

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ENXADAS ROTATIVAS



SISTEMA FAEP



**CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI
CRISTIANO ZERBATO**

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ENXADAS ROTATIVAS

**CURITIBA
SENAR AR/PR
2020**

Depósito legal na CENAGRI, conforme Portaria Interministerial n.164, datada de 22 de julho de 1994 e junto a Fundação Biblioteca Nacional e Centro de Editoração, Documentação e Informação Técnica do SENAR AR-PR.

Autor: Cristiano Zerbato e Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coordenação técnica: Ricardo Dambrós CREA/PR 158527/D

Coordenação metodológica: Tatiana de Albuquerque Montefusco

Normalização: Rita de Cássia Teixeira Gusso CRB9./647

Coordenação gráfica: Carlos Manoel Machado Guimarães Filho

Revisão ortográfica e diagramação: Sincronia Design Gráfico Ltda.

Catálogo no Centro de Editoração, Documentação
e Informação Técnica do SENAR AR/PR.

Furlani, Carlos Eduardo Angeli ; Zerbato,
Cristiano.

F985

Operação e manutenção de enxadas rotativas /
Carlos Eduardo Angeli Furlani [e] Cristiano Zerbato. –
Curitiba : SENAR AR-PR., 2020.

62 p.

ISBN: 978-65-88733-05-9

1. Tratores. 2. Máquinas agrícolas. 3. Enxadas
rotativas-Manutenção. I. Zerbato, Cristiano. II. Título.

CDD630
CDU631.3

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, por qualquer meio, sem a
autorização do editor.

IMPRESSO NO BRASIL – DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



APRESENTAÇÃO

O SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural é uma instituição prevista na Constituição Federal e criada pela Lei no 8.315 de 23/12/1991. Tem como objetivo a formação profissional e a promoção social do homem do campo para que ele melhore o resultado do seu trabalho e, com isso, aumente sua renda e a sua condição social.

No Paraná, o SENAR é administrado pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná – FAEP e vem respondendo por amplo e diversificado programa de treinamento.

Todos os cursos ministrados por intermédio do SENAR são coordenados pelos Sindicatos Rurais e contam com a colaboração de outras instituições governamentais e particulares, prefeituras municipais, cooperativas e empresas privadas.

O material didático de cada curso disponibilizado pelo SENAR é preparado de forma criteriosa e exclusiva para seu público-alvo, a exemplo deste manual. O objetivo é garantir que os benefícios dos treinamentos se consolidem e se estendam. Afinal, quanto maior o número de trabalhadores e produtores rurais qualificados, melhor será o resultado para a economia e para a sociedade em geral.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1. PREPARO DO SOLO	9
1.1 PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO.....	10
1.2 PREPARO REDUZIDO OU CONSERVACIONISTA.....	13
1.3 SISTEMA PLANTIO DIRETO (SPD).....	14
2. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NA COMPACTAÇÃO	17
2.1 EFEITOS DA COMPACTAÇÃO.....	18
2.2 AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO.....	19
2.2.1 Método visual.....	20
2.2.2 Método preciso.....	24
2.2.3 Método intermediário.....	25
3. CONCEITOS E TERMINOLOGIA DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS	29
3.1 OPERAÇÃO AGRÍCOLA.....	29
3.2 IMPLEMENTO AGRÍCOLA.....	29
3.3 MÁQUINA AGRÍCOLA.....	30
3.4 FERRAMENTA.....	31
3.5 TIPOS DE ACOPLAMENTO.....	32
3.6 NOMENCLATURA DOS EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS.....	33
4. ENXADAS ROTATIVAS	35
4.1 CONSTITUIÇÃO DAS ENXADAS ROTATIVAS.....	36
4.1.1 Chassi.....	36
4.1.2 Rotor.....	37
4.1.3 Transmissão.....	39
4.1.4 Patins ou sapatas.....	40
4.1.5 Placa de impacto.....	40
4.1.6 Eixo cardã.....	41
4.2 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	42
5. REGULAGENS	45
5.1 ACOPLAMENTO AO SISTEMA HIDRÁULICO DE TRÊS PONTOS.....	45
5.2 ACOPLAMENTO À TOMADA DE POTÊNCIA.....	47
5.3 CENTRALIZAÇÃO.....	50
5.4 NIVELAMENTOS.....	52
5.4.1 Nivelamento transversal.....	52
5.4.2 Nivelamento longitudinal.....	52

5.5 PROFUNDIDADE DE TRABALHO	52
5.6 ROTAÇÃO DO ROTOR	53
5.7 VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DO CONJUNTO TRATOR E ENXADA ROTATIVA	55
5.8 ALTURA DA PLACA DE IMPACTO	56
5.9 NÚMERO DE LÂMINAS POR FLANGE	57
6. OPERAÇÃO COM A ENXADA ROTATIVA	59
7. MANUTENÇÃO	61

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país essencialmente agrícola, possui uma vasta área de cultivo, principalmente de grãos e pastagens. Porém, a horticultura tem se destacado cada vez mais devido à demanda crescente por legumes e verduras e à exigência por produtos de qualidade elevada, o que afeta significativamente a forma de produção. No Brasil, a área de produção de hortaliças, em 2017, foi de 237.511 hectares.

Os avanços tecnológicos possibilitaram o cultivo em várias regiões do País, otimizando a produção. Neste sentido, tudo deve começar pelo preparo do solo para a implantação das hortaliças que, devido à grande demanda, requer a utilização da mecanização agrícola.

O conceito de preparo do solo não mudou nos últimos anos, no entanto, a busca por melhores produtividades e a manutenção dos recursos naturais, principalmente solo e água, fez com que novas formas de mobilização do solo fossem inseridas no contexto da agricultura.

A menor desagregação do solo é um dos pontos fundamentais para a conservação do mesmo, dessa forma, equipamentos agrícolas devem ser utilizados de forma correta para melhor eficiência e qualidade da operação.

A enxada rotativa tem uso frequente na agricultura, principalmente na área hortícola. No entanto, seu uso acontece, na maioria das vezes, incorretamente, principalmente pelo desconhecimento da máquina e de suas possibilidades de uso.

No Brasil, as primeiras enxadas rotativas que vieram importadas apresentavam relação direta com a Tomada de Potência do Trator (TDP), o que fazia com que as enxadas mobilizassem intensivamente o solo e, na maioria dos casos, o pulverizassem, o que acarretava em erosão. Neste sentido, a enxada rotativa acabou sendo considerada como vilã no processo erosivo do solo.

Novas tecnologias estão sempre aparecendo e, assim, surgiram as novas enxadas rotativas, as quais possibilitavam uma série de regulagens. Essas, usadas de forma correta, podem proporcionar diferentes tamanhos de agregados, que auxiliam tanto no contato íntimo com a semente, propiciando sua germinação e emergência, como também na menor desagregação do solo.

O uso da enxada rotativa nada mais é do que a introdução da mecanização em substituição à enxada manual. O princípio é o mesmo, no entanto, a força para que a enxada penetre no solo vem da TDP e melhor ainda, são várias enxadas trabalhando simultaneamente.

Como na horticultura utilizam-se muitos canteiros pode-se, com um acessório, fazer com que a enxada rotativa execute o preparo do solo e já confeccione o canteiro.

A demanda crescente de produtos alimentícios e de matéria-prima para a indústria requereu um aumento na produtividade e, conseqüentemente, uma maior necessidade de utilizar-se máquinas agrícolas. A tendência é que a demanda continue crescendo, visto que a população mundial deve dobrar em relação ao ano de 2010, ou seja, passar de 6,2 bilhões para 12,2 bilhões em 2040.

Em função desta necessidade, a busca por métodos, máquinas e tecnologias é cada vez maior, sempre visando a maior economia, maior produtividade, menor demanda energética e à conservação do solo e da água.

A enxada rotativa é uma máquina de preparo do solo utilizada em vários países e, no Brasil, ganhou destaque nas últimas décadas, principalmente com o uso em horticultura. O equipamento apresenta como características principais o preparo do solo para posterior semeadura em apenas uma operação e, em função da diversidade de regulagens, o controle do grau de desagregação do solo.

O princípio de funcionamento das enxadas rotativas ocorre pela utilização da tomada de potência (TDP) dos tratores, que aciona um eixo horizontal com lâminas (enxadas), as quais mobilizam o solo. Como utiliza a TDP, os tratores podem ser de baixa potência, pois a transmissão do motor até a TDP do trator apresenta perdas bem menores que na barra de tração e sistema hidráulico.

Como curiosidade, segundo Balastreire (1987), a chegada das enxadas rotativas no Brasil colocou à prova as características de desempenho da tomada de potência dos tratores agrícolas nacionais.

1 PREPARO DO SOLO

O preparo do solo proporciona a melhoria das suas condições para ótima germinação das sementes, emergência das plântulas, desenvolvimento radicular e, por consequência, melhor produtividade das culturas. Dessa forma, a mobilização do solo objetiva ambiente favorável ao desenvolvimento das culturas, com a melhoria das condições do solo, tais como: aeração, retenção e absorção de água, entre outros.

A definição de preparo do solo: são operações agrícolas que envolvem mobilização por meio da ação mecânica da camada arável do solo, na qual ocorre o desenvolvimento da maior parte das raízes das plantas. Assim, formam-se agregados, que, no caso de cobertura vegetal na superfície, podem misturar-se aos mesmos ou serem incorporados.

A mobilização do solo também pode auxiliar no controle de plantas daninhas, propiciado pela inversão da leiva (fatia de solo cortado), deste modo, as raízes das plantas daninhas ficam expostas aos raios solares e a parte verde é enterrada, o que acarreta em morte da invasora e fornecimento de matéria orgânica ao solo.

O preparo do solo, quando realizado de forma incorreta, acarreta problemas que podem levar os solos, mesmos os mais férteis, a se tornarem improdutivo. Alguns dos problemas comuns são: desestruturação do solo, dificultando o desenvolvimento do sistema radicular das culturas implantadas, encharcamento rápido e formação de uma camada compactada de solo a uma determinada profundidade, chamada de pé-de-arado ou pé-de-grade e, por fim, problemas com a perda de solo por erosão.

A operação de preparo do solo demanda grande quantidade de energia em função dos órgãos ativos das máquinas e implementos estarem em contato direto com o solo. Solos com maior teor de argila e umidade demandam ainda mais energia, o que aumenta consideravelmente o custo de produção total.

Definir como e qual sistema de preparo do solo utilizar não é uma tarefa fácil, não existe receita para tal. Esta escolha deve levar em consideração uma série de fatores, como:

- o tipo de solo, se este é mais propenso à compactação, se é facilmente erodido;
- o clima da região, a quantidade e intensidade de precipitação;
- qual cultura será implantada, o tamanho da semente (para que ocorra a germinação, o contato solo-semente deve ser levado em consideração);
- como será efetuada a colheita;
- a topografia do terreno;

- a presença de pragas no solo e se é necessário ou não o revolver para controle;
- as características socioeconômicas da região, disponibilidade de mão de obra, nível de instrução, entre outras tantas.

A ASAE (1997), define uma série de sistemas de preparo do solo. Este material tratará dos três mais utilizados no Brasil: convencional, reduzido ou conservacionista e plantio direto. Todos têm sua importância e relevância em diferentes regiões do Brasil e nas diferentes culturas.

1.1 PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO

De acordo com Balastreire (2005), o preparo convencional do solo é chamado assim devido a ser o primeiro sistema que surgiu e ainda é bastante utilizado até os dias atuais. Quando o homem era nômade, ou seja, não possuía uma habitação fixa, usava o solo e depois partia para outro local, por isso não se dava conta do desgaste do solo.

A partir do momento em que começou a fixar-se em um local, observou que, com o passar dos anos, a produção diminuía. Dessa forma, entendeu que a mobilização do solo (preparo) auxiliava na melhora da produtividade, surgindo, então, o preparo periódico do solo.

No preparo convencional ocorre alta mobilização do solo, primeiro realizada por uma aração, seja com arado de aivecas ou de discos. Esta mobilização pode atingir até 45 cm de profundidade, dependendo do tamanho do órgão ativo do arado.

Como a aração faz o corte, elevação e inversão de uma fatia de solo na profundidade de trabalho, todo esse volume de solo é mobilizado, ou seja, desagregado.

De certa forma, isso é interessante do ponto de vista de aeração do solo e da diminuição da resistência, o que facilita a infiltração de água, desenvolvimento do sistema radicular das plantas, entre outros. No entanto, também pode ser prejudicial, pois o solo, quanto mais desagregado, apresenta maior possibilidade de ser erodido.

