



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

VICTOR DANTAS CAVALCANTE

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE CONJUNTOS
MECANIZADOS**

FORTALEZA

2021

VICTOR DANTAS CAVALCANTE

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE CONJUNTOS MECANIZADOS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Coorientador: Eng^a. Agrônoma Mayara Rodrigues Uchôa.

FORTALEZA

2021

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

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

C364d Cavalcante, Victor Dantas.
Desempenho operacional e energético de conjuntos mecanizados / Victor Dantas Cavalcante. – 2021.
33 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Coorientação: Profa. Mayara Rodrigues Uchôa.

1. Preparo do solo. 2. Máquinas. 3. Implementos agrícolas. I. Título.

CDD 630

VICTOR DANTAS CAVALCANTE

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE CONJUNTOS MECANIZADOS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 31/03/2021.

BANCA EXAMINADORA

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

Eng^a. Agrônoma Mayara Rodrigues Uchôa (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dra. Viviane Castro dos Santos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Walisson Marques Silveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A minha família e minha namorada Beatriz, pelo apoio incondicional.

Aos meus orientadores Leonardo de Almeida Monteiro e Mayara Rodrigues Uchôa, pela excelente orientação e paciência.

Aos professores participantes da banca examinadora Viviane Castro dos Santos e Walisson Marques Silveira pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

RESUMO

A necessidade da mecanização no campo vem aumentando e uma preocupação da comunidade agrícola é a otimização dessas máquinas e implementos, com isso a avaliação do desempenho operacional e energético das operações dos conjuntos mecanizados é importante para que o agricultor possa escolher o melhor preparo de solo, de acordo com seu objetivo. O presente trabalho tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica, pesquisando dados dos estudos que foram feitos pela comunidade científica dentro do tema abordado e discutindo os resultados obtidos pelos autores, tornando essa revisão uma fonte de pesquisa para a comunidade acadêmica e futuros profissionais da área. Concluiu-se que a velocidade de trabalho e o patinamento dos rodados tiveram influência, tanto direta como indiretamente, na maioria dos parâmetros analisados para desempenho operacional e energético. A eficiência dos conjuntos mecanizados foi influenciada por diversos fatores como: condições das máquinas, condições do solo e a habilidade do operador na troca das marchas. A profundidade de trabalho, tipo de ponteira, espaçamento entre hastes e velocidade de deslocamento afetaram a potência na barra e força de tração.

Palavras-chave: Preparo do solo. Máquinas. Implementos agrícolas.

ABSTRACT

The need for mechanization in the field has been increasing and a concern of the agricultural community is the optimization of these machines and implements, with this the evaluation of the operational and energetic performance of the operations of mechanized assemblies is important so that the farmer can choose the best soil preparation, according to your goal. The present work aims to carry out a bibliographic review, researching data from studies that were done by the scientific community within the topic addressed and discussing the results obtained by the authors, making this review a source of research for the academic community and future professionals in the area. It was concluded that the speed of work and the skidding of the wheels had influence, both directly and indirectly, in most of the parameters analyzed for operational and energy performance. The efficiency of mechanized assemblies was influenced by several factors such as: machine conditions, soil conditions and the operator's ability to change gears. The working depth, tip type, spacing between rods and travel speed affected the bar power and traction force.

Keywords: Soil preparation. Machines. Agricultural implements.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arado de aivecas	13
Figura 2 - Arado com discos	14
Figura 3 - Grade Aradora.....	14
Figura 4 - Grade Niveladora	15
Figura 5 - Escarificador	16
Figura 6 - Subsolador.....	17
Figura 7 - Velocidades de trabalho e eficiências de campo (Ef) para operações com diferentes máquinas e implementos agrícolas.	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 Preparo do Solo	11
2.1.1 Aração.....	13
2.1.2 Gradagem	14
2.1.3 Escarificação.....	15
2.1.4 Subsolação.....	16
2.2 Desempenho operacional e energético	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Sistematização da Revisão de Literatura.....	20
3.2 Parâmetros de Desempenho Operacional e Energético	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Capacidade de Campo Teórica (Cct)	25
4.2 Capacidade de Campo Efetiva (Cce).....	25
4.3 Capacidade de campo operacional (Cco).....	25
4.4 Rendimentos de campo teórico e efetivo (Rct e Rce)	26
4.5 Eficiência de Campo (Ef).....	26
4.6 Consumo horário e específico de combustível (Ch e Cesp).....	27
4.7 Força de tração (Ft)	28
4.8 Potência na barra (Pb).....	28
5 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A realização de operações mecanizadas é amplamente utilizada no território brasileiro, com diversos métodos e finalidades diferentes, e com isso, tem-se aumentado a necessidade de otimizar seu desempenho, seja de forma operacional ou energética. Experimentos são realizados para obtenção de dados referentes ao desempenho de conjuntos mecanizados, selecionando operações com melhor custo-benefício, preocupando-se com a degradação do solo, para não deixá-lo improdutivo, por meio da erosão e/ou compactação do solo.

O preparo do solo é muito importante para dar início a um projeto agrícola, o método de preparo utilizado e a escolha do maquinário agrícola poderá maximizar a produtividade, reduzir os custos e causar menos impacto ao solo. Porém, para que se obtenha esse êxito, é necessário mais estudos e experimentos voltados para esse assunto. No Brasil, muitos agricultores e produtores utilizam métodos antigos ou convencionais, em qualquer tipo de terreno e relevo, acarretando acidentes com o maquinário e com o desgaste dos implementos agrícolas.

Depois de analisar qual o melhor método de preparo do solo a ser utilizado, preocupando-se com a sua preservação, vem um ponto muito importante que é o financeiro. Os ensaios com tratores e implementos agrícolas, onde se observa o seu desempenho operacional e energético, é de suma importância para mensurar o investimento desse projeto agrícola.

