

70

TRABALHO DE FORMATURA

PROJETO DE SEMEADORA MECÂNICA

Orientador: Prof. OMAR MOREIRA DE MADUREIRA  
Formando : TITO LIVIO MACEDO  
Nº USP : 9178515  
Turma : MECÂNICOS 1983

## PROJETO DA SEMEADORA

### A. ESTUDO DA VIABILIDADE:

#### 1. ESTABELECIMENTO DA NECESSIDADE

Atravessando boa parte da Rodovia Castelo Branco e margeando a estrada observa-se pedaços de terra relativamente grandes (média 5 alqueires) plantado em geral com milho ou feijão.

Esse é o plantio básico da região Centro-Sudeste do Estado, e pelo menos para essas duas colheitas a necessidade de uma semeadura mecânica é estabelecida, senão vejamos:

. Das plantações da região quase todas plantavam mecanicamente.

. Fazendas com esse porte médio em geral têm trator (por menor que seja).

. O feijão é plantado 2 vezes ao ano (em março, o das águas), porque é colhido na época da chuva (junho), e em novembro) e o milho uma vez por ano, no primeiro trimestre, dependendo de como está o chão e a terra).

. Essas plantações têm que obedecer um cronograma (das chuvas), e não podem se estender por períodos maiores que 1 mês), aproximadamente, fato que comprometeria o plantio.

. Antes da semeadura, há que ser queimado todo o mato, a terra deve ser "rolada" (uma espécie de aragem feita com discos presos ao trator que "rolem" a terra por cima dela mesma) e gradeada (o trator espalha melhor a terra com uma espécie de grade). Essa operação não pode, de maneira alguma atrasar pois a fertilidade da terra é regulada em épocas para cada plan-

tio, como já foi dito. Não é muito bom também que ela se adiante porque depois fica muito dispendioso manter a terra nessa condição até a época de plantar.

Feito isso deve-se esperar a primeira chuva para amolecer o chão e começar a plantar. Todo o cronograma é dado pelas chuvas.

. Uma pessoa com burro e plantadeira "fole" não planta mais de 1 alqueire por mês e a semeadura não pode ultrapassar esse tempo portanto plantações com mais de, digamos 3 ou 4 alqueires exigem ou uma semeadora mecânica, ou muita gente trabalhando com baixa produtividade na terra.

. Possivelmente um burro não terá força suficiente para trabalhar 8 horas por dia com a plantadeira (devido ao peso, o atrito com o chão é muito grande). Há também problemas com qualquer outro meio de tração animal no que tange a fixação e levantamento da máquina. O melhor mesmo é o trator.

. O plantio manual só existe em pequenas plantações (em geral para subsistência) e em regiões muito atrasadas, onde a falta de mecanização caracteriza o elevado número de bôias-frias com baixa produtividade.

. A semeadora não causaria o desemprego mas sim reduziria o número de subempregados que poderiam ser utilizados em outros setores com produtividade maior.

Os itens acima estabelecem a necessidade do projeto.

## 2. FORMULAÇÃO DO PROJETO

Deve-se conseguir uma máquina que:

- . Seja de fácil manutenção.
- . Permita uma regulagem (os limites dessa regulagem se rão ajustados futuramente) de distância longitudinal entre os furos.
- . Permita uma regulagem da distância transversal entre os furos.
- . Permita uma regulagem da profundidade dos furos.
- . Permita uma regulagem da profundidade do número de grãos por furo, talvez isso seja feito trocando-se alguma peça da máquina.
- . Durabilidade.
- . Essas regulagens devem ser relativamente fáceis e executadas pelo próprio tratorista, bem como o abastecimento de sementes.
- . O projeto deve estabelecer grandezas geométricas e materiais de modo a permitir durabilidade elevada das partes móveis e fixas.

## 3. SÍNTESE DAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES

O conjunto tem vários subconjuntos, e estes individualmente, apresentam várias possibilidades, de modo que o número de soluções vai se multiplicando.

### A. Propulsão

Considera-se 3 possibilidades:

- A1 → automotriz
- A2 → trator (mecânico)
- A3 → tração animal

### B. Regulagem longitudinal

Dá o espaçamento entre sementes. Admite duas possibilidades:

- B1 → fixa
- B2 → móvel

### C. Regulagem de profundidade

- C1 → fixa
- C2 → móvel

### D. Regulagem transversal

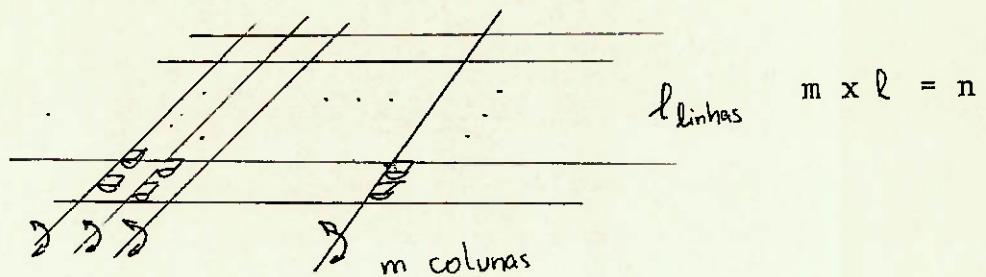
- D1 → fixa
- D2 → móvel

### E. Seletor de grão

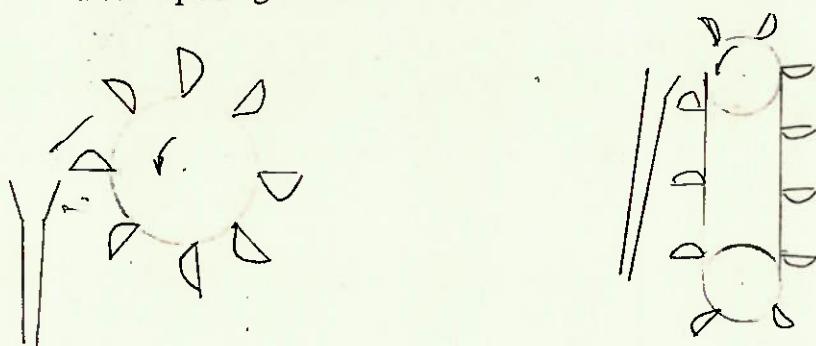
Este provavelmente será um dos pontos mais criteriosos do projeto. É dele que depende o desempenho da máquina

há 5 possibilidades consideradas:

E1  $\rightarrow$  n cadinhos cada um com 3 ou 4 grãos, sendo que cada um será despejado de uma só vez todos ficam agrupados horizontalmente.

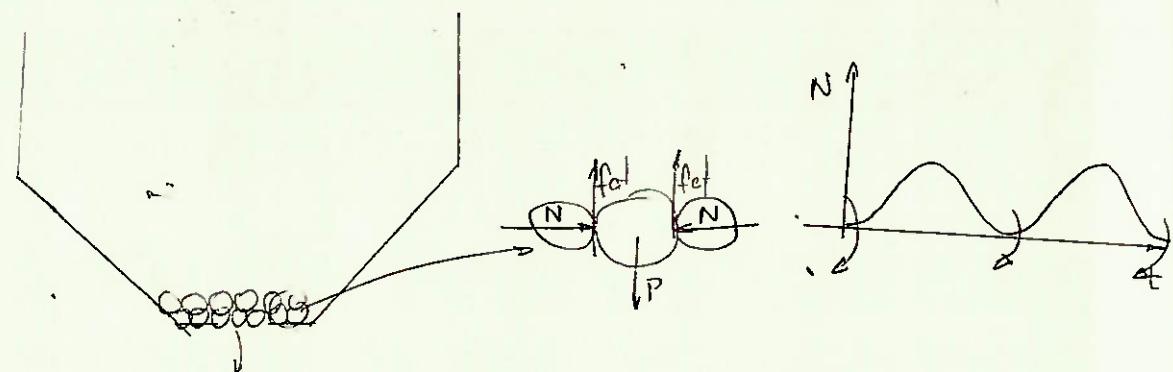


E2  $\rightarrow$  n cadinhos dispostos numa correia (ou disco) vertical que vai retirando os grãos dum reservatório e o transporta para uma agulha que se meia por gravidade.