Com a inversão da fatia cortada pelo arado, que muitas vezes é colocada como tombamento da leiva, a parte superior do solo passa para a parte de baixo e vice-versa. Neste caso, se o solo estiver coberto por massa vegetal, esta é praticamente toda incorporada. Por um lado, isso pode ser benéfico, por agregar matéria orgânica ao solo, mas também pode ser prejudicial, por deixar o solo totalmente exposto ao impacto das gotas de chuva, principal agente de erosão. Mesmo dentro do preparo convencional, considerado o mais simples, há muitas variáveis que precisam ser consideradas antes de se tomar a decisão de utilizá-lo.

Figura 1 – Aração com a incorporação quase total da cobertura vegetal do solo.



Fonte – Pixabay, 2019.

A aração também pode ser utilizada para incorporação de corretivos ao solo, como, por exemplo, a calagem, a gessagem, os adubos orgânicos, entre outros, distribuindo-os em todo perfil do solo dentro da profundidade de trabalho.

Após a aração, o solo ainda não está pronto para a operação de semeadura, pois sua superfície não está totalmente nivelada e também há agregados (torrões) de tamanho relativamente grandes, o que prejudicaria a colocação das sementes.

Figura 2 – Solo desnivelado e com presença de torrões relativamente grandes.



Fonte – Furlani, 2018.

Dessa forma, é necessário quebrar os agregados para que fiquem menores e para que a superfície do solo seja nivelada.

As grades de discos são utilizadas com essa finalidade: os discos, ao entrarem em contato com os torrões, os quebram em torrões menores e, conseqüentemente, se moldam melhor uns aos outros, tornando o solo nivelado para a operação de semeadura.

Figura 3 – Solo destorroado e nivelado após a passagem da grade.



Fonte – Furlani, 2018.

Normalmente são realizadas duas gradagens que denominamos de niveladoras/destorroadoras. A necessidade de um número maior de gradagens é sinal de que a operação está sendo realizada em solo com baixa umidade.

Existem também as grades pesadas, erroneamente chamadas de aradoras ou Romi. Ressalta-se aqui que as grades penetram no solo em função de seu peso e do ângulo de abertura, então, quanto mais pesada a grade, maior é a capacidade de penetração da mesma.

Esta grade pode substituir os arados, porém, é uma situação diferente, pois a grade pesada não faz a inversão do solo como é realizada pelos arados. Outro ponto que difere é que a grade vai trabalhar em menor profundidade e também necessita de uma gradagem niveladora/destorroadora na sequência. A grande vantagem é que trabalha em maior velocidade e com maior largura de corte, ou seja, tem alta capacidade operacional (ha/h).

A aração em áreas de culturas anuais encontra-se em declínio, devido ao custo elevado, à demanda de tempo por unidade de área, ao gasto de combustível e por razões conservacionistas. No entanto, em solos que se compactam facilmente e em determinadas culturas, o preparo convencional é a única opção.

Diante do grau de desagregação do solo e da retirada de cobertura do solo causados pelo preparo convencional, foram desenvolvidos novos sistemas que preconizam uma menor desagregação do solo e, por consequência, maior conservação do solo e da água.

Neste contexto, a diminuição do número de operações agrícolas na área também foi o motivo para o surgimento de novas tecnologias, como foi o caso do preparo reduzido ou conservacionista.

1.2 PREPARO REDUZIDO OU CONSERVACIONISTA

O preparo reduzido ou conservacionista, como o próprio nome diz, é a redução do número de operações em relação ao preparo convencional que, no caso, possui três: uma aração e duas gradagens. No preparo reduzido, pode-se, em uma única operação, deixar o solo em condições de semeadura.

Este tipo de preparo utiliza o escarificador que mobiliza o solo por meio de hastes com ponteiros em sua extremidade inferior; são essas os órgãos ativos, que têm contato direto com o solo e o mobilizam de forma vertical, de baixo para cima em ângulos de 45°, sendo a desagregação do solo bem menor em relação ao preparo convencional. A profundidade máxima de trabalho de um escarificador é de 30 cm.

Outro ponto fundamental nesse tipo de preparo é a realização em uma única operação, que já deixa o solo preparado para a semeadura. Para que isto ocorra, é necessário que o escarificador apresente um rolo destorroador/nivelador em sua parte posterior; esse tem a função de, como o próprio nome diz, destorroar (quebrar) os torrões e também nivelar o solo. Isso é necessário, pois as ponteiros também formam torrões relativamente grandes. Aqui pode-se observar que o rolo destorroador está realizando a função da grade de discos.

No entanto, em relação à conservação do solo, é necessário também a manutenção de cobertura vegetal sobre o mesmo. Assim, um equipamento de hastes/ponteira, para trabalhar em solo com palhada na superfície, deve apresentar discos de corte que têm a função de cortar a palhada à frente de cada haste escarificadora.

O escarificador pode realizar muito bem o preparo do solo de forma reduzida, em apenas uma operação, e ainda manter mais de 70% da cobertura vegetal existente sobre o solo.

Figura 4 – Solo preparado após uma única passagem de escarificador.



Fonte – Grupo Cultivar, 2018.

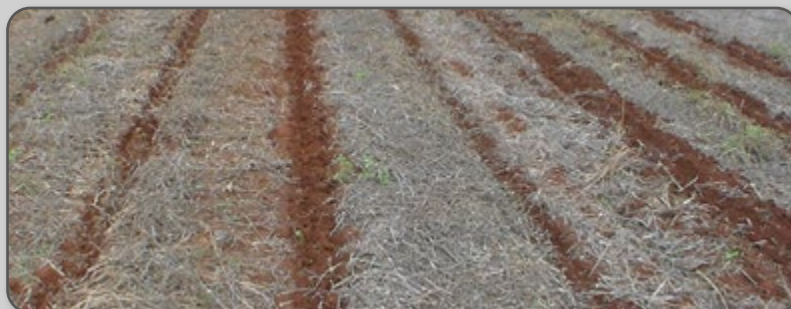
Outra vantagem da operação de escarificação pode ser apontada como a menor demanda de tempo e o menor consumo de combustível por unidade de área. No entanto, apresenta a desvantagem de não controlar plantas daninhas como a aração, pois não inverte a camada de solo.

A constante atualização de processos é destaque a todo o momento, neste contexto, pensando sempre em menor mobilização do solo e na manutenção de palhada na superfície, surgiu o Sistema Plantio Direto.

1.3 SISTEMA PLANTIO DIRETO (SPD)

O Sistema Plantio Direto é composto por um conjunto de tecnologias que podem resultar em aumento de produtividade. No entanto, um ponto fundamental é a preservação do solo e da água. Fato este relacionado ao não revolvimento do solo, permanência de cobertura vegetal na superfície e rotação de culturas.

Figura 5 – Área com sistema plantio direto.



Fonte – Furlani, 2018.

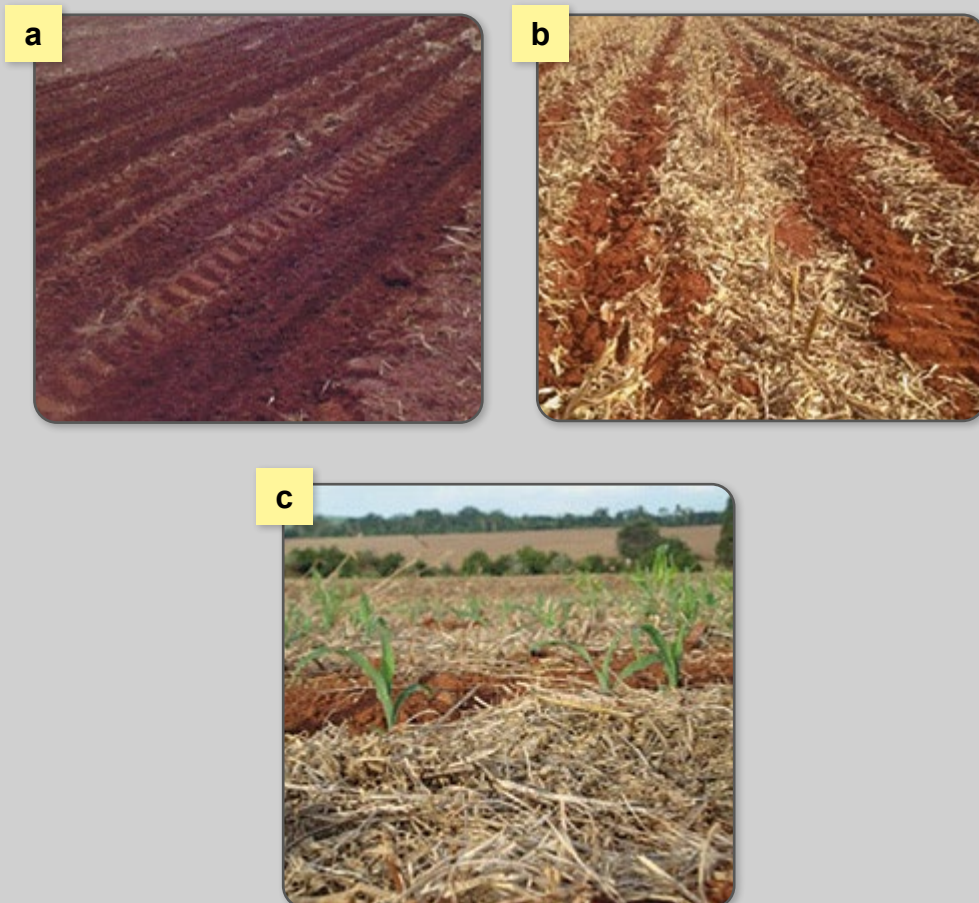
O SPD é, para muitos, apenas a sementeira em solo não preparado, porém, envolve uma série de eventos. Para iniciar o SPD deve-se verificar as condições químicas e físicas do solo, pensar em um sistema de rotação de culturas, seja no inverno para produção de massa seca e no verão com a cultura principal, que também deve ser rotacionada. Ou seja, são muitos fatores a considerar ao longo do tempo.

Um detalhe que não pode passar sem atenção é que, na operação de sementeira, o sulcador de adubo, normalmente uma haste, deve preparar o solo de forma localizada, ou seja, na linha de sementeira, pois a semente, como foi colocada no início, deve ter condições ideais de germinação.

Diante do exposto, pode-se observar como fica a superfície do solo após os três sistemas de preparo do solo apresentados:

- a) convencional.
- b) reduzido ou conservacionista.
- c) sistema plantio direto.

Figura 6 – Preparo convencional, reduzido ou conservacionista e Sistema Plantio Direto.



Fonte – Furlani, 2018.

2 INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NA COMPACTAÇÃO

A utilização constante do solo, seja pela alocação de mais de uma cultura por ano, pela intensiva mecanização, por pisoteio de animais, entre outras, faz com que o mesmo apresente camadas de impedimento de desenvolvimento de raízes, infiltração de água etc., que é a chamada compactação do solo.

A compactação acarreta em aumento da densidade do solo e redução da porosidade, que acontece quando o solo é submetido à certa pressão. Como pressão é definida como massa sobre área, qualquer objeto que possua massa e área, colocado sobre a superfície do solo, vai exercer uma pressão sobre o mesmo. Resta saber se esta pressão será suficiente para causar uma compactação prejudicial ao solo e às plantas.

Como exemplo de compactação do solo, o tráfego de tratores e máquinas agrícolas, principalmente em condições inadequadas de trabalho e o pisoteio de animais são os principais. O que compacta mais o solo, um trator de rodas ou um de esteiras? Normalmente a resposta é sempre o trator de rodas, visto que o de esteiras apresenta maior área de contato com o solo, porém esta afirmação nem sempre é verdadeira. Deve-se também levar em conta a massa do trator e área de contato com o solo. Se o trator de esteiras apresentar massa superior ao trator de rodas, pode ser que mesmo com a maior área de contato da esteira com o solo, a massa seja suficiente para uma maior compactação.

O solo é formado por três fases: sólida (material mineral e orgânico), líquida (água) e gasosa (ar). As três fases mantêm certo equilíbrio, que pode ser alterado pela chuva, seca ou utilização pelo homem (máquinas). Segundo Camargo e Aleoni (1997) um solo ideal é composto por 50% de volume de sólidos e 50% de volume de poros totais que, em condição de capacidade de campo, apresentaria 33,5% de água e 16,5% de ar. Neste contexto, pode-se definir a compactação como sendo realizada pelo homem e o adensamento, como sendo realizado por fatores pedogenéticos (climáticos e microrganismos), que ocorrem basicamente por ação da água e materiais finos carregados para camadas inferiores do solo.

