

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS  
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE  
DIFERENTES OPERAÇÕES PARA PREPARO DE  
SOLO NO MUNICÍPIO DE SINOP-MT**

**ALINE CRISTINA MARTINS RAMOS**

**SINOP  
MATO GROSSO - BRASIL  
2023**

**ALINE CRISTINA MARTINS RAMOS**

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE DIFERENTES  
OPERAÇÕES PARA PREPARO DE SOLO NO MUNICÍPIO DE SINOP-MT**

Orientador: Prof. Dr. Diego A. Fiorese

Trabalho de Curso apresentado à Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT - *Campus* Universitário de Sinop como parte das exigências para obtenção do Título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

**SINOP  
2023**

R175d RAMOS, Aline Cristina Martins.  
DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE  
DIFERENTES OPERAÇÕES PARA PREPARO DE SOLO  
NO MUNICÍPIO DE SINOP-MT [recurso eletrônico] / Aline  
Cristina Martins RAMOS. -- Dados eletrônicos (1 arquivo :  
51 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Diego Augusto Fiorese.  
TCC (graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental)  
- Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de  
Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2023.

Modo de acesso: World Wide Web:  
<https://bdm.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**  
**COMISSÃO DE TRABALHO DE CURSO**



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO**

**TÍTULO DO TRABALHO: DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO  
DE DIFERENTES OPERAÇÕES PARA PREPARO DE SOLO NO MUNICÍPIO  
DE SINOP-MT**

**ACADÊMICO(A): ALINE CRISTINA MARTINS RAMOS**

**ORIENTADOR(A): PROF. DR. DIEGO AUGUSTO FIORESE**

**APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:**

Dr. Diego Augusto Fiorese - Presidente da Banca

Dr. André R. K. Bender - Membro

Dr. Tiago Rodrigo Francetto - Membro

---

Dr. Diego Augusto Fiorese  
Presidente da Banca

DATA DA DEFESA: 28 de setembro de 2023.

*Dedico este trabalho a Deus em primeiro lugar e aos meus filhos: Hamunyari Dhaianna e Ian Pierry que estiveram ao meu lado, incondicionalmente durante todo este processo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a minha família, em primeiro lugar, por todo amor, carinho e apoio durante todo o processo para chegar até este momento.

Quero registrar também um agradecimento especial ao meu professor e orientador Dr. Diego Augusto Fiorese, por estar comigo desde os primeiros passos desta graduação, por toda atenção, paciência – Nos altos e baixos deste caminho –, e por todas as oportunidades de aprendizado fornecidas até aqui.

Aos demais professores que contribuíram para realização deste trabalho, aos membros da banca, nas pessoas do Prof. Dr. André R. K. Bender e Prof. Dr. Tiago Rodrigo Francetto; pelas contribuições que certamente contribuíram e enriqueceram esta versão final.

Amigos e colegas que contribuíram de uma ou outra forma para realização desta pesquisa.

Por fim, a todas as pessoas que fizeram parte desta etapa decisiva da minha vida.

Minha mais sincera gratidão.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	10
2. OBJETIVOS .....	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
3.1 A importância do preparo de solo.....	14
3.2 Maneiras típicas de mobilização do solo.....	15
3.3 Equipamentos para preparo do solo utilizados no Brasil .....	16
3.3.1 Arado de aivecas .....	17
3.3.2 Arado de discos .....	18
3.3.3 Grade de discos intermediária.....	18
3.3.4 Grade niveladora .....	19
3.3.5 Subsolador e escarificador .....	20
3.3.6 Outros equipamentos utilizados no preparo do solo .....	20
3.3.6.1 Enxada rotativa.....	20
3.3.6.2 Sulcadores.....	21
3.3.6.3 Grade pesada .....	22
3.3.6.4 Corrente de facas .....	23
3.3.6.5 Terraceadores .....	24
3.3.6.6 Cortadores .....	25
3.3.6.7 Cultivador mecânico .....	26
3.4 Ensaio de máquinas agrícolas.....	27
3.5 Demanda energética e de tração .....	29
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
6. CONCLUSÃO .....	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48

## RESUMO

O trabalho objetivou avaliar o desempenho de um trator agrícola de 77,2 kW (105 cv) com seis equipamentos de preparo do solo, sendo: grades de discos 14x28, 16x30 e niveladora 28x20, subsolador de 5 hastes (realizando operação de escarificação), arado de 4 discos e arado com 3 aivecas. O estudo foi conduzido em um solo argiloso no *Campus* da UFMT Sinop/MT, junto ao Laboratório de Agricultura de Precisão e Mecanização Agrícola (LAPMec). Utilizou-se do esquema de faixas com 3 repetições para diferentes marchas e rotações de trabalho, onde foi avaliado diversos parâmetros, sendo a demanda de tração, a capacidade operacional e o consumo de combustível, os principais. Desempenhos inferiores foram obtidos com os arados, resultados que interferiram diretamente no maior consumo de combustível que variaram de 15,5 a 22,5 L ha<sup>-1</sup>. A capacidade operacional média com grade niveladora, grade 14x28, grade 16x30 e subsolador (escarificando), foi respectivamente de 1,18; 0,80; 1,10; e 0,79 ha h<sup>-1</sup>, com consumos médios de 7,0; 13,3; 10,8 e 15 L ha<sup>-1</sup>. Na maioria das operações, nas machas de maior velocidade observou-se economia de combustível, sendo que esta redução também foi observada onde utilizou-se menor rotação do motor. Ao se comparar todos os preparos realizados, recomenda-se utilizar preparo do solo com equipamentos de hastes, considerando boa efetividade na descompactação do solo sem excesso de gasto energético na operação até 30 cm de profundidade e ainda com maior conservação do solo e da água devido a manutenção de palhada na superfície.

**Palavras-chave:** consumo de combustível, mobilização do solo, capacidade operacional, descompactação.

## ABSTRACT

The work aimed to evaluate the performance of a 77.2 kW (105 hp) agricultural tractor with six soil preparation implements, namely: 14x28, 16x30 disc harrows and 28x20 leveler, a 5 tine subsoiler (performing scarification operation), a 4-disc plow, and a 3-share plow. The study was conducted in clayey soil on the UFMT Sinop/MT *Campus*, next to the Laboratory of Precision Agriculture and Agricultural Mechanization (LAPMec). A strip scheme with 3 repetitions was used for different gears and engine speeds, where several parameters were evaluated, with traction demand, operational capacity and fuel consumption being the main ones. Inferior performance was obtained with plows, results that directly interfered with greater fuel consumption that ranged from 15.5 to 22.5 L ha<sup>-1</sup>. The average operational capacity with leveling harrow, 14x28 harrow, 16x30 harrow and subsoiler (scarifying) was respectively; 1.18; 0.80; 1.10; and 0.79 ha h<sup>-1</sup>, with average consumption of 7.0; 13.3; 10.8 and 15 L ha<sup>-1</sup>. In most operations, fuel savings were observed in higher speed axes, and this reduction was also observed where lower engine speeds were used. When comparing all the preparations carried out, it is recommended to use soil preparation with rod equipment, considering good effectiveness in decompacting the soil without excess energy expenditure in the operation up to 30 cm deep and even with greater soil and water conservation due to maintaining straw on the surface.

**Keywords:** fuel consumption, soil mobilization, operational capacity, soil decompaction.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido com vistas a agregar dados experimentais no que tange a operação e manipulação de máquinas e implementos para o preparo de solo. Objetivamente considerando para análise, as particularidades do solo e clima nas regiões do Norte e Médio-Norte do estado do Mato Grosso. Permitindo posteriormente, que os dados coletados e avaliados, auxiliem no processo de tomada de decisão dos profissionais que lidam com este setor da área agrícola.

Sendo uma das mais relevantes práticas agrícolas na implantação de lavouras, o preparo do solo desempenha papel de fundamental importância para o sucesso do processo plantio/safra, pois essa prática influencia diretamente na qualidade estrutural do solo (HAMZA; ANDERSON, 2005). De igual relevância, é o conhecimento não só de quais técnicas e como os devidos maquinários serão utilizados na prática do pré-plantio e operações conservacionistas na agricultura; assim como dos meios mais econômicos e produtivos para executar tal fim (COLLARES *et al.*, 2008), resultando em uma temática que envolve certa complexidade e, portanto, conhecimento especializado.

Com o advento cada vez mais intensivo das novas tecnologias agrícolas, é cada vez maior a quantidade de aparatos tecnológicos e informações emergentes para aqueles que executam atividades diretamente relacionadas à agricultura (INAMASU *et al.*, EMBRAPA 2011). Com destaque para o estado de Mato Grosso onde a disponibilidade de dados científicos que forneçam respaldo e sirvam de amparo para execução de ensaios e trabalhos relacionados, especificamente, ao solo/clima da região do Médio-Norte não são tão abundantes (INAMASU *et al.*, 2019, p.28-86). Considerando, que há ainda, um grande volume de informações básicas, ainda não obtidas para as condições deste estado, no que diz respeito a dados relacionados a demanda de tração e energética para os diferentes equipamentos de preparo de solo.

No meio agrícola, há a necessidade de realização de inúmeras operações de campo visando principalmente a produção vegetal. Dentre estas, é prática comum a realização de preparos periódicos do solo, mesmo que após vários anos. Para Gassen *et al.* (2014), o aumento do tráfego de máquinas agrícolas de maior porte, agrava a compactação do solo, afetando a produtividade das culturas. Com a finalidade de solucionar este problema tem-se realizado a escarificação, contudo, esta operação apresenta elevada demanda de tração. Em complemento aos autores anteriormente citados, observa-se ainda que se pode utilizar o subsolador, o qual trabalha em profundidade maiores (acima de 0,3 m) e requer ainda mais esforço de tração.

Para intenções de incorporação de corretivos e fertilizantes, nivelamento do solo ou outros tratamentos agrícolas que necessitam o total revolvimento do perfil do solo em profundidade

na qual se atuam os equipamentos, comumente utiliza-se de grades de discos. Estas possuem muitas variações de tamanho, diferenciando entre outras características, no diâmetro, no número de discos, espaçamento entre discos e massa por disco.