E3  $\rightarrow$  n volumes que abrem-se e fecham-se em relação ao tanque de sementes. A vibração do sistema poderá causar ressonância no tanque o que facilitaria o trabalho. Este fato será estudado bem como a dinâmica do sistema se esta solução for escolhida.

E4 → Um tanque com uma abertura. O atrito entre as sementes provocado pela tensão entre elas causado pelo peso da massa que está acima do furo seguraria os grãos quando estivesse tudo parado. Em movimento, esforços cíclicos para cima diminuem o esforço normal na superfície do grão diminuiriam o atrito liberando um certo número de grãos. Deve-se manter um certo nível de sementes pois a coluna de grãos é que regula o peso total. A velocidade de avanço também deve ser bem estimada. A sensibilidade é grande em relação a determinados parâmetros.



E5 → Seleção a ar. Seletor pneumático que funciona com pressão negativa (sucção) ou positiva (sopro de semente).

#### F. Tapador do buraco

Há que se jogar terra (sem socar) em cima das sementes depois de colocadas. Isso pode ser feito pela própria máquina ou numa operação posterior manual ou por outra máquina. Assim:

F1 → com sistema de tapar buraco

F2 → sem sistema de tapar buraco

#### G. Contato máquina-chão

G1 → com roda

G2 → com esteira

G3 → sem nada

#### H. Colocar adubo

A acidez da terra deve estar num ponto certo, e na maioria das vezes aduba-se a terra para acertar a acidez, ou mesmo injetando nutrientes. É granular mas muito menos que a semente (até 50 mesh). Pode ser colocado simplesmente por cima da terra ou injetado a uma certa profundidade dela. Assim, essa operação pode ser feita no plantio ou depois:

H1 → com sistema de adubagem

H2 → sem sistema de adubagem

Assim, temos

$$\begin{array}{ccccccccccccc}
 A & B & C & D & E & F & G & H \\
 3 & x & 2 & x & 2 & x & 2 & x & 5 & x & 2 & x & 3 & x & 2 = 1440 \text{ pré} \\
 & & & & & & & & & & & & & & \text{soluções}
 \end{array}$$

#### 4. EXEQUIBILIDADE FÍSICA

#### 5. VALOR ECONÔMICO

#### 6. VIABILIDADE FINANCEIRA

(Com base nos itens 4., 5, 4 6, eliminam-se)

de A - A1 → automotriz (caro)

A3 → tração animal (baixo rendimento, inese -  
quível)

de B - nada

de C - nada

de D - nada

de E - nada

de F - F2 sem sistema de tapar buraco, pois a opera-  
ção de tapar os buracos separadamente seria  
muito mais dispendiosa.

de G - G2 → esteira (caro e complicado sem trazer van-  
tagem adicional)

G3 → sem nada (alto atrito, exige muita potên-  
cia do trator)

## B - PROJETO BÁSICO

Ao estudo da viabilidade feito anteriormente, obteve-se 80 soluções (devido ao grande número de subsistemas). Aqui será feita a escolha da melhor solução levando-se em conta item por item.

relembrando

A . B . C . D . E . F . G . H

$$1 \times 2 \times 2 \times 2 \times 5 \times 1 \times 1 \times 2 = 80 \text{ soluções}$$

nos subsistemas onde só existe uma solução (A, F e G) não será necessário esse estudo.

### B. Regulagem Longitudinal

B1 - fixa

B2 - móvel

A solução escolhida nesse caso é B2. Uma regulagem fixa tiraria a capacidade universal a que o projeto se propõe, e só serviria para 1 tipo de semente (Estudos agrícolas provam que há um espaçamento ótimo para cada tipo de semente). O modo que essa regulagem deve ser feita constituirá um novo subprojeto (com est. viabilis, proj. básico, etc). Isso será feito adiante em conjunto com o subsistema seletor de grão.

### C. Regulagem de profundidade

C1 - fixa

C2 - móvel

Novamente fica estabelecida nesse aspecto a dualidade entre grau de complexidade e o custo de fabricação. Uma regulagem simples (por exemplo, por um parafuso regulador de altura de sulco) de profundidade não encareceria muito a semeadora. Em termos industriais essa análise não é tão simples e essa decisão fica mais difícil. Do conhecimento de outras semeadoras adota-se o móvel para a semente e adubo (se for feita com adubagem → subsistema H analisado posteriormente).

### D. Regulagem transversal

D1 - fixa

D2 - móvel

Adota-se a solução D2 pelo mesmo motivo que foi adotado B2. O espaçamento será dado pela distância entre duas unidades de plantio consecutivas. O número de unidades poderá variar ou não (pode-se fazer kits, mas muda-se o projeto do suporte). Este projeto será desenvolvido para 4 unidades de plantio.

### E. Seletor de grão

Aqui devido a maior complexidade de escolha será elaborada uma matriz de decisão. O fator de maior peso chama-se

- funcionalidade. Isso constitue a capacidade da semeadora e exercer suas funções (semear), com erros velocidade, trabalho do operador admissíveis. O maior contraponto a esse aspecto é o preço.

Quanto mais complexa a semeadora, mais cara fica sua construção. As chamadas semeadoras turbo (exemplo; BALDAN, MAX, que sopram a semente) estão sendo fabricadas em alta escala hoje em dia. Admitindo-se uma hipotética realidade para produtor - consumidor, ponderarei o preço com peso 4.

Outro fator é que a solução E5 (pneumática) admite 2 subsoluções: pressão (+) (sopra a semente para fora do disco desador) e pressão (-) succiona a semente do reservatório). Se essa solução foi escolhida isso deverá ser definido.

Os outros aspectos que achei relevantes são durabilidade, manutenção e facilidade de operação.

(VER TABELA DA PAG. 11)

H. H1 - com sistema de adubagem

H2 - sem sistema de adubagem

Baseado nos requisitos adota-se H1: com sistema de adubagem.

