

GRADES AGRÍCOLAS: 5 - Evolução histórica de seus mancais

Rubismar Stolf

Professor. Associado, UFSCar/Araras – SP

Jair Rosas da Silva

Pesquisador, Centro de Engenharia, Instituto Agrônomo, APTA, Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

Jorge Alberto Montoya Gomez

Engenheiro Agrônomo, Consultor Agrícola, cultura de cana-de-açúcar

1. INTRODUÇÃO

Segundo normas da ABNT 12,009 NBR 9646 NOV/1986 a grade agrícola de disco é definida como “*Máquina agrícola constituída por duas ou mais seções interligadas por chassi*”. Em continuidade é apresentada sua classificação: tração animal, tração mecânica, simples ação, dupla ação, de engate hidráulico nos 3 pontos (montada), de arrasto, em tandem (simétrica e assimétrica), esquadra, leve, média e pesada.

Até a década de 1960 o preparo do solo era realizado predominantemente com arado, destinando-se à grade apenas o papel complementar de destorroamento e nivelamento do solo. A partir dessa década, especialmente na década de 1970 verificou-se a redução do uso do arado, assumindo, assim, a grade, um papel fundamental no preparo do solo por apresentar uma capacidade operacional mais elevada. Em resumo, hoje o método mais comum de mobilização do solo é realizado inicialmente com grades da classe média (intermediária) e/ou pesada (aradora), para descompactação das primeiras camadas do solo e picação do material vegetal. Este trabalho é complementado pela grade leve com o objetivo de destorroar e nivelar a superfície do solo, finalizando o preparo do solo. Quando se verifica previamente a ocorrência de compactação, em uma profundidade maior que a de operação das grades, promove-se opcionalmente uma subsolagem anterior ao nivelamento. Dessa forma atualmente a grade é o implemento mais utilizado para a mobilização do solo.

Normalmente grades de ação simples operam com um ângulo de ataque maior. As grades de dupla ação apresentam regulagens de ângulo de ataque que variam de 17,5 (para grade leve), de até 22,5 graus para as grades pesadas/aradoras (Stolf et al., 2007). Quanto maior for o ângulo maior será a profundidade de trabalho.

Stolf e Silva (1996a) considerando as variações de nú-

mero de discos, diâmetro de discos e espaçamento entre discos dos quatro maiores fabricantes de grades agrícolas do Brasil detectaram 423 opções no mercado de grades de dupla ação e apenas 8 opções de grades de ação simples, ou seja, apenas 1,9 % de um total de 431. Entre as grades de dupla ação há uma flagrante predominância do tipo em “V”, “off set” (Figura 1). Em trabalho anterior foi verificada uma elevada correlação da potência recomendada pelos fabricantes com peso (massa) total da grade (Stolf et al., 1981). Posteriormente, Stolf e Silva (1996b) verificaram também levada correlação entre a potência recomendada com aumento do número, diâmetro e espaçamento entre discos. A profundidade de trabalho da grade aumenta com o diâmetro dos discos. Assim, na medida em que maiores diâmetros são adotados, maiores espaçamentos entre discos são fixados. Dessa forma quanto maior o diâmetro e o espaçamento, mancais com maior resistência

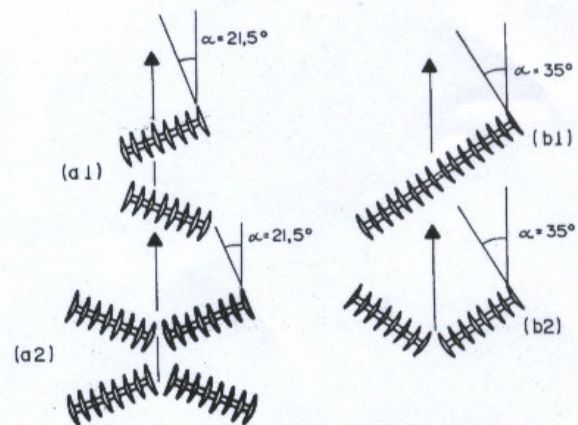


Figura 1. Tipos de grade. (a) grades de dupla ação : a1 - off set (grade formato em V), a2 - tandem (formato em X); (b) grades de ação simples; α - ângulo de corte. (Stolf, 1996a)

Tabela 1. Nova proposta de classificação de grades agrícolas pelo critério proposto por Stolf (2007). Classes, valores médios de distância entre discos e diâmetro de disco e finalidade da classe de grade.