Estes ensaios têm por objetivo avaliar os desempenhos dos tratores, obter informações para dimensionar e racionalizar o uso de conjuntos mecanizados, comparar os tratores independentemente da localização dos ensaios. O ensaio é constituído por duas etapas: ensaios obrigatórios (dados ponderais e dimensionais do trator, ensaios de desempenho na tomada de potência e ensaios na barra de tração em pista de concreto) e ensaios facultativos (sistema hidráulico, freios, nível de ruído, motor do trator e ensaios de campo) (MONTEIRO, 2016).

Neste sentido, o trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica, onde foi analisado o passo a passo de trabalhos relacionados ao desempenho de diferentes conjuntos mecanizados em diferentes tipos de preparo de solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico será abordado de forma geral, pontos que contribuem para o embasamento teórico do trabalho, utilizando conteúdos encontrados em trabalhos, artigos e experimentos de campo.

2.1 Preparo do Solo

Segundo Monteiro e Albiero (2013), o trator agrícola é a principal fonte de potência no meio rural onde contribuiu para o desenvolvimento e avanço tecnológico dos sistemas agrícolas de produção de alimentos.

O sistema de preparo do solo deve ser feito de forma eficiente, proporcionando condições físicas e químicas ideais para que a planta tenha uma brotação, crescimento e desenvolvimento radicular de qualidade, garantindo o estabelecimento da cultura. Dependendo da cultura e suas necessidades, o preparo de solo poderá ser mais raso ou mais profundo (GEOAGRI, 2020).

O preparo periódico do solo (método convencional) é dividido em três etapas: a) primário: uso de arados para movimentação profunda do solo; b) secundário: complementar ao primário, utiliza grades para fazer o nivelamento do solo; e c) corretivo: fazer a correção da acidez do solo, quando necessário (VOLTARELLI, 2021).

O preparo do solo no sistema convencional, consiste no revolvimento de camadas de terras superficiais com a utilização de máquinas e implementos agrícolas, tendo como objetivo aumentar os espaços porosos e com isso aumentar a permeabilidade e o armazenamento de ar e água, facilitando o crescimento das raízes das plantas (SANTIAGO E ROSSETTO, 2006).

Entretanto, o revolvimento do solo pode causar efeitos prejudiciais para a qualidade do solo, principalmente devido a destruição dos agregados do solo, expondo o carbono que estava protegido há processos de decomposição, dessa forma acelerando os processos de degradação e erosão do solo (AGROPRO, 2021).

Segundo Bauder *et al.* (1981), esse sistema torna o solo mais suscetível à erosão e cria locais com impedimento mecânico abaixo das camadas movimentadas pelo equipamento de preparo, podendo interferir de forma direta no desenvolvimento do sistema radicular das culturas, afetando a produção e a produtividade. Deve ser evitado trabalhar nesse sistema sempre na mesma profundidade, assim diminuindo o efeito erosivo no solo.

Novas tecnologias têm surgido, buscando à redução nos custos de produção e o aumento da produtividade, por outro lado, muitas dessas novas tecnologias estão interligadas ao tráfego intenso de máquinas, tratores e implementos agrícolas, essa intensidade tem alterado a estrutura do solo, compactado e adensando o solo, percebidos pelo aumento da resistência do solo à penetração, da densidade do solo e microporosidade, diminuindo a macroporosidade e porosidade total (ASSIS *et al.*, 2009).

Após a tomada de consciência de que o preparo convencional do solo estava acelerando o seu desgaste, foram desenvolvidos novos sistemas de preparo que levam em conta as características do solo, a pluviosidade da região, a disponibilidade de máquinas e equipamentos nas propriedades rurais, e o principal diferencial que é o grau de mobilização do solo. Sistemas denominados conservacionistas, deve ocorrer a menor mobilização de solo possível (BOLLER, 2001).

No sistema de manejo conservacionista do solo incluem culturas para cobertura do solo, adubação verde, rotação de culturas, manutenção de cobertura morta, cultivo mínimo e plantio direto. Qualquer sistema de preparo e semeadura que permita a manutenção de, no mínimo, 30% da superfície do solo coberta com resíduos após a implantação das culturas é considerado conservacionista (BOLLER, 2001).

O plantio direto tem despertado o interesse de muitos produtores, por se tratar de um método importante para conservar mais o solo, pois apresenta um número reduzido de operações com máquinas e implementos no preparo do solo, permitindo que restos de cultura permaneçam como cobertura do solo. Em resumo, nesse método a semeadura é feita sob o que restou da cultura anterior, mobilizando o mínimo possível do solo, sem aração ou gradagem (CANABAL, 1980).

De acordo com McGregor *et al.* (1975), mostrou-se que a erosão pode ser controlada com o sistema de plantio direto em solos altamente erodíveis. Durante tempestades com excessiva taxa de precipitação, foi notório os benefícios do controle da erosão utilizando o plantio direto. No preparo tradicional, a quantidade de solo perdida foi significativamente maior do que no sistema de plantio direto.

É de suma importância ter um bom conhecimento a respeito dos métodos utilizados para se realizar o preparo do solo, conhecer bem a estrutura da cultura que será implantada, analisando também qual trator e implemento agrícola será o ideal, dependendo da finalidade desse preparo. Dessa forma, será explanado a seguir o conceito de alguns métodos utilizados para realizar o preparo do solo.

2.1.1 Aração

É uma técnica que consiste em revirar as camadas do solo, invertendo as camadas. Utilizando o arado que pode ser de discos ou aivecas, o solo é revolvido em uma profundidade de aproximadamente 20 centímetros, esta prática tende a descompactar camadas superficiais e aumentar os níveis de oxigenação da matéria orgânica. A aração é muito comum nas regiões que têm clima temperado. No entanto, em países tropicais como o Brasil, onde é muito comum ter situações com graus diferentes de intemperismo, pode não ser uma boa estratégia em longo prazo, comprometendo a saúde do solo (AGROSOMAR, 2021).