#### SUBSISTEMA DE FIXAÇÃO

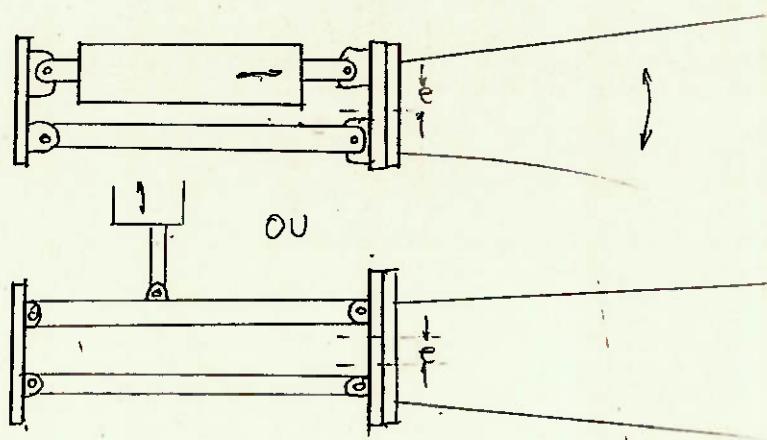
Deve permitir à fixação ao trator engate no sistema hidráulico (do trator) que o suspende; e resistir aos esforços

	E1	E2	E3	E4	E5
funcionalidade peso = 5	2   10	4   20	8   40	1   5	9   45
preço peso = 4	4   16	5   20	6   24	9   36	2   16
durabilidade peso = 2	5   10	6   12	8   16	9   18	8   16
manutenção peso = 2	4   8	4   8	7   14	8   16	8   16
facilidade de operação peso = 1	3   3	7   7	9   9	5   5	9   9
$\sum p_i$	47	67	103	80	94

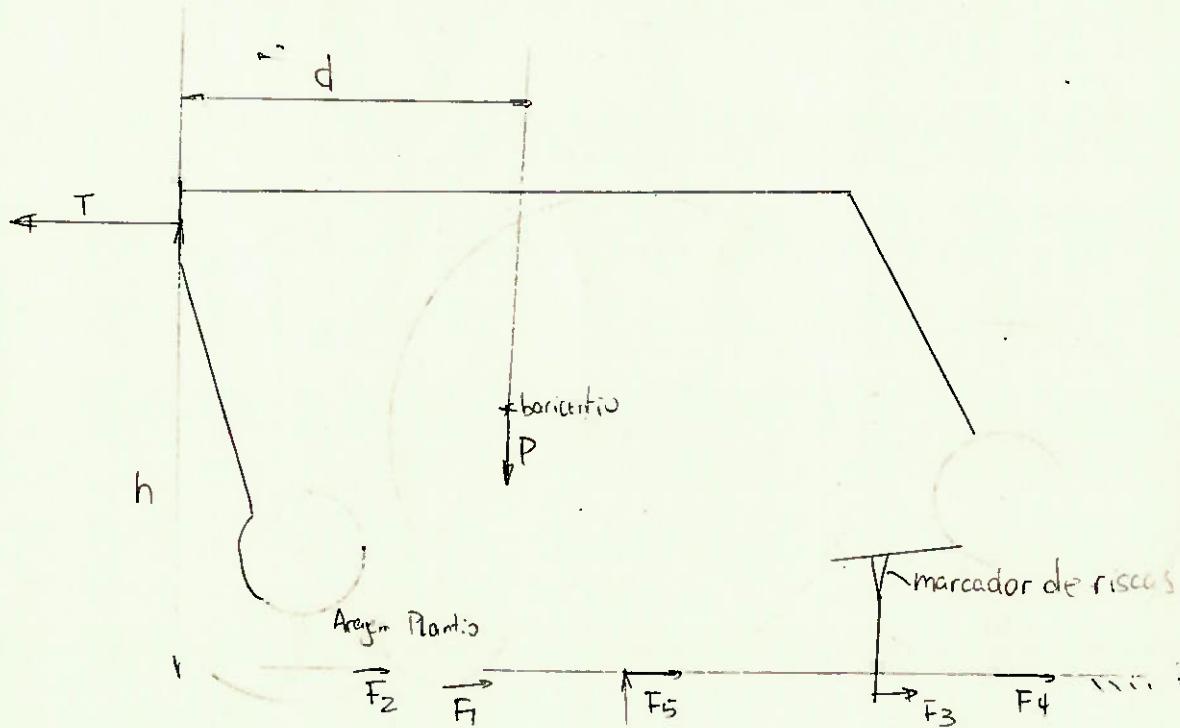
solução  
escolhida

dinâmicos do plantio.

A semeadora será fixa, por parafusos, rigidamente a uma estrutura que se acoplará ao trator (essa é função do trator e tem um mecanismo que permite as duas posições → abaixado e levantado) do tipo



fixa-se o conjunto com 4 parafusos. O diagrama de corpo livre da semeadora é:



Os valores reais das forças serão provavelmente menores. Faz-se a estimativa a favor da segurança. Assim  $P < 1500 \text{ kgf}$  e se  $v = \text{cte} \Rightarrow T = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$  que corresponde aos atritos de arrasto + rolamento. A condição crítica é o caso de plantio onde o esforço maior é o de arrasto (discos de aragem + de semeadura) onde  $\sum \text{outras } F \sim 5\% \text{ de } F_{\text{arrasto}}$  e

$$F_{\text{arrasto}} = K \times S_{\text{FRONTAL}}$$

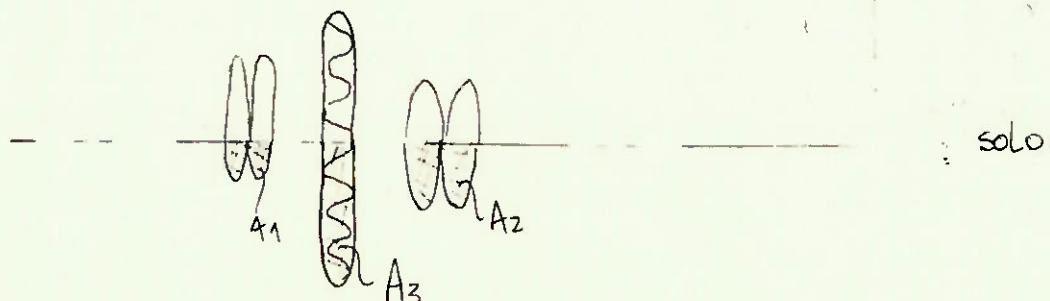
$$\begin{aligned} \text{plantio direto, chão seco} &= \\ &= 1,4 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

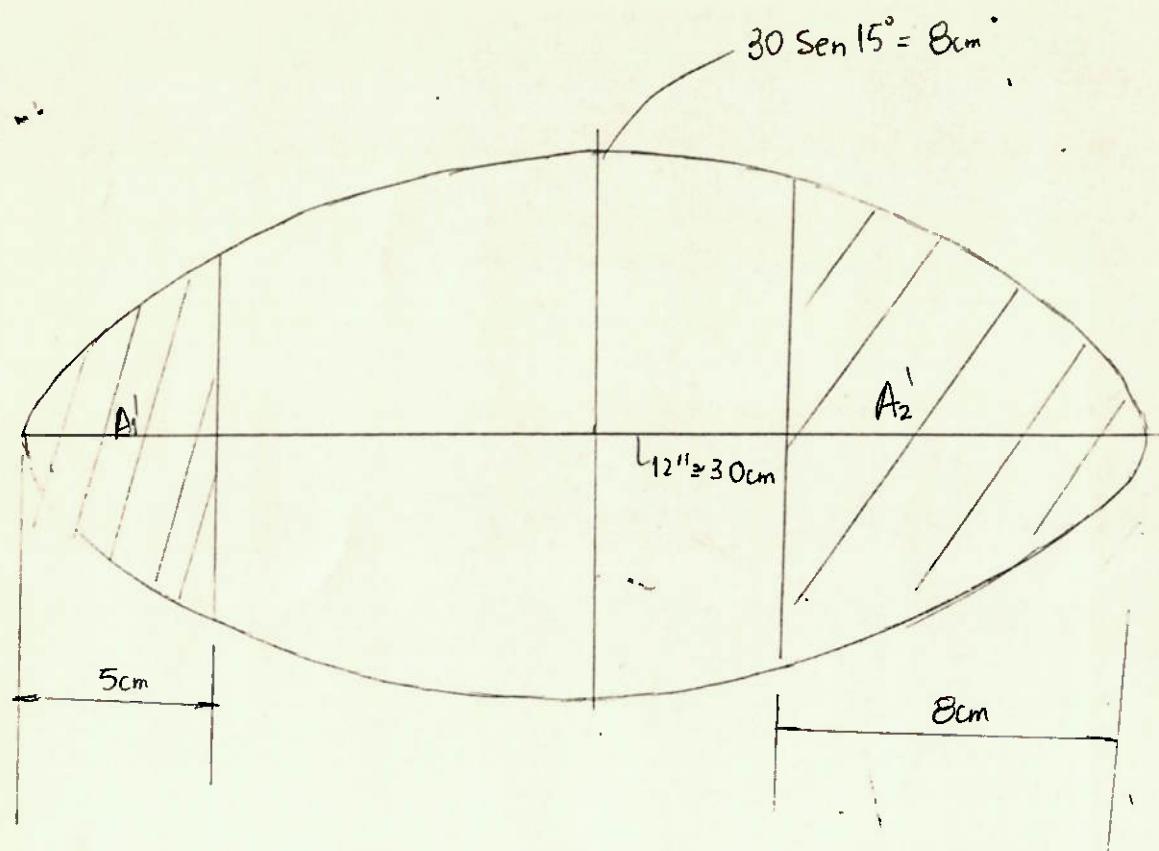
$$\Rightarrow T \leq 1,05 K \cdot S_{\text{FRONTAL}}$$