CLASSES	Distância entre discos(*)	Diâmetro de disco (*)	Finalidade
GRADE ULTRA-LEVE Normalmente não são grades de arrasto e sim de engate hidráulico.	18 cm	18 pol	Limpeza do mato nas entrelinhas de soqueiras de cana-de-açúcar e de pomares cítricos (nestes sem causar muito dano às raízes), eliminação de ervas daninhas a uma pequena profundidade. Redução do tamanho dos torrões para maior efeito do herbicida de pré-emergência.
GRADE LEVE	20 cm	20 pol	Nivelamento e destorroamento como operação final de acabamento do preparo de solo em cereais (culturas anuais de forma geral).
	23 cm	24 pol	Nivelamento e destorroamento como operação final de acabamento do preparo de solo em cana-de-açúcar
GRADE MÉDIA (GAI-grade aradora intermediária)	27 cm	28 pol	Preparo do solo para cereais (culturas anuais de forma geral) e reforma de pastagens. Em cana-de-açúcar complementa o trabalho da grade pesada no preparo de solo e na destruição de soqueira.
GRADE PESADA (GAP-grade aradora pesada)	34 cm	32 pol	Preparo de solo mais profundo em culturas como a cana-de-açúcar (primeira gradagem) e terras virgens
SUPER-PESADA (GASP-grade aradora super pesada)	45 cm	36 pol	Idem anterior, porém em situações de maiores dificuldades de penetração e corte de restos vegetais

(*) valores típicos, podendo haver variação em torno dos mesmos.

devem ser adotados. Por essa razão, o mancal, além de apresentar uma especificidade em relação à grade, esse elemento apresenta também especificidade segundo o tipo da grade. Na tabela 1 apresenta-se uma classificação de grades proposta por Stolf (2007), quarto artigo desta série. Exemplificando, um mancal destinado a uma grade pesada de espaçamento entre discos de 34 cm e diâmetro de 32 polegadas não se adequa a uma grade leve, de 23 cm de espaçamento e diâmetro de discos de 24 polegadas e vice versa. Abordaremos alguns aspectos da evolução de mancais de grades no Brasil.

2. OS MANCAIS DE GRADES DE DISCOS

Os mancais fazem a união entre o chassi e o corpo da grade, transmitindo as elevadas forças axiais e radiais que se exercem sobre os discos, ao chassi. Portanto além de transmitir a resistência do corpo da grade ao arraste no solo, sustenta o eixo giratório do corpo da grade no qual se distribuem os discos.

Os primeiros trabalhos científicos sobre grades agrícolas ocorreram no Brasil na década de 1950. As informações geradas foram reunidas em um trabalho técnico, específico, desenvolvidas pelo Professor Dr. Luiz Geraldo Mialhe, na década de 1960 (Mialhe, 1967), expressando o estado de arte. Trata-se de um material produzido para lecionar a disciplina "Mecânica, Motores e Máquinas", intitulado "Máquinas Agrícolas - Arados e

Grades" na ESALQ-USP, marco inicial de partida para um levantamento histórico sobre grade e seus mancais:

Segundo o citado trabalho, à página 243 "existem 3 tipos fundamentais de mancais para grades (a) mancais montados nos carretéis espaçadores; (b) mancais montados nas extremidades do eixo; (c) mancais em banho de óleo.... Os de banho de óleo, por serem de custo elevado e de difícil manutenção, não são empregados em nosso país".

