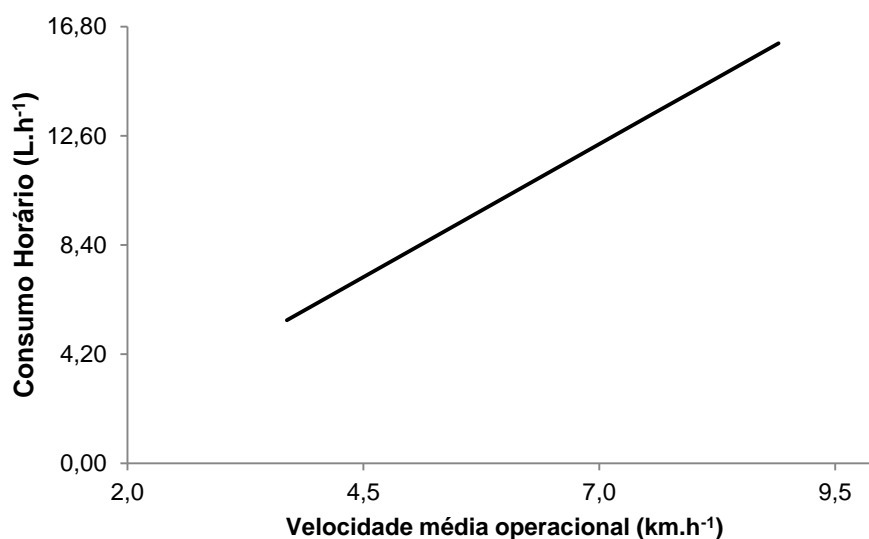


Figura 19. Consumo horário de combustível em função da velocidade teórica para a semeadora.

Avaliando a demanda energética de um conjunto trator-semeadora-adubadora em sistema plantio direto, em função das velocidades de deslocamento e rotações no eixo do motor, na semeadura da cultura do milho, Silveira et al. (2013) concluíram que o consumo horário de combustível foi elevado como aumento da velocidade de operação e da rotação do motor, sendo menor na rotação de 1.500 rpm.

Os mesmos autores ainda relatam sobre a importância do conhecimento do escalonamento de marcha da máquina, como alternativa de otimizar o consumo em operação de semeadura, mediante o trabalho com menores rotações e velocidade adequadas, desde que não ocorra sobrecarga a ponto de reduzir a reserva de torque do motor.

Almeida et al. (2010), avaliando o desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor, verificaram que o consumo de combustível foi menor em operação com baixa rotação do motor e baixa velocidade, de forma que o aumento da velocidade variando rotações do motor promoveu o incremento de 38,4% no consumo horário de combustível.

Estudos realizados Gabriel Filho et al. (2010) e Ramos et al. (2016) evidenciaram que a velocidade de deslocamento altera o desempenho do trator visto que afeta diretamente no consumo de combustível.

4.3.2.2. Capacidade operacional

A percentagem de variação explicada para a capacidade operacional em função da velocidade foi de 97,97%, indicando que esse modelo é adequado para avaliar o comportamento desse parâmetro (Tabela 12).

Tabela 12. Equação de regressão ajustada para capacidade operacional em função da velocidade teórica para a semeadora

Equação	R ²
$C_o = 0,0841 + 0,1750*v$	0,9797

* Significativo ao nível de 5% pelo teste t; C_o – Capacidade operacional (ha h⁻¹); v – Velocidade teórica de deslocamento (km h⁻¹)

Verifica-se que a influência da velocidade é positiva, ou seja, para cada unidade de velocidade, promove-se um acréscimo médio de 0,17 ha h⁻¹ em capacidade operacional na operação de semeadura (Figura 20).