Segundo Mialhe (1996), o processo de experimentação da maquinaria de preparo de solo, é de fundamental importância para aquisição de dados que possam responder a questões práticas. Este processo envolve diversas variáveis tais como, condição e tipo de solo, velocidade da operação, intensidade da operação do corpo ativo no solo; que conferem características específicas a cada operação a ser avaliada. Descreve ainda que, "A ação dos órgãos ativos das máquinas de preparo periódico do solo caracteriza-se pela aplicação orientada de forças neste substrato, sob diferentes condições edafoclimáticas

Embasados nesse contexto, pode-se avaliar a real necessidade e importância do desenvolvimento deste tipo de estudo em um estado com produção agrícola massiva, como o de Mato Grosso – sendo um dos principais exportadores de grãos do mundo – com clima e demais características específicas e que apresenta ainda nos dias atuais, carência de mais estudos a respeito das práticas de preparo do solo; especificamente para suas particularidades regionais.

Dessa maneira se considerarmos que cada tipo de solo em conjunto com a cultura a ser implantada em cada região, demandam processos particulares de preparação desse substrato (WHITE; ROBERT E. 2009). Podemos relacionar a fundamental importância de estudos e classificação para melhor utilização dos maquinários e implementos disponíveis, em cada processo agrônomo. Tais ações são realizadas com o fim de que sejam alcançados os melhores resultados com os menores custos possíveis, já que o bom desempenho desse procedimento influenciará todo processo posterior.

Consideremos ainda, de acordo com Cordeiro (2000), que "a avaliação direta do desempenho de tratores em condições de campo é obtida através da instrumentação e monitoramento dos tratores, permitindo a determinação de fatores diretamente relacionados com a eficiência de trabalho do trator no preparo do solo". O bom desempenho e a periodicidade de manutenção dos maquinários, dependem não só do fator tecnológico como também do fator humano, para que conjunto máquina/implemento tenha um bom desempenho no campo. Podendo este último, influenciar também no consumo energético e nas cargas exercidas na execução das atividades, assim como o rendimento das mesmas.

O estudo proposto neste trabalho vem de encontro com a perspectiva de agregar e realizar comparativos, através da execução dos experimentos de campo. Fornecendo assim dados precisos para a tomada de decisão. Levando-se em conta parâmetros como avaliações de eficiência e demanda energética para os diferentes equipamentos de preparo de solo, em superfícies distintas encontradas no estado do Mato Grosso. Serão realizadas análises específicas de ordem quantitativa e qualitativa, objetivando obter e difundir os dados

científicos para a região Norte e Médio Norte do estado do Mato Grosso, que apresentam ainda nos dias atuais carência dessas informações.

O objetivo deste trabalho foi de realizar ensaios de campo com diferentes tipos de máquinas e implementos para o preparo de solo em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico; visando a identificação da demanda de tração e energética (consumo de combustível) com os implementos: arado de aivecas, arado de discos, grades de discos 14x28, 16x30 e niveladora 28x20 e subsolador. Objetivou-se, ainda a formulação de recomendações de uso para cada um dos tipos de trabalho, visando a otimização das operações de preparo e manutenção de solo agrícola.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Realizar experimento de campo para obtenção de dados relacionados ao desempenho e a demanda energética de diferentes operações de preparo de solo com foco em parâmetros que permitam tomadas de decisão.

### **2.2 Objetivos específicos**

Realizar experimento de campo com 3 tipos de grades, sendo: grade niveladora com discos de 20 polegadas, e duas grades intermediárias com discos de 28 e 30 polegadas;

Realizar experimento de campo com arado de discos de 28" e arado de aivecas;

Realizar experimento de campo com subsolador de 5 hastes, o qual executou a operação de escarificação devido ao limite de até 30 cm de profundidade;

Formular recomendações de uso para cada um dos tipos de trabalho, visando a otimização das operações;

Identificar operações mais econômicas em relação ao consumo de combustível;

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A importância do preparo de solo

Uma das formas mais abrangentes de se entender o conceito de manejo no preparo do solo, pode ser descrito como um conjunto de operações de mobilização mecânica, com objetivo de alterar as propriedades físicas e químicas nas camadas superficiais (camada arável); objetivando a melhoria e otimização do processo produtivo agrícola. Essa definição vem de encontro com White (2009), que em seu trabalho descreve o manejo do solo como prática especificamente voltada a atividades agrícolas. Descrevendo-a não apenas como processo de mecanização, mas tratando de um sistema completo que envolve diversas práticas de melhoria das características e conservação do solo. Conceitua ainda como objetivos principais do procedimento de preparo do solo, a aeração adequada para as raízes, disponibilidade de água, facilidade de penetração das raízes e germinação rápida e uniforme das sementes.

Com a intensificação dos Sistemas de Plantio Direto (SPD), as atividades de manejo e revolvimento do solo, no preparo, para o plantio de lavouras, tem se tornado menos frequente que a alguns anos atrás. Contudo, de tempos em tempos se faz necessário a manutenção das camadas superiores do solo devido a compactação causada na superfície, pelo caminhamento dos maquinários necessários a execução do plantio/colheita (BEUTLER *et al.*, 2001; TAVARES FILHO *et al.*, 2001). Na mesma linha de discussão, Silva *et al.* (2002) confirma que, essas operações continuadas acabam comprometendo o bom desenvolvimento das raízes e a infiltração de água no solo. Fatores que acabam por interferir consideravelmente na produtividade das culturas.

Os procedimentos de preparo de solo se fazem necessários mesmo em SPD; no processo de manutenção das culturas. Nessa mesma linha de pensamento Balastreire (2005), classificou o manejo do solo, subdividindo em dois sistemas distintos: preparo inicial do solo e preparo periódico do solo; sendo este segundo de suma importância para manutenção de área agrícolas. Tais operações quando realizadas de forma adequada, são essenciais ainda no sentido de prevenir várias problemáticas, conseqüentes do uso extensivo, do solo tais como: germinação desigual das sementes, crescimento desordenado de plantas – Fator que propicia maior infestação de ervas daninhas, dificultando assim os tratos a lavoura – e baixa produtividade.

Mais além, temos ainda as operações com implementos que se fazem necessárias para realização do nivelamento do solo; quando este apresenta desuniformidade em decorrência do deslocamento de porções superficiais, por conseqüência de ações climáticas,

como chuva ou o vento (COMETTI; NILTON NÉLIO, 2012). Há que se considerar também ações de correção de nutrientes do solo, que se recomenda serem constantes, devido ao desgaste do solo causado pela aplicação prolongada de monoculturas. Especificamente na região do norte e médio norte do estado de Mato Grosso, em que a produção agrícola gira em torno do ciclo milho/soja.

### **3.2 Maneiras típicas de mobilização do solo**

Trabalhos de mobilização periódicas também chamados de preparo periódico do solo são desenvolvidos com vistas a alcançar as condições físicas ideais para a implantação e o bom desenvolvimento radicular das culturas. Estes também podem ter o propósito de alterar quimicamente o substrato, quando da incorporação de nutrientes e fertilizantes, com a finalidade de oferecer a população de plantas, melhores condições para o seu desenvolvimento quando o solo apresenta algum nível de desgaste ou deficiência mineral.

De acordo com Mialhe (1996), não há o preparo que se possa considerar ideal ou preferível em linhas gerais; antes, a análise a ser realizada deve ser através da mobilização resultante, nas condições específicas do terreno e aquela que se considera desejável neste solo. Esclarece ainda que a definição de parâmetros só pode ser estabelecida por meio de ensaios que necessariamente levem em conta a interação dos órgãos ativos com o meio operatório. Na mesma linha de raciocínio, White (2009) descreve que o correto manejo precedido de estudo e planejamento, visa atender as necessidades específicas de cada tipo de solo e cultura; evitando assim operações, custos desnecessários e o consequente desgaste e aceleração do processo de erosão do solo.

Em se tratando dos processos de mobilização do solo, podemos descrever dois efeitos principais que se buscam, objetivando tal fim: o rompimento da massa continua em blocos/agregados e a quebra desses blocos em menores dimensões (MIALHE, 1996). Para se alcançar o rompimento e a quebra superficial e subsuperficial do solo, distinguem-se quatro formas típicas de mobilização:

- Inversão de camadas
- Deslocamento Lateral-Horizontal;
- Desagregação subsuperficial;
- Revolvimento rotativo.

A inversão de camadas é o processo resultante da operação com arado, seja de disco ou de aivecas. Consiste no levante e tombamento das camadas superficiais do solo em um certo grau de inclinação, formando sulcos e as denominadas leivas. Essa operação faz com que uma porção lateral do solo seja exposta, descompactando e promovendo a aeração deste substrato. A variabilidade dos resultados desse tipo de mobilização estará relacionada a

interação do equipamento com o substrato, velocidade da operação, regulagens de inclinação e ângulo de ataque, e das características do órgão ativo (YAMASHITA, 2010).

No caso da mobilização do solo por deslocamento lateral-horizontal, como o próprio nome sugere, este ocorre tipicamente do preparo com grades. No deslocamento do órgão ativo é provocada a movimentação da massa do solo em contato direto com o equipamento. De acordo com MIALHE (1996) a quebra dos torrões ocorre por impacto, no caso da grade de dentes, a quebra ocorre por ação combinada de corte e impacto no caso da grade de discos. Cometti (2012), classifica operações de gradagem como sendo mais delicado do que a mobilização provocada pela aração, sendo este mais indicado para terrenos com solos mais soltos ou mais suscetíveis a erosão.

A desagregação subsuperficial é resultante as operações de escarificação e subsolagem, variando em profundidade conforme o equipamento utilizado. A movimentação ocorre de baixo para cima lançando a porção do solo a frente e lateralmente, devido ao deslocamento das hastes que podem chegar até 1 m de profundidade. Segundo MIALHE (1996), esta operação tem a capacidade de romper a camada compactada do solo na subsuperfície, melhorando a aeração do solo e a profundidade efetiva do sistema radicular.

O revolvimento rotativo, também conhecido por operação de rotavação, trata-se da mobilização superficial do solo através do movimento de rotação de facas ou pás acionadas por meio da Tomada de potência (TDP) dos tratores. De acordo com Machado et al. (1995) Ao combinarem a movimentação de translação das pás com o movimento de rotação causado pelo deslocamento da máquina, pequenas porções do solo são cortadas e lançadas para trás. A quantidade a ser lançada e o tamanho final dos torrões dependerão das variáveis velocidade de operação e velocidade de rotação das facas.