No texto apresentado podemos ressaltar 2 aspectos: um deles denotando a especificidade "mancais para grades". O segundo é a existência de um modelo tecnologicamente mais avançado, de alto custo, ainda não adotado no país, na época, indicando que o avanço tecnológico de grades passaria pelos mancais a partir da década de 1960. Nesse ponto surgem duas questões fundamentais. - 1ª. Questão:- Mancais utilizados em grades agrícolas são específicos para grades agrícolas? 2ª. Questão:- O citado avanço tecnológico deverá ser introduzido nas próximas décadas por fabricantes de grades agrícolas ou outras empresas? Dessa forma faz-se necessário detectar que empresa investiria em tecnologia de mancais nas décadas subsequente. Na hipótese de o mancal de grade ser específico para grades, devemos encontrar na história da evolução das grades sua própria indústria fazendo tal investimento. Mas, antes disso, verifiquemos a existência de mais evidências sobre necessidades especiais dos

mancais para uso em grades agrícolas de discos, neste pioneiro trabalho do Professor Mialhe:

À página 259: no capítulo "Lubrificação dos mancais das grades de discos" ensinava o Professor: "Os mancais, dos corpos, estão sujeitos às mais severas solicitações, não só de cargas estáticas, mas também a inúmeras cargas de choque, como resultado do impacto dos discos contra as irregularidades do terreno, ao fazer a pulverização dos torrões e quebra das camadas endurecidas das leivas deixadas pelo arado. Por outro lado, os mancais são posicionados quase ao nível do solo, trabalhando no interior de uma nuvem de pó, partículas de terra e areia que, penetrando no interior misturam-se com a graxa, formando uma pasta altamente abrasiva. A Lubrificação dos mancais constitui a mais importante tarefa de manutenção das grades de discos, devendo ser executada criteriosamente. A graxa velha, contaminada, deverá ser diariamente removida e substituída por graxa nova. Embora os mancais sejam construídos para evitar a penetração de poeira, somente uma lubrificação adequada poderá proporcionar uma boa vedação."

Considerando que tratores são desenvolvidos para exercer elevada força de tração é uma característica específica do mancal de grade estar sujeito à mesma. Dessa forma, desde o início os fabricantes procuram desenvolver seus próprios mancais, independente do tipo. Contudo, o aspecto principal do texto anterior é que não se trata apenas de uma elevada força constante e sim sujeita a apresentar picos extremos devido a irregularidades e obstáculos do terreno trabalhado: "Os mancais, dos corpos, estão sujeitos às mais severas solicitações, não só de cargas estáticas, mas também a inúmeras cargas de choque, como resultado do impacto dos discos contra as irregularidades do terreno". E também o ambiente de trabalho extremamente hostil: "os mancais são posicionados quase ao nível do solo, trabalhando no interior de uma nuvem de pó."

É importante notar que essas informações técnicas foram descritas em uma época em que a grade ainda não ocupava o papel de principal implemento de preparo de solo, e sim apenas complementar ao preparo do arado. Na época, as grades apresentavam um dimensionamento reduzido, equivalente à atual classe de grade leve, niveladora destorroadora, pois na década de 1960 predominavam grades no intervalo de diâmetro de 18 a 24 polegadas: página 243 de Mialhe (1967) "A maioria As grades possuem discos com 16 a 24 polegadas de diâmetro, espaçados de 6 a 10 polegadas (15,2 a 25,4 cm)". Com a redução do emprego do arado e com o uso generalizado da grade no preparo do solo, classes de grade de maiores diâmetros foram surgindo, estabilizando em um máximo de 36 polegadas (classe superpesada).