Quando o solo sofre uma pressão ocorre a deformação que é a movimentação das partículas sólidas e líquidas, resultando na diminuição de volume, ou seja: o solo compactado apresenta seus espaços vazios (poros) diminuídos, prejudicando a germinação das sementes, a emergência de plântulas, o desenvolvimento do sistema radicular e a produtividade das culturas, além de prejudicar o armazenamento de água, a disponibilidade da mesma e a aeração do solo.

Figura 7 – Pressão sobre o solo e deformação do mesmo.



Fonte – Furlani, 2018.

? VOCÊ SABIA?

Solos com quantidades menores de matéria orgânica, maior teor de água e solos argilosos sofrem maior compactação.

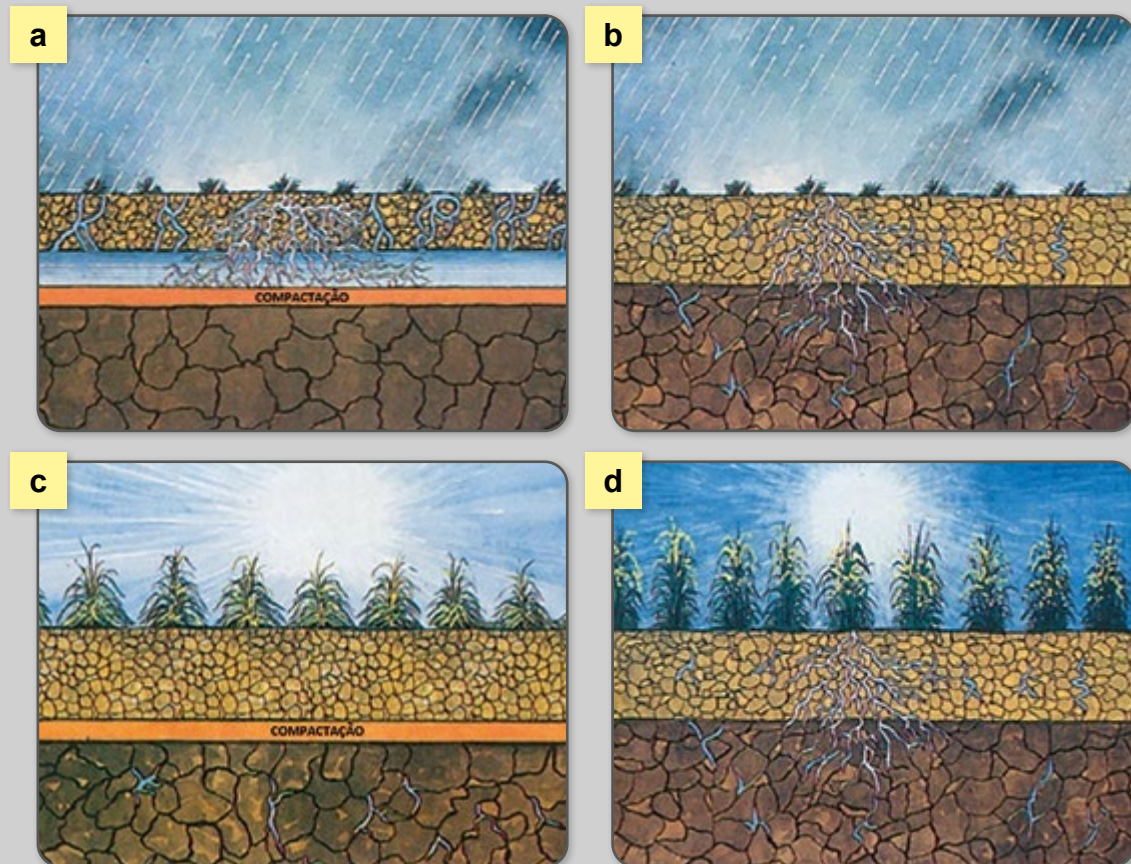
2.1 EFEITOS DA COMPACTAÇÃO

A partir do momento em que a compactação está instalada, seus principais efeitos são:

- **reduz** o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular;
- **diminui** a capilaridade do solo, ou seja, impede que a água de subsuperfície se desloque para a parte superior do solo e encontre as raízes; para melhor entendimento, observar:

EFEITOS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO		
	COM CHUVA	SEM CHUVA
COM COMPACTAÇÃO	Não ocorre infiltração de água, os “reservatórios” do solo ficam vazios (figura 8a)	A água não “sobe” por capilaridade, ocorre falta de água às plantas (figura 8c)
SEM COMPACTAÇÃO	A água infiltra e é armazenada no solo (figura 8b)	A água chega até às culturas (figura 8d)

Figura 8 – Movimento da água no solo.



Fonte – Adaptado de Tatu Marchesan, 2019.

A compactação do solo:

- **dificulta** a infiltração de água no solo, formando poças na superfície podendo, em muitos casos, escorrer na superfície;
- **contribui** para a erosão do solo porque dificulta a infiltração causando o escoamento superficial;
- **diminui** a produtividade das culturas;
- **aumenta** o consumo de combustível e as emissões de gases poluentes dos tratores, que trabalharão com maior demanda de força.

2.2 AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO

A compactação do solo, como já visto anteriormente, é bastante prejudicial à agricultura. Dessa forma, é fundamental saber se o solo está compactado e, principalmente, a que profundidade.

Para verificar a compactação do solo, três métodos são normalmente utilizados: o primeiro é bastante grosseiro, o segundo é bem preciso e o terceiro é intermediário, porém, o mais utilizado e que apresenta um resultado bastante confiável, se bem aplicado.

2.2.1 Método visual

O método visual, também conhecido como 'grosseiro' é realizado basicamente por observação do solo e das plantas.

No solo, pode-se observar:

- **água empoçada:** isto acontece em função de um impedimento físico (compactação). A água não se infiltra no solo e acaba por se acumular na superfície do solo formando poças.

Figura 9 – Água empoçada.



Fonte – Furlani, 2018.

- **sulcos de erosão:** a presença destes sulcos indica que a água não está infiltrando-se como deveria e está ocorrendo escoamento superficial, causando sulcos de erosão.

Figura 10 – Sulcos de erosão.



Fonte – Furlani, 2018.

- **crostas superficiais:** também são resultantes de pouca infiltração de água no solo.

Figura 11 – Crostas superficiais.



Fonte – Gassen, 2018.

- **aumento de demanda de força:** nas operações agrícolas com o trator.

Na planta, pode-se observar:

- **raízes:** sistema radicular raso e malformado, as raízes são 'preguiçosas' e procuram o caminho mais fácil, desviando das camadas compactadas.

Figura 12 – Sistema radicular afetado pela compactação.



Fonte – Sincronia design, 2020.

- **falhas:** localizadas na germinação das sementes.

Figura 13 – Falha na germinação das sementes.



Fonte – Furlani, 2018.

- **atraso:** na emergência das plântulas.

Figura 14 – Atraso na emergência das plântulas.



Fonte – Furlani, 2018.

- **folhas:** coloração não característica, por exemplo, uma cor mais amarelada pode ser indício de solo compactado.

Figura 15 – Coloração diferente das plantas.



Fonte – Furlani, 2018.

- **plantas:** menores que o normal para a época de desenvolvimento, pode-se observar este detalhe para plantas que estão no mesmo período vegetativo.

Figura 16 – Reboleira com plantas menores.



Fonte – Furlani, 2018.

As observações no solo e na planta são visuais e indicam problemas de compactação. No entanto, não se pode afirmar com certeza absoluta que realmente ocorre compactação. Esse é um método 'grosseiro', mas serve de parâmetro inicial para uma detecção mais técnica, utilizando equipamentos adequados.

2.2.2 Método preciso

O método preciso para determinação da compactação do solo mais utilizado é a densidade do solo. Segundo Camargo e Aleoni (1997), a densidade do solo é a medida mais direta da compactação, sendo realizada por anel volumétrico (50 cm³) que é introduzido no solo por meio de pancadas ou pressão. Ainda, são citados pelos mesmos autores que existem métodos mais sofisticados como, por exemplo, a tomografia computadorizada de raios gama.

O uso da densidade para a determinação da compactação do solo é, como já foi colocado anteriormente, um método preciso. Porém, demanda bastante mão de obra e tempo, tendo um custo relativamente elevado. Neste método, deve-se 'cravar' um anel de volume conhecido no solo, na profundidade desejada, assim tem-se uma amostra indeformada do solo.

Figura 17 – Anel de volume conhecido.



Fonte – Furlani, 2018.

Para que a determinação da compactação não seja tão grosseira como no método visual e dispendiosa como no método preciso, surgiu um método intermediário, que é bastante utilizado em áreas agrícolas.

2.2.3 Método intermediário

A determinação da camada compactada deve ser feita em área total, visto que as condições do solo mudam bastante, mesmo em áreas próximas. Assim, utiliza-se para este terceiro método os penetrômetros e os penetrógrafos. O penetrômetro exige que uma pessoa anote o dado em uma planilha, enquanto o penetrógrafo registra a medição no próprio equipamento.

? VOCÊ SABIA?

Os penetrômetros e penetrógrafos não medem o quanto o solo está compactado, mas sim a camada de maior resistência mecânica do solo à penetração de uma haste com ponteira cônica.

a) Penetrômetro com anel dinamométrico

O penetrômetro de mola é composto por uma haste, normalmente de 50 a 55 cm, com marcações a cada 5 cm, uma ponteira cônica de 30°, um marcador e um apoio para as mãos. O funcionamento é bastante simples, basta o operador manter o equipamento na posição vertical e, com a própria força, fazer com que o mesmo penetre no solo. No entanto, deve-se atentar para que a cada 5 cm de profundidade da haste seja feita a leitura da resistência do solo no marcador e anotada em planilha. Assim, tem-se o valor da resistência mecânica do solo à penetração a cada cinco centímetros de profundidade.

Figura 18 – Penetrômetro de mola.



Fonte – Furlani, 2018.

**VOCÊ SABIA?**

As medições devem ser feitas em vários pontos, dependendo do tamanho da área, pelo menos 2 a 4 medições por hectare. Para a medição correta é importante que o teor de água do solo esteja uniforme em todo perfil do solo, pois um local mais seco ou úmido pode alterar a medição. Este tipo de penetrômetro apresenta o problema de que a penetração da haste deve ocorrer com velocidade constante, o que dificilmente acontece, pois conforme a “dureza” do solo, o operador altera a força. Para resolver este problema, Stolf, Fernandes e Furlani Neto (1983) construiu o penetrômetro de impacto.

b) Penetrômetro de impacto

O penetrômetro de impacto também apresenta uma haste graduada de 5 em 5 cm e ponteira cônica de 30°. A grande diferença é a colocação de um peso de massa de 4 kg que é guiado por uma haste na parte superior. Esta haste superior apresenta um batente inferior, onde o peso cai e um batente superior, regulável, que é utilizado para manter sempre a mesma altura para a posterior queda do mesmo.

Figura 19 – Penetrômetro de impacto.



Fonte – Furlani, 2018.

Para a determinação da camada compactada é necessário levantar o peso até o batente superior e o soltar: a cada “batida” que o mesmo dá no batente inferior, a haste com a ponteira penetra no solo até certa profundidade. Assim, conta-se o número de impactos para que a haste penetre 5 cm no solo. Na profundidade em que os 5 cm receberem maior número de pancadas é a camada de compactação.

c) Penetrógrafos

Os penetrógrafos são equipamentos para a determinação da profundidade da camada compactada. Diferenciam-se dos penetrômetros, pois armazenam a leitura no próprio equipamento. Um exemplo deste equipamento é o penetrógrafo com célula de carga.

Figura 20 – Penetrógrafo com célula de carga.



Fonte – Furlani, 2018.

Considerando que a velocidade de penetração da haste deve ser constante, a forma de sanar este problema foi fazer o acionamento da haste por meio de força externa, com o uso de um motor elétrico.

Para agilizar as coletas e o deslocamento dentro da área, o penetrógrafo pode ser acoplado a um meio de locomoção, como um quadriciclo.

Figura 21 – Penetrógrafo acoplado a um quadriciclo.



Fonte – Furlani, 2018.

3 CONCEITOS E TERMINOLOGIA DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS

Apesar de o Brasil ser um país de dimensões continentais e, por isso, ter vários sotaques e regionalismos, existem termos técnicos para designar todos os equipamentos e atividades agrícolas. Vamos conhecê-los.

3.1 OPERAÇÃO AGRÍCOLA

No meio agrícola são realizadas diversas atividades, a mais comum é chamada de **operação agrícola** que é definida como: toda atividade direta e permanentemente relacionada com a execução do trabalho de produção agropecuária (MIALHE, 1974).