Figura 1 - Arado de aivecas



Fonte: MF Rural, 2019.

Quando comparado o arado de discos com os de aivecas, o primeiro tem vantagem, pois para executar sua função, o arado de disco trabalha em movimento de rotação, portanto, menos suscetíveis a impactos. O disco rola sobre as estruturas que podem estar no campo, diminuindo o impacto sobre a estrutura do arado. Na abertura de novas áreas para preparo de solo destinadas à agricultura, havia tocos e raízes que dificultavam o funcionamento dos arados de aiveca, então o arado de discos foi um implemento muito bem aceito no país, pois conseguia ter um desempenho melhor (BALASTREIRE, 1987).

Figura 2 - Arado com discos



Fonte: Baldan, 2021.

2.1.2 Gradagem

A gradagem é uma prática que vai preparar o solo para o plantio, normalmente ela é realizada após as práticas de aração. Como o arado faz o revolvimento e a inversão de camadas, o terreno fica desnivelado e irregular. Com a operação de gradagem, há o rompimento da estrutura dos grandes torrões deixados pela aração, tornando o solo mais plano, facilitando as futuras operações que serão realizadas no campo (AGROPRO, 2020).

Figura 3 - Grade Aradora



Fonte: Baldan, 2021.

Segundo Gadanha Júnior *et al.* (1991), a grade de discos é um dos principais equipamentos utilizados para o preparo inicial do solo, fazendo o solo se movimentar uma ou duas vezes em sentidos opostos.

Quanto ao tamanho e peso dos discos, são divididos em: a) niveladora ou leve, destorroar e nivelar o solo superficialmente; b) média, continua o trabalho do arado ou gradagem pesada, destorroando o solo e; c) pesada, atua com mais profundidade no solo para que possa incorporar o material de cobertura no primeiro preparo de solo. Inclusive, a grade pesada pode substituir o arado no preparo de solo primário, obtendo maior capacidade operacional (BECKER *et al.*, 2014).

Figura 4 - Grade Niveladora



Fonte: Baldan, 2021.

2.1.3 Escarificação

A escarificação é uma técnica menos agressiva à estrutura do solo. Utilizando o escarificador mecânico, ele rompe as camadas do solo sem realizar sua inversão ou revolvimento (AGROPRO, 2020).

Seu princípio de rompimento do solo é feito por trincas, ou seja, o solo é rompido nas suas linhas, e não cortado como na aração e gradagem. O equipamento utiliza hastes que são cravadas no solo, provocando o seu rompimento para cima, para frente e para os lados (VOLTARELLI, 2021).

Figura 5 - Escarificador



Fonte: Piccin, 2021.

Ao utilizar o escarificador em qualquer sistema conservacionista, de forma adequada, pode ser alcançada uma maior capacidade de retenção de água no solo e diminuir as perdas por erosão, desta forma, deixando mais água disponível para as culturas quando comparado ao sistema tradicional (MIRANDA, 1986).

Tornou-se necessário a substituição dos sistemas tradicionais de preparo em muitas regiões, com muita manipulação mecânica do solo, por outros sistemas que tenham pouca mobilização, deixando resíduos na superfície, tornando melhor a movimentação e retenção de água. Entre outros fatores, também melhora a estrutura do solo, sua porosidade e distribuição da matéria orgânica. O uso do escarificador se encaixa nesses métodos de preparo reduzido, rompendo o solo da camada arável até 30 cm (SILVEIRA, 1988).

Quando utilizado no sistema de cultivo mínimo, o escarificador substitui a função do arado no preparo primário do solo. O escarificador acaba por desagregar menos o solo, pois não inverte a leiva, mas atinge as zonas de fratura do solo, descompactando camadas mais profundas do que o arado. Quando o escarificador trabalha nas mesmas condições de profundidade que um arado de disco, sua necessidade energética é 60% inferior ao arado (MARTUCHI, 1985).

2.1.4 Subsolação

Segundo a Asae (1982), o subsolador é um implemento que vai mobilizar o solo em profundidades suficientes, rompendo as camadas subsuperficiais mais compactadas. A subsolação se tornou comum em algumas regiões do país, pois se trata de uma prática de

cultivo em profundidade, tornando soltas as camadas compactadas, sem causar inversão das camadas de solo.

Bastante utilizada quando há camadas muito endurecidas, atingindo profundidades que outros implementos não conseguem alcançar (CAMARGO E ALLEONI, 1997).

Figura 6 - Subsolador



Fonte: Baldan, 2021.

As diferenças entre os escarificadores e os subsoladores são funcionais e conceituais, o primeiro tem função de preparar o solo e o segundo romper camadas compactadas do solo (VOLTARELLI, 2021).

Segundo a ASAE (1982), uma atividade realizada até 40 cm de profundidade é uma escarificação, já uma atividade realizada além da profundidade de 40 cm é definida como subsolagem. As operações se dividem em escarificação leve (5-15 cm), escarificação pesada (15-30 cm) e subsolagem (>30 cm), essas operações de escarificação e subsolagem são diferenciadas pela profundidade de atuação (MARTUCHI, 1987).

2.2 Desempenho operacional e energético

Desempenho operacional é um complexo conjunto de informações que definem, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos, os atributos das máquinas agrícolas quando executam operações em determinadas condições (FOLLE; FRANZ, 1990).

A máquina agrícola, que tem função de acionar, tracionar e transportar, é a principal fonte de fornecimento e transmissão de energia para o sistema de produção agrícola atual. Devido a essa importância do maquinário agrícola, tem se intensificado estudos direcionados para o aumento do rendimento, reduzindo o custo/hora trabalhada, minimizando os impactos ambientais, principalmente relacionado a compactação (GROTTA *et al.*, 2008).