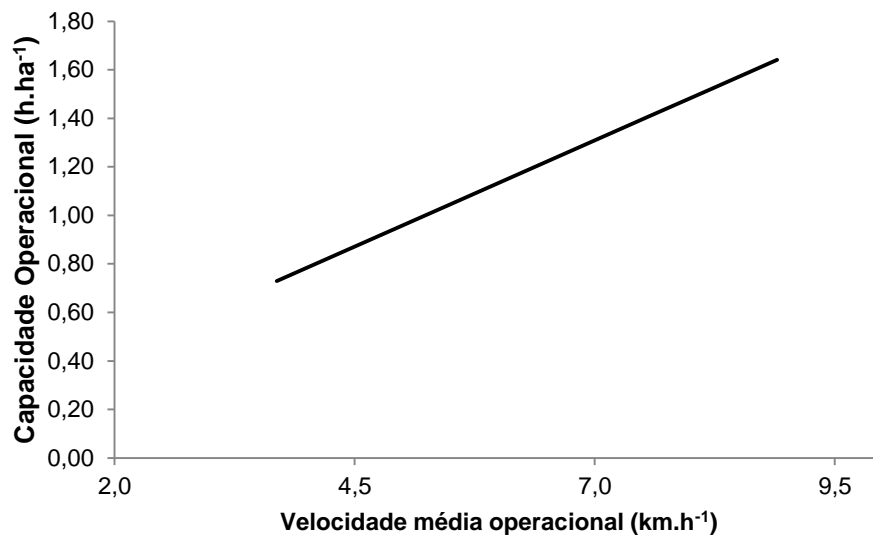


Figura 20. capacidade operacional em função da velocidade teórica para a semeadora.

Esse resultado já era esperado, uma vez que um dos fatores que a capacidade operacional dependente é a velocidade, de forma que em operações de maior velocidade tem-se uma maior capacidade operacional. Isto se deve ao fato de que a troca de marcha altera a relação de transmissão entre o motor e os rodados do trator, aumentando a velocidade operacional e reduzindo o tempo de realização da operação.

Macedo et al. (2016) avaliando o desempenho operacional em função de diferentes profundidades de trabalho e velocidades de operação, em um Argissolo Vermelho Amarelo de textura franco-arenosa, verificaram que a maior velocidade promoveu o maior valor de capacidade operacional. Vários estudos realizados obtiveram resultados semelhantes, onde também constataram o aumento da capacidade operacional com o incremento da velocidade (MAHL 2004; MAHL et al., 2006; FURLANI et al., 2008; SANTOS et al., 2008; QUEIROZ et al., 2017).

4.3.2.3. Patinagem dos rodados

A patinagem dos rodados do conjunto trator-semeadora não foi influenciada pela velocidade (Tabela 13). Em vista disso, foi representada a equação da reta

composta por uma constante, cujo valor corresponde a média aritmética dos valores da patinagem dos rodados obtidos com o deslocamento do conjunto em função de todas as velocidades.

Tabela 13. Equação de regressão ajustada para patinagem dos rodados dianteiros e traseiros em função da velocidade teórica para o conjunto trator-semeadora

Equação	R ²
$P_d = 2,09$	-
$P_t = 3,43$	-

* Significativo ao nível de 5% pelo teste t; P_d – Patinagem do rodado dianteiro (%); P_t – Patinagem do rodado traseiro (%)

Resultados semelhantes foram evidenciados por Furlani et al. (2010) que avaliaram o desempenho de um trator agrícola sob diferentes pressões de inflação dos pneus da semeadora e em duas marchas que proporcionaram velocidades em um Latossolo e concluíram que a velocidade não altera a patinagem da semeadora. Essa situação também foi constatada por Almeida et al. (2010) na avaliação do desempenho energético de um conjunto trator-semeadora de precisão submetida a diferentes marchas e rotações do motor.

Em contrapartida, Palma et al. (2010) verificaram resultados contrários que apontaram para um aumento no deslizamento com o incremento na velocidade, em estudo sobre o desempenho de semeadora-adubadora na semeadura direta de milho em Latossolo Vermelho Distroférrico típico argiloso compactado pela integração lavoura-pecuária.