### **3.3 Equipamentos para preparo do solo utilizados no Brasil**

A utilização de implementos agrícolas de forma mecanizada para o tratamento das camadas superficiais do solo, buscam alcançar a melhora significativa da produtividade e qualidade da lavoura. Sendo que os resultados estão relacionados aos objetivos e boa execução de cada operação (FERNANDES *et al.*, 2014). Entende-se como Implemento, o equipamento agrícola constituído por um conjunto de órgãos ativos que não apresentam movimento relativo, nem tem capacidade para transformar energia (FONSECA 1990). Também podemos definir implementos agrícolas, como o equipamento mecânico que, acoplado a um trator, a um animal, ou mesmo de uso manual; desempenha trabalhos que otimizam a agricultura. Sua escolha deve ser assertiva e relacionada ao resultado que se espera para cada operação.

### 3.3.1 Arado de aivecas

Arado é o implemento cuja funcionalidade é lavrar os campos, revolvendo a terra com o objetivo de descompactá-la nas camadas superficiais, viabilizando um melhor desenvolvimento as raízes das plantas. O arado de aivecas consiste lâminas que entram no solo verticalmente. De forma simultânea as lâminas se movem, cortam, levantam, reviram e arejam o solo na camada denominada leiva, realizando a inversão da mesma (COMETTI, 2012). Caso algum fertilizante sólido seja adicionado ao campo antes de ele ser lavrado, o arado de aivecas irá incorporar o fertilizante ao solo. O arado de aivecas também é preferencialmente usado em solos mais duros por se manter mais estável neste tipo de substrato

Atualmente o arado é pouco usado na produção de grãos, todavia há algumas situações para construção do perfil do solo em que este é utilizado. Amplamente empregado na cultura do algodão de tempos em tempos para incorporação de matéria orgânica e combate a presença de ervas daninhas (SARAIVA *et al.*, 2003). O arado de aivecas é considerado por muitos como melhor implemento de preparo para determinados tipos de solo, devido a sua maior capacidade de tombamento das leivas em graus, quando comparado ao arado de grades.

Sua faixa de trabalho costuma ser menor que a dos demais equipamentos de preparo de solo; contendo de uma a quatro aivecas – Devido à grande exigência trativa –. Em geral operam de 20 a 40 cm de profundidade (EMBRAPA, 2021). Existem diversos tipos de aivecas no mercado com uso específico para cada tipo e condição de solo, mas seu uso no Brasil pé pouco explorado, sendo mais comumente encontrado modelos de uso geral. Porém a aração por arado de aivecas também pode ser uma operação muito agressiva, devendo ser bem avaliada para implementação, uma vez observada sua grande capacidade para desagregar e romper a estrutura do solo.

O arado de aivecas é ainda muito utilizado com a finalidade de enterrio de grandes porções de restos de cultivo, promovendo melhor ambientação destes para formação humus, a fim de acelerar o processo de decomposição que contribui grandemente para formação da matéria orgânica do solo. Existindo, inclusive variações dos tipos de aivecas conforme as características do solo e do trabalho desejado (BALASTREIRE, 2005). A mobilização com arado de aivecas tende a exigir maior força tratoria para a máquina em uma mesma largura de trabalho devido aos esforços solicitados pelo implemento, sobretudo para arados reversíveis devido ao seu maior peso. Contudo arados de aivecas geralmente tendem a serem mais leves do que arados de discos.

### 3.3.2 Arado de discos

Por se de utilização mais versátil quando comparado ao arado de aivecas, o arado de discos difundiu-se com mais intensidade nos estados brasileiros e tem sido utilizado em larga escala ainda nos dias atuais. Muito embora seu uso venha se reduzindo com o passar dos anos. Apesar de promover uma maior pulverização do solo, o arado de discos aceita mais facilmente o trabalho em solos acidentados e com restos vegetais (BALASTREIRE, 2005). Sua composição em discos o torna ainda mais resistente ao impacto de tocos e raízes, aceitando uma maior variedade de regulagens. Seu formato em discos também faz com que este embuche menos ao passar em terrenos com restos vegetais mais espessos ou que ainda não estão totalmente secos.

A ação do arado de discos ao revirar o solo é menos intensa e mais irregular do que a do arado de aivecas. Também não realiza a incorporação de resíduos vegetais com a mesma qualidade, devido ao seu menor poder de tombamento. Porém é de mais fácil operação, permite maior largura de corte por elemento ativo; sendo estes alguns dos fatores que contribuíram para sua popularização no interior do Brasil (COMETTI, 2012).

A grande versatilidade deste equipamento permite maior diversificação do seu uso, em operações variadas como: construção de perfil do solo, abertura de estradas, reformas de curvas de nível. No cultivo de algodão é utilizado ainda para o arranque de soqueiras, evitando assim a difusão de pragas e doenças específicos deste cultivo (MEDEIROS et al., 2002). Devido a isso o Arado de discos é largamente empregado em escala global, sendo um dos implementos mais aperfeiçoados por engenheiros, técnicos e fabricantes de maquinários agrícolas (VILACHÁ, 2019).

### 3.3.3 Grade de discos intermediária

Nos últimos anos o uso da grade como implemento de preparo de solo vem se intensificando, principalmente em grandes propriedades, em substituição ao arado de discos. Por causar um menor revolvimento das camadas do solo e conseguir executar um trabalho semelhante ao arado – Para grades intermediárias e pesadas–, conseguindo uma maior largura de trabalho por passada e com uma maior economia de combustível (COMETTI, 2012). Mas o uso da grade também se faz necessário após o uso do arado, pois é a grade que tem o papel de destorroar e uniformizar o solo, deixando-o nivelado para a passagem da plantadora/semeadora, facilitando os demais tratos culturais mecanizados.

Entre os usos e vantagens da grade intermediária estão: Menor desestruturação da camada superficial do solo, enterrio parcial de resíduos vegetais e sementes miúdas

semeadas a lanço, combate a ervas daninhas resistentes a herbicidas, incorporação de fertilizantes e defensivos (BALASTREIRE, 2005). A grade intermediária também é utilizada em muitas ocasiões para nivelar o solo em áreas com terrenos acidentados ou com buracos e morros; onde a grade niveladora, devido aos seu menor peso não consegue passar, tendendo a flutuar em solos mais soltos e/ou arenosos. A grade intermediária é utilizada ainda para construção de aceiros em pastagens com o objetivo de evitar incêndios.

Ainda de acordo com Balastreire (2005), atualmente existe uma grande variedade de tipos de grade, sendo classificadas conforme o elemento ativo – Dentes ou disco –, a forma de acoplamento – Arrasto ou montadas –, e ao tipo de trabalho que realizam. Quanto a estrutura e disposição das seções as grades podem ser classificadas em três tipos: simples ação, dupla ação e excêntricas, também conhecidas como *off-set*.

### 3.3.4 Grade niveladora

De acordo com Mialhe (1996) a grade niveladora é comumente utilizada para o preparo secundário do solo ou quando se deseja movimentar porções mínimas deste substrato, em cultivos de operação mínima e manutenção em SPD. Comumente utilizada após a passagem do arado ou grade pesada, com o objetivo de eliminar os sulcos e diminuir o tamanho dos torrões deixados por equipamentos de preparo mais intenso do solo.

Este equipamento deixa a superfície mais uniforme, para a passagem das máquinas de plantio, que necessitam de um solo mais nivelado para uma melhor distribuição das sementes e conseqüentemente um *stand* cultural mais uniforme (BALASTREIRE, 2005). É a grade niveladora que diminui os vazios e capilares do solo deixados pela passagem do arado ou grade com o objetivo de impedir que o solo perca umidade e aumentando a superfície de contato do solo com a semente. Garantindo assim melhores condições para germinação do grão.

Classificadas como instrumentos de tipo ultraleve e leve, seus discos podem chegar a pesar até 60kg. Os modelos mais comuns de grades niveladoras possuem de 26 a 48 discos, com espaçamento entre discos que variam entre 17 e 24 cm, podendo estes ter borda lisa ou recortada e diâmetro de 18 a 24 polegadas (SILVA, R. C, DA, 2014). Este é o tipo mais comum de grade, principalmente em pequenas propriedades. Podendo também ser usada no auxílio para incorporação de fertilizantes e defensivos agrícolas, eliminação de ervas daninhas recém germinadas, limpeza e construção de aceiros ou revolvimento superficial da camada exposta do solo. Este tipo de grade também pode ser utilizado antes de aração para cortar restos resultantes de culturas perenes.

### **3.3.5 Subsolador e escarificador**

Os subsoladores e escarificadores tem a ação e trabalho mais característico dentre os implementos de preparo de solo. Seu uso é para áreas que apresentam compactação das camadas subsuperficiais, cortando o solo com hastes verticais e assim facilitando o desenvolvimento dos sistemas radiculares e aumentando significativamente a capacidade do solo de reter água (COMETTI, 2012). O que diferenciam entre o subsolador e o escarificador é a profundidade da operação. Enquanto os subsoladores podem descompactar o solo a uma profundidade de 0,8 m. Escarificadores operam de forma semelhante a uma profundidade de até 0.3 m

Diferente do arado e da grade, o subsolador não tem a capacidade de eliminar ervas-daninhas nem realizar incorporação de forma direta e efetiva. Porém a aplicação da sua operação pode contribuir para a diminuição de pragas do solo como o percevejo castanho das raízes. Atualmente a maioria dos modelos já vem equipados com discos de corte na parte dianteira e um conjunto de rolos destorroadores na parte posterior, o que permite seu uso em áreas de plantio SPD ou em regiões que possuem palhadas ou densa camada de resíduo vegetal (SILVA, D. M A., 2018). E apesar de seu uso requerer maior capacidade de potência tratoria por trabalhar em profundidade, sua operação pode ser realizada de forma mais rápida e seus resultados são igualmente específicos, proporcionando a descompactação do solo.

### **3.3.6 Outros equipamentos utilizados no preparo do solo**

Existem ainda, algumas outras máquinas/equipamentos que são utilizadas para preparo específico ou alternativos do solo. Estes por sua vez são menos comuns, mas requisitados quando o solo a ser trabalhado apresenta condições particulares ou precisa ser adaptado para o cultivo. Tais particularidades podem variar conforme o tipo de solo, região e cultura a ser implementada. São alguns deles, enxada rotativa, sulcadores, grade pesada, correntes de facas, terraceadores, cortadores/arrancadores para soqueira de algodão e o cultivador mecânico.

#### **3.3.6.1 Enxada rotativa**

A enxada rotativa também conhecida como instrumento de rotavação (COMETTI, 2012). Possuem pequenas facas em formato discoidal, ligadas a um rotor por um eixo horizontal. Possui um rotor que é acionado pela TDP do trator, cuja velocidade pode ser regulada pelo operador. Esta máquina é muito utilizada para capina do solo e revolvimento superficial. Mais popularizada no cultivo de arroz irrigado e em horticulturas. Neste último pode

ser operada com o auxílio de um encanteirador, que realiza demarcação dos canteiros a serem semeados.