Salvador, Mion e Benez (2009), fizeram uma avaliação com relação ao consumo específico de combustível, chegando a conclusão que os menores valores encontrados sobre o consumo do combustível está diretamente relacionada à otimização do desempenho do motor, sua eficiência trativa e também na adequação do equipamento à fonte de potência, obtendo um melhor desempenho operacional.

Uma das maneiras de obter informações, principalmente quando a informação é a respeito do desenvolvimento de tração, é realizar ensaios com tratores no solo agrícola (CORDEIRO, 2000). Uma informação importante que é resultante desses ensaios, diz respeito ao desempenho dos rodados e sua interação com o solo (MIALHE, 1996). Sendo assim, fazer a análise operacional dos tratores agrícolas, permite desenvolver técnicas para obter o máximo de rendimento de todos os recursos disponíveis, desta forma é necessário saber a potência e a força disponíveis na barra de tração (MASIERO, 2010).

Realizar ensaios com os tratores e implementos agrícolas é extremamente importante, objetivando otimizar o desempenho operacional e energético. Nesses ensaios, são analisados: velocidade de trabalho; largura de corte; capacidade de campo: teórica, efetiva e operacional; rendimento de campo: teórico e efetivo; eficiência de campo; tempo disponível; ritmo operacional; número de conjuntos; força de tração e potência na barra de tração.

Ter um conhecimento sobre a capacidade de trabalho e desempenho das máquinas agrícolas é fundamental no gerenciamento de sistemas agrícolas mecanizados, ajudando na tomada de decisões e sua otimização (MOLIN *et al.*, 2006).

De acordo com Modolo (2003), quando se utiliza de forma correta as máquinas e equipamentos agrícolas, acaba por possibilitar expansão das áreas cultiváveis, melhora a produtividade, torna mais fácil as tarefas do homem e aumenta a capacidade efetiva, podendo concluir um cronograma de trabalho em tempo hábil.

Alguns métodos são utilizados para se obter dados referentes à demanda energética das máquinas e implementos agrícolas de acordo com a operação que está sendo realizada. Mileusnic *et al.* (2010) determinaram a “taxa total de intensidade de energia do combustível”, consistindo em quantificar a demanda total de energia para uma atividade de acordo com a quantidade gasta de combustível para executá-la.

Em alguns casos, o gasto com combustível pode ultrapassar 50% do custo operacional total da máquina, sendo uma despesa relevante na exploração agrícola moderna. O consumo de combustível é normalmente apresentado em função da área trabalhada ou da hora, sendo que a segunda maneira prevalece em publicações técnicas de fabricantes e órgãos especializados. A demanda de torque e potência do motor é função da característica da

operação desenvolvida e tem relação direta no consumo horário de combustível (FURTADO JÚNIOR *et al.*, 2017).

Um sistema importante nos tratores agrícolas é a transmissão, um mecanismo que possibilita ajustar a velocidade e o torque para condições específicas de operação. Selecionando corretamente a marcha e a rotação de trabalho pode constituir-se de um meio simples para reduzir o consumo de combustível de tratores agrícolas, essa ação pode aproveitar de modo mais eficiente o torque e a potência disponível no motor. Utilizando as marchas adequadas à operação, pode também proporcionar a manutenção da patinação dos rodados do trator em níveis apropriados, garantindo uma operação mais econômica. (FURTADO JÚNIOR *et al.*, 2017).

Fernandes *et al.* (2008), avaliou, em diferentes operações agrícolas mecanizadas, o consumo energético, chegando à conclusão que os sistemas com menos operações por hectare, o consumo de combustível foi menor, em destaque o plantio direto, depois o cultivo mínimo com gradagem leve, vibro escarificador e o preparo convencional, que de todos os sistemas analisados obteve o pior desempenho.

O custo de operações mecanizadas, relacionado à gradagem na produção agrícola, tem se tornado crescente, representando de 15 a 40% de todo o custo de produção, variando esse percentual de acordo com a cultura que está sendo produzida e o preparo de solo necessário para atender suas necessidades. Desta forma, tem se tornado ideal maximizar a eficiência do uso de todo o maquinário agrícola, minimizando seus custos de operação (RIPOLI, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste tópico foi abordado a sistematização da revisão e os parâmetros analisados, separando-os em subtópicos para uma melhor compreensão.

3.1 Sistematização da Revisão de Literatura

O planejamento iniciou-se na revisão bibliográfica, apresentando os temas que são importantes para embasar o trabalho. Iniciando na seção 2.1 com informações sobre o preparo do solo, onde foi explanado o assunto e destacando alguns métodos e procedimentos. Na seção 2.2 foi abordado o assunto principal, onde houve uma imersão sobre desempenho operacional e energético, conceituando e demonstrando quais parâmetros seriam avaliados.

Posteriormente, iniciou-se uma busca por títulos e palavras-chave, para encontrar trabalhos relevantes na bibliografia. Foram utilizados os constructos: “desempenho operacional”; “desempenho energético”; “desempenho de conjuntos mecanizados” obtendo uma gama de resultados, mas não tão específicos para o que seria abordado no trabalho, então foi adotada a estratégia de utilizar constructos mais específicos, como: “desempenho operacional no preparo de solo convencional” e “desempenho energético na operação escarificação”, obtendo-se um número maior de resultados, com os exatos assuntos de interesse. Os artigos escolhidos foram analisados, tanto a metodologia quanto os resultados, expondo, quando necessário, soluções para algumas situações.

Na seção 4 foi feita uma discussão geral dos resultados dos trabalhos pesquisados, mostrando valores obtidos de outros experimentos, corroborando para uma melhor análise, mesmo quando as condições não eram tão parecidas.