A divergência de resultados para esse parâmetro reforça ainda mais a discussão de que a interação pneu-solo é uma questão complexa e tem sido considerada um ponto crítico na concepção de tratores agrícolas (BIRIS et al., 2011). Nesse contexto, conforme já descrito, podem haver outros fatores importantes, além da velocidade, com maior poder de explicação e que não foram avaliados. De acordo com Garcia et al. (2011), na semeadura mecanizada, a velocidade pode influenciar na patinagem dos rodados, na capacidade de campo, na velocidade do mecanismo dosador, na distância, profundidade e exposição de sementes, na ocorrência de duplos e em danos mecânicos.

Cabe mencionar os valores médios de patinagem obtidos estão abaixo dos limites aceitáveis propostos pela norma ASAE EP496.2 (2003), que determinou uma faixa entre 14 e 16% para solos arenosos. Como já compreendido, a explicação

pode estar associada a baixa demanda de tração do conjunto trator-semeadora para realização da semeadura, que ao executarem atividade em solo textura arenosa, pouca aderência é oferecida aos rodados motrizes.

4.3.2.4. Patinagem da semeadora e quantidade de sementes depositadas

A patinagem da semeadora e a quantidade de sementes depositadas por volta, não foi influenciada pela velocidade e nem pela relação de transmissão. (Tabela 14). Portanto, a representação da equação da reta foi composta por uma constante, cujo valor corresponde a média aritmética dos valores da patinagem da sementes em função das variáveis analisadas.

Tabela 14. Equação de regressão ajustada para patinagem da semeadora (P_s) e quantidade de sementes (Q_s) por volta em função da velocidade teórica e da relação de transmissão

Equação	R ²
$P_s = -11,11$	-
$Q_s = 32,80$	-

* Significativo ao nível de 5% pelo teste t; P_s – Patinagem da semeadora (%); Q_s – Quantidade de sementes por volta

O valor negativo para a patinagem da roda acionadora do mecanismo dosador de sementes indica não houve movimento rotacional mas de arrasto, ou seja, ao trator desenvolver tração com o seu deslocamento a roda da semeadora é transladada sobre a superfície do solo.

Resultados semelhantes foram obtidos em avaliações obtidas por Mahl (2006), em solo argiloso. O autor observou que o aumento de velocidade não interferiu na patinagem da roda da semeadora em sistema plantio direto, assim como em estudo desenvolvido por Furlani et al. (2008).

5. CONCLUSÃO

Nas condições em que os implementos de mobilização do solo foram avaliados, conclui-se que:

- A velocidade dos conjuntos motomecanizados influenciou no consumo horário de combustível, ocorrendo incremento no consumo de combustível com o aumento da velocidade, exceto para o escarificador;

- O volume de solo foi superior para a grade, com uma média de 8,19 m³;

- Os modelos de predição da capacidade operacional apresentaram forte dependência e efeito linear, sugerindo que são adequados para avaliar o comportamento dessa variável;

- O maior nível de patinação dos rodados foi encontrado na operação de gradagem; e

- O aumento da velocidade implicou em um menor volume de solo mobilizado;

Para a semeadora-adubadora, conclui-se que:

- O consumo horário de combustível foi elevado com o aumento da velocidade, implicando em uma maior demanda energética na operação de semeadura;

- O modelo de predição da capacidade operacional apresentou forte dependência e efeito linear;

- A média de patinação dos rodados dianteiro e traseiro foi de 2,09 e 3,43%, respectivamente; e

- A patinação da semeadora não foi influenciada pela velocidade e nem pela relação de transmissão.