Figura 1. Enxada rotativa equipada com encanteirador executando trabalho de campo. Fonte: Volmaq.

### 3.3.6.2 Sulcadores

Os sulcadores, são equipamentos utilizados para abrir sulcos/valas no solo, como o próprio nome sugere; podendo ser para plantio, irrigação, drenagem, controle de erosão, definição de curvas de nível e divisão de talhões. Seu uso, que pode ser acompanhado de sistema de distribuição de fertilizantes ou calcário – Em um instrumento mais completo –, é muito comum em plantações de tubérculos, cana-de-açúcar e café (SILVA, J.G., 2004); reduzindo assim o número de passadas e aumentando a eficiência da operação. A regulagem das hastes está subordinada a largura do “tiro” do trator ou a regulagens entre as hastes, quando este possuir hastes múltiplas. Os sulcadores são máquinas que exigem muita eficiência tratorial, principalmente os de hastes múltiplas, necessitando para operação tratores acima de 100 cv.



Figura 2. Sulcador utilizado para implantação de culturas via sulco. Fonte: Ipirangatratores.

### 3.3.6.3 Grade pesada

A grade pesada possui discos de maior dimensão (32”), recortados em ambas as seções. Vem sendo utilizada nos últimos anos em substituição ao arado, em terrenos que ofereçam condições favoráveis a este trabalho, por realizar uma operação muito semelhante à do arado de discos. Com a vantagem de ampliar a largura de trabalho nas linhas de cada “tiro”, acelerando assim, o término do processo de preparo de solo (YAMASHITA, 2010). A grade pesada ainda oferece uma economia de combustível considerável quando comparada ao arado. Ressalta-se, porém, que em ocasiões específicas, com erosão superficial e em terrenos muito soltos ou acidentados, o trabalho do arado de discos ou de aivecas não possa ser substituído pela grade; onde o resultado desejado só pode ser alcançado pelo tombamento das leivas e revolvimento das camadas.



Figura 3. Grade Aradora Pesada 16x32. Fonte: Embrapa.

#### 3.3.6.4 Corrente de facas

Também conhecido popularmente como “correntão”, a corrente de facas pode ser constituída por discos cortantes dispostos lateralmente na horizontal ou por garras afiadas soldadas de forma helicoidal a corrente (BOZA *et al.*, 2015). É muito utilizada em terrenos descobertos e/ou recém desmatados, com objetivo de arranque de tocos, carpina, nivelamento e até mesmo derrubada de cerrado em grandes áreas. Também pode ser usado para incorporação de semente de capim e milho. Devido ao seu auto rendimento por cobrir grandes distancias, consegue um alto desempenho em relação a rapidez da operação e largura de “tiro”. Porém por ser um equipamento de grandes dimensões e pesado, exige tratores de maiores potencias. Sua operação é realizada com dois tratores que arrastam a corrente em ambas as pontas, enquanto estes se arrastam pelo solo arrancando possíveis obstáculos, realizando a capina e nivelando o terreno, tudo em uma única passada.



Figura 4. Corrente incorporadora de elos cruzados com facas. Fonte: mfrural.

#### 3.3.6.5 Terraceadores

Os terraceadores, cujo nome é autoexplicativo, são máquinas utilizadas na construção de terraços agrícolas. A prática é muito executada em áreas declivosas e acidentadas com o objetivo de se evitar a erosão do solo por escoamento superficial de água e conseguir um *stand* de plantas mais uniforme (SILVA, M, R.; SANTOS, F. P., 2020). No Brasil é muito utilizado no sul do país devido a geografia da região formada por colinas e terrenos mais inclinados. O terraceador é formado por três chassis um frontal, com cabeçalho para acoplamento a barra de tração ou ao sistema hidráulico do trator e dois laterais, articuláveis, onde vão acoplados discos que tem a função de levantar e desagregar o solo em linhas transversais as curvas de declive. O objetivo é reduzir a velocidade da água e facilitar o processo de infiltração no solo. O trabalho de construção de terraços também pode ser feito com arados de discos, patolas, grades pesadas ou trator de esteiras. Mas para casos em que se deseja cultivar grandes área em declive, com execução de terraços de base larga, faz-se necessário o uso de ferramenta específica: o Terraceador agrícola.



Figura 5. Terraceador agrícola em operação de campo. Fonte: revistacultivar.

### 3.3.6.6 Cortadores

Os cortadores/arrancadores para soqueira de algodão são equipamentos mais específicos, utilizados para evitar a rebrota do algodoeiro. Diminuindo assim a população de pragas que atacam a cultura se aproveitando dos restos do cultivo na entressafra. Há dois principais exemplares deste tipo de equipamentos: os arrancadores em “v” e os cortadores de discos. Enquanto arrancadores em “v” são formados por discos côncavos, que atuam em pares, conectados a um chassi que é ligado ao sistema hidráulico do trator. Os discos trabalham a poucos centímetros do solo arrancando as soqueiras com as raízes pivotantes e deixando estas expostas (SOFIATTI, *et al.*; 2015). O cortador de soqueiras, por sua vez, atua com discos múltiplos em profundidade. Destruindo as soqueiras pela raiz com o disco de corte em uma operação combinada com um tanque de defensivo, que é espargido sobre a planta na proporção 70/30. Assim, 70% da calda é injetada dentro do corte realizado pelo disco e 30% da calda é pulverizado sobre a parte aérea.



Figura 6. Lado A: os arrancadores em “v”. Lado B: cortadores de discos. Fonte: Blog.aegro.

### 3.3.6.7 Cultivador mecânico

O cultivador mecânico, diferente dos outros instrumentos de preparo acima citados, é utilizado após o plantio. Trata-se de uma máquina composta por hastes mecânicas verticais despotas em um chassi horizontal, que é ligado a um dos três pontos e ao levante hidráulico do trator. Muitas vezes possui adubador embutido no mesmo implemento, tornando-o um equipamento mais completo. O cultivador é utilizado para a carpina nas entrelinhas das culturas e controle de rebrota; com o objetivo de combater e incorporar os restos vegetais, atuando em uma operação semelhante à do escarificador. Quando possui reservatório para adubos e fertilizantes, este também realiza a adubação de cobertura. Com o aumento do uso de controle químico. O uso do cultivador tem diminuído muito ao longo dos anos, porém ainda é bastante utilizado em culturas de cana-de-açúcar, milho e mandioca, com objetivo de minimizar o uso de herbicidas ou mesmo estender a sua aplicação.



Figura 7. Cultivador mecânico em trabalho de campo. Fonte: Solostocks.

### 3.4 Ensaios de máquinas agrícolas

Há mais de um século a adoção do emprego de máquinas mecanizadas na agricultura, resultou em uma revolução na forma de produzir no mundo agrícola (BARLOW, 2003). De forma que atualmente o uso de ferramentas mecanizadas torna-se imprescindível para produção em larga escala. E mesmo em pequenas e médias propriedades, onde o busca-se obter maiores índices de produção. Para Cometti (2012) a adoção de ferramentas e máquinas mecanizadas na execução de serviços pesados ou não, no meio agrícola; objetiva otimizar os trabalhos; garantindo o máximo de eficiência e rendimento de acordo com especificações técnicas. Daí podemos conceber o conceito da necessidade de experimentação e ensaios com esses equipamentos. Principalmente no Brasil, onde ocorre muito a tropicalização de projetos, que são desenvolvidos em majoritariamente em países com clima muito diferente do nosso (HUMPHREY e SALERNO, 2000).

No Brasil, o primeiro registro de colheita mecanizada, foi realizado no Rio Grande do Sul em 1930 (MIRANDA, 2020). Um marco histórico que acarretou uma revolução na produção agrícola brasileira, fator esse que resultou com o início da produção nacional de tratores agrícolas em 1965. A partir de então todas as máquinas produzidas e destinadas a produção agrícolas eram experimentadas e ensaiadas no CENEA (Centro Nacional de Engenharia Agrícola), que chegou a ser considerado o melhor centro para ensaios de equipamentos agrícolas da América do Sul. Porém no Início da década de 90 o CENEA foi

extinguido durante governo Collor (MONTEIRO, 2010). Atualmente, no Brasil os ensaios são facultativos, mas continuam a ser realizados em instituições específicas, geralmente em universidades, com centro de ensaios devidamente capacitados para tal fim. Tais ensaios tem a função de avaliar o desempenho, realizar a validação e certificação da maquinária agrícola ou ainda para fins de comparação de regulagens e sistema.

Segundo Mialhe (1996), é discutível a qualidade das máquinas de mobilização do solo no mercado brasileiro. E mesmo nos dias atuais essa é uma das principais razões para a necessidade de se implementar ações visando ensaios de critérios operacionais e de desempenho de máquinas em nosso país. O autor descreve também que a ação dos órgãos ativos dos equipamentos de preparo periódico do solo caracteriza-se pela aplicação orientada de forças no solo, sob diferentes condições edafoclimáticas. Assim, considerando todos os aspectos e conceitos demonstrados, pode-se observar que em um estado como o de Mato Grosso, como um dos principais exportadores de grãos do mundo, e com condições ambientais característicos; faz-se necessário a execução de estudos específicos a respeito da prática do preparo do solo para suas particularidades regionais. Tais estudos visam alcançar o aprimoramento e otimização dos trabalhos de preparo de solo na região considerada.

O objetivo, principal para se ensaiar máquinas e equipamentos é fornecer dados e informações que permitam a tomada de decisão nos trabalhos de campo; racionalizando os recursos e otimizando operações através do emprego de métodos científicos (UFRRJ, 2016). Na sua execução os experimentos obedecem a critérios específicos e seguem metodologias pré-estabelecidas em normativas, de acordo com o objetivo do estudo. No processo de análise e geração de dados – Que podem ser de ordem qualitativa ou quantitativa –; os ensaios com máquinas agrícolas seguem ainda princípios básicos como: especificidade, reprodutibilidade, comparabilidade e confiabilidade (MOLINA JÚNIOR, 2012). Os ensaios podem ser classificados também, como de mensuração obrigatória (MONTEIRO, 2016). Como os realizados na barra de tração que será desenvolvido neste trabalho, ou facultativo, a exemplo da avaliação de demanda energética, que também será analisado neste estudo.