Haverá no chão 2 discos (de adubro) e mais 2 discos (sulcadores) que não rolam. Existem para evitar o embuxamento. Na hipótese de plantio direto há ainda o disco ranhurado.

Para a necessidade estabelecida adota-se os discos de plantio e aragem de ferro fundido ( $\emptyset = 12''$  inclinação  $30^\circ$  em relação a rua) e o disco ranhurado com  $\emptyset = 15''$

O esquema abaixo dá uma idéia da  $S_{\text{FRONTAL}}$  de arrasto por unidade semeadora. Em geral coloca-se o adubo ao lado e abaixo (3cm) da semente.





$$A_3 = 2 \times 10 = 20 \text{ cm}^2$$

$$S_i = A_3 + 2(A'_1 + A'_2)$$

Utilizando uma fórmula aproximada de área de setor elíptico obtenho:

$$A_1 \approx 31 \text{ cm}^2 \quad \text{e} \quad A \approx 15 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad S_i = 20 + 2(31 + 15) = 112 \text{ cm}^2$$

$$F_i = 105 \text{ K...} S_i = 230 \text{ kgf} \quad T = 4 \text{ unidades} \quad F_i + F_{\text{marcar riscas}} \rightarrow$$

$$\rightarrow S_i = 10 \text{ cm}^2 \rightarrow 14 \text{ kgf}$$

$$= T = 9w5 \text{ kgf.}$$

OBS.: para uma velocidade de plantio de 8 km/hora(alta), a potência solicitada do trator será  $\frac{T \times v}{n} \geq 30 \text{ C.V.}$   
0.K., para qualquer trator com capacidade para 4 linhas

A esse esforço devem ser submetidos os 4 parafusos de fixação.

O fator dinâmico (referente à choques) é o de grande importância nesse aspecto, porque se for superior a um certo valor, eles (ou um deles) quebrarão.

Esse fator é (aconselhado pela resistência dos materiais)

$$\emptyset = 1 + \sqrt{1 + \frac{\tau_{cin}}{\tau_{est}}} \text{ que provoca tensões dinâmicas}$$

$\tau_{cin}$  = energia de toda a massa antes do choque

$\tau_{est}$  = " armazenada estaticamente

de modo que  $\tau_{din} = \emptyset \cdot \tau_{est}$ .

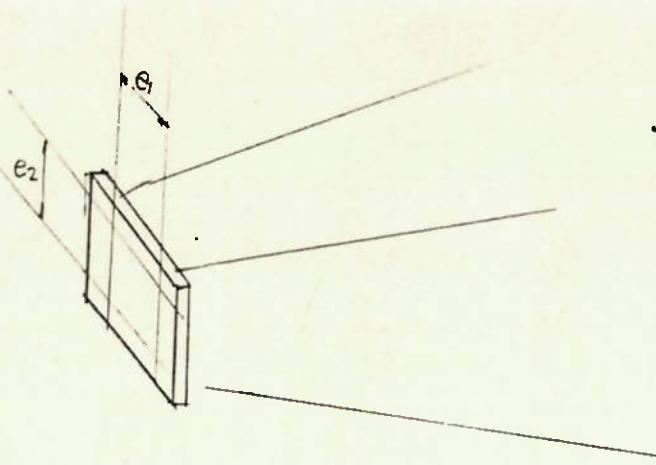
Se a estrutura tiver um comportamento mais flexível, ela se adaptará melhor ao choque (tensões menores). Tal fato é dado pelo esforço do hidráulico do trator e pelo peso da semeadora. Um valor médio para  $\emptyset$  nesses casos é 5 → assim  $P_{din} = 5 \times T = 4675 \text{ kgf}$ .

Sendo  $d$  o diâmetro nominal do parafuso,  $\sigma \approx \frac{2Q}{d^2}$  esforço normal (ref. 1) e  $\bar{\sigma} = 1000 \text{ kgf/cm}^2$ .

$$f.s = 1,2 \text{ (adotado)} \quad d \geq \frac{2 \times \frac{P_{din}}{4}}{\frac{1000}{1,2}} \text{ parafusos} = 1,67 \text{ cm} \quad \text{assim}$$

farei rosca métrica M20 com  $d = 20\text{mm}$ .

A fixação será assim:



novamente os parâmetros  $e_1$  e  $e_2$  têm sensibilis significativa:

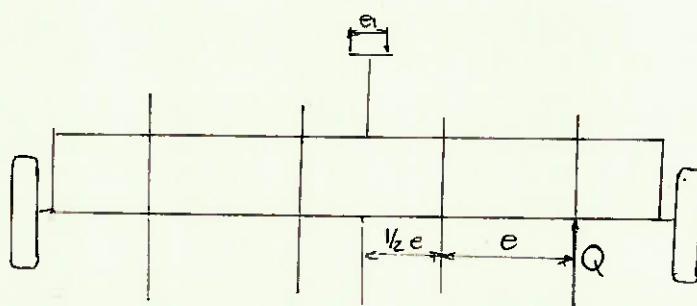
No caso da semeadora levantada, o momento  $P \times d$  será equilibrado por  $2 \times F_{\text{parafuso}} \times e_2$ . Como  $P = 1500 \text{ kgf}$  (será bem menor que isso), fazendo  $F_{\text{parafuso}} = F_{\text{lim}}$   $\sigma = \bar{\sigma}$

$F_{\text{parafuso}} = \frac{d^2}{2} = \frac{4 \cdot 1000}{2 \times 1,2} = 1667 \text{ kgf}$

$$\text{Assim } e_2 \geq \frac{1500 \times d}{2 \times 1667} = 0,45 \cdot d$$

$$d \approx 0,8 \text{ m} \rightarrow e_2 = 360 \text{ mm}$$

O parâmetro  $e_1$  resistirá a esforços angulares no planteio:



O espaçamento  $e$  entre linhas não chega a 1 m nas plantações em média.