6. 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. **Revista Agrarian**, Dourados, v.3, p.63-70, 2010.
- ALVES, M. ; ARAUJO, M. F. ; MACIEL, J. R.; MARTINS, S. **Flora de Mirandiba**. 1. ed. Recife: APNE, 2009. 357p.
- AMATO NETO, J. A indústria de máquinas agrícolas no Brasil: origens e evolução. **Revista de Administração de Empresas**, [s.l.], v. 25, n. 3, p.57-69, set. 1985.
- ASAE. Agricultural tractor test code. In: _____. **ASAE Standards 2009: standards engineering practices data**. San Joseph, p.44-48, 2009.
- ASAE. Agricultural Machinery Management. EP 496.2. In: :_____. **ASAE Standards: Standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p.354-359, 1998.
- ASAE. ASAE EP 496.2 FEB03. In:_____. **ASAE Standards: standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2003. p. 366-372.
- ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**, São Paulo, p.158, 2017.
- ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**, São Paulo, p.150, 2014.
- ANTUNES JÚNIOR, E. J.; REIS, E. F.; ALVES, B. G. X.; OLIVEIRA, D. G. de. Influência da cobertura vegetal na área de contato e patinação de trator submetido a diferentes forças de tração. **Revista Espacios**, [s.l.], v. 38,n. 19, 2017.
- ARAÚJO, K. L. B. **Desempenho operacional e energético de um microtrator em função da lastragem, velocidade de deslocamento e pressão de inflação dos pneus**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, p.30, 2005.
- BIRIS, S. S.; UNGUREANU, N.; MAICAN, E.; MURAD, E.; VLADUT, V. FEM model to study the influence of tire pressure on agricultural tractor wheel deformations. **Engineering for rural development**, v. 10, p. 223-228, 2011.
- BORTOLOTTI, V.C.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTI, M.C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de

deslocamento e coberturas do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 122-130, 2006.

BRANQUINHO, K. B.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C.C.; BORSATTO, E. A. Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do milho. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 374-380, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. p. 399.

BRASIL. **Impacto da revisão do Código Florestal: como viabilizar o grande desafio adiante?** Brasília: Secretaria de Assuntos Estratégicos, 2013. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/Artigo-codigo-florestal.pdf>>. Acesso em: 07 de dezembro de 2018.

CASÃO JÚNIOR, R.; PALLEROSI, C. A.; PORTELLA, J. A. Dispositivo pneumático para redução dos erros de dosagem e deposição de sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997.

CENTENO, A. S.; KAERCHER, D. **Custo operacional das máquinas**. Agrianual, São Paulo, v. 15, p. 113-116, 2010.

CHAILA S. Métodos de evaluación de malezas para estudios de poblacion y control. **Revista de la Asociación Argentina para el control de Malezas**, v. 14, p. 1-78, 1986.

CHIODEROLI, C. A. FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GITTI, D. C.; KANEKO, F. H.; ROMAN, R. A. A. Desempenho de semeadora-adubadora em função do preparo de solo e espaçamento da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p.462-467, 2010.

COELHO, H.; FERNANDES, H. C.; CAMPOS, D. S.; TEIXEIRA, M. M.; LEITE, D. M. Deslizamento de rodados de tratores de pneus em diferentes operações agrícolas. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 330-336, 2012.

COELHO, J. L. D. Ensaio e certificação de máquinas para semeadura. In:_____. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba S.P.: Fundação de Estudos Agrários Luis de Queiroz, p.551-570, 1996.

COMPAGNON, A. M., FURLANI, C. E. A., OSHIRO, K. A., SILVA, R. P. da; CASSIA, M. T. 2013. 66 f. Desempenho de um conjunto trator-escarificador em dois teores de água do solo e duas profundidades de trabalho. **Engenharia na agricultura**, Viçosa-MG, v. 21, 2013.

CORTEZ, J. W.; FERREIRA, B. J. M. ; ALVES, A. S. ; MOURA, M. R. D. de; NAGAHAMA, H. J . Desempenho operacional do conjunto trator-implementos nas operações de preparo do solo. **Nucleus**, v. 8, n. 2, p. 177-184, 2011.

DIAS, O. V .; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BONOTTO, G. J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1721-1728, 2009.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília-DF, 2018, 5 ed. 590p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília-DF, 2017, 3 ed. 573p. FEITOSA, J. R.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R. Influência da pressão interna dos pneus e da velocidade de deslocamento nos parâmetros operacionais de um trator agrícola e nas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 1, p. 117-127, 2015.

FABRICANTE, J. R., ARAÚJO, K. C.; CASTRO, R. A.; COTARELLI, V. M. Banco de sementes do solo de sítios de Caatinga sob influência do Projeto de Integração do Rio São Francisco. **Revista Scientia Plena**. v. 12, 2016.