Dando continuidade à análise temporal sobre mancais, o engenheiro Agrônomo Paulo Anestar Galeti, técnico da secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, escreveu um livro denominado "Mecanização Agrícola: Preparo do Solo" (Galeti, 1988), abordando, entre os vários implementos, a grade. Quanto a mancais recomenda, à página 86: "Os mancais, quando em serviço, estão sujeitos a violentos e permanentes choques e resistências que recebem do trator e também recebem uma constante pressão dos discos, que trabalham formando um ângulo com a linha de tração (trabalham enviesados forçando os mancais). Sobretudo nos terrenos mais irregulares a grade trabalha em permanente estado de tração, resistência, pressão, saltos ou pulo; é um atritar ou martelar constante de discos, mancais e eixos. E ao nível solo, o que vem piorar a situação, realiza-se quase que ao nível do solo, em terra solta, em ambiente de extrema poeira, que entrando em contato com a graxa forma uma massa - terra + graxa - que funciona como uma lima ou esmeril 'comendo' as peças".

Trata-se de uma informação espaçada no tempo por duas décadas em relação à Mialhe (1967), mas em perfeita concordância com o mesmo. Especificamente, mancais de grades estão sujeitos a elevadas forças irregulares devido a impactos multiplicadores e trabalham em um ambiente extremamente abrasivo, praticamente mergulhado no solo, exigindo projetos específicos, independente do tipo.

Contudo na década de 1980, conforme já se comentou anteriormente grades de diâmetros cada vez maiores foram projetadas, exigindo mais do mancal. Este é o momento de responder a pergunta feita anteriormente. Que indústria investiria em tecnologia de novos tipos de mancais? Em resposta a necessidade de minimizar esses problemas os próprios fabricantes de grade investiram em tecnologia de mancais. A Civemasa (Araras - SP), pioneira, foi detentora de uma patente de fabricação de mancais para grades que evitava a necessidade de lubrificação constante, mancais em banho de óleo, utilizada como diferencial de mercado. Esta tecnologia foi adotada, posteriormente, por diversos fabricantes de grade na década de 1980 na construção de seus mancais. Sobre o assunto Galeti 1988, pg 88, comenta "Já estão sendo fabricadas grades com um sistema especial de lubrificação dos mancais. São os casos, por exemplo, das grades GVMF-6 da Civemasa e TBCW-16 da Rome que possuem mancais de lubrificação permanente". Lembrando o seu maior custo, note-se que, na época, os Fabricantes dessa tecnologia adotavam apenas em alguns modelos de grade, ou seja, o avanço tecnológico ocorreu de maneira paulatina.

Essa tecnologia dispensava a lubrificação diária. Contudo mesmo na nova tecnologia ocorria a necessidade de acompanhamento semanal devido às severas

condições de trabalho (pg 88) "Nesse caso, deve-se fazer uma verificação semanal do nível de óleo e sua substituição a cada 1.000 horas".

Assim se deu a evolução dos mancais em grades agrícolas.

Vejamos o que diz o Dr. Gastão Moraes da Silveira em seu livro "O preparo do solo: técnicas e implementos" duas décadas depois, ou seja, na atualidade, sobre mancais de grades (Silveira, 2001, pg 134):

"Seus mancais podem ser

- Lisos (de atrito): são metálicos, com rachaduras que requerem constante lubrificação para evitar desgaste excessivo;
- com rolamentos: necessitam de lubrificação perfeita e principalmente de vedação contra a entrada de terra, pois são suscetíveis à falta de graxa e presença de partículas abrasivas no solo; como lubrificantes pode-se usar graxa ou óleo (com troca de óleo a cada mil horas);
- antifricção: precisam de lubrificação toda cada trezentas horas, estando equipados com tríplice vedação que impedem a entrada de pó".

Dessa forma, por Silveira (2001) verifica-se que também na atualidade a especificidade de mancais para grades continua independente do tipo adotado seja no primeiro por requerer constante lubrificação para evitar desgaste excessivo perfeita e principalmente de vedação contra a entrada de terra, pois são suscetíveis à falta de graxa e presença de partículas abrasivas no solo; no segundo por requerer perfeita e principalmente de vedação contra a entrada de terra, pois são suscetíveis à falta de graxa e presença de partículas abrasivas no solo ou no terceiro por requerer tecnologia mais avançada ainda tríplice vedação que impedem a entrada de pó.