Para esse cálculo supõe-se um carregamento assimétrico correspondente a carga  $\phi$  choque admitido  $\phi_{estático}$

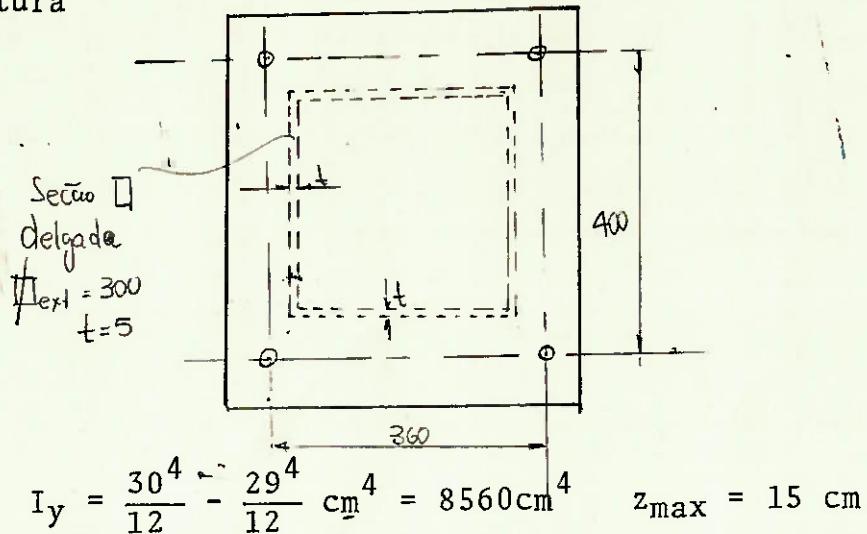
$$T_{lim}/4$$

Só na unidade da ponta  $e = 1 \text{ m} \rightarrow$

$$Q \times 1,5 \text{ m} = 2 \times F_{parafuso} \times e_1$$

assim  $e_1 \geq 0,40 \text{ m}$  farei  $e_1 = 400 \text{ mm}$

A essa peça será soldada uma viga de seção retangular e espessura  $t = 0,5 \text{ cm}$  (AÇO SAE 1040) (escolhido). Essa seção deverá resistir ao momento  $p \times d$  quando levantada a estrutura



$$\sigma = \frac{1500 \text{ kgf} \times 80 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}}{8560 \text{ cm}} = 210 \text{ kgf/cm}^2$$

outro esforço que dá flexão nessa seção é o esforço de plantio, porém é no sentido contrário ao do peso. Supondo que todo o peso seja resistido pelo chão temos

$$\sigma = \frac{935 \text{ kgf} \times h}{I_y} \times z_{\max} \approx 100 \text{ kgf/cm}^2 < \bar{\sigma}$$

Essa seção pode também sofrer torção, cuja expressão é

dada pela 1<sup>a</sup> fórmula de Bredt  $\tau = \frac{Mt}{2 \cdot A \cdot t}$

$$A = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2 \quad t = 0,5 \text{ cm} \quad \text{AÇO SAE 1040}$$

$$\tau = 800 \text{ kgf/cm}^2$$

$M_T$  é máximo, quando uma roda ficar suspensa e a outra não (exemplo: pedra). Admitindo 4m a distância entre centros das rodas de tração

$$M_T = P \times 2m \quad 1500 \text{ kgf} \times 2m = 3000 \text{ kgf} \cdot m$$

$$\tau = \frac{3000 \text{ kgf} \cdot 100 \text{ cm}}{2 \times 900 \text{ cm}^2 \times 0,5 \text{ cm}} = 333 \text{ kgf/cm}^2$$

Est. compatibilidade: A distância (espaçamento) mínima de plantio será a largura de cada unidade semeadora. Assim a largura de cada unidade deverá ser inferior a 30 cm.

Subsistema de "Rolamento" isto quer dizer o sistema intermediário entre a terra e a semeadora. Será feito (por opção) por rodas com pneumáticos.

A 1<sup>a</sup> equação a se respeitar é que o peso da unidade (dividido pela área dos elementos que serão "fincados" no chão), seja suficiente para dar a penetração (dos discos aradores, sulcadores e adubadores), até que se encoste a roda no chão. Nesse momento o peso será distribuído pelos 2 pneus, que não deve ter uma penetração superior a uma limite. Nesse caso usa-se 2 pneus agrícolas DUNLOP (710 x 15 - 6 lonas) em rodas de 15', que satisfarão às condições acima.

Também é a partir dessas duas rodas que a semeadora vai

obter potência necessária para gerar suas funções. Em bancas de ensaio usam-se motores de 1/4 HP. Por segurança:

$$\frac{1}{\eta} \cdot 2 \cdot \text{Pot}_{at} \geq 2 \text{HP} \quad \Rightarrow \quad \text{Pot}_{at} \geq 1 \text{HP} \times n$$

por roda                            por rod

$$P_{otat} = \mu \cdot \frac{P}{2} \cdot \frac{d}{2} \cdot \omega \quad d = d_{nominal} = 27,5' = 700\text{mm}$$

$$\omega = 2 \cdot \frac{v}{d} \quad \bar{\mu} = 0;3 \text{ (terreno arado seco)} \quad \frac{P}{2} = 750 \text{ kgf}$$

$$v = 1,5 \text{ a } 2,5 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 2 \text{m/s}$$

$$Pot_{at} = 0,3 \cdot 750 \text{ kgf} \cdot \frac{2m}{s} = 450 \text{ kgm/s} \sim \frac{6HP}{x^n} \min=0,8$$

por roda

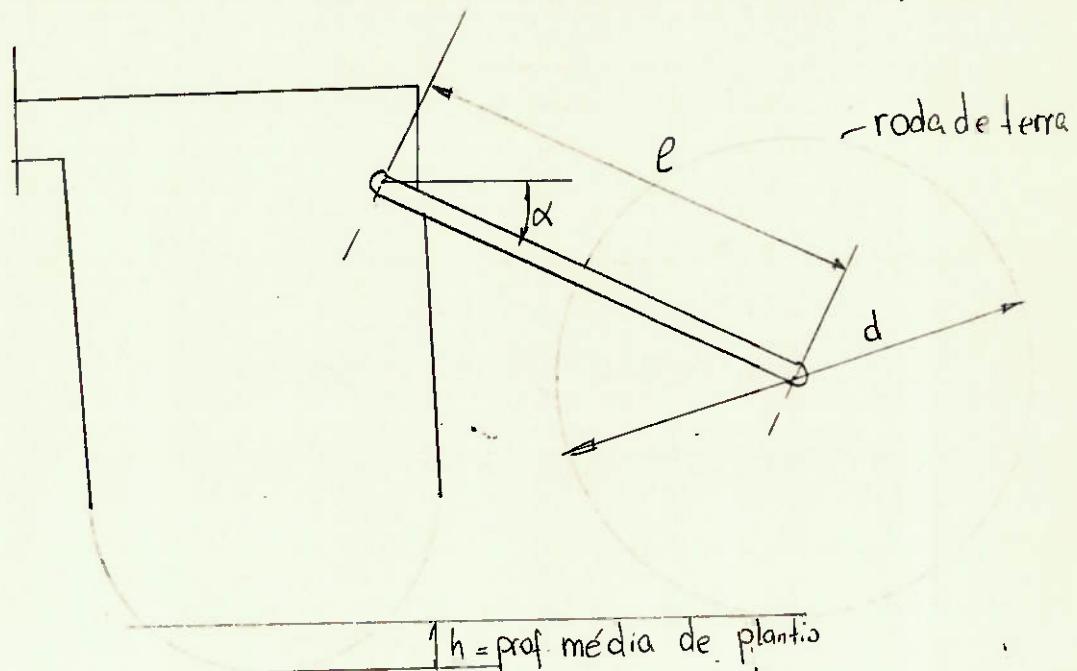
Na condição de baixo atrito com o chão ou engripamento das partes móveis o plantio é interrompido, e a roda vai só derrapando. Esse fato deve ser evitado.