FABRICANTE, J. R.; SIQUEIRA-FILHO, J. A. Mudanças nas paisagens das caatingas e as invasões biológicas. **Boletín de la Red Latinoamericana para el Estudio de Plantas Invasoras**. v. 2, p. 23-27, 2012.

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

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FIGLIARELLI, D. A.; MARASCA, I.; FERNANDES, B. B.; SANDI, J.; FERREIRA, F. M.; LANÇAS, K. P., Desempenho de três tratores agrícolas em ensaios de tração. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, p. 68-76, 2015.

FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W.; TOLEDO, A. de; SILVA, R. P. DA; GROTTA, D. C. C; REIS, G. N. dos. Desempenho de um trator em função da velocidade e da pressão de inflação dos pneus da semeadora. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1726-1731, 2010.

FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J. W.; GROTTA, D. C. C. Semeadora-adubadora: Exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 345-352, 2008.

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

FURTADO JÚNIOR, M. R.; FERNANDES, H. C.; SILVA, A. C.; LEITE, D. M. Melhor marcha: Avaliação em campo estuda o efeito da seleção da marcha no desempenho operacional de tratores agrícolas. **Revista Cultivar Máquinas**, v. 15, p. 46-48, 2017.

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

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.

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

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 477-484, 2004.

GONZALEZ-DE-SOTO, M.; EMMI, L.; GARCIA, I.; GONZALEZ-DE-SANTOS, P. Reducing fuel consumption in weed and pest control using robotic tractors. **Computers And Electronics In Agriculture**, v. 114, p. 96-113, 2015.

HANSON, P. A. 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, 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**, p.31, 2002.

JANKE, J., ERBACH, D. C. Seed depth distribution in no-till and strip till. **American Society of Agricultural Engineers**. St. Joseph, n. 85-1013, p.1-12, 1985.

JASPER, S. P.; BUENO, L. S.; LASKOSKI, M.; LANGHINOTTI, C. W.; PARIZE, G. L. Desempenho do trator de 157 kW na condição manual e automático de gerenciamento de marchas. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 3, p. 55-60, 2017.

KLAVER, P. P. C. **Programa computacional otimização da lastragem de tratores agrícolas**. 2013.

LAN, Y.; KOCHER, M. F.; SMITH J .A. Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 72, p. 119-127, 1999.

LANDERS, J.N., **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia, GO: Associação de Plantio Direto no Cerrado, Fundação Cargill. p. 261, 1995.

LEITE, D. M.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; FURTADO JÚNIOR, M. R. Dynamic traction of a mechanized set based on technical and operational parameters. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 3, p. 484-492, 2017.

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 Doutorado, Universidade Federal de Viçosa.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

MACEDO, D. X. S.; NICOLAU, F. E. de A.; NASCIMENTO, H. C. F.; COSTA, E.; CHIODEROLI, C. A.; LOUREIRO, D. R. Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 280-285, 2016.

MACHADO, R. L. T.; FERREIRA, M. F. P.; MACHADO, A. L. T.; REIS, Â. V.; BUTZKE, H. P. Força de tração de semeadoras para plantio direto: informações de campo x informações de catálogo. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v.11, p. 15-17, 2007.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; FERREIRA, M. F. P.; MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. C.; BAUER, G. B. Influência da pressão de inflação do pneu do trator na resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 481-486, 2005.

MAHL, D. **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006. Tese Doutorado. Botucatu - SP, p.143, 2006.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.

MÁRQUEZ, L. **Maquinaria agrícola**. Madrid: B&H, 2004. 700 p.

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

MARTINS, M. B.; SANDI, J.; SOUZA, F. L.; SANTOS, R. S.; LANÇAS, K. P. Otimização energética de um trator agrícola utilizando normas técnicas em operações de gradagem. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, v. 26, n. 1, p. 52-57, 2018.

MASIERO, F. C., LANÇAS, K.P., MARASCA, I., RAMOS, C.R.G., MONTANHA, G. K., LYRA, G.A. Prova de Rendimento. **Revista Cultivar Máquinas**, v. 11, p. 31-33, 2012.