Na seção 5, realizou-se a conclusão com base nos pontos levantados na etapa de resultados e discussão, onde utilizou-se as pesquisas e análises dos resultados obtidos.

3.2 Parâmetros de Desempenho Operacional e Energético

A definição dos conceitos para os parâmetros utilizados no desempenho operacional e energético foram embasados segundo Balastreire (1987).

Capacidade de campo teórica (Cct)

O valor é obtido a partir das dimensões dos órgãos ativos (largura de corte ou trabalho) e da velocidade de deslocamento.

$$Cct = \frac{L \times V}{10} \quad (1)$$

Onde:

Cct = Capacidade de campo teórica (ha.h⁻¹);

L = Largura de corte ou trabalho (m);

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

Capacidade de campo efetiva (Cce)

É a razão entre o desempenho real da máquina (área trabalhada) e o tempo total de campo.

$$Cce = \frac{At}{Tpr} \quad (2)$$

Onde:

Cce = Capacidade de campo efetiva (ha.h⁻¹);

At = Área trabalhada (ha);

Tpr = Tempo produtivo (h).

Outra fórmula para obtenção da capacidade de campo efetiva é:

$$Cce = \frac{Lce \times V}{10} \quad (3)$$

Onde:

Cce = Capacidade de campo efetiva (ha.h⁻¹);

Lce = Largura de corte efetiva (m);

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

Capacidade de campo operacional (Cco)

É a quantidade de trabalho que as máquinas e implementos agrícolas são capazes de executar por unidade de tempo.

$$Cco = \frac{At}{Tma} \quad (4)$$

Onde:

Cco = Capacidade de campo operacional (ha.h⁻¹);

At = Área trabalhada (ha);

T_{ma} = Tempo máquina (h).

Para obter o tempo da máquina, é necessário a somatória do tempo gasto durante a operação total, mesmo que não seja um tempo produtivo.

O tempo da máquina é obtido:

$$T_{ma} = T_{pa} + T_m + T_i + T_{pr} \quad (5)$$

T_{ma} = Tempo máquina (h);

T_{pa} = Tempo de preparação, abastecimento e reabastecimento;

T_m = Tempo de manobra;

T_i = Tempo de intervalo;

T_{pr} = Tempo produtivo.

A capacidade de campo operacional pode ser obtida de outra forma, utilizando outras variáveis.

Outro meio de se obter a C_{co} é:

$$C_{co} = \frac{L_{ce} \times V \times E_f}{10} \quad (6)$$

Onde:

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

L_{ce} = Largura de corte ou trabalho efetiva (m);

V = Velocidade de deslocamento ($km.h^{-1}$);

E_f = Eficiência de campo.

Rendimento de campo teórica (R_{ct})

É obtido pela razão entre a capacidade de campo efetiva e a capacidade de campo teórica. Normalmente expresso em (%).

$$R_{ct} = \frac{C_{ce}}{C_{ct}} \quad (7)$$

onde:

C_{ce} = Capacidade de campo efetivo;

C_{ct} = Capacidade de campo teórico.

Rendimento de campo efetivo (Rce)

É obtido pela razão entre a capacidade de campo operacional e a capacidade de campo efetiva. Normalmente expresso em (%).

$$Rce = \frac{Cco}{Cce} \quad (8)$$

onde:

Cco = Capacidade de campo operacional (ha.h⁻¹);

Cce = Capacidade de campo efetivo (ha.h⁻¹).

Eficiência de Campo (Ef)

$$Ef = Rct \times Rce \quad (9)$$

Onde:

Ef = eficiência de campo (%);

Rct = Rendimento de campo teórico (%);

Rce = Rendimento de campo efetivo (%).

Consumo horário de combustível (C_H)

Pode ser obtido por meio de dois fluxômetros instalados em série na entrada e no retorno da bomba injetora indicando assim, a quantidade de combustível que foi consumido durante o percurso pelo trator. É o consumo de combustível gasto por hora trabalhada.

$$C_H = \left(\frac{q}{t}\right) \times 3,6 \quad (10)$$

Onde:

CH = consumo horário de combustível (L h⁻¹);

Q = volume consumido na parcela, número de pulsos (mL);

t = tempo para percorrer a parcela (s);

3,6 = fator de conversão de unidade.

Consumo específico de combustível (C_{esp})

É definido como a quantidade de combustível que é necessária para produzir uma unidade de potência.

$$C_{esp} = \frac{Ch \times d}{Pb} \quad (11)$$

Onde:

Cesp = consumo específico de combustível (L h⁻¹);

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

Pb = potência na barra (kW);

d = densidade do combustível ($0,813g mL^{-1}$).

Força de tração (Ft)

A força na barra de tração de um trator agrícola depende de características do solo e dos rodados. A tração dos rodados é obtida pela ação de rolamento contínuo das rodas ou esteiras sobre o solo, e a força oriunda da interação entre rodado-solo é denominada força na barra de tração, que pode ser obtida por meio da Equação:

$$F_t = L \times P \times C_{re} \quad (12)$$

Onde:

Ft = Força de tração (kgf);

L = Largura de corte ou trabalho (cm);

P = Profundidade de operação (cm);

C_{re} = Coeficiente de resistência específica ($kgf.cm^{-2}$).

Potência na barra (P_b)

A potência na barra pode ser obtida de forma direta em função da velocidade e força de tração.

$$P_B = F_T \times V \quad (13)$$

Onde:

P_B = potência na barra de tração (kW);

F_T = força na barra de tração (kN);

V = velocidade real de deslocamento ($km h^{-1}$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico foram apresentados os resultados encontrados nos artigos pesquisados, analisando-os dentro dos parâmetros citados, tornando os dados obtidos numa discussão a respeito do tema abordado.