Figura 22 – Exemplo de operação agrícola.



Fonte – Furlani, 2018.

3.2 IMPLEMENTO AGRÍCOLA

Basicamente, os equipamentos agrícolas são divididos em implementos e máquinas. Normalmente esses termos são utilizados como sinônimos, porém, não o são. Pode-se utilizar como definição popular que **implemento agrícola** é um equipamento mecânico que, acoplado a uma fonte de potência (trator ou a animal), desempenha funções na agricultura como, por exemplo, preparar o solo.

Segundo Mialhe (1974), **implemento agrícola** é o conjunto constrangido de órgãos que não apresentam movimentos relativos nem têm capacidade de transportar energia. O único movimento que possuem é o de deslocamento em relação ao solo, que normalmente é realizado por uma máquina tratora. Como exemplos de implementos

agrícolas, podemos citar o arado de aivecas sem disco de corte e o escarificador com somente o chassi, hastes e ponteiras.

Figura 23 – Exemplo de implemento agrícola: subsolador.



Fonte – Tatu Marchesan, 2019.

De forma mais simples, pode-se dizer que em um **implemento agrícola** nenhuma parte do mesmo apresenta movimento em relação ao próprio, ou seja, apenas movimento em relação ao solo. A roda de transporte ou de controle de profundidade, mesmo com movimento, não torna o equipamento uma máquina.

3.3 MÁQUINA AGRÍCOLA

Ainda segundo Mialhe (1974), **máquina agrícola** é definida como o conjunto de órgãos que apresentam movimentos relativos a si próprio. Aqui também pode-se definir, de maneira simplificada, que máquina agrícola apresenta movimento de pelo menos uma parte relativa a ela mesma, lembrando que a roda de transporte ou de controle de profundidade, mesmo com movimento, não torna o equipamento uma máquina.

Também pode-se dizer que se o equipamento está acoplado à TDP (tomada de potência) será uma máquina agrícola. Como exemplos de máquinas agrícolas, podemos citar a enxada rotativa, escarificador com disco de corte e/ou rolo destorroador e semeadora.

Figura 24 – Exemplo de máquina agrícola: enxada rotativa.

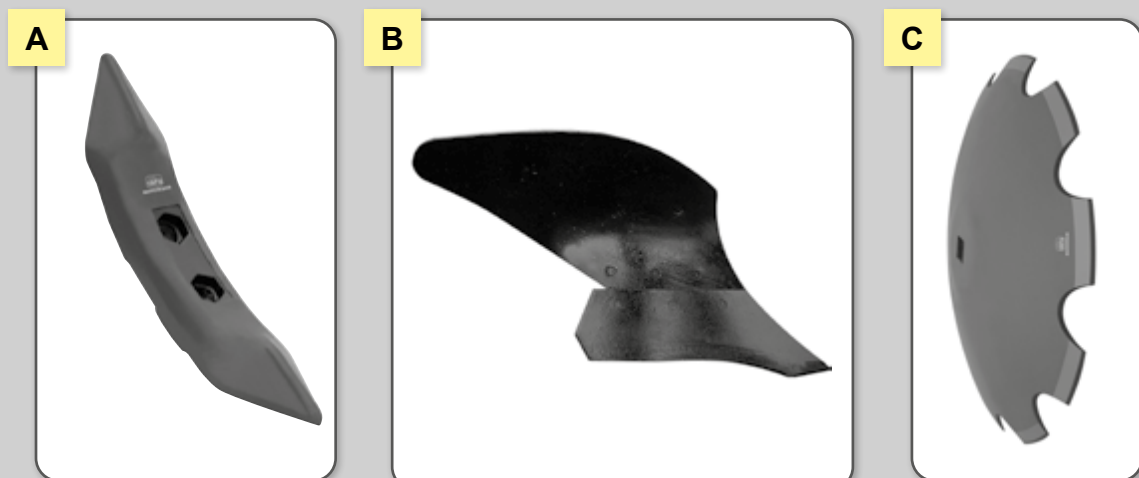


Fonte – Lavrale, 2019.

3.4 FERRAMENTA

A norma ABNT NB – 66 também define o termo **ferramenta**: que é o implemento em sua forma mais simples, o qual entra em contato direto com o material trabalhado, acionado por uma fonte de potência qualquer. Também chamada de **órgão ativo**, a ferramenta pode ser, por exemplo, a ponteira de um escarificador, a aiveca e o disco dos arados, ou seja, a parte que diretamente trabalha o solo.

Figura 25 – Exemplos de ferramentas (órgãos ativos): A) Ponteira, B) Aiveca e C) Disco.



Fonte – A) e C) Tatu Marchesan, 2019 e B) Ikeda, 2019.

3.5 TIPOS DE ACOPLAMENTO

Outra definição importante é quanto ao acoplamento à fonte de potência, é denominado de equipamento de arrasto àquele cujo acoplamento é realizado por um único ponto, ou seja, na barra de tração do trator, vulgarmente chamada de ‘rabicho’ ou ‘engate’. Dessa forma, têm-se o arado de arrasto, a grade de arrasto, a semeadora de arrasto etc.

Figura 26 – Máquina acoplada à barra de tração do trator.



Fonte – Brasil, 2017.

Equipamentos montados são aqueles cujo acoplamento se dá por três pontos que são acoplados ao sistema hidráulico de três pontos (SH3P) do trator. Quando esse tipo de acoplamento é utilizado, deve-se atentar para a sequência correta de acoplamento, que será explicada mais adiante. Alguns exemplos de equipamentos montados são: arado de disco/aiveca montado, semeadora montada, roçadora montada, etc.

Figura 27 – Implemento montado no SH3P do trator.



Fonte – Brasil, 2017.

3.6 NOMENCLATURA DOS EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS

A nomenclatura das máquinas e implementos agrícolas são os termos que mais geram confusão. É muito comum a utilização do sufixo ‘**eira**’ na designação dos mesmos, como em semeadeira e plantadeira. No entanto, semeadeira e plantadeira na verdade são a mulher que semeia e a mulher que planta, respectivamente.

Na verdade, os termos corretos seriam, semeadora e plantadora, com o sufixo ‘**ora**’. Em resumo, sempre que se quer definir o nome de um equipamento agrícola deve-se colocar o sufixo ‘**ora**’. Exemplos: semeadora, roçadora, colhedora, enfardadora, entre outros.

Voltando para os termos **semeadeira** e **plantadeira**, o correto é dizer semeadora de fluxo contínuo, ou seja, máquina que dosa sementes miúdas (trigo, centeio, aveia, etc.) e semeadora de precisão, ou seja, máquina que dosa sementes graúdas (feijão, milho, soja, etc.).

4 ENXADAS ROTATIVAS

As enxadas rotativas apresentam classificação bastante simples, dividida em hortícolas ou acionadas pela TDP do trator. No entanto, podemos citar também os rotoencanteiradores. As enxadas rotativas hortícolas são parte dos tratores de rabiças e as acionadas pela TDP são acopladas ao sistema hidráulico de três pontos do trator. Os rotoencanteiradores nada mais são que enxadas rotativas com acessórios para a confecção de canteiros.

Figura 28 – Rotoencanteirador A) e enxada rotativa B).



Fonte – Lavrale, 2019.

As enxadas rotativas apresentam como funções:

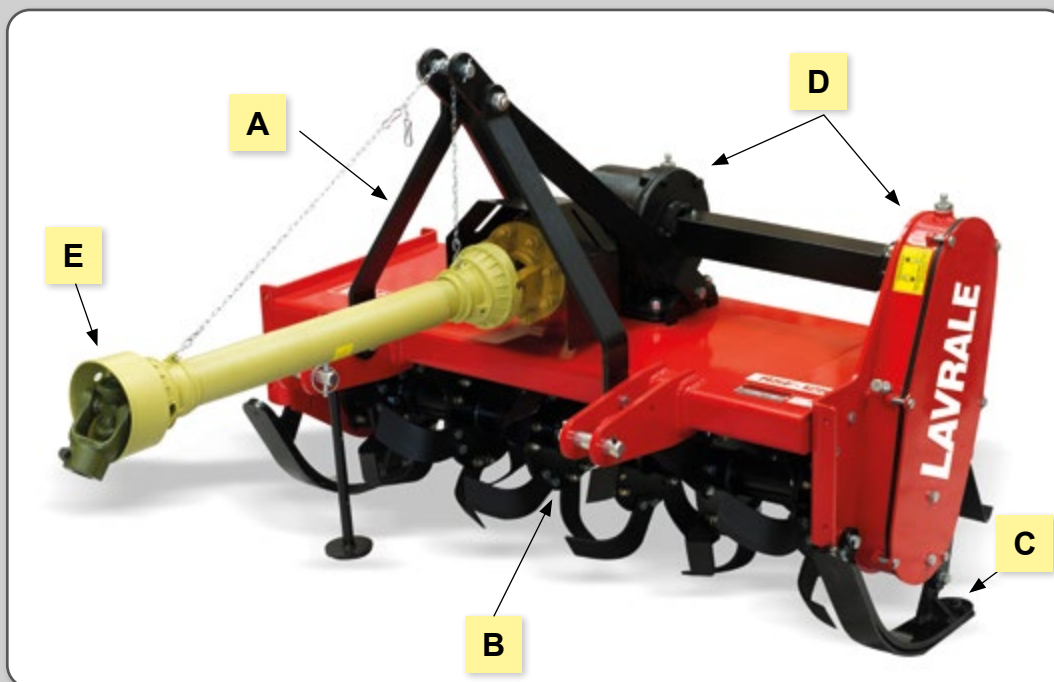
- a) Preparo periódico do solo: executam a mobilização do solo para a implantação de culturas anuais. No entanto, por seu porte relativamente pequeno, são utilizadas em pequenas propriedades agrícolas;

- b) Preparo do solo para horticultura: executam a mobilização do solo para implantação de hortaliças ou mudas e podem possuir acessórios para confeccionar os canteiros;
- c) Incorporação de plantas daninhas: pela rotação das enxadas e profundidade de trabalho podem efetuar a capina de plantas daninhas, bem como a incorporação das mesmas;
- d) Incorporação de adubos, corretivos e restos vegetais.

4.1 CONSTITUIÇÃO DAS ENXADAS ROTATIVAS

As enxadas rotativas são compostas basicamente por chassi, rotor, placa de impacto, patins ou sapatas, transmissão e eixo cardã.

Figura 29 – Enxada rotativa: A) chassi, B) rotor, C) patins, D) transmissão e E) eixo cardã.



Fonte – Lavrale, 2019.

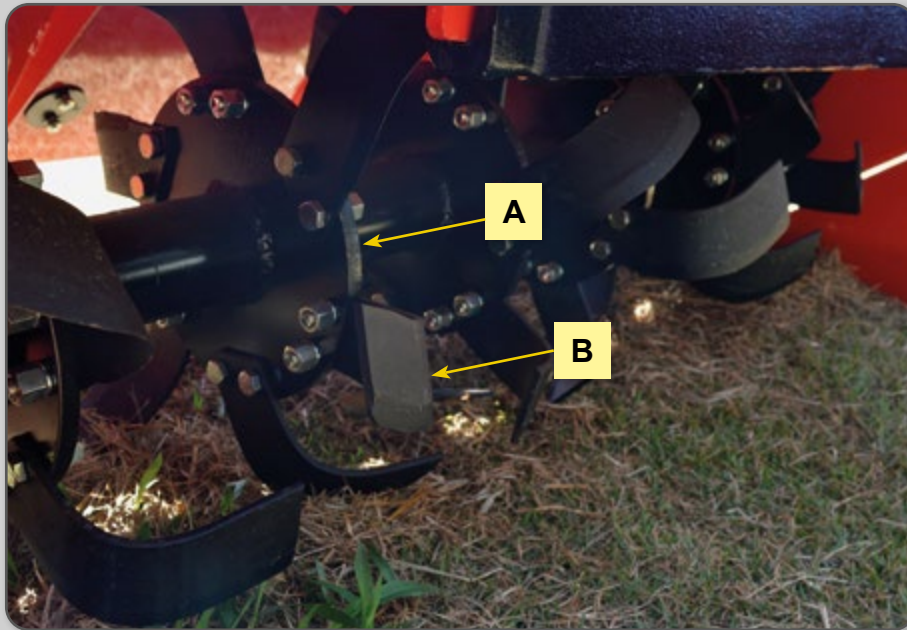
4.1.1 Chassi

As enxadas rotativas são acopladas ao sistema hidráulico de três pontos do trator, desta forma, além de sua função estrutural, o chassi apresenta a torre com os 3 pontos de engate. O chassi apresenta uma estrutura fechada o que, do ponto de vista da segurança é fundamental, pois é em seu interior que estão as lâminas que giram em altas rotações.