O conceito base do estudo de mecanização agrícola, que está intrinsecamente atrelado a esta área de ensaios e experimentos; é a aplicação de máquinas e ferramentas na realização de tarefas muitas vezes pesadas, para execução humana ou animal. Dimensionadas e executadas de forma a se obter o máximo de rendimento do trabalho conforme determinado em normativas técnicas, com eficiência e economicidade. Em paralelo a esse, um dos conceitos de agricultura de precisão consiste na tomada de decisão no local correto, em um exato e adequado momento, com os recursos necessários e suficientes à produção agrícola, cujo objetivo é o de se obter a máxima homogeneização das áreas de cultivo, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam (INAMANSU *et al.*, 2011).

Com base nesses dois conceitos, o estudo que foi realizado neste projeto buscou a modalidade de desempenho efetivo, que se dá através da avaliação e análise de parâmetros adequados a realidade da região norte e médio norte do Mato Grosso, com foco nos critérios energéticos e operacional.

### **3.5 Demanda energética e de tração**

O trator é a principal fonte móvel de potência utilizada para realizar as diversas tarefas necessárias nos processos de produção agrícola (GABRIEL FILHO et al., 2010). A função prioritária dos tratores agrícolas, segundo Márquez (2012), é de exercer esforços de tração nas máquinas que realizam um determinado trabalho agrícola, devendo atender a grande versatilidade demandada pelas operações. Nesta versatilidade incluem-se o ajuste aos trabalhos pesados, médios e mais leves, sendo recomendado a adequação para cada situação.

O termo “*tractor*” foi utilizado pela primeira vez para definir máquinas agrícolas em 1906, quando um dos fabricantes publicou alguns panfletos, para divulgação do produto (MIALHE, 1980). O termo definia em sua essência, máquina de tracionar. Traduzido do termo em inglês “*tractor machine*”, sendo a principal função desta máquina, tracionar outras máquinas e equipamentos. Para verificar e avaliar o quesito tração temos os ensaios destinados a mensurar o parâmetro esforço na barra de tração, que busca qualificar a eficiência e a eficácia do desempenho alcançado pelo conjunto trator/implemento no exercício das atividades a estes submetidas (GABRIEL FILHO et al., 2010). Considera-se ainda que o desempenho adequado na barra de tração é dependente de algumas variáveis, tais como: a potência do motor, transmissão, distribuição de massa nos rodados, lastragem e superfície do solo.

De acordo com Cordeiro (2000), a avaliação direta do desempenho de tratores em condições de trabalho de campo, é obtida através da instrumentação e monitoramento destes, permitindo a determinação de variáveis respostas diretamente relacionadas com a eficiência de trabalho nos diferentes tipos de preparo do solo.

Com relação a potência exigida na operação; está intrinsecamente relacionada ao tipo de operação, profundidade, condições do solo e a capacidade de transformação do combustível em energia mecânica (MONTEIRO, 2011). Por esta razão o estudo voltado a análise de demanda energética é um dos estudos de impacto mais relevantes da área de mecanização agrícola. Uma vez, sendo o dado que mais tem influência no custo operacional, o levantamento dessas informações, resultam conseqüentemente em economia e benefícios para o agricultor.

Ainda sobre o consumo de combustível para operações agrícolas; segundo Fernandes *et al.* (2014), trata-se de informação específica, variando conforme a atividade a ser desenvolvida. Os ensaios tornam-se necessários então, para aferir valores de interesse no que diz respeito aos parâmetros energéticos e de desempenho para conhecer a eficiência dos tratores agrícolas e das operações correspondentes. Assim sendo, o que se objetiva no estudo de demanda energética operacional, é determinar, de posse das informações para análise o alcance do melhor desempenho do conjunto máquina-implemento, em cada marcha, para cada tipo de preparo de solo da região.

Nas operações, especialmente as mais pesadas como gradagem, subsolagem, escarificação e aração, há uma grande demanda de tração aplicada ao trator e há a necessidade de estudos focados nesse sentido. Conforme norma técnica da “*Organisation for Economic Cooperation and Development*” (OECD, 2019), se prevê a limitação da patinagem dos rodados motrizes do trator em 15%. Segundo Márquez 2012, quando há excesso de patinagem, há muitas perdas de potência em função da redução da velocidade de avanço do trator, havendo ainda demasiada perda energética e desgaste prematuro de diversos componentes do trator.

Segundo Fiorese *et al.* (2019), para haver um melhor desempenho operacional e energético, recomenda-se, dentro dos limites de qualidade das operações, trabalhar com marchas mais rápidas. Nos estudos realizados, observou-se economia de combustível por área ( $L\ ha^{-1}$ ) quando operando em maiores velocidades. Os autores encontraram em operações no estado de Mato Grosso, consumos de 11,6 a 14,9  $L\ ha^{-1}$  para operações de gradagem intermediária; 16,4 a 17,4  $L\ ha^{-1}$  para operação de escarificação e 22,9 a 24,1  $L\ ha^{-1}$  para operação de subsolagem.

Salvador *et al.* (2008) avaliaram um subsolador antes e depois de diferentes preparos do solo, e verificaram uma demanda média de potência de 7,9 kW por haste, com subsolagem antes de outros preparos (aração e gradagem) e de 6,7 kW por haste para subsolagem após os preparos. Respectivamente, os consumos operacionais foram de 26,95 e 22,48  $L\ ha^{-1}$ .

Fernandes *et al.* (2010) realizaram um trabalho comparativo entre preparo convencional, cultivo mínimo ou reduzido e plantio direto. Nos preparos reduzidos com vibro escarificador encontraram consumo de 17,1  $L\ ha^{-1}$  e com grade leve de 14,3  $L\ ha^{-1}$ .

Em trabalhos de subsolagem a 0,5 m de profundidade, Miranda (2000), observou que o consumo foi da ordem de 27  $L\ ha^{-1}$ . Evidenciaram ainda, que é possível economizar 4,9  $L\ ha^{-1}$  de combustível quando operando em marcha de maior velocidade, dentro da capacidade do trator.

Segundo a *American Society of Agricultural and Biological Engineers ASABE* (2011), para um trator operar com máxima eficiência de tração, a patinagem dos rodados motrizes

deve estar entre 8 e 10% em solos não mobilizados ou firmes, 11 e 13% em solos mobilizados e entre 14 e 16% em solos soltos ou arenosos.

O estudo de dados de demanda energética e esforços de tração realizados neste trabalho, foi registrado e avaliado com vistas a fornecer parâmetros informativos com relação a orientar as melhores operações de trabalho voltadas para realidade da região da região Norte e Médio-Norte do estado de Mato Grosso. A análise dos dados levou em conta, o clima, os resultados das operações no solo e os esforços sofridos pela máquina na execução dos trabalhos. Os dados foram qualificados por meio de comparativos com parâmetros já existentes no Laboratório de Agricultura de Precisão e Mecanização Agrícola – LAPMec, do Campus UFMT- Sinop/MT, para avaliar as exigências, o consumo energético e a eficiência de transformação em cada operação, observando qualificadores de desempenho operacional e efetivo.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi realizado na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop, tendo como localização geográfica latitude -11,8639, -55,4825 longitude e altitude de 377,83 metros. Sendo que os trabalhos de campo foram realizados em uma área experimental no interior do campus. Os trabalhos de campo foram realizados com o apoio da equipe do laboratório de máquinas e mecanização agrícola (LAPMec). O solo da área experimental é classificado de acordo com a EMBRAPA (2011), como Latossolo Vermelho-Amarelo, com granulometria fracionada em 51,2% de argila, 27,9% de areia e 20,9% de silte.

Os ensaios para execução do projeto foram realizados com seis implementos utilizados para o preparo de solo, sendo: arado montado de 3 aivecas, arado com 4 discos de 28 polegadas, uma grade com 16 discos de 30 polegadas, uma grade com 14 discos de 28 polegadas, uma grade niveladora com discos de 20 polegadas; e um subsolador com cinco hastes de trabalho de até 0,4 m de profundidade.

As coletas de dados em campo foram feitas em solo agrícola após o cultivo de arroz, estando o solo com os resquícios vegetais desta cultura. Foram distribuídas parcelas ao acaso dispostas em faixas com tomadas de dados de 60 segundos (“tiros”) para cada tratamento. Os dados foram tabelados para o processamento através de *software Excel*<sup>®</sup> no qual foi gerado planilhas e gráficos para interpretação de cada operação.

As operações foram realizadas entre os meses de setembro e outubro, em período de solo seco (umidade média para o período por volta de 16%), época que é comum observar trabalhos de campo para incorporação de calcário, período que precede o plantio da cultura da soja

Para os ensaios utilizou-se de um trator agrícola 4x2 TDA modelo 5105 da marca Agrale, cuja potência nominal do motor é de 77,2 kW (105 cv), com sistema de injeção direta - Bosch<sup>®</sup>; lastreado com duas condições de massa e de distribuição entre os eixos para operação em campo (65/35 e 60/40), conforme mostra o Quadro 1 (Pág.: 30). Este, estava equipado com pneus diagonais 18.4-34 e 14.9-24. No Quadro 1 tem-se as especificações dos equipamentos utilizados e as condições do trabalho de campo.

Foram realizadas operações com seis equipamentos de preparo de solo, onde foram aplicados tratamentos distintos obtidos através da mudança de marchas do trator. Os tratamentos foram aplicados, respeitando-se as condições do solo, a capacidade do motor do trator utilizado nos ensaios e o resultado final desejado para as operações. Assim sendo; 2A 3B e 6A para grade de discos 28”, a grade de discos 30” e o arado de discos. Para o arado de Aivecas e e grade niveladora foram utilizadas 4 marchas distintas (3A-1850, 6B-2200, 3<sup>a</sup>-2000, 3<sup>a</sup>-2200 e 5B-2200, 2A-2200, 6B-2200, 3A-2000 rpm; respectivamente) e para o

subsolador duas marchas distintas (5B 2200 e 2A 2200 rpm). Em cada tratamento foram realizadas três repetições, totalizando 57 unidades experimentais.

Foi utilizado *software* específico para geração de dados tabelados das informações coletadas em campo (*Excel*<sup>®</sup>, *SISvar*<sup>®</sup>), onde foram consideradas as seguintes informações; peso do equipamento, força de tração exigida pelo implemento na barra de tração do trator; consumo de combustível, capacidade operacional, demanda de potência, velocidade real de deslocamento e patinagem.