4.1 Capacidade de Campo Teórica (Cct)

Barbosa *et al.* (2015) avaliaram a capacidade operacional do trator New Holland (TM7010, 141 cv) em três tipos de preparo de solo: preparo convencional, gradagem e subsolagem. Encontraram os valores da capacidade de campo teórica: 0,52 ha.h⁻¹ (arado); 0,85 ha.h⁻¹ (grade niveladora); 1,12 ha.h⁻¹ (grade aradora); e 1,14 ha.h⁻¹ (subsolador), com velocidade variando entre 5 a 8 km.h⁻¹.

Coutinho (2018) utilizando trator Valtra (BM120, 120 cv) encontrou uma capacidade de campo teórica de 0,78 ha.h⁻¹ (escarificador). Coelho (2011) encontrou valores bem abaixo: 0,24 ha.h⁻¹ (arado); 0,72 ha.h⁻¹ (grade destorroadora niveladora); e 0,29 ha.h⁻¹ (escarificador), numa velocidade próxima a 3 km.h⁻¹. Os valores baixos para Cct podem ser justificados por conta do fator velocidade de deslocamento e pela largura de corte devido às dimensões dos implementos nos trabalhos serem diferentes.

4.2 Capacidade de Campo Efetiva (Cce)

Farias *et al.* (2018) utilizando um trator Massey Ferguson (MF4275, 78,2 cv) encontrou uma capacidade de campo efetiva de 1,13 ha.h⁻¹ (grade niveladora) com velocidade de 6,7 km.h⁻¹. Barbosa *et al.* (2015) encontraram uma Cce de 0,56 ha.h⁻¹ (grade niveladora) a uma velocidade de 8,5 km.h⁻¹. Mesmo com a velocidade variando, o que pode justificar também a diferença nos resultados é que a largura de corte utilizada no primeiro resultado foi muito maior e o tempo produtivo em cada trabalho.

4.3 Capacidade de campo operacional (Cco)

Simões, Silva e Fenner (2011) utilizando um trator de 140 cv de potência, avaliou a capacidade de campo operacional do subsolador, encontrando o valor de 1,59 ha.h⁻¹, já Pereira (2010), obteve um valor um pouco menor, 1,14 ha.h⁻¹ para a operação de subsolagem, Campos

(2013) corroborando com o último resultado, obteve um valor próximo: 1,15 ha.h⁻¹ para o subsolador.

De acordo com os dois últimos resultados com valores próximos, pode-se concluir que o tempo total obtido pelos subsoladores somando os tempos de preparação, interrupção e de produção foram mais otimizados do que o que foi encontrado por Simões, Silva e Fenner (2011).

4.4 Rendimentos de campo teórico e efetivo (Rct e Rce)

Barbosa *et al.* (2015) analisando o rendimento de campo teórico dentro dos implementos utilizados no seu trabalho encontrou os seguintes valores: 50% (arado); 66% (grade niveladora); 53% (grade aradora); e 45% (subsolador).

Simões, Silva e Fenner (2011) analisando o rendimento de campo efetivo para o implemento subsolador, encontrou o valor de aproximadamente 93%. Valor excelente, pois conseguiu usufruir de quase todo o rendimento possível do implemento.

4.5 Eficiência de Campo (Ef)

As eficiências estimadas pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE) citado por Pacheco (2000) na tabela abaixo:

Figura 7 - Velocidades de trabalho e eficiências de campo (Ef) para operações com diferentes máquinas e implementos agrícolas.

Equipamento	Velocidade (km/h)	Ef (%)
Arados	4 - 8	70 - 85
Grades pesadas	5 - 7	70 - 90
Grades niveladoras	7 - 9	70 - 90
Escarificadores	5 - 8	70 - 85
Subsoladores	4 - 7	70 - 90
Enxadas rotativas	2 - 7	70 - 90
Semeadoras de sementes miúdas	4 - 8	65 - 80
Semeadoras de sementes graúdas (de precisão)		
Plantio direto	3 - 7	50 - 75
Plantio convencional	4 - 8	50 - 75
Cultivadores	3 - 5	70 - 90
Pulverizadores	5 - 8	60 - 75
Colhedora de arrasto	3 - 6	60 - 75
Colhedora combinada automotriz	3 - 6	65 - 80
Colhedora de forragem	4 - 7	50 - 75
Ceifadoras	6 - 9	75 - 85

Fonte: Pacheco, 2000.

Simões, Silva e Fenner (2011) utilizando um trator (140 cv), encontrou a eficiência de 61,35% (subsolador) valor abaixo quando comparado às estimativas acima citadas. Pereira (2010), observou que no seu trabalho o valor obtido de eficiência operacional foi de 51,93% na operação de subsolagem.

Alguns fatores justificam esses resultados, como: condições das máquinas, condições do solo (umidade, estrutura, compactação, ondulações), habilidade do operador, velocidade de deslocamento.

Coutinho (2018) ao analisar a eficiência do escarificador, conseguiu obter dois resultados diferentes: 79,80 e 94,55%, este resultado está atribuído ao espaçamento entre hastes, que foi 0,40 e 0,49 m, respectivamente.

4.6 Consumo horário e específico de combustível (Ch e Cesp)

Granja (2018) utilizando um trator New Holland (TL75E, 75 cv), com um escarificador acoplado, encontrou o valor de 12,54 L.h⁻¹ referente ao consumo horário de combustível a uma velocidade de deslocamento de 4,5 km.h⁻¹. Coelho (2011) utilizando um trator com mesma potência, obteve 14,58 L.h⁻¹ de Ch a uma velocidade de 2,45 km.h⁻¹. Valores que não foram tão discrepantes, que podem ser justificados pela velocidade de trabalho diferente, patinamento dos pneus e também pela lastragem dos pneus.