MAZETTO, F.R.; LANÇAS, K.P.; NAGAOKA, A.K.; CASTRO NETO, P.; GUERRA, S.P.S. Avaliação do contato pneu-solo em três modelos de pneus agrícolas. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 750-757, 2004.

MCLAUGHLIN, N. B.; DRURY, C. F.; REYNOLDS, W. D.; YANG, X. M.; LI, Y. X.; WELACKY, T. W.; STEWART, G. Energy Inputs for Conservation and Conventional Primary Tillage Implements in a Clay Loam Soil. **Transactions Of The Asabe**, v. 51, n. 4, p. 1153-1163, 2008.

MEHTA, C. R.; SINGH, K.; SELVAN, M. M. A decision support system for selection of tractor–implement system use don Indian farms. **Journal of Terramechanics**, v.48, p. 65-73, 2011.

MELLO, A. J. R.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; BORSATTO, E. A. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 479-486, 2007.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: Ensaios & certificações**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 772p.

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

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301p.

MONTANHA, G. K., GUERRA, S. P. S., ANDRADE, S. P., HEUN, J., LANÇAS, K.P. Consumo de Combustível de um Trator Agrícola em Função do Tipo de Solo e da Pressão de Inflação nos Pneus utilizando Equipamento Canteirador. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 44-59, 2012.

MONTANHA, G. K.; GUERRA, S. P. S.; SANCHEZ, P. A.; CAMPOS, F. H.; LANÇAS, K. P. 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. **Energia na Agricultura**, v. 26, n. 1, p. 39-51, 2011.

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**, v. 44, n. 1, p. 70-75, 2013.

MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P. S. Desempenho de um trator agrícola equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 551-560, 2011.

MONTEIRO, L. A.; SILVA, P. R. A. **Operação com tratores agrícolas**. Botucatu. 2009. 76p.

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. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

NAGAHAMA, H. J.; CORTEZ, J. W.; PIMENTA, W. A.; PATROCINIO FILHO, A. P.; SOUZA, E. B. de. Ensaio do trator agrícola em função dos sistemas de preparo do solo e da velocidade de deslocamento. **Energia na Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2013.

NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C.; BRÖRING, N.; KITANO, N.; JASPER, S. P. Avaliação do consumo de combustível, patinação 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.

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**, v. 13, n. 2, p. 291-300, 2016.

NERES, J. S.; SANTOS, R. S.; MOREIRA, D. A.; SILVA, R. M. da. Desempenho operacional de um trator agrícola e suas implicações de uso em alguns atributos físicos de um Latossolo Amarelo em Altamira-PA. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 9, p. 62-77, 2012.

PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C. E. S.; BARBOSA, J. A.; SPAGNOLO, R. T.; BARROS, M. M.; VILAS BOAS, L. A. Efeito da profundidade de trabalho das hastes sulcadoras de uma semeadora-adubadora na patinação, na força de tração e no consumo de combustível de um trator agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1320-1326, 2010.

PARK, S. H.; KIM, Y. J.; IM, D. H.; KIM, C. K.; JANG, Y.; KIM, S. S. Analysis of factors affecting fuel consumption of agricultural tractor. **Journal of Biosystems Engineering**, v. 35, p.151-157, 2010.

PATRIZZI, V. C.; VAZ, C. M. P.; IOSSI, M. F.; PRIMAVESI, O. Modelamento do efeito da umidade e densidade na resistência à penetração dos solos. In: _____. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Ribeirão Preto, v.29, 2003.

PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 681-691, ago. 2010.

PEQUENO, I. D.; ARCOVERDE, S. N. S.; CORTEZ, J. .; GARRIDO, M. S.; CARVALHO, P. G. S. Desempenho operacional de conjunto trator-grade em argissolo amarelo no semiárido nordestino. **Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 2, 2012.

PORTELLA, J. A. **Semeadoras para plantio direto**. Ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2001. 252 p.

PORTELLA, J. A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Máquinas e implementos para plantio direto. In: _____. **EMBRAPA**. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.29-36.

QUEIROZ, R. F. M.; MACEDO, W. A. da.; SIQUEIRA, D. X.; COSTA, E.; CHIODEROLI, C. A. Cargas no depósito de fertilizante de uma semeadora-adubadora e desempenho operacional. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 271-277, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012.