Foram instalados no trator diversos sensores e equipamentos para aquisição de dados, permitindo assim a obtenção de parâmetros energéticos e de desempenho do trator nas quatro operações. Sendo assim obteve-se:

- I - Força de tração na barra de tração do trator;
- II – Velocidade de deslocamento.
- III – Patinagem dos rodados motrizes;
- IV – Rotação do motor;
- V – Consumo de combustível;

Quadro 1. Principais especificações dos equipamentos utilizados e principais condições de trabalho de campo.

Descrição	Órgãos ativos	Diâmetro dos discos (polegadas)	Espaçamentos entre discos (mm)	Massa (kg)	Profundidade de trabalho (cm)	Largura de trabalho (m)	Umidade do solo (%)	Condição visual do solo	Massa do trator (kg)	Distribuição de massa entre eixos (Tras./Diant.) %	Pressão dos pneus T/D (psi)
Grade 14x28	14 discos	28	250	1435	11	1,55	17,8	Solo mais seco	5500	65/35	16/14
Grade 16x30	16 discos	30	300	2450	13	2,2	17,8	Solo mais seco	5500	65/35	16/14
Grade niveladora	28 discos	20	170	ND	10 a 15	2,1	-	Solo mais úmido	5867	60/40	18/16
Arado de discos	4 discos	28	-	740	20	1,4	19,2	Solo mais úmido	5500	60/40	16/14
		<b>Tamanho da aiveca</b>									
Arado de aivecas	3 aivecas	460 x 920 mm	-	440	20	1,1	-	Solo mais úmido	5867	60/40	18/16
		<b>Tamanho das hastes</b>	<b>Espaçamentos entre hastes (mm)</b>								
Subsolador	5 hastes	Prof. até 40 cm ponteira largura de 8 cm	450	ND	28	2,25	-	Solo mais úmido	5867	60/40	18/16

Em todas as operações, foi considerada a eficiência de campo de 75%. A partir dos parâmetros citados anteriormente (I a V). Calculou-se ainda:

VI – Potência na barra de tração;

VII – Capacidade operacional;

VIII – Consumo operacional;

Os dados coletados eram enviados para um sistema de aquisição de dados via bluetooth® programado para esse tipo de ensaio. A seguir será abordado sobre a metodologia de coleta e obtenção dos dados.

I – Para obtenção da demanda de tração na barra, utilizou-se de um suporte adaptável (berço), em estrutura metálica onde foi fixado uma célula de carga com capacidade máxima 100 kN (Figura 1).



Figura 8. Suporte tipo berço com célula de carga, instalado no trator em substituição a barra de tração original e acoplado ao cabeçalho de uma das grades.

II – A velocidade de deslocamento foi obtida com GPS de uso agrícola da marca John Deere® modelo: SF6000 (Precisão de: precisão +/- 5 cm 2 pol.), devidamente aferido, instalado na parte superior da cabine do trator.

III – A patinação dos rodados motrizes, foi obtida com os dados do GPS e com encoders incrementais (sensor de pulso) instalados no centro das rodas traseiras e dianteiras do trator. Utilizou-se o modelo E30-A-1-B de 5 a 28V, marca S&E de 60 pulsos por volta.



Figura 9: Detalhe de um encoder instalado no centro da roda motriz dianteira.

O cálculo da patinagem foi feito conforme Equação 1, adaptada da ASABE (2011a).

$$\text{Pat} = \frac{A_n - A_1}{A_n} \cdot 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

Pat = patinagem, em %;

An = espaço percorrido obtido pelo GPS, em m;

A1 = espaço teórico, calculado pela circunferência de rolamento e pelo número de voltas das rodas motrizes obtido com encoder, m.

IV – Para obtenção da rotação do motor, também foi utilizado de encoders e a partir da relação de transmissão do trator.

V – Para o consumo de combustível, foram instalados dois fluxômetros no circuito de combustível do motor. O modelo utilizado foi o OVAL M-III LSF41L0-M2, sendo um instalado na entrada de combustível antes do sistema de injeção e outro no retorno para o reservatório de combustível (“tanque”). O aquisitor de dados já estava programado para calcular e armazenar o consumo numa frequência de 1 HZ.

VI – De acordo com Zoz e Grisso (2003), o principal ponto a ser observado nos tratores agrícolas é o desempenho na barra de tração, definido pelo produto entre a força desenvolvida e a velocidade de deslocamento (Equação 2).

$$PBT = \frac{FT \cdot V}{3,6} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

PBT = potência na barra de tração em kW;

FT = Força de tração, em kN;

V = Velocidade de deslocamento, em km h<sup>-1</sup>;

VII – A capacidade operacional foi obtida a partir da Equação 3.

$$CO = \frac{L \cdot V}{10} \cdot Ef \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

CO = Capacidade operacional, em ha h<sup>-1</sup>;

L = largura efetiva de trabalho dos equipamentos de preparo do solo, em m;

Ef = a eficiência de campo adotada como 80%.

VIII – O consumo específico e operacional foi obtido conforme Equação 4 e 5.

$$C_{op} = \frac{Chv}{CO} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

$C_{Op}$  = consumo operacional, em  $L \text{ ha}^{-1}$ ;

$Chv$  = Consumo horário volumétrico, em  $L \text{ h}^{-1}$ ;

Nas Figuras de 3 a 8, estão as imagens do trator acoplado aos equipamentos durante os trabalhos de campo.

Motor: MWM.

modelo: TD 229 EC 4.

Sistema de injeção: Eletrônica direta.

Potência máxima: 100 cv (74,6 kW) a 2.300 rpm.

Torque Máximo: 38 kgf.m (373 N.m) a 1.500 rpm (NBR 5484).



Figura 10: Trator agrícola de 105 cv lastrado e com instrumentação instalada, acoplado a grade de 16 discos de 30 polegadas de diâmetro (762 mm) durante as coletas de dados de campo. Solo com baixa umidade.



Figura 11: Grade com 14 discos de 28 polegadas de diâmetro (711,2 mm) durante as coletas de dados de campo. Solo com baixa umidade.



Figura 12: Trator agrícola de 105 cv lastrado e com instrumentação instalada, acoplado a grade niveladora de 28 discos de 20 polegadas de diâmetro (508 mm) durante as coletas de dados de campo.



Figura 13: Subsolador de 5 hastes espaçadas em 450 mm e com profundidade de trabalho de 28 cm durante as coletas de dados de campo.

Obs. Apesar de ser um subsolador, a profundidade trabalhada deve ser classificada como escarificação. Não foi possível trabalhar com maior profundidade devido a tamanho e potência limitado do trator para este equipamento. Contudo os ensaios alcançaram desempenho e registro de dados validos para discussão.



Figura 14: Trator agrícola de 105 cv lastrado e com instrumentação instalada, acoplado ao arado com 4 discos de 28 polegadas (711,2 mm) durante as coletas de dados de campo. Solo com baixa umidade.



Figura 15: Trator agrícola de 105 cv lastrado e com instrumentação instalada, acoplado a um arado com 3 aivecas durante as coletas de dados de campo.

Por ser um estudo de caráter continuado, a classificação e escolha dos implementos a serem avaliados levou em conta os equipamentos de uso mais comum na região norte do

estado de Mato Grosso. E Ainda, os dados já existentes no Laboratório de Mecanização Agrícola da UFMT (LAPMec), desenvolvido de estudos anteriores para posterior comparação e confrontamento de dados. Os implementos selecionados para serem experimentados e avaliados no preparo de solo deste trabalho foram: grades intermediárias, grade niveladora, arado de discos, subsolador e arado de aivecas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As operações de gradagem com grade de 28 e 30 polegadas operaram em profundidades de 11 e 13 cm respectivamente. As condições do solo no período dos trabalhos de campo (setembro e outubro do ano de 2021) era de umidade gravimétrica de 17,8% (Quadro 1), período de entressafra na região, em que o solo se encontrava exposto, com cobertura parcial deixada pela cultura anterior, de arroz. Assim, os resultados obtidos não seriam os mesmos para condição de solo úmido (época das chuvas), situação que haveria maior profundidade de penetração e piora na condição de tração.

Na Tabela 1 tem-se os resultados obtidos com os equipamentos tracionados pela barra de tração. Conseguiu-se medir a força de tração apenas nas grades intermediárias, sendo que na niveladora e no subsolador a célula de carga não estava montada.

Tabela 1. Resultados de potência e força na barra de tração, velocidade, rotação do motor, patinagem, consumo de combustível, capacidade operacional (CO) consumo operacional, obtidos para três operações de gradagem e com subsolador (considerado escarificação devido a profundidade de 28 cm) com trator agrícola de 100 cv lastrado.

Marcha	Potência na BT	Força na BT	Vel.	Rotação do motor	Patinagem	Consumo medido	CO	Consumo corrigido	Consumo Operacional
	cv	kgf	km h <sup>-1</sup>	rpm	%	L h <sup>-1</sup>	ha h <sup>-1</sup>	L h <sup>-1</sup>	L ha <sup>-1</sup>
Grade de discos - 14 discos de 28" esp. de 250 mm 1435 kg - massa do trator - 5500 kg 65/35% - 16 e 14 psi - Profundidade de 11 cm - Umidade do solo 17,8% - Largura 1,55 m- Ef. 0,75									
Média 2A	28,9	1303	6,0	2082	8,2	11,54	0,70	9,9	14,2
Média 6B	33,7	1329	6,8	2056	8,4	12,96	0,80	11,0	13,8
Média 3A	38,8	1327	7,9	1938	8,5	13,05	0,92	11,0	12,0
<b>Média</b>	<b>33,8</b>	<b>1320</b>	<b>6,9</b>	<b>2025</b>	<b>8,4</b>	<b>12,51</b>	<b>0,80</b>	<b>10,6</b>	<b>13,3</b>
Grade de discos - 16 discos de 30" - 300 mm 2450 kg - massa do trator - 5500 kg 65/35% - 16 e 14 psi - Profundidade de 13 cm - Umidade do solo 17,8% - Largura 2,2 m- Ef. 0,75									
Média 2A	35,2	1651	5,8	2045	10,2	13,19	0,95	11,1	11,7
Média 6B	40,7	1662	6,6	2029	10,3	14,39	1,09	12,0	11,0
Média 3A	47,5	1678	7,7	1905	10,1	14,69	1,26	12,3	9,7
<b>Média</b>	<b>41,1</b>	<b>1664</b>	<b>6,7</b>	<b>1993</b>	<b>10,2</b>	<b>14,09</b>	<b>1,10</b>	<b>11,8</b>	<b>10,8</b>
Grade de discos niveladora - 28 discos de 20" - 170 mm - massa do trator - 5867 kg 60/40% - 18 e 16 psi - Profundidade de 15 cm - Largura 2,1 m- Ef. 0,75									
3A 1850	-	-	7,1	1687	4,5	7,90	1,11	7,2	6,5
6B 2200	-	-	7,0	2041	4,5	9,59	1,09	8,4	7,7
3A 2000	-	-	7,7	1843	5,1	9,27	1,21	8,2	6,8
3A 2200	-	-	8,4	2018	5,0	10,68	1,32	9,3	7,0
<b>Média</b>	-	-	<b>7,5</b>	<b>1897</b>	<b>4,8</b>	<b>9,4</b>	<b>1,18</b>	<b>8,3</b>	<b>7,0</b>
Subsolador - 5 hastes - esp. 450 mm - massa do trator - 5867 kg 60/40% - 18 e 16 psi Profundidade de 28 cm - Largura 2,25 m- Ef. 0,75									
5B 2200	-	-	4,3	1971	12,2	12,70	0,72	10,8	14,9
2A 2200	-	-	5,1	1909	13,9	15,46	0,85	12,8	15,1
<b>Média</b>	-	-	<b>4,7</b>	<b>1940</b>	<b>13,1</b>	<b>14,08</b>	<b>0,79</b>	<b>11,8</b>	<b>15,0</b>