O consumo horário de combustível se refere a quantidade de combustível que é gasta por hora trabalhada, já o consumo específico é a quantidade de combustível necessária para gerar uma unidade de potência. Eles são afetados pela velocidade de deslocamento, marcha utilizada, condições do campo, patinamento dos rodados, lastragem dos pneus, massa e largura dos implementos agrícolas.

Monteiro (2008) analisando o desempenho do trator com diferentes lastragens, concluiu que para o lastro de 37,5% de água nos pneus radiais foram obtidos os menores valores de patinamento e consumo horário de combustível.

Oliveira (2018), analisando o consumo específico de combustível ao utilizar um escarificador, obteve 364,19 gkW.h⁻¹. Salvador, Mion e Benez (2009) analisando o mesmo parâmetro e com o mesmo implemento, obteve 415,1 gkW.h⁻¹. A diferença nos resultados para o Ch e Cesp pode ser atribuída tanto a velocidade quanto a patinamento dos rodados no solo.

O patinamento excessivo é um problema que afeta o desempenho dos tratores contribuindo para a diminuição da força de tração e o aumento no consumo de combustível.

4.7 Força de tração (Ft)

Coelho (2011) ao avaliar a força de tração, encontrou na semeadura o valor de 15,68 kN. Cortez *et al.* (2008) avaliaram o desempenho do trator agrícola e obteve o valor de 16,2 kN na semeadura. A força de tração é influenciada tanto pela velocidade de deslocamento quanto pela massa dos implementos agrícolas.

Coelho (2011) analisando o mesmo parâmetro, encontrou o valor de 21,58 kN para escarificador, esse valor mais alto pode ser explicado pela profundidade de trabalho que é maior para esse implemento.

4.8 Potência na barra (Pb)

Machado *et al.* (1996) analisando a potência na barra do implemento escarificador, obteve o valor de 22,28 kW, valor próximo ao que foi encontrado por Salvador, Mion, Benez (2009) ao analisar o mesmo parâmetro para escarificador e arado, obtendo o valor de 20,29 e 25,27 kW, respectivamente.

Coelho (2011) encontrou um valor bem abaixo para o implemento arado: 9,69 kW. A discrepância nos resultados obtidos para o implemento arado pode ser justificado pelo tipo de ponteira utilizada.

5 CONCLUSÃO

Observando os resultados obtidos dentro dos trabalhos analisados, podemos observar que algumas variáveis e fatores estavam diretamente relacionados ao resultado. Podendo citar a velocidade de trabalho, que tem papel relevante tanto nos parâmetros de desempenho operacional como energético.

As capacidades de campo operacional e efetiva foram influenciadas pelos diferentes equipamentos utilizados no preparo do solo, pois possuíam largura de corte e velocidades diferentes. O consumo horário e específico foram influenciados também pela velocidade de trabalho, pois com o aumento da velocidade há um aumento no patinamento dos rodados, assim como na força na barra de tração e potência na barra.

O consumo horário do combustível foi maior nos preparos que precisaram de mais operações, com isso, pode-se afirmar que no preparo convencional, há um gasto maior de combustível quando comparado com o preparo conservacionista.

A relevância do tema escolhido é explicada pela constante produção acadêmica na área, pois ao decorrer do tempo, novos implementos vão sendo construídos e se faz necessário realizar ensaios para analisar seus desempenhos. Sendo assim, as pautas debatidas neste trabalho podem servir de fonte de pesquisas para futuros profissionais da área.

REFERÊNCIAS

AGROPRO. Técnicas preparo do solo para plantio. in: AgroPro. **Agropro**. São Paulo, 22 jun. 2020. Disponível em: <http://blog.agropro.com.br/tecnicas-preparo-do-solo-para-plantio/>. Acesso em: 26 de fev. 2021.

AGROSOMAR. Conheça agora os principais sistemas de preparo do solo. in: Agrosomar. **Agrosomar**. São Paulo, 15 out. 2019. Disponível em: <https://blog.agrosomar.com.br/sistemas-de-preparo-do-solo/>. Acesso em: 28 de fev. 2021.

ASAE. Terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships. **Engineering Practice EP**, v. 291, n.1, p.229-241. 1982.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 207 p.

BARBOSA, L. P.; SIQUEIRA, W. C.; ABRAHAO, S. A.; CONCEIÇÃO, J. L.; OLIVEIRA, C. A. C. Desempenho operacional e análise de custo do conjunto mecanizado no preparo do solo para plantio florestal. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 746-763, 01 jun. 2015.

BAUDER, J.W.; RANDALL, G.W.; SWAN, J.B. Effect of four continuous tillage system on mechanical impedance of a clay loam soil. **Soil Science Society**. v.5, n.3, p.802-806, 1981.

BECKER, R. S.; ALONÇO, A. dos S.; FRANCETTO, T. R.; MACHADO, O. D. da C.; BELLÉ, M. P. **Ajuste de regulagens de grades**. 2014. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/ajuste-de-regulagens-de-grades>. Acesso em: 29 fev. 2021.

BOLLER, W. Cuidados com o solo. in: Revista Cultivar. **Revista Cultivar**. Pelotas, 31 out. 2001. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/cuidados-com-o-solo>. Acesso em: 26 de fev. 2021.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Potafós, 1997.

CAMPOS, A. A. **Desempenho operacional e análise de custo da implantação florestal mecanizada de eucalipto**. 2013. 65f. Mestrado (Dissertação). Universidade Federal De Viçosa, Minas Gerais, 2013.

CANABAL, R. **Plantio direto**: a experiência da ICI, pioneira no sistema. *Agropecuária*, São Paulo, 2(19):27-30, 1980.