4.1.2 Rotor

O rotor da enxada rotativa é composto por um eixo dotado de flanges, onde encontram-se as lâminas ou enxadas. Está paralelo ao solo e perpendicular à direção de deslocamento do conjunto trator/enxada rotativa. É fixado ao chassi da máquina por meio de mancais com rolamentos, que lhes proporcionam o movimento de rotação.

Figura 30 – Rotor: A) flange, B) lâmina ou enxada.



Fonte – Furlani, 2018.

a) Flanges

Os flanges são dispostos paralelos ao longo do eixo e seu número varia de acordo com a largura da máquina. Cada flange comporta um número determinado de lâminas, que pode variar de acordo com a regulagem adotada.

b) Enxadas ou lâminas

As enxadas ou lâminas com formato em 'L', também chamadas de universais, são as mais comuns e apresentam maior demanda de potência do trator do que as outras. Produzem boa desagregação do solo e podem trabalhar em solos com restos vegetais, provocando sua incorporação, sem problemas de embuchamento. No entanto, por seu formato reto na parte inferior, apresentam a desvantagem de 'alisar' demasiadamente o solo, o que acarreta em espelhamento e, conseqüentemente, numa camada de solo compactado.

Figura 31 – Espelhamento do solo causado pelo uso de lâminas em L.



Fonte – Dambrós, 2019.

As lâminas em 'C', também chamadas de velozes, são utilizadas em aplicações gerais. Pelo seu formato, o solo não adere às mesmas, o que acarreta em menor demanda de potência do trator. Como o próprio nome diz, são utilizadas em maiores rotações.

Figura 32 – Lâmina em "C".



Fonte – Furlani, 2018.

Por último, existem as lâminas retas que são pouco utilizadas, pois só são eficientes em terrenos limpos, livres de vegetação e solos leves. Entretanto, exigem pouca potência do trator.

Figura 33 – Lâmina reta.



Fonte – Furlani, 2018.

4.1.3 Transmissão

A caixa de transmissão apresenta as seguintes funções: diminuir a rotação que chega da TDP do trator, com a possibilidade de mudança de rotação no rotor (aumento ou diminuição), e a transmissão da rotação em um ângulo de 90° para um conjunto de engrenagens que estão localizadas na lateral da máquina.

A redução da rotação que chega da TDP e a consequente diminuição de rotação do rotor pode ser realizada por meio de um par de engrenagens (coroa e pinhão), que estão em uma caixa hermética com óleo lubrificante.

Em alguns modelos de enxadas rotativas, ainda dentro da caixa de transmissão, existem engrenagens que, combinadas, podem aumentar ou diminuir a rotação do rotor.

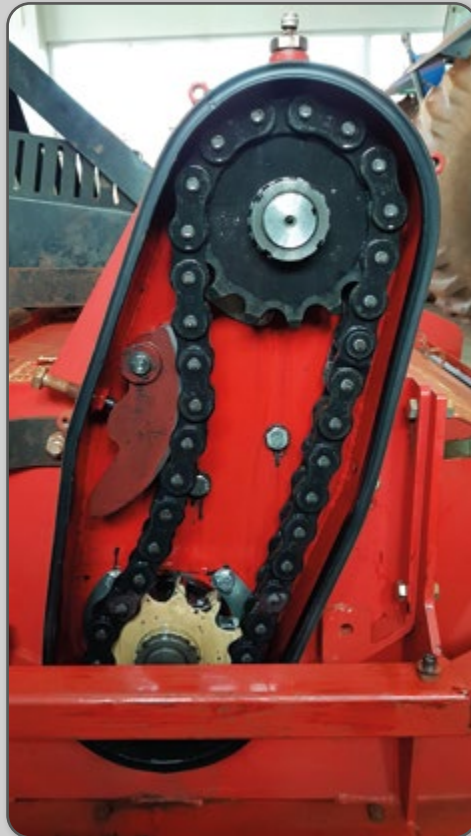
Figura 34 – Engrenagens de mudança de rotação dentro da caixa de transmissão.



Fonte – Furlani, 2018.

Resumindo, a rotação que sai da TDP passa pelo eixo cardã, pela embreagem de segurança, pela caixa de transmissão e chega às engrenagens laterais da máquina. As engrenagens, localizadas na lateral da máquina e acionadas por corrente, também apresentam regulagens: a engrenagem superior está no mesmo nível da caixa de transmissão e, a inferior, no mesmo nível do rotor das enxadas.

Figura 35 – Engrenagens laterais de mudança e transmissão de rotação.



Fonte – Dambrós, 2019.

4.1.4 Patins ou sapatas

Os patins ou sapatas são responsáveis pelo apoio da enxada rotativa no solo e, principalmente, pelo controle da profundidade de trabalho.

4.1.5 Placa de impacto

A placa de impacto está localizada na parte traseira da enxada rotativa e apresenta dobradiças que possibilitam mudar a altura da mesma, sendo fixada por meio de correntes. Sua função é regular o tamanho do torrão arremessado após o corte do solo.

Figura 36 – Placa de impacto da enxada rotativa.



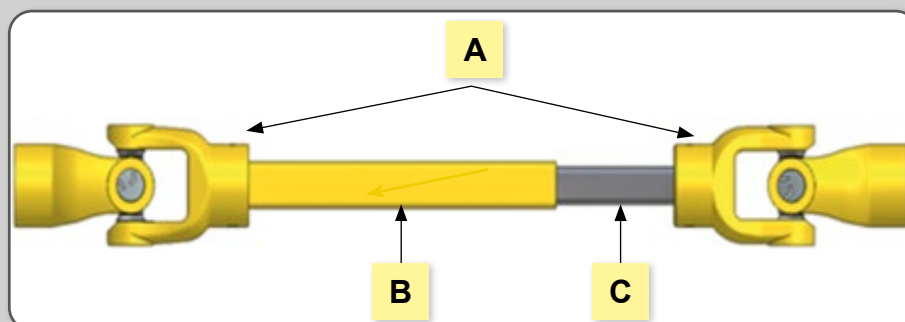
Fonte – Lavrale, 2019.

4.1.6 Eixo cardã

Além do acoplamento ao sistema hidráulico de três pontos, a enxada rotativa também deve ser acoplada à tomada de potência do trator (TDP). Este acoplamento é realizado pelo eixo cardã, que transfere o movimento de rotação para as demais partes da enxada rotativa.

Basicamente, o eixo cardã é composto de dois eixos, geralmente de formato tubular: um que é acoplado à fonte de potência e o outro acoplado à máquina agrícola. Como um tubo é mais longo do que o outro, a conexão entre ambos é realizada por meio da introdução de um no outro, deste modo, há liberdade de movimento para as extremidades (aumento ou diminuição do comprimento). Nas extremidades dos eixos existem as articulações, chamadas de juntas móveis universais, nas quais se encontram os garfos e as cruzetas, que possibilitam a transmissão da potência da TDP para a máquina em diferentes ângulos.

Figura 37 – Eixo cardã sem proteção: A) juntas universais; B) eixo oco; C) eixo maciço.



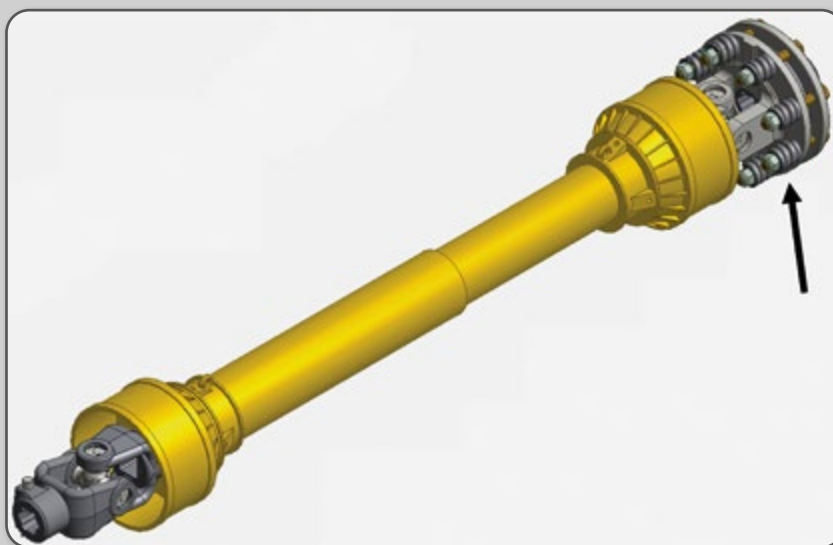
Fonte – Furlani, 2018.

a) Mecanismo de segurança

O eixo cardã, após acoplado à TDP de um lado, é acoplado do outro a uma caixa de transmissão em cuja entrada há um mecanismo de segurança, uma espécie de embreagem.

O mecanismo de segurança nada mais é do que parafusos com molas que possuem uma tensão. No caso de algum problema nos mecanismos de rotação da máquina, absorvem as forças contrárias e preservam os mecanismos da máquina e do trator.

Figura 38 – Eixo cardã com proteção e mecanismo de segurança.



Fonte – Tatu Marchesan, 2019.



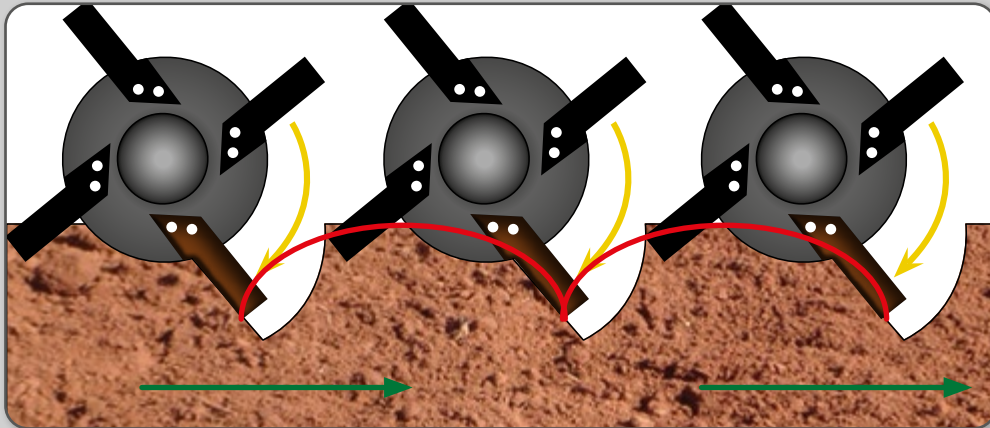
PRECAUÇÃO

- Não aperte ou solte os parafusos da embreagem sem antes consultar o manual da máquina e verificar como proceder.

4.2 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A trajetória descrita por uma lâmina da enxada rotativa é uma cicloide. Observando a figura abaixo, é possível perceber que a lâmina da cor vermelha apresenta dois movimentos: o primeiro é de rotação em função da rotação do rotor, e o segundo é o de deslocamento do trator, sendo que a combinação destes dois movimentos forma a cicloide. Basta verificar os pontos em que a lâmina vermelha toca o solo: a cada toque é realizado um corte do solo pela lâmina.

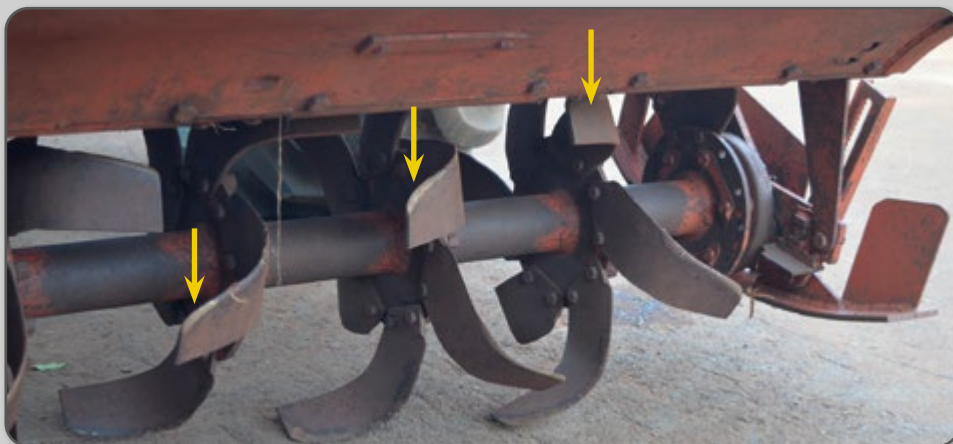
Figura 39 – Cicloide descrita pela lâmina da enxada rotativa.