ST - Tração desligada

Nas operações com a grade de 14x28 a média para patinagem foi de 8,4% entre as marchas aplicadas, que conforme com os padrões da ASABE (2011), está de acordo com os parâmetros aceitáveis para solos não mobilizados ou firmes. O consumo médio operacional foi de 13,3 L ha<sup>-1</sup>; valores que ficaram próximos dos resultados encontrados por Fernandes et al. (2010). Já o melhor aproveitamento energético foi obtido na marcha 3A, que obteve o consumo operacional de 12,0 L ha<sup>-1</sup>. Esses dados corroboram com Fiorese et al (2018) que obteve um resultado de 12,9 L ha<sup>-1</sup> Para o mesmo tipo de grade.

Para a grade 30 polegadas as machas aplicadas nas operações não diferiram estatisticamente das velocidades alcançadas nas operações com a grade 14x28. A patinagem média ficou na ordem de 10,2%, assim como exigências de força e potência na barra de tração foram maiores, devido a maior demanda trativa do equipamento (Peso e quantidade de discos); fator que foi compensado pela maior largura de trabalho do equipamento. Consequentemente houve um melhor aproveitamento energético, com um consumo médio operacional de 10,8 L ha<sup>-1</sup>. Tais resultados ficaram abaixo dos valores encontrado por Fernandes et al. (2010) que obteve 14,3 L ha<sup>-1</sup>.

Os valores de dos esforços de potência e força na barra de tração diferiram significativamente entre as grades de 28 e 30 polegadas, como pode se observar nos dados da Tabela 1. Essa diferença se deve a exigência tratoria de cada um dos equipamentos, profundidade de operação e velocidade de operação. Tais observações concordam com Zoz; Grisso (2003), o de que afirma que a relação entre a potência necessária na barra de tração está diretamente ligada à demanda de esforço de cada equipamento, sendo que marchas mais rápidas exigem uma maior potência do motor, uma vez que a velocidade tem um impacto significativo na potência necessária na barra de tração.

Na gradagem niveladora (que fora realizada em terreno já preparados) e com subsolador, o solo estava mais úmido. A profundidade de operação com a grade niveladora foi de 10 a 15 centímetros. Para as operações com a mesma grade (28x20) Os resultados diferiram consideravelmente dos outros equipamentos, mostrando que o melhor aproveitamento energético foi alcançado com rotações mais baixas. O menor consumo foi de 6,5 L ha<sup>-1</sup> enquanto a média de consumo energético ficou na ordem de 7,0 L ha<sup>-1</sup>. Contudo o melhor desempenho operacional foi alcançado na marcha 3A @ 2200 rpm, que registrou o valor de 1,32 ha.h<sup>-1</sup>. Ressalta-se que neste, assim como nos demais casos, o produtor deverá avaliar os resultados a serem alcançados e a condição do solo da área a ser trabalhada para arbitrar a melhor operação.

Os valores obtidos para o subsolador (15,0 L ha<sup>-1</sup>) ficaram distantes dos obtidos por Salvador et al. (2008) e Miranda (2000), sendo que este último obteve 27 L ha<sup>-1</sup>. Se considerarmos que foi utilizado um subsolador para realizar um trabalho de até 28 cm, entende-se que esta operação deve ser comparada como escarificação, e, portanto, com

menor consumo. Assim, o consumo obtido concorda com os valores encontrados na literatura (Fernandes et al., 2010, Fiorese et al., 2018, Gabriel Filho et al., 2008).

Os valores de patinagens para todos os equipamentos ficaram dentro de padrões recomendados pela ASABE (2011), exceto com a grade niveladora, situação da baixa patinagem devido ao excesso de lastro no trator. Para essa situação, se recomenda a retirada dos lastros já que se tratava de uma grade pequena para o tamanho do trator.

Os piores desempenhos em relação a demanda energética foram obtidos com os arados, resultados que interferiram diretamente no maior consumo de combustível. A aração tem a maior capacidade de mobilização superficial, porém, devido a práticas conservacionistas do solo, esse tipo de preparo tem sido adotado em situações bastante específicas onde há a necessidade de tombamento do solo. Contudo devido sua maior capacidade de tombamento lateral do solo, o uso do arado de aivecas pode ter grande aproveitamento para descompactação superficial e incorporação de resíduos vegetais com o objetivo de aumentar o teor de matéria orgânica no solo. Assim para casos específicos caberá ao produtor lançar mão desta tecnologia, conforme sua necessidade.

Na Tabela 2, estão os resultados para os ensaios realizados com o arado de discos e de aivecas, ambos tracionados pelos 3 pontos do trator. Nas coletas com estes equipamentos, não foi possível avaliar a força de tração, já que não havia sistema mecânico para montagem de células de carga nos três pontos. Assim, não se obteve também a potência em tração.

Tabela 2. Resultados obtidos para duas operações de aração (discos e aiveca) com trator agrícola de 105 cv lastrado.

Marcha	Velocidade	Rotação do motor	Patinagem	Consumo medido	CO	Consumo corrigido	Consumo Operacional
	km h <sup>-1</sup>	rpm	%	L h <sup>-1</sup>	ha h <sup>-1</sup>	L h <sup>-1</sup>	L ha <sup>-1</sup>
Arado de discos - 4 discos de 28" - massa do trator - 5500 kg 60/40% - 16 e 14 psi - Profundidade de 20 cm - umidade do solo 19,2% - Largura 1,4 m - Ef. 0,75							
Média 2A	5,6	2046	12,8	12,50	0,59	10,6	18,1
Média 6B	6,4	2015	12,2	14,18	0,68	11,9	17,6
Média 3A	7,3	1892	13,1	14,29	0,77	12,0	15,5
<b>Média</b>	<b>6,5</b>	<b>1984</b>	<b>12,7</b>	<b>13,66</b>	<b>0,68</b>	<b>11,5</b>	<b>17,1</b>
Arado de aivecas - 3 aivecas 460 x 920 mm (altura x comprimento) - massa do trator - 5867 kg 60/40% - 18 e 16 psi - profundidade de 20 cm - Largura 1,1 m - Ef. 0,75							
5B 2200	4,7	2046	8,1	9,87	0,38	8,7	22,5
2A 2200	5,8	2042	7,8	11,32	0,48	9,7	20,4
6B 2200	6,6	2006	7,9	12,49	0,54	10,6	19,5
3A 2000	7,4	1803	6,9	10,88	0,61	9,4	15,5
<b>Média</b>	<b>6,1</b>	<b>1974</b>	<b>7,7</b>	<b>11,14</b>	<b>0,50</b>	<b>9,6</b>	<b>19,5</b>

Para os arados os resultados obtidos para velocidade e rotação do motor, foram estatisticamente semelhantes. Em relação a demanda energética de cada equipamento o

arado de discos apresentou-se mais vantajoso. Embora as velocidades de operação tenham sido equiparáveis nos ensaios e as medias estejam próximas, o menor rendimento do arado de aivecas em relação ao desempenho operacional, foi inferior devido a sua largura de trabalho. Fator este que pode ser compensado com um maior número de hastes, caso o produtor possa se valer de um trator de maior potência, de acordo com a sua necessidade e seus objetivos para o trabalho de campo.

As maiores patinagens foram obtidas com subsolador (13,9%) e com arado de discos (13,1), mostrando que estas operações demandaram maior capacidade trativa. Fator que se deve a maior demanda de potência do motor para rompimento da camada compactada do solo em subsuperfície. O consumo energético médio para o arado de discos e de aivecas foi de 17,1 L ha<sup>-1</sup> e de 19,5 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Sendo que os melhores desempenhos operacionais foram alcançados nas marchas 3A com rotações mais baixas do motor.

O estudo constatou que em todas as operações medidas, exceto na gradagem niveladora, marchas mais rápidas resultaram em maior economia de combustível, corroborando com Fiorese et al. (2019) e Gabriel Filho et al. (2010). A grade niveladora operada em rotações mais baixas, também mostrou redução no consumo de combustível (marchas 3A @ 1850 rpm e 3A @ 2000 rpm) em comparação com 2200 rpm. Essa abordagem também foi vantajosa ao usar o arado de aivecas.

## 6. CONCLUSÃO

Os piores desempenhos foram obtidos com os arados, sendo que devido a baixa capacidade operacional durante a aração, houve interferência direta no maior consumo de combustível. Em todas as operações, com exceção da gradagem niveladora, as machas de maior velocidade apresentaram melhor desempenho energético.

Nas operações onde foi possível o uso de menor regime de rotação, obteve-se redução no consumo de combustível.

As maiores patinagens foram obtidas com subsolador e com arado de discos, preparos de solo que tiveram maior demanda de tração e, portanto, maior exigência do trator.