REGULAGEM DE PROFUNDIDADE(S):

Será dado pela altura relativa entre o suporte e o conjunto das rodas. Um outro sistema equivalente será usado para o disco adubador. O sistema não possuirá amortecimento (a não ser o devido aos pneumáticos).

Utiliza-se o eixo motor do sistema fixo em mancais acoplados ao suporte. A variação da altura relativa será dada pela rotação do suporte do cubo da roda em relação à esse eixo.

Assim:



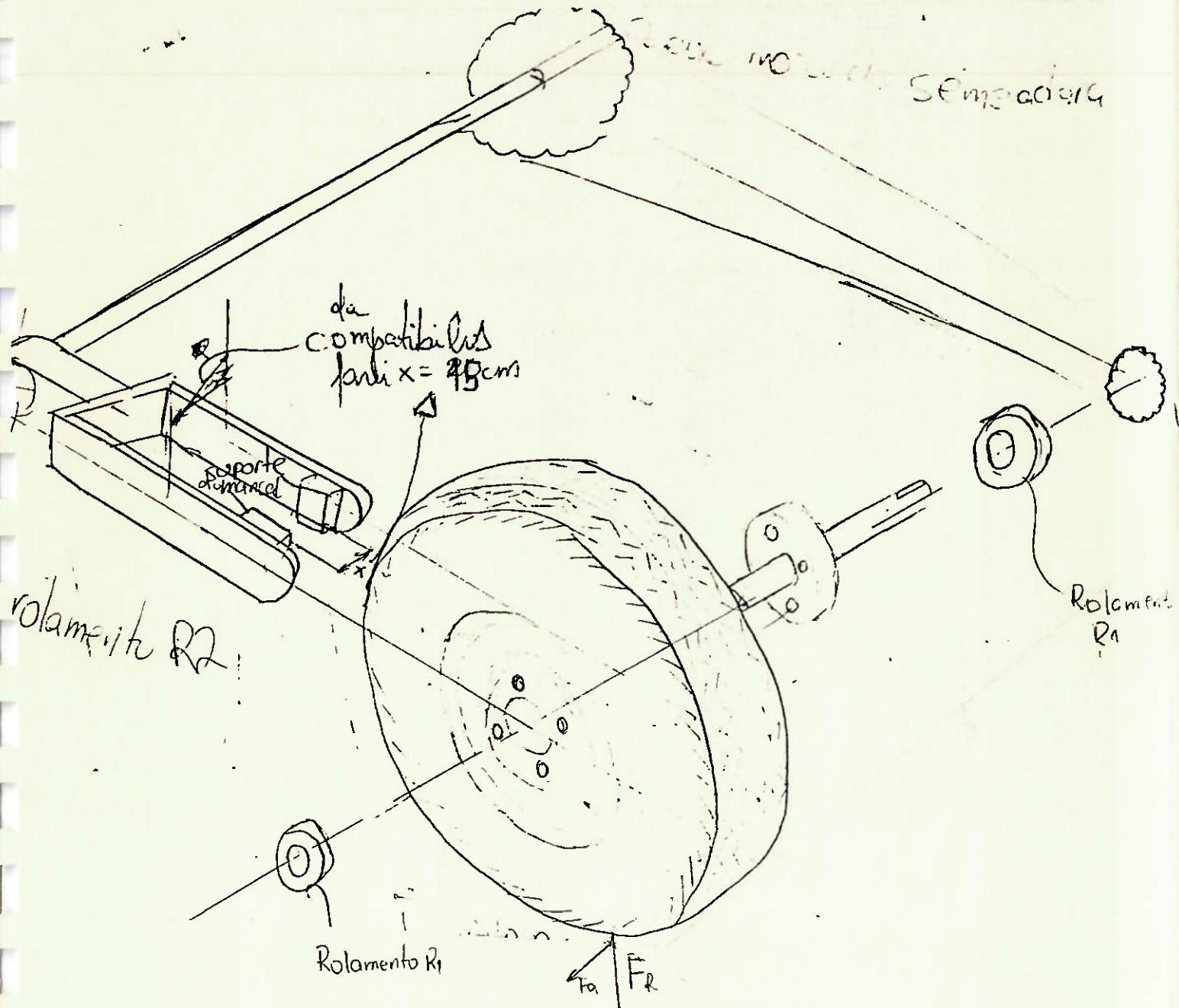
farei  $h$  variar de 0 a 15cm e para fazer uma semeadora mais compacta farei  $h = 0$  com  $\alpha = 0$  e  $l = 0,50\text{m}$  ( $d = 0,70\text{m}$ ) assim  $h = l \operatorname{sen}\alpha$

#### ~~COMPATIBILIDADE~~

$$h_{\max} = 0,15\text{m} = 0,40 \operatorname{sen}\alpha_{\max} \rightarrow \alpha_{\max} = 22^\circ$$

A profundidade  $h$  é função do tipo de semente, poderia se conceber a haste de comprimento  $l$  como a estrutura de ponta de eixo de rodas de automóveis. Mas essas peças são forjadas à quente (Custo de fabricação elevado)

Para se obter a mesma rigidez da ponta de eixo há que se segurar a roda pelos dois lados; pois nesse caso não teremos os esforços fletores (os mais significativos) na ponta do eixo, e o fator estética aqui não é muito importante.



Os rolamentos R1 são solicitados basicamente por elevada capacidade radial (já que se eliminaram os efeitos nocivos da ponta de eixo com o berço duplo), com elevada carga de choque e devem ter compensação para as falhas de alinhamento. Para tanto escolhi os autocompensados de rolos esféricos FAG

Rolamento R1 - carga eq. P

$$P' = 9,5 F_a + F_R'$$

$$F_R' = 750 \text{ Kgf} \quad F_a = 75 \text{ Kgf}$$

22.

$$\phi = \phi_{\text{CHOCO}} = 5$$

$$P' = 1462 \text{ Kgf}$$

$$P = \phi \frac{P}{2} = 3655 \text{ Kgf}$$

Escolhe-se

2 rolamentos

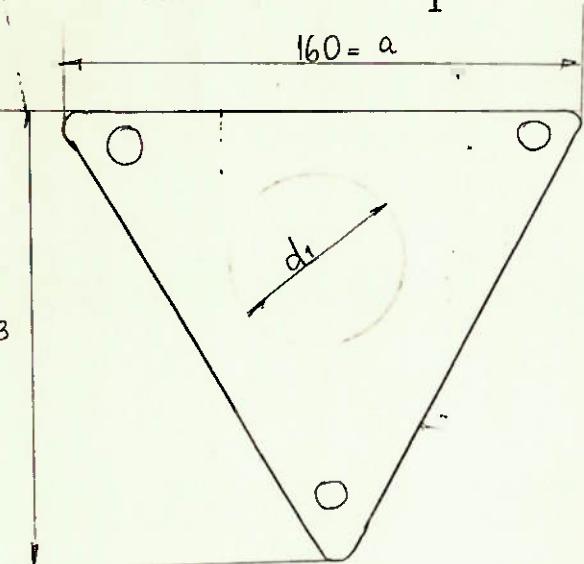
para R1 os rolamentos FAG 202 07

$$\left. \begin{array}{l} d = 35 \text{ mm} \\ D = 72 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

Rolamento R2 mesmo tipo de rolamento (mesmo tipo de solicitação, só que  $P' = 2P = 7310 \text{ kgf} \rightarrow 20212 \rightarrow \text{FAG}$

VER ANEXO 2

Para os rolamentos de baixo R1 foram selecionados os mancais FAG de flange 2 → F 508A (fechado de um lado) para cada roda devido a  $d_1 = 36 \text{ mm}$  (dos rolamentos) ANEXO 3.