Fonte – Furlani, 2018.

Resumindo, com o rotor em uma determinada rotação e o conjunto trator/enxada rotativa em deslocamento para a frente, cada lâmina disposta no rotor toca o chão a distâncias iguais, cortando o solo. Vale aqui ressaltar que na montagem do rotor as lâminas de flanges paralelas não devem ficar alinhadas, mas sim em formato helicoidal. Dessa forma, uma única lâmina do rotor toca o solo por vez, o que acarreta em pouca exigência de potência do trator, visto que toda potência é então destinada a essa única lâmina.

Figura 40 – Lâminas da enxada rotativa montadas em formato helicoidal.



Fonte – Furlani, 2018.

5 REGULAGENS

A eficiência de uma máquina agrícola está diretamente relacionada à sua adequada regulagem. Dessa forma, é imprescindível sempre consultar o manual de instruções do equipamento.

5.1 ACOPLAMENTO AO SISTEMA HIDRÁULICO DE TRÊS PONTOS

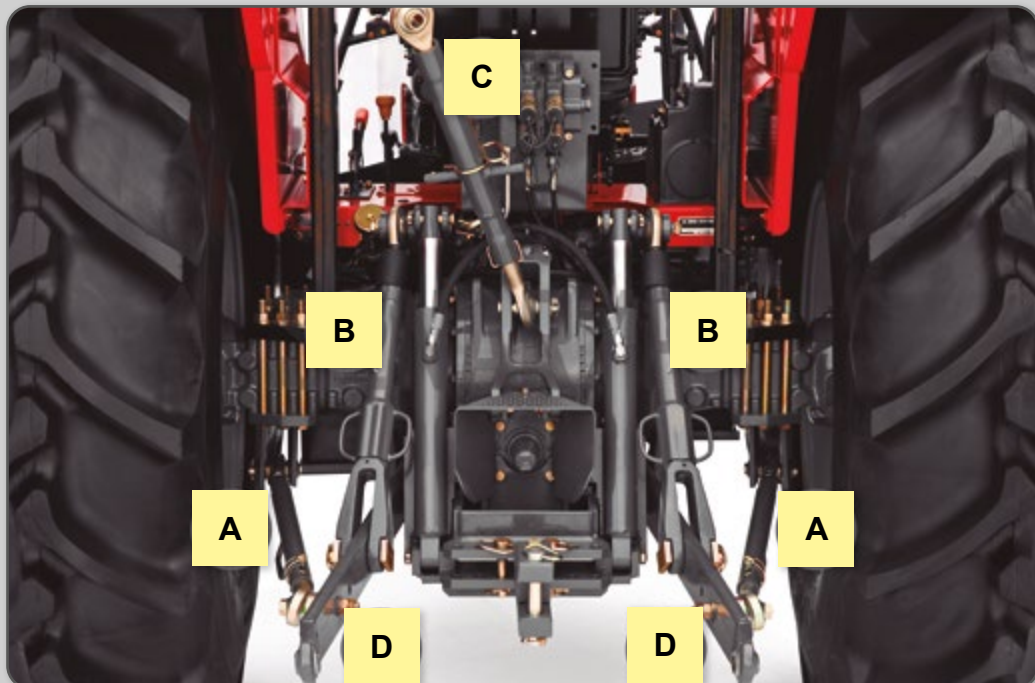
O acoplamento de um equipamento montado ao sistema hidráulico de três pontos deve seguir uma sequência lógica, permitindo que uma pessoa apenas possa fazer o acoplamento sem muito esforço. A denominação dos braços inferiores esquerdo e direito deve ocorrer observando-se o trator pela parte traseira.



PRECAUÇÃO

Antes do acoplamento do equipamento no SH3P, a barra de tração do trator deve ser colocada de lado ou retirada, pois esta pode interferir no desenvolvimento do trabalho.

Figura 41 – Sistema hidráulico de três pontos: A) Braços estabilizadores; B) Braços intermediários; C) Terceiro ponto e D) Braços de levante inferiores.



Fonte – Padovan, 2018.

Para o acoplamento, é importante que o equipamento esteja em um local plano, assim como o trator. No momento do desacoplamento, é importante lembrar que em outro momento o acoplamento será realizado novamente. Assim, o local deste desacoplamento é importante. Para o acoplamento, os braços estabilizadores dos braços de levante inferiores esquerdo e direito devem ser soltos.

O operador do trator necessita dar marcha à ré, sempre em uma marcha reduzida, minimizando a chance de acidentes. Deve-se posicionar os dois braços inferiores do SH3P o mais próximo possível das cavilhas inferiores do equipamento a ser acoplado.

O primeiro ponto a ser acoplado é o do braço de levante inferior esquerdo. Isto é facilmente conseguido, pois este pode movimentar-se para cima e para baixo acionando o mecanismo de levante e também pode movimentar-se para os lados, pois os braços estabilizadores estão soltos. Após este acoplamento, é preciso travar o pino com um contrapino.

Figura 42 – Pino e contra pino.



Fonte – Tatu Marchesan, 2019.

Na sequência, é acoplado o terceiro ponto, que apresenta movimento em todas as direções e também em seu comprimento (telescópico), o que faz com seja de fácil engate. Após acoplado, é preciso também travar o pino com o contrapino.

Por fim, é realizado o acoplamento do braço de levante inferior direito. É possível movimentá-lo para os lados (com os braços estabilizadores livres) e para cima e para baixo por meio do ajuste do comprimento do braço intermediário direito. Caso a cavilha de engate do equipamento ainda esteja longe do ponto de engate do braço de levante inferior do trator, pode se aproximar estes pontos pelo aumento/diminuição do braço do terceiro ponto, sem desacoplá-lo, empurrando/puxando o equipamento. Após este acoplamento, lembrar de travar o pino com o contrapino.

Figura 43 – Acoplamento do braço de levante inferior direito.



Fonte – SENAR AC, 2017.

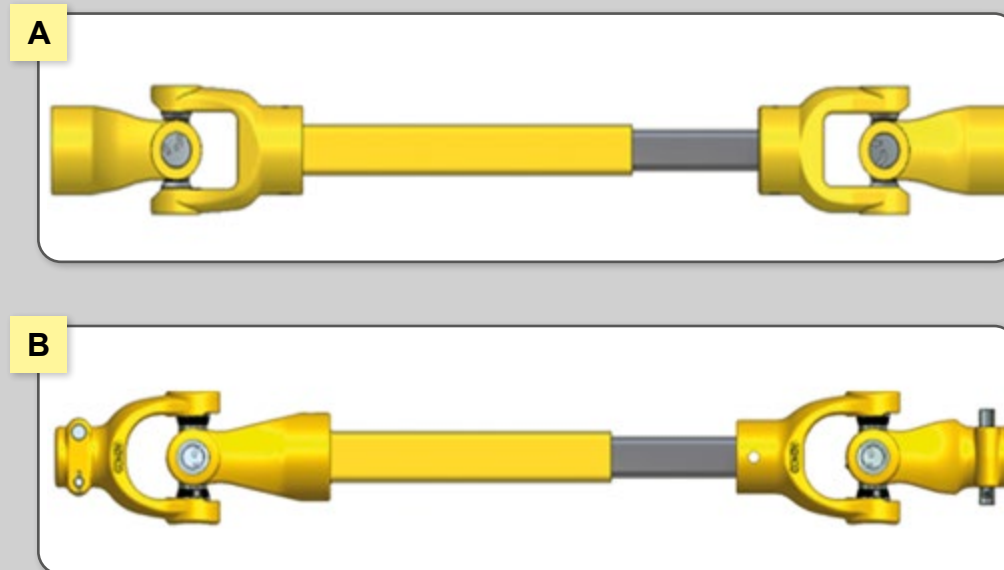
Para o desacoplamento do equipamento, utilizar a sequência descrita anteriormente de forma inversa, porém, é importante não esquecer de desacoplar em um lugar plano.

5.2 ACOPLAMENTO À TOMADA DE POTÊNCIA

O acoplamento do cardã à tomada de potência (TDP) do trator é fundamental para que a enxada rotativa trabalhe. Para tal, deve-se proceder com alguns cuidados.

A primeira etapa para a utilização do eixo cardã é sua montagem. Os garfos deverão ficar na mesma posição nas duas extremidades porque, se forem montados invertidos, podem ficar desbalanceados, o que acarreta em aumento da vibração do eixo todo e, com o tempo, pode apresentar folgas nas juntas universais. A vibração também pode comprometer a TDP do trator e a caixa de transmissão da máquina que está sendo utilizada.

Figura 44 – Montagem do eixo cardã: A) correta e B) incorreta.



Fonte – Furlani, 2018.

Após a montagem, proceder com o acoplamento do mesmo ao trator, pressionando a trava presente no garfo, alinhando as estrias e introduzindo o garfo do cardã no eixo da TDP do trator. Soltar a trava e conferir se a mesma retorna à sua posição original, fixando, assim, o eixo cardã na TDP do trator. Prender a corrente da capa de proteção no trator.

Figura 45 – Acoplamento do eixo cardã à TDP do trator.



Fonte – SENAR AC, 2017.

Outro ponto a ser observado é o ângulo formado pelo eixo cardã no acoplamento entre a TDP do trator e a máquina, que fica limitado à recomendação do fabricante. Via de regra, o ideal é que o eixo cardã estivesse acoplado paralelo ao solo durante o trabalho, ou seja, com ângulo zero.

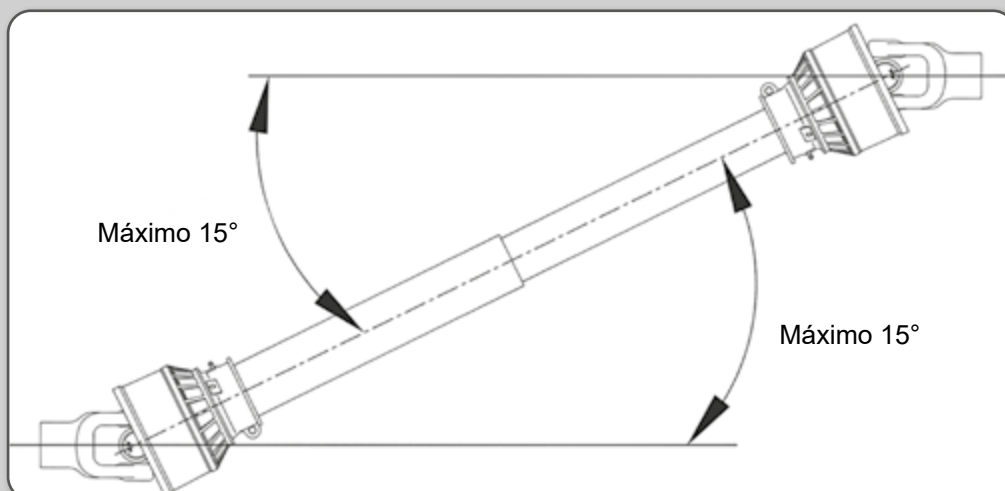
Figura 46 – Máquina com eixo cardã paralelo ao solo na posição ideal de trabalho.



Fonte – Adaptado de Tatu Marchesan, 2019.

No entanto, nem sempre é possível posicionar o eixo cardã com ângulo zero. Nesse caso, recomenda-se utilizar ângulos de até 15° em trabalho. A não observância deste ponto também acarreta em aumento da vibração no eixo e os mesmos problemas citados no item 5.2.

Figura 47 – Eixo cardã na sua posição máxima recomendada de trabalho.



Fonte – Adaptado de Tatu Marchesan, 2019.

**PRECAUÇÃO**

- O eixo cardã, por ser um componente com movimento de rotação, pode ocasionar acidentes. Dessa forma, não se aproxime do mesmo para realizar regulagens e manutenções quando este estiver em movimento e sempre utilize protetores de cardã para sua segurança

A rotação de trabalho do eixo cardã é padronizada, sendo a mais comum de 540 rpm, porém, também existem máquinas e tratores que permitem o uso em 1.000 rpm, sempre constantes. A definição de qual rotação utilizar deve acontecer levando-se em consideração a máquina movida. A não observância deste item é a possível causa de quebras, menor vida útil do trator e da máquina acionada e grande possibilidade de acidentes.

Para garantir a rotação nominal correta e constante na TDP, basta verificar no painel do trator qual aceleração o motor deve ter para que a TDP atinja a rotação adequada. A rotação do motor, na condição de uso da TDP, normalmente está próxima da faixa de menor consumo de combustível. Dependendo do modelo do trator, também é possível utilizar a TDP econômica, para menor consumo de combustível.