Para finalizar esta análise daremos uma idéia quantitativa do trabalho de uma grade. Consideremos como exemplo uma capacidade operacional não muito elevada, de 1 ha/h, a uma profundidade de apenas 10 cm, com a densidade do solo, dessa camada, de 1,4 g/cm³. O trabalho realizado pela grade trabalhando essa camada do solo provoca uma mobilização incrível de 1400 toneladas de terra por hora. Em um dia de serviço com 8 horas trabalhadas obteremos a mobilização de 11200 toneladas de solo! Em outras palavras, em um dia de serviço, fragmentando, quebrando, soltando um material compactado de alta resistência, a grade mobiliza o equivalente a 1120 (um mil cento e vinte) caminhões de terra com 10 toneladas cada (!), antes de sofrer uma verificação diária, mais ampla. Esse fato evidencia a necessidade de mancais especiais para tal atividade. As figuras de 2 a 4 contém fotos de grades estacionadas no pátio de oficina após o trabalho no campo, onde se verifica que a terra

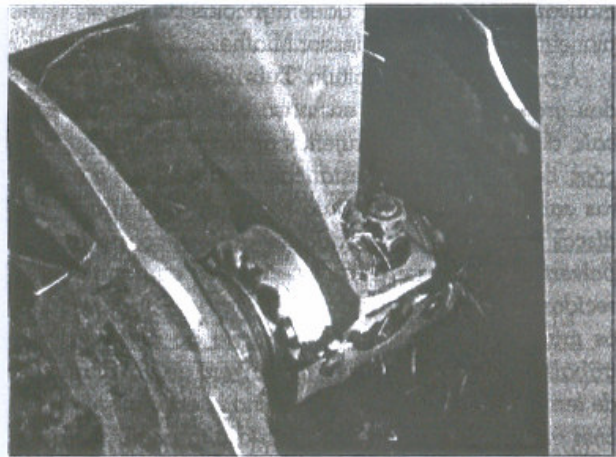


Figura 2. Grade estacionada no pátio da oficina após trabalhar no campo. Terra incrustada na região do mancal.



Figura 3. Grade estacionada no pátio da oficina após trabalhar no campo. Terra incrustada praticamente cobre o mancal.



Figura 4. Grade estacionada no pátio da oficina após trabalhar no campo. O espaço entre discos onde se posiciona o mancal é a região de maior acúmulo de terra e restos vegetais devido a haste que liga o mancal ao chassi constituir-se um obstáculo extra.

incrustada praticamente cobre o mancal. Verifica-se também que o espaço entre discos onde se posiciona o mancal é a região de maior acúmulo de terra e restos vegetais devido à haste que liga o mancal ao chassi constituir-se em um obstáculo extra. Na figura 5 apresenta-se em corte o mancal de última geração: rolamento cônico com lubrificação a banho de óleo com vedação dupla. Alia a robustez à durabilidade e também à quase ausência de atividades externas de lubrificação. Apenas verifica-se o nível de óleo a cada 1000 horas e completando-o se for o caso. Em contraposição os mancais a graxa exigem lubrificação diária quando em uso. Por sua vez, os mancais de atrito não necessitam de lubrificação. Contudo sua aplicação é limitada a grades ultra leves, de baixo impacto, discos menores e de engate de 3 pontos, no hidráulico do trator (tabela 1).

3. CONCLUSÃO

Dessa forma,

- a) Para atender as mais variadas regiões agrícolas do Brasil, sem infra-estrutura de manutenção, com deficiência de formação de operadores utilizando máquinas a grandes distâncias de suas oficinas, muitas vezes inexistentes,
- b) Ou mesmo para atender as regiões de agricultura mais desenvolvida, com agricultores mais exigentes, com melhor infra-estrutura, a indústria de grades agrícolas de discos: tiveram que investir para produzir seus mancais especiais e acompanhar o desenvolvimento tecnológico dos mesmos. Nenhum tipo de mancal produzido para outra finalidade se adequará à grade agrícola. Contudo, no futuro, se alguma indústria necessitar de mancais resistentes a elevados impactos para trabalhar em ambiente extremamente abrasivo, hostil, encontrará essa tecnologia na indústria de grades agrícolas, pois o mancal além de ser