de modo análogo

Para os rolamentos R2

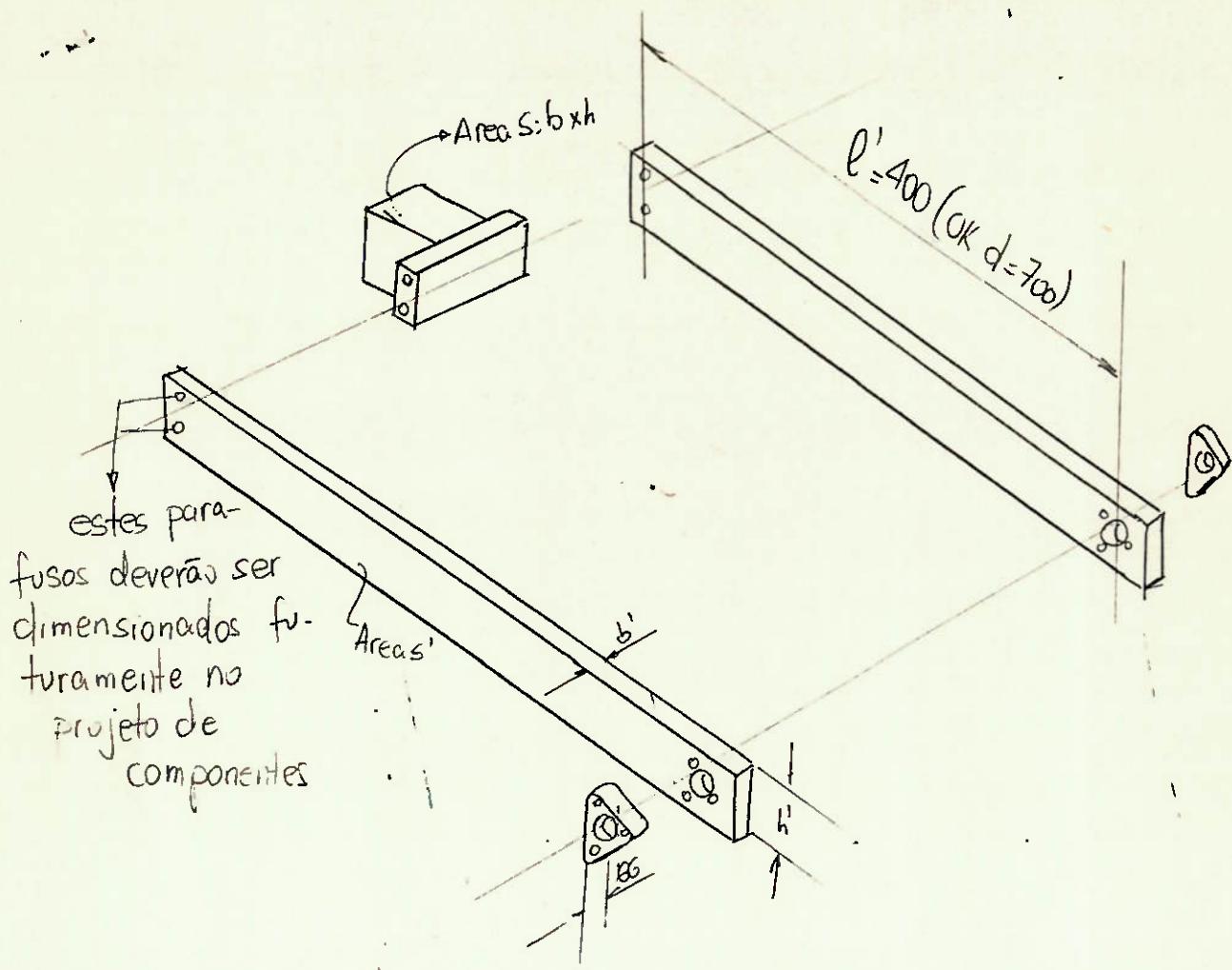
$$F 11212 \quad d_1 = 60$$

$$Q = 200$$

$$h_1 = 183$$

VER ANEXO 3'

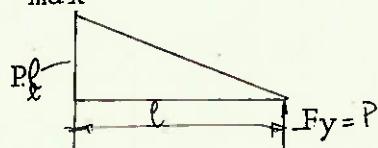
A montagem do garfo é como segue:



$$S = b \times h$$

$$I_y = \frac{bh^3}{12}$$

$$M_{\max} = 2P \times l = 3655 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$



$$\sigma = \frac{M}{I_y} \cdot \frac{h}{2} = \frac{M \cdot 6}{bh^2}$$

fazendo  $b = 100\text{mm}$  e  $h = 200\text{mm}$

(OK compatibilidade pois  $h_1 = 183\text{mm}$ )

$$\sigma = \frac{3655 \times 100 \times 6}{10 \times 20^2} = 550 \text{ kgf/cm}^2$$

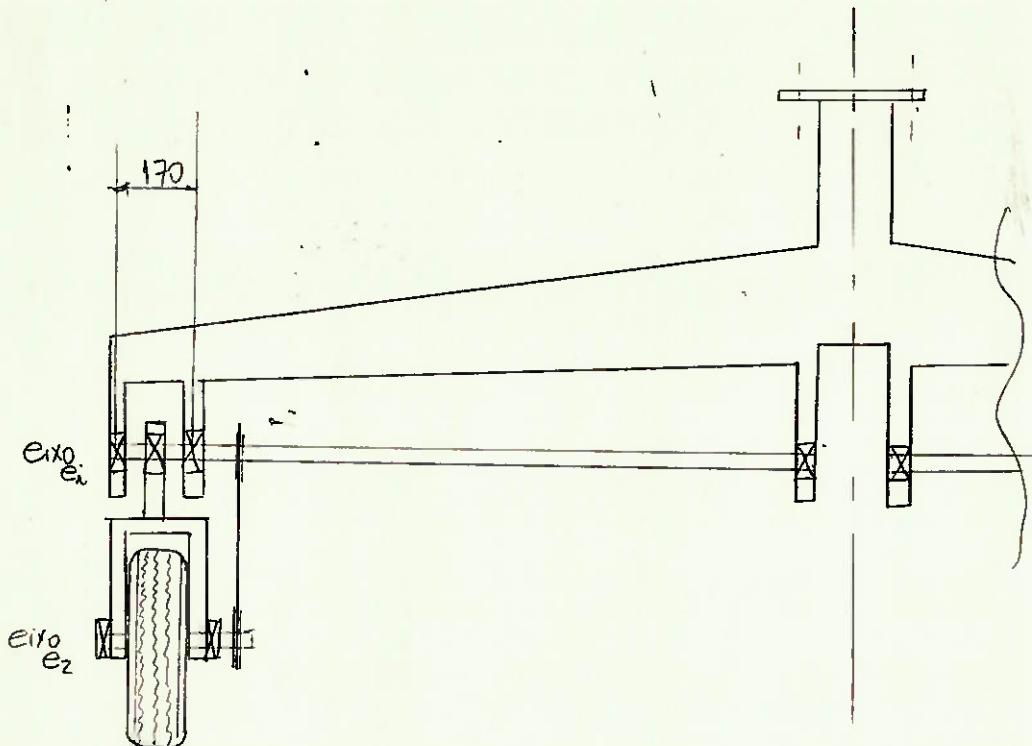
AÇO SAE 1020  $\sigma_{adm} = 1000 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow \text{OK.}$  (E os fatores dinâmicos foram levados em conta).