Figura 48 – Painel do trator com diferentes possibilidades de rotação da TDP.



Fonte – Adaptado de Tatu Marchesan, 2019. SENAR AC, 2017.

5.3 CENTRALIZAÇÃO

A enxada rotativa montada, acoplada ao sistema hidráulico, deve trabalhar centralizada em relação ao sentido longitudinal do trator. Para esta regulagem mede-se a distância dos braços de levante inferiores, esquerdo (BIE) e direito (BID) à roda esquerda e direita, respectivamente.

Figura 49 – Medição da distância dos braços de levante inferiores ao rodado.



Fonte – Furlani, 2018.

Tomar o cuidado de escolher dois pontos iguais nos dois lados. Para facilitar este alinhamento, pode-se levantar a enxada rotativa pelo sistema hidráulico e, manualmente, posicionar a mesma em uma posição próxima do ideal, ou seja, visualmente centralizar o equipamento entre o rodado traseiro do trator e aí, então, realizar a medição. Conforme é realizado o ajuste, deve-se apertar os braços estabilizadores dos braços de levante inferiores.

Deve-se ressaltar que existem enxadas rotativas que podem também trabalhar deslocadas para a lateral, porém, a centralização se faz do mesmo modo. No entanto, na própria máquina existem pontos de acoplamento para que a mesma possa se deslocar para o lado.

Figura 50 – Enxada rotativa que possibilita deslocamento lateral.



Fonte – Lavrale, 2018.

5.4 NIVELAMENTOS

O nivelamento da enxada rotativa proporciona que a mesma trabalhe com a máxima eficiência. Nesta regulagem, existem dois nivelamentos a se fazer: o transversal e o longitudinal.

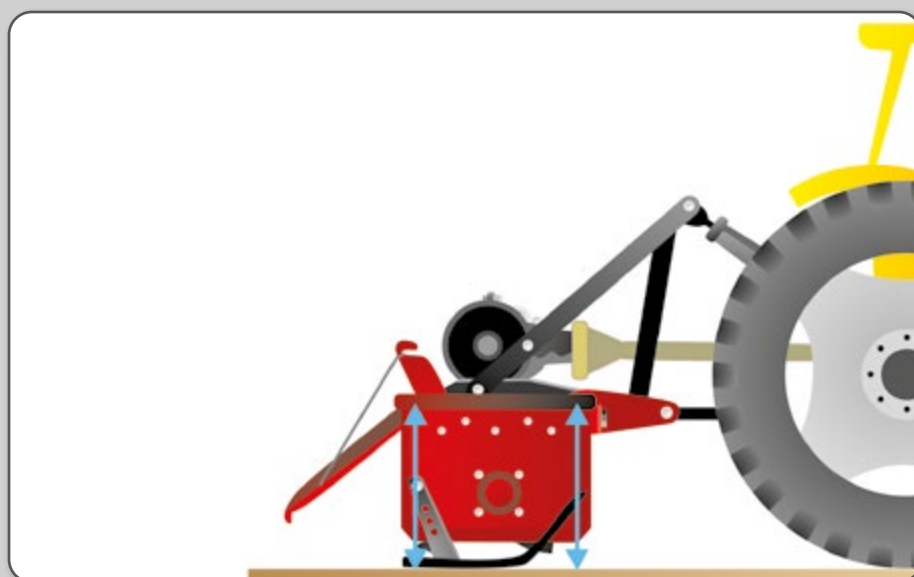
5.4.1 Nivelamento transversal

O nivelamento transversal da enxada rotativa montada é realizado medindo-se o comprimento dos dois braços intermediários do sistema hidráulico do trator. Para que o equipamento fique nivelado, ambos devem possuir o mesmo comprimento.

5.4.2 Nivelamento longitudinal

O nivelamento longitudinal da enxada rotativa é realizado pela diminuição ou aumento do comprimento do braço do terceiro ponto do trator. À medida que se encurta este braço, a traseira da enxada rotativa levanta e o inverso ocorre quando se aumenta o comprimento.

Figura 51 – Nivelamento longitudinal da enxada rotativa.

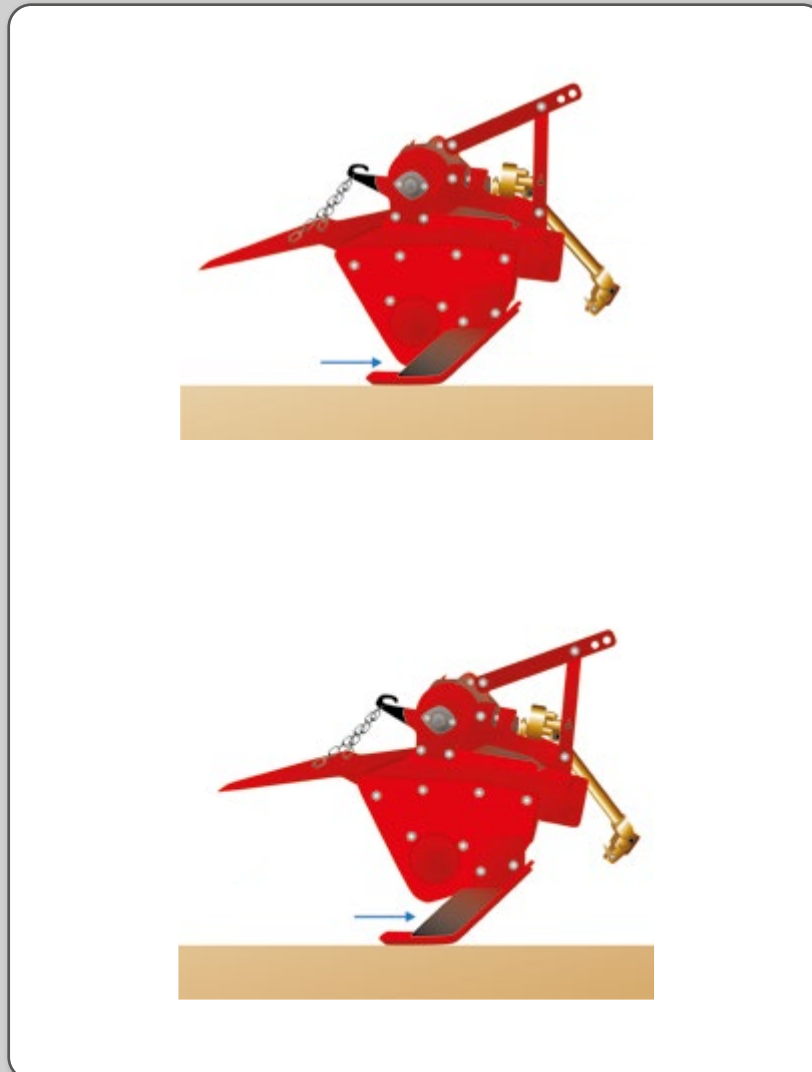


Fonte – Adaptado de Tatu Marchesan, 2019.

5.5 PROFUNDIDADE DE TRABALHO

A profundidade de trabalho depende diretamente do tamanho das lâminas e, normalmente, varia em torno de 10 a 20 cm. A profundidade das lâminas é delimitada pelos patins laterais da enxada rotativa, a maior altura dos patins proporciona maior profundidade de trabalho das lâminas e vice-versa.

Figura 52 – Regulagem da altura dos patins laterais da enxada rotativa.



Fonte – Sincronia Design, 2020.

Nos diferentes tipos de enxadas rotativas, os patins podem ser regulados por meio de parafusos ou por meio de rosca. Quando se eleva a altura dos patins, automaticamente toda a enxada rotativa é abaixada, fazendo com que as lâminas aprofundem mais no solo (aumento de profundidade de trabalho) e o contrário acontece quando se abaixa os patins.

5.6 ROTAÇÃO DO ROTOR

A rotação do motor é transferida pela tomada de potência do trator à transmissão e ao rotor da enxada rotativa. A regulagem da rotação do rotor tem como principal objetivo desagregar mais ou menos o solo.

ATENÇÃO

Nunca realize qualquer das atividades previstas no projeto antes de estar com os documentos de Outorga e a Licença Ambiental.

Na caixa de transmissão de alguns modelos de enxadas rotativas normalmente existem dois pares de engrenagens, sendo que apenas um está efetivamente em trabalho. Uma engrenagem é a motora e a outra a movida e a troca de posição destas engrenagens possibilita diferentes rotações no rotor. Além de engrenagens na caixa de transmissão, a troca de rotação em alguns modelos pode ser feita pela inversão das engrenagens da transmissão lateral da enxada rotativa.

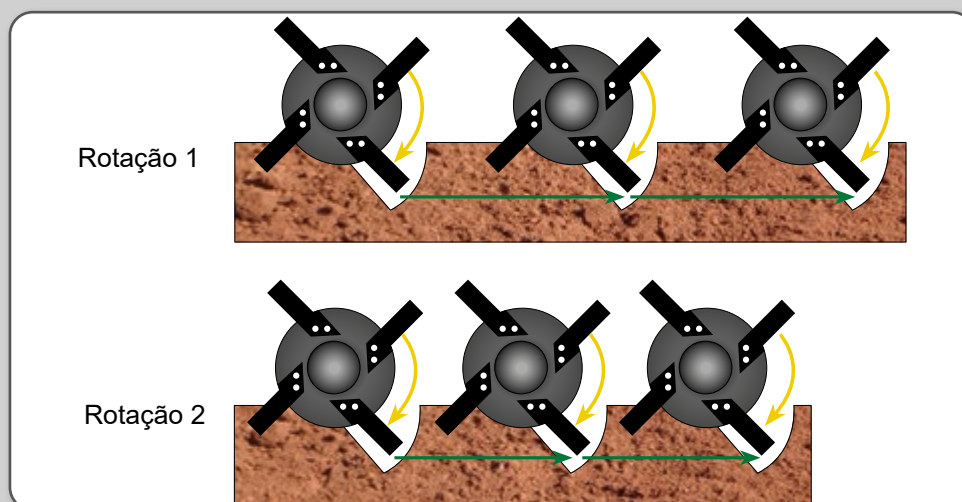
ATENÇÃO

Devido à variedade de modelos de enxadas rotativas encontradas no mercado, consulte sempre o manual do equipamento para efetuar qualquer regulagem.

Se pensar somente em variação da rotação do rotor é fácil entender que a maior rotação proporciona maior desagregação do solo, visto que as enxadas tocam o solo com maior frequência.

Para entender melhor o que ocorre com o aumento da rotação das lâminas no rotor, pode-se fazer o seguinte raciocínio: na imagem abaixo, existem duas situações: na parte superior, a velocidade de deslocamento do conjunto trator/enxada rotativa é de 4 km/h e a rotação do rotor de 180 rpm; na parte inferior, a velocidade continua a mesma, ou seja, 4 km/h, no entanto, a rotação do rotor passa para 210 rpm.

Figura 53 – Aumento da rotação do rotor para uma mesma velocidade de deslocamento.



Fonte – Furlani, 2018.

Resumindo: tem-se duas situações de preparo do solo com enxada rotativa, sendo que ambas apresentam as mesmas velocidades de deslocamento do conjunto, no entanto, como a rotação do rotor no caso 1 é menor, a fatia de solo cortado é maior (seta verde).