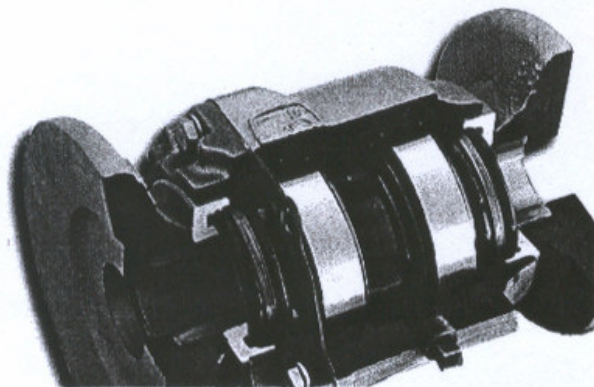


Figura 5. Corte de um mancal especial banhado a óleo de fabricação Marchesan.

específico é, entre todos os componentes, o que agrega tecnologia mais avançada de engenharia mecânica nesse implemento agrícola.

4. BIBLIOGRAFIA

- GALETI, P. A. Mecanização agrícola - preparo do solo. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1988. 220 p.
- MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: arados, grades. Piracicaba: ESALQ, 1967. 262p. v.1.
- SILVEIRA, G.M.da. O preparo do solo: técnicas e implementos. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 290.
- STOLF, R., FERNANDES, J., FURLANI NETO, V.L. Uma análise da equivalência entre as potências de tratores de pneus e de esteiras e suas correlações com características de grade, através das recomendações dos fabricantes. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2, 1981, Rio de Janeiro. *Anais...* v.3/4, p.395-414. (Reeditado: *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, v.103, n.4-6, p.28-34, jul./dez., 1985).
- STOLF, R. Grade leve, média, pesada e super pesada: classificação e função. *Alcool & Açúcar*, São Paulo, v.6, n.28, p.36-44, maio/jun.1986a.
- STOLF, R. Grades e seus tratores: exemplos práticos de seleção. *Alcool & Açúcar*, São Paulo, v.6, n.29, p.62-8, jul./ago.1986b.
- STOLF, R., SILVA, J.J. Características de quatrocentos e trinta e um modelos de grades agrícolas. *STAB*, Piracicaba, v.14, n.5, p.18-31, maio/jun.1996a.
- STOLF, R., SILVA, J.J. Metodologia de estimativa da potência do motor de tratores através do espaçamento, diâmetro e número de discos de grades agrícolas. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6, 1996b, Maceió. *Anais...* p.542-548.
- STOLF, R.; SILVA, J.R. ; MONTOYA-GOMEZ, J.A. Método de medida do ângulo horizontal de ataque dos discos de grades agrícolas de dupla ação e sua aplicação a uma propriedade agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36, 2007, Bonito. *Anais...* Jaboticabal: SBEA, 2007. CD-ROM. (ISSN 1982-3797)

4.1 SÉRIE ALCOOLbrás

- STOLF, R. Grades agrícolas: 1- Potência do trator através do peso e do número de discos. *Alcoolbrás*, São Paulo, n.109, p.96-98, mar./abr. 2007.
- STOLF, R. Grades agrícolas: 2- Potência do trator através do número e do diâmetro de discos. *Alcoolbrás*, São Paulo, n. 110, p.89-91, maio/jun. 2007.
- STOLF, R. Grades agrícolas: 3- Potência do trator através do espaçamento, do número e do diâmetro de discos. *Alcoolbrás*, São Paulo, n. 112, p.100-102, set./out. 2007.
- STOLF, R. Grades agrícolas: 4- Nova classificação quanto à função no preparo do solo. *Alcoolbrás*, São Paulo, n. 114, p.69-72. 2007.