Sempre que possível, recomenda-se utilizar equipamentos de hastes, considerando boa efetividade na descompactação do solo e sem excesso de consumo de combustível em operação até 30 cm. Neste formato consegue-se descompactação com boa manutenção estrutural do solo e manutenção de parte da palhada na superfície inferindo diretamente em uma melhor conservação do solo e da água. Tem-se como vantagem ainda, bom desempenho operacional.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASABE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASAE EP496.3: agricultural machinery management**. St. Joseph: ASABE Standards, 7 p 2011. 7 p.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C. & PEREIRA FILHO, I.A. **Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados**. R. Bras. Ci. Solo, 25:167-177, 2001. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832001000100018&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832001000100018&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 02-03- 2020.

BALASTREIRE, Luiz Antônio. **Máquinas Agrícolas**. 2ª Ed., São Paulo: Editora Manole LTDA, 2005, 310p

COLLARES, *et al.* Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade do feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.933-942, 2008.

COMETTI, Nilton Nélio. **Mecanização agrícola**. Curitiba: Livro Técnico, 2012. 160 p

CORDEIRO M. A. L. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento**. Tese (Doutorado em Engenharia Rural) FCA/UNESP, Botucatu, 2000. 153p.

COSMO, B. M. N., GALERIANI, T. M., MESQUITA FILHO, J., BENETON, A. G., NOVAKOSKI, F. P. Breve revisão sobre ensaios com tratores agrícolas. *Revista Agronomia Brasileira*. 2020. V.4, p.1-12, e-ISSN 2594-6781. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/ensino/departamentos/cienciasdaproducaoagricola/laboratoriomatologia-labmato/revistaagronomiabrasileira/rab202014.pdf>. Acesso em: 29-08- 2021.

EMBRAPA. Destruição de restos culturais do algodoeiro. Campina Grande, 2015. 20p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124824/1/BOLPES96-on-line.pdf>. Acesso em: 01-03-2022.

Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável / Austeclínio Lopes de Farias Neto... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa, 2019. PDF (825 p.). Disponível em: [Conteudo/2019-cpamt-agrossilvipastoril-primeiras-contribuicoes-desenvolvimento-agropecuaria-sustentavel%20\(1\).pdf](Conteudo/2019-cpamt-agrossilvipastoril-primeiras-contribuicoes-desenvolvimento-agropecuaria-sustentavel%20(1).pdf). Acesso em: 02-05- 2021.

EMBRAPA. Repositório de informações. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/920267>. 2011. Acesso em: 22-02-2020.

EMBRAPA. Manejo do solo. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terras-altas/manejo-do-solo#:~:text=S%C3%A3o%20comuns%20os%20arados%20fixos,20%20cm%20a%20200%20cm>. Acesso em : 18-10-2023.

FERNANDES, B. B. *et al.* Ensaio dinamométrico para determinação do desempenho energético de trator agrícola em função da temperatura do diesel. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, XLIII, Campo Grande/MS, 2014. **Anais CONBEA**, 2014. Disponível em: <http://conbea14.sbea.org.br/2014/anais/R0142-2.pdf>. Acesso em: 20-08-2021.

FERNANDES, H. C.; SILVEIRA, J. C. M.; RINALDI, P. C. N. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, V. 32, nº. 5, p. 1582-1587, set./out. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000500034>.

FIORESE, D. A., MACHADO, T. M., ARAUJO, R. A., RICADRO, G. S., SCHIMITT J. A. Desempenho de um trator agrícola em operações de preparo de solo no estado de Mato Grosso. **Revista Nativa**. 2019. V. 7, nº. 3, p. 288-295.

FONSECA, M. D. G. D. **Concorrência e progresso técnico na indústria de máquinas para agricultura: um estudo sobre trajetórias tecnológicas**. 1990. 268 f. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 1990.

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**, Campina Grande. V.14, nº.3, p.333–339, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300015>.

GABRIEL FILHO, A., SILVA, S. L., MODOLO, A. J., SILVEIRA, J. C. **Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura**. engenharia agrícola, 2004. V. 24, nº. 3, p. 781-789.

GASSEN, J. R. F.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BELLÉ, M. P.; BONOTTO, G. J. Resistência específica à tração na operação de escarificação do solo em camadas de forma simultânea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.1, p.116- 124, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100015>.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W.K. **Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions**, **Soil & Tillage Research**, v.82, p.121-145, 2005.

HUMPHREY, J.; LECLER, Y.; SALERNO, M. S. Global strategies and local realities. The auto industry in emerging markets. London: Macmillan, 2000.

IBGE. **Produção agrícola deverá bater novo recorde em 2020 impulsionada pela soja, diz IBGE**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2020/02/11/producao-agricola-devera-bater-novo-recorde-em-2020-impulsionada-pela-soja-diz-ibge.ghtml>. Acesso em: 28-02-2020.

INAMASU, R. Y.; SOUSA, R. V. de; TABELLE, R. A. **Instrumentação em máquinas agrícolas**. 2014. Biblioteca EMBRAPA. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1031064/instrumentacao-em-maquinas-agricolas>. Acesso em: 22-02- 2020.

INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V. DE; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C.. **Agricultura de Precisão Um Novo Olhar**. EMBRAPA Instrumentação. 1ed. São Paulo: Editora Cubo, 2011 334p.

LOPES, A., LANÇAS K. P., FURLANI, C. E. A., NAGAOKA, A. K., CASTRO NETO, P., GROTTA, D. C. C. consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. V. 7, nº. 2, p. 382-386; 2003.

MACHADO, A.L.T; REIS, A.V.; MORAES, M.L.B; ALONÇO, A.S. **Máquinas para preparo do solo, sementeira, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: Universitária/UFPel, 1996. 229 p.: il.

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

MEDEIROS, J. da C.; CARVALHO, M. DA C. S.; FREIRE, E.C.; MORELLO, C. DE L.; OLIVEIRA, J. P. de; LEANDRO, W. M.; BARBOSA, K. de A.; DEL'ACQUA, J. M.; FERNANDES, J. I.; SANTOS, J. W. **Manejo da cultura do algodão com resultados de pesquisa em Goiás**. (Embrapa Algodão. Documentos, 98) Campina Grande, 2002. 18p

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação, Fundação de Estudos Agrários**, Piracicaba - SP, p. 463-503, 1996

MIALHE, L.G. **Máquinas motoras na agricultura**, São Paulo, EDUSP, 1980, v.1, cap. 6.

MIRANDA, N. O.; OLIVEIRA, M.; NUNES, R. L. Desempenho operacional de trator com tração dianteira auxiliar na subsolagem de Um inceptisol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 97-102, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000100018>.

MIRANODA, R. A. Breve História da Agropecuária Brasileira. In: Elena Charlotte Landau ... [et al.], editores técnicos. (Org.) **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**. – Brasília, DF: Embrapa, 2020. 4 v. PDF (2.171 p.) il. color.

Molina Junior W. F. **Avaliação do desempenho de máquinas agrícolas**. 2012. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplina/avalia%C3%A7%C3%A3o-do-desempenho-de-m%C3%A1quinas-agr%C3%ADcolas>. Acesso em: 23-08- 2021.

MONTEIRO, L. A. **Desempenho Operacional e energético, segundo a norma OECD – Code 2 de dois tratores agrícolas 4X2 TDA com motores de 132 kW em pista de concreto e solo agrícola**. Tese (Doutorado em Agronomia) UNESP, Botucatu, 2011. 92p.

MONTEIRO, A. **Décadas de mudanças**. Globo Rural, São Paulo, ed. 296, jun. 2010. Disponível em: <http://www.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC383684-1641,00.html>. Acesso em: 23-08- 2021.

OECD\_ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. Code 2: OECD standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance. 2012. 90 p.

PORTO, H. J.; BOZA, M. S.; VIEIRA, A. C. P.; ZILLI, J. C.; NETO, R. J. INOVAÇÃO, transferência de tecnologia e agronegócio: case sobre implementos agrícolas no estado do Mato Grosso. In: PORTO, H. J. (Org.) **Sustentabilidade e responsabilidade social artigos brasileiros**. 1º Ed., Vol. 6, Belo Horizonte: Poisson, 2017, 207p

SALVADOR, N.; BENEZ, S. H.; MION, R. L. Consumo de combustível na operação de subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p.256-262, abr./jun. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000200006>.

SANTOS, H. G. dos, *et al.* **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. 2012; Embrapa Solos - Documentos (INFOTECA-E), EMBRAPA -. ISSN: 1517-2627 Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/920267> - Acesso em: 21-04- 2021.

SARAIVA, O.F.; TORRES, E.; LONI, D.A.; PIRES, M.S. 2003. Manejo dos resíduos da colheita condicionado por sistemas de preparo do solo. In: HOFFMANN CAMPO, C. B.; SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da embrapa soja, 2002**: manejo do solo, plantas daninhas e agricultura de precisão. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p.29-37. (Embrapa Soja. Documentos, 214).

SILVA, J.G. Plantio direto do arroz influenciado por tipos de sulcadores e compactadores de sulcos da semeadora-adubadora. In: **Comunicado Técnico 81**, Santo Antônio de Goiás, GO, p.4, 2004

SILVA, M. R.; SANTOS, F. P. Construção dos terraços com terraceadores. **Revista Cultivar**. ISSN 1516-358X. Ed: 164 2020. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/construcao-dos-terraços-com-terraceadores>. Acesso em: 28-02-2022.

SILVA, R. C da. **Máquinas e equipamentos agrícolas**. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2014.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & SOARES, J.M. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. I - Estado inicial de compactação. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:1-8, 2002.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F. & FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, ISSN: 25:725-730, 2001. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832001000300022&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832001000300022&script=sci_arttext&lng=pt) Acesso em: 21-04- 2021.

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2016) **Ensaio de tratores agrícolas**. Disponível em: [http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154\\_motores\\_e tratores/Aulas/ensai\\_o\\_de tratores\\_agricolas.pdf](http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e tratores/Aulas/ensai_o_de tratores_agricolas.pdf), Acesso em: 21-08- 2023.

VILACHÁ, Idalia Isla et al. Propuesta de diseño conceptual para um arado de discos con reversión. In: 9na Edición de la Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín. 2019.

WAWGINIAK, Fernando Marcelo Gossler. Os preditores isomórficos e estratégicos da prática de tropicalização: um estudo de casos múltiplos em subsidiárias de montadoras de máquinas agrícolas instaladas no Brasil / por Fernando Marcelo Gossler Wawginiak. – 2018.

WHITE. ROBERT, E. **Princípios e práticas da ciência do solo**. O solo como um recurso natural. 4º ed. São Paulo – SP1: Andrei Editora, 2009, 426p.

YAMASHITA, L. M. R. **Mecanização Agrícola**. Manaus/AM – E-tec, 2010, 116p.

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