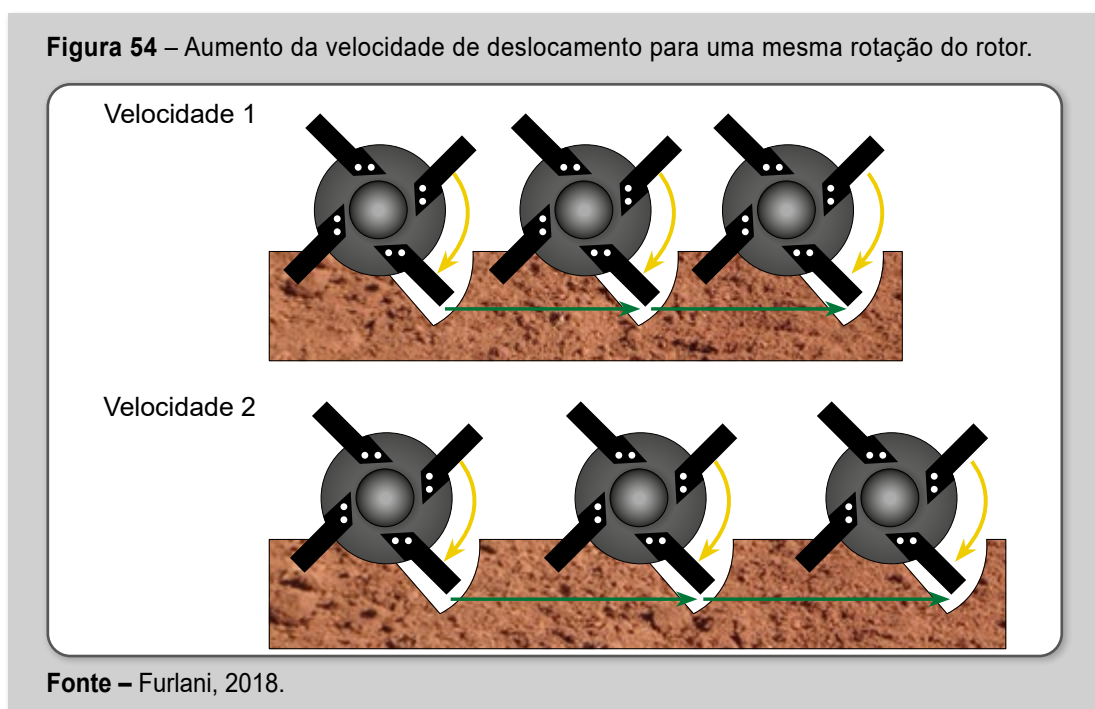
No caso 2, a fatia de solo cortado é menor porque a rotação do rotor é maior, então as lâminas cortam o solo num intervalo de tempo menor. Dessa forma, pode-se sempre considerar que quando ocorre aumento da rotação do rotor e os demais parâmetros ficam constantes, a fatia de solo cortada será sempre menor.

Quando se fala em fatia de solo cortada menor, entende-se que os torrões serão menores, assim, a regulagem de mudança da rotação do rotor pode propiciar um primeiro controle do tamanho do torrão.

5.7 VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DO CONJUNTO TRATOR E ENXADA ROTATIVA

A velocidade de deslocamento do conjunto trator e enxada rotativa varia normalmente de 2 a até 8 km/h e depende da potência do trator. No entanto, a principal função da velocidade será de regulagem do tamanho da fatia de solo cortada, assim sendo, a prioridade é adequar a velocidade para a necessidade de tamanho do torrão.

Conforme ocorre o aumento da velocidade de deslocamento do conjunto, maior será a fatia de solo cortada. Na imagem abaixo é apresentada uma simulação do efeito do aumento de velocidade de deslocamento no tamanho do torrão.



Observa-se que a velocidade 1 de deslocamento é menor que a velocidade 2, lembrando que ambas apresentam a mesma rotação do rotor. Quando a velocidade de deslocamento é menor, as fatias de solo cortadas (setas verdes) são menores e vice-versa.

Pode-se afirmar que, mantidos as demais regulagens, o aumento da velocidade de deslocamento do conjunto trator e enxada rotativa proporciona maior tamanho de torrões.

5.8 ALTURA DA PLACA DE IMPACTO

A placa de impacto da enxada rotativa é de aço, pois a mesma deve ter a função de quebrar os torrões e, por isso, deve ser resistente. Após o corte da fatia de solo pelas lâminas, o torrão é conduzido até a placa de impacto, onde é quebrado em pedaços menores.

A proximidade da placa de impacto com as lâminas altera a quebra dos torrões. Na imagem abaixo pode-se observar, no canteiro da esquerda, que a placa de impacto mais levantada gera torrões maiores. Com a placa em posição intermediária, no canteiro do meio, pode-se perceber que os torrões cortados são quebrados em torrões menores e, finalmente, com a placa totalmente abaixada, no canteiro da direita, o impacto do torrão é maior, assim como a quebra do mesmo.

Figura 55 – Simulação da altura da placa de impacto e consequente quebra dos torrões.



Fonte – Dambrós, 2019.

A placa de impacto é mantida em determinada posição por meio de corrente, ou seja, cada elo da corrente determina uma regulagem. Pensando neste sentido, o número de elos da corrente é o número de regulagens possíveis.

5.9 NÚMERO DE LÂMINAS POR FLANGE

Sabendo que a rotação do rotor, a velocidade de deslocamento do conjunto e a altura da placa de impacto apresentam diversas possibilidades de regulação para o tamanho dos torrões, a última variação possível é o número de lâminas por flange.

A variação do número de lâminas por flange é definida pelo fabricante, dessa forma, a colocação ou retirada de lâminas deve seguir o que está definido no manual de instruções do equipamento. Como é um mecanismo que trabalha em alta rotação, a não observação do manual pode causar desbalanceamento da enxada rotativa.

Com o número maior de lâminas, as mesmas cortam o solo com maior frequência; quando se diminui o número de lâminas, a frequência de corte diminui e o torrão fica maior.

6 OPERAÇÃO COM A ENXADA ROTATIVA

A enxada rotativa foi um equipamento visto com certa preocupação durante muito tempo, principalmente devido às primeiras que vieram importadas. Nessas, não havia caixa de transmissão com possibilidade de variação da rotação do rotor, o que acarretava em alta rotação nas enxadas e excessiva mobilização do solo.

Diante do exposto anteriormente, a enxada rotativa era vista como uma máquina que pulverizava o solo, causando problemas sérios de erosão. No entanto, há mais de 30 anos as enxadas rotativas proporcionam, por meio das diferentes regulagens, um controle bem eficiente do grau de mobilização do solo, com mais possibilidades que outros equipamentos de preparo do solo, tais como arados e grades.

A profundidade de trabalho das enxadas rotativas deve levar em conta a operação que será realizada, ou seja, quando o trabalho for para remoção de plantas daninhas, por exemplo, esta deve ser bem reduzida, para não atingir as raízes da cultura principal. Para o preparo do solo, pode-se utilizar de 10 a 20 cm de profundidade. É importante lembrar que caso a mesma área seja trabalhada várias vezes, a profundidade de trabalho deve ser mudada constantemente.

Figura 56 – Preparo do solo para horticultura com enxada rotativa.



Fonte – Dambrós, 2019.

Como as enxadas trabalham cortando o solo, ocorre um pequeno espelhamento na profundidade de corte. Quando o trabalho é sempre realizado com a mesma

profundidade, este pequeno espelhamento começa a ser uma camada compactada, prejudicando o desenvolvimento radicular.

Para o controle do grau de desagregação do solo são utilizadas as regulagens de rotação do rotor, velocidade de deslocamento, altura da placa de impacto e o número de enxadas por flange.

Para a obtenção de um torrão maior, ou seja, menor desagregação do solo, deve-se utilizar a menor rotação possível. No entanto, para algumas hortaliças que possuem sementes bem pequenas, o grau de desagregação pode ser maior, assim a semente consegue um contato maior com o solo.

A velocidade de deslocamento do trator influencia diretamente na fatia de solo cortada: com a velocidade baixa, os cortes são curtos, proporcionando maior desagregação do solo. Com o aumento da velocidade ocorre o corte da fatia de solo em distâncias maiores, o que vale dizer que a desagregação do solo é menor e os torrões ficam maiores.

A velocidade de deslocamento para trabalhos em áreas fechadas, por exemplo, em estufas, deve ser próxima de 2 a 5 km/h. No entanto, para áreas externas pode-se chegar até 10 km/h, sempre respeitando os limites do trator e da enxada rotativa, além, é claro, da regulagem de desagregação que se quer.

A placa de impacto auxilia na quebra da fatia de solo cortada (torrão), ou seja, quanto mais próxima a placa de impacto estiver das enxadas, maior será o impacto e, conseqüentemente, maior será a quebra do solo. A placa de impacto também é utilizada para nivelar a superfície do solo.

Por fim, a última possibilidade de variação na desagregação do solo é a variação do número de enxadas por flange, sendo que um menor número proporciona menor desagregação do solo e vice-versa.

Trabalhando com as regulagens de rotação do rotor, velocidade de deslocamento do conjunto, altura da placa de impacto e número de enxadas por flange, existe um número muito grande de possibilidades de regulagem para se obter um tamanho de torrão ideal ao que se deseja.

Resumindo, se o agricultor necessita de um solo bem desagregado, ou seja, com torrões bem pequenos, deve utilizar maior rotação do rotor, menor velocidade de deslocamento do conjunto, menor altura da placa de impacto e maior número de enxadas por flange. Caso o que precise seja exatamente o contrário, um solo pouco desagregado, deve utilizar a menor rotação do rotor, maior velocidade de deslocamento do conjunto, maior altura da placa de impacto e o menor número de enxadas por flange.

7 MANUTENÇÃO

Em todo equipamento agrícola deve-se fazer as manutenções periódicas e corretivas. Nas enxadas rotativas, as manutenções basicamente consistem na lubrificação de pinos graxeiros, reapertos, verificação de desgastes e quebras de suas partes constituintes, principalmente dos órgãos ativos que são as lâminas e a verificação e troca do óleo da transmissão.

ATENÇÃO

Consulte rigorosamente no manual do equipamento quais são as recomendações de manutenção do fabricante específicas para a enxada com a qual você estiver trabalhando.

Entende-se por manutenção periódica aquela que é realizada em períodos pré-determinados, no caso das enxadas rotativas, de acordo com o número de horas de uso. Já a manutenção corretiva é aquela realizada em função de uma ocorrência não prevista, por exemplo, uma quebra. Neste caso, é recomendável que a manutenção ocorra o mais rápido possível, para que não ocorram mais quebras e, conseqüentemente, maior tempo parado para consertos.

A enxada rotativa necessita de lubrificação com graxa em alguns pontos, como no eixo cardã e nos mancais do rotor.

Na lubrificação de graxeiros deve-se atentar para a quantidade a ser colocada de graxa, pois o excesso também é prejudicial, favorecendo a adesão de terra e forçando os retentores, o que possibilita a entrada de terra nos rolamentos.

ATENÇÃO

Consulte a recomendação do fabricante sobre o tipo de graxa que deve ser utilizada. O uso de graxa fora da especificação do fabricante pode prejudicar o equipamento e, em alguns casos, fazer com que o implemento perca a garantia de fábrica. A armazenagem correta dos produtos de lubrificação também exige cuidados especiais para evitar contaminações.

Outra manutenção importante da enxada rotativa é a verificação do nível de óleo da transmissão. Acrescente óleo caso necessário e realize a troca conforme orientações do manual do equipamento. Utilize somente óleo lubrificante recomendado pelo fabricante.

Figura 57 – Verificação e reposição do nível de óleo.



Fonte – Furlani, 2018.



PRECAUÇÃO

A utilização de uma ferramenta inadequada, na maioria das vezes, acarretará em maior tempo perdido e menor qualidade do serviço executado. Dessa forma, uma estrutura de oficina com ferramental básico é indispensável na propriedade.

As peças que sofrem desgaste ou folga por uso devem ser sempre analisadas com bastante critério, pois podem dificultar o serviço e diminuir o rendimento, além de forçarem outras partes constituintes do equipamento. Neste sentido, a verificação do afiamento das lâminas é muito importante, pois se não estiverem de acordo, vão aumentar a demanda de potência do trator.

Figura 58 – Verificação do desgaste das lâminas.



Fonte – Furlani, 2018.

A verificação constante pode auxiliar na troca de determinada peça antes que ela quebre evitando, assim, que o equipamento fique parado.

Após o uso, é preciso lavar o equipamento e fazer uma limpeza completa guardando-o em local apropriado, de preferência sem contato com a terra. Verifique as peças com pintura e repinte-as, se for necessário.

Deixe a enxada rotativa pronta para o próximo uso, evite deixar consertos para a última hora, pois pode ocorrer falta de peças no mercado, entre outros problemas.

REFERÊNCIAS

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. **ASAE** EP291.1: standards engineering practices data. St. Joseph: ASAE, 1997. p.254-75.

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

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2005. 310 p.

BRASIL. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Mecanização**: operação de tratores agrícolas. Brasília: SENAR, 2017. (Coleção SENAR; 177)

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**. São Paulo: IPT, 1991. 468 p.

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

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

PADOVAN, L. A. **Operação de tratores agrícolas**. Curitiba: SENAR AR-PR, 2018. 196 p.



SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL

Administração Regional do Estado do Paraná

Rua Marechal Deodoro, 450 - 16º andar

Fone: (41) 2106-0401 - Fax: (41) 3323-1779

80010-010 - Curitiba - Paraná

e-mail: senarpr@senarpr.org.br

www.sistemafaep.org.br



Facebook
Sistema Faep



Twitter
SistemaFAEP



Youtube
Sistema Faep



Instagram
sistema.faepe



LinkedIn
sistema-faep



Flickr
SistemaFAEP