COELHO, H. **Demanda Energética De Conjuntos Mecanizados Em Diferentes Sistemas De Manejo Do Solo Para A Cultura Do Milho**. 2011. 112 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

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

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. **Efeito residual do preparo do solo e velocidade de deslocamento na operação de semeadura da *Crotalaria juncea*.** Scientia Agraria, Curitiba, v.9, n.3, p.357-362, 2008.

COUTINHO, F. H. M.. **Desempenho operacional do conjunto mecanizado trator implemento na operação de escarificação.** 2018. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

FARIAS, M. S.; SCHLOSSER, J. F.; MARTINI, A. T.; BERTOLLO, G. M.; ALVEZ, J. V. Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante operação de gradagem. **Tecno-Lógica**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 213, 31 jul. 2018.

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

FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B.. **Trator Agrícola:** características e fundamentos para sua seleção. Planaltina: Embrapa, 1990. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/548601/1/doc31.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

FURTADO JÚNIOR, M. R.; FERNANDES, H. C; SILVA, A. C.; LEITE, D. M. Avaliação de desempenho operacional de tratores agrícolas. in: Revista Cultivar. **Revista Cultivar.** Pelotas, 31 out. 2001. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/cuidados-com-o-solo>. Acesso em: 26 de fev. 2021.

GADANHA JÚNIOR, C. D.; MOLIN, J. P.; COELHO, J. L. D.; YAHN, C. H.; TOMIMORI, S. M. A. W. **Máquinas e implementos agrícolas do brasil.** [S.l: s.n.], 1991.

GEOAGRI. A importância do preparo do solo para o plantio. in: GeoAgri. **GeoAgri.** Ribeirão Preto, 02 de abr. 2020. Disponível em: <https://www.geoagri.com.br/blog/agricultura-de-precisao/a-importancia-do-preparo-do-solo-para-o-plantio>. Acesso em: 26 de fev. 2021.

GRANJA, G. P. **Demanda energética de diferentes conjuntos mecanizados para implantação de modelos de recuperação de áreas degradadas.** 2018. 74 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro/BA, 2018.

GROTTA, D. C. C.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; REIS, G. N.; CORTEZ, J. W. Biodiesel etílico filtrado de óleo residual de soja: desempenho de um trator agrícola na operação de gradagem. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 135-138, 20 out. 2008.

- MACHADO, R. L.T.; TURATTI, A. L.; REIS, A. V.; ALONÇO, A. S. Avaliação do desempenho de escarificador em planossolo. **Rev. Bras. de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 3, p. 151-154, dez. 1996.
- MARTUCCI, F.C. **Escarificador no preparo do solo**. A Granja, Porto Alegre, v.16, n.6, p.44- 46, 1985.
- MASIERO, F.C. **Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4X2 TDA)**. 2010. 79f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- MCGREGOR, K.C.; GREER, J.D.; GURBEY, G. E. Erosion control with no-till cropping practices. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, 18(5):918-20, 1975.
- MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaio & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 722p. 1996.
- MILEUSNIC, Z. I.; PETROVIC, D. V.; DEVIC, M.S. Comparison of tillage systems according to fuel consumption. **Energy**, v. 35, n. 1, p. 221-228, 2010.
- MIRANDA, N. O. **Alterações físicas nos solos Podzólico Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro submetido a diferentes condições de preparo reduzido**. 1986. 64f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1986.
- MODOLO, A.J. **Demanda energética de uma semeadora-adubadora com diferentes unidades de semeadura**. 2003. 78p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2003.
- MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M. G. T.; CASTRO, C. N. D.; GIMENEZ, L. M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n 3, p. 759-767, set./dez, 2006.
- 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. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- MONTEIRO, L. A. **Ensaio de Tratores**. Botucatu: FCA - UNESP, 2016. Color. Disponível em:
http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/apresenta/ensaio%20de%20tratores%20agricolas.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.
- MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. Fortaleza: Imprensa Universitária da UFC, 2013. 124 p.
- OLIVEIRA, J. L. P. **Desempenho energético de um trator 4x2 tda em operação de escarificação em função da marcha de trabalho, tipo de ponteira e espaçamento entre hastes**. 2018. 63 f. Monografia (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PACHECO, E.P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000.

PEREIRA, D. N. **Análise técnica e de custos de povoamento de eucalipto sob preparo manual e mecanizado do solo em área declivosa no sul do Espírito Santo**. 2010. 112 f. Mestrado (Dissertação) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

RIPOLI, Tomaz Caetano Cannavam; RIPOLI, Marco Lorenzo Cunali; MOLINA JÚNIOR, Walter Francisco. **Máquinas agrícolas: noções básicas**. [S.l: s.n.], 2010.

SALVADOR, N.; MION, R.L.; BENEZ, S.H. Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico realizados antes e depois da operação de subsolagem. **Ciência Agrotécnica**, Lavras-MG, v.33, n.03, p.870-874, 2009.

SANTIAGO, A; ROSSETTO, R. Preparo convencional. in: Embrapa Informática Agropecuária. **Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica**. Brasília, 22 dez. 2006. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_84_22122006154841.html. Acesso em: 26 de fev. 2021.

SILVEIRA, G. M. **O Preparo do Solo: Implementos Corretos**. Rio de Janeiro: Globo, 1988.

SIMÕES, D.; SILVA, M. R.; FENNER, P. T. Desempenho operacional e custos da operação de subsolagem em área de implantação de eucalipto. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 5, n. 27, p. 692-700, set/out. 2011.

VOLTARELLI, C. S. S. P. Preparo do solo: a operação fundamental que antecede seu plantio. in: Revista Canavieiros. **Revista Canavieiros**. Sertãozinho, 21 maio 2020. Disponível em: <https://www.revistacanavieiros.com.br/preparodosolo>. Acesso em: 26 de fev. 2021.