RAMOS, C. R. G.; LANÇAS, K. P.; LYRA, G. A.; SANDI, F. Consumo de combustível de uma colhedora de cana-de-açúcar em diferentes configurações de operação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 588-592, 2016.

REIS, Â.V. dos; FORCELLINI, F. A. Functional analysis in the evaluation of four concepts of planters. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 969-975, 2002.

REIS, E. F.; MOURA, J. R.; DELMOND, J. G.; CUNHA, J. P. A. R. Características operacionais de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Habana, v. 16, n. 3, p.70-75, 2007.

RINALDI, P. C. N; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; ALVARENGA, C. B. Diagnóstico da potência e torque dos tratores agrícolas fabricados e comercializados no Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 3, p. 246-256, 2016.

RODRIGUES, J. G. L; GAMERO, C. A.; NASCIMENTO, F. M. Demanda energética de máquinas agrícolas na implantação da cultura do sorgo forrageiro. **Energia na Agricultura**, v. 26, n. 1, p. 65-76, 2011.

RUSSINI, A. **Estimativa do desempenho de tratores agrícolas em campo e pista a partir do ensaio dinamométrico**.2012. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria – RS, 2012.

SANTOS L. F. A.; BATISTAS, C. D.; VIEIRA, A. D.; FERNANDES, F. R. B.; ALBIERO, D. Avaliação do consumo de combustível de um conjunto motomecanizado no manejo de plantas daninhas na cultura da acerola (*Malpighia Ermaginata*) em cultivo orgânico **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 3, p. 239-246, 2017.

SANTOS, V. C.; MONTEIRO, L. A.; MACEDO, D. X. S.; ALBIERO, D.; MOTA, W. A.; DUTRA, J. A. C. Acidentes com máquinas agrícolas. **Revista Cultivar Máquinas**, v. 139, p. 34-36, 2014.

SANTOS, A. P.; VOLPATO, C. E. S.; TOURINO, M. C. C. Desempenho de três semeadoras-adubadoras de plantio direto para a cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 540-546, 2008.

SILVA, P. R. A.; JASPER, S. P.; SEKI, A. S.; MASIERO, F. C.; RIQUETTI, N. B. Semeadora-adubadora: mecanismos de corte de palha e cargas verticais aplicadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 12, p. 1367-1373, 2012.

SILVA, M. R. **Classificação de semeadoras-adubadoras de precisão para o sistema plantio direto conforme o índice de adequação**. 82p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; TROGELLO, E. Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 44-52, 2013.

SPAGNOLO, R. T.; PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C. E. S.; BARBOSA, J. A.; NUNES, R. A. Desempenho operacional de um trator agrícola em função da lastragem, pressão de inflação e desgaste do pneu. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 21, n. 4, p. 379-386, 2013.

SPAGNOLO, R. T.; PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C. E. S.; BARBOSA, J. A.; NUNES, R. A. Operational performance of an agricultural tractor as a function of weight, inflation pressure and tire life. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 32, n. 1, p. 131-139, 2012.

TAGHAVIFAR, H.; MARDANI, A. Potencial da técnica de processamento de imagens funcionais para as medidas de área de contato e pressão de contato de um pneu radial em uma instalação de teste de escória de solo. **Measurement**, v. 46, n. 10, p. 4038-4044, 2013.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Compressibility of Oxisol aggregates under no-till in response to soil water potential. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1525-1533, 2009.

TURKER, U.; AVCIOĞLU, A. O.; ELIÇİN, K. Changing status of agricultural mechanization level during GAP process in the Southeastern Anatolia Region in Turkey. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, p. 245-249, 2011.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; CORREA JUNIOR, D.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, E. F. Operational and energetic performance of an agricultural tractor during direct and conventional sowing. **Scientific Electronic Archives**, v. 7, n. 6, p. 65-76, 2014.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; CORRÊA JUNIOR, D.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, E. F., Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante a operação de roçagem. **Global Science and Technology**, v. 4, p.68-75, 2011.