$$\text{Área } S' \quad M_{\max} = \frac{P}{2} l' = 1826 \times 0,4 = 731 \text{ kgf m} \quad W = \frac{b'h'^2}{6}$$

$$\sigma = \frac{Mx100.6}{b'h'^2} = \frac{600 \cdot 731}{b' \cdot 16^2} = \frac{1713}{b'} \leq 1000 \rightarrow b' = 1,71 \text{ cm}$$

adota-se  $b' = 20 \text{ mm}$

Para obter o movimento relativo entre o garfo e o suporte colocam-se mais 3 rolamentos nesse mesmo eixo, (em cada lado  $3 \times 2 = 6$  rolamentos a mais) iguais aos R2 utilizados anteriormente, como segue:



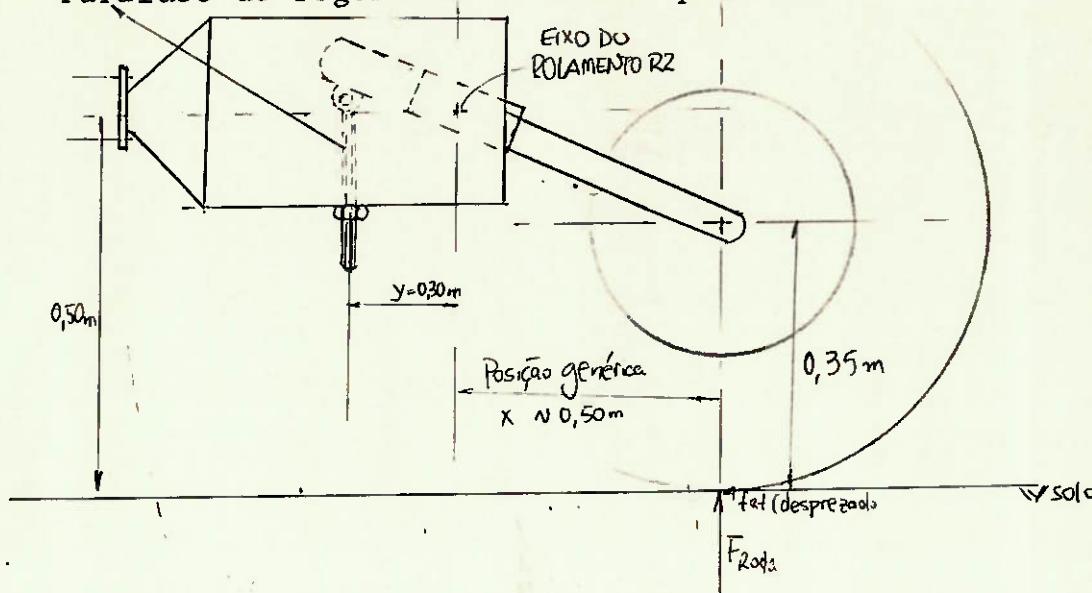
como só o R2 marcado no esquema já resiste aos esforços de plantio, os outros 30 farão com maior facilidade. Não é possível selecioná-los de outro modo devido à compatibilidade de  $d = 60$ . Porém requer maior cuidado no ajuste e na montagem.

Para maior facilidade farei o eixo ei alinhado com o suporte e tomada de potência do trator.

Tomando como  $h_1$  a altura do eixo 1  $h_1 \sim 0,50m$

$h_2$  " " " " 2  $h_2 = 0,35m$

Parafuso de regular a altura de plantio.



Esse parafuso deve ser muito reforçado, pois é ele que vai segurar os esforços em cada roda, bem como o rolamento R2 indicado.

$$\frac{F_{\text{parafuso}}}{0,50} = \frac{0,30}{0,50} F_{\text{roda}} \quad \text{Usando o mesmo fator dinâmico de choque anterior, } \phi = 5 \quad F_{\text{parafuso}} = F_p = \frac{0,3}{0,5} \times 750 \text{kgf} \times 5 = F_p = 2250 \text{ kgf.}$$

$$\text{Da ref. 1 tem-se } \sigma = \frac{2F_p}{d^2} \phi \rightarrow \text{fator de serviço} = 1,5$$

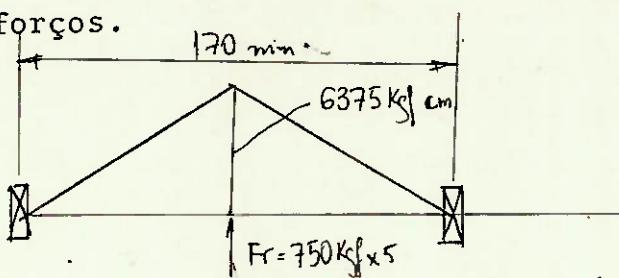
$$d \geq \sqrt{\frac{2F_p \cdot \phi}{\sigma}} \quad \text{AÇO SAE 1050} \quad \sigma = 1200 \text{kgf/cm}^2$$

diâmetro nominal

$$\rightarrow d \geq 2,37 \text{cm} \rightarrow d = 30 \text{mm} \quad \text{rosca métrica}$$

para as 2 rodas usarei 2 x M 30 x 150.

o eixo e1 terá sua maior solicitação na seção correspondente à roda, pois é ele o elo de ligação entre as rodas e o suporte. Dimensionado nessa seção, com certeza ele irá resistir nas outras. Outra simplificação será admitir momento fletor = 0 nas seções dos rolamentos (já que são auto-compensadores). Não haverá flexões devidas às unidades semeadoras, pois estas serão fixadas no suporte por parafusos que resistirão esses esforços.



esse eixo poderia ser calculado pelo momento ideal devido à torção e à flexão

torção e a flexão

$$M_I = \sqrt{M_f^2 + (M_T)^2}, \text{ porém como o fator de choque é } 5, \text{ e o choque é eventual } \theta_m = \frac{1}{T} \int_0^T \theta d t \ll 1 \rightarrow \text{dimensiona-se o eixo só para a flexão, nesse caso menos favorável de } \theta = 5$$

$$\sigma = \frac{6375}{W} \leq 800 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{bronze} \quad \rightarrow W \geq 7,97 \text{ cm}^2$$

módulo de resist.  
do eixo, à flexão

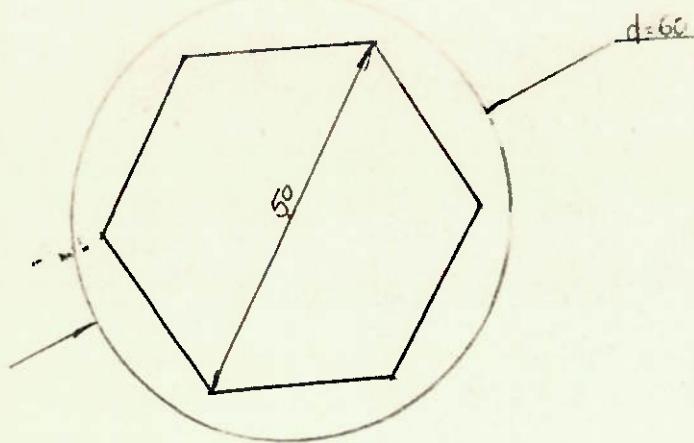
Para a fixação das unidades semeadoras em qualquer ponto do eixo  $e_1$  (para ajuste dos espaçamentos transversais entre plantas) e transmissão do movimento, usarei eixo de bronze (pequeno atrito quando se transladar as unidades semeadoras através dele) com seção regular hexagonal   $W_h = \frac{3\sqrt{3}}{2}R^2$

$$\text{S} \quad R \quad W_{\odot} = \frac{5R^3}{8}$$

(ref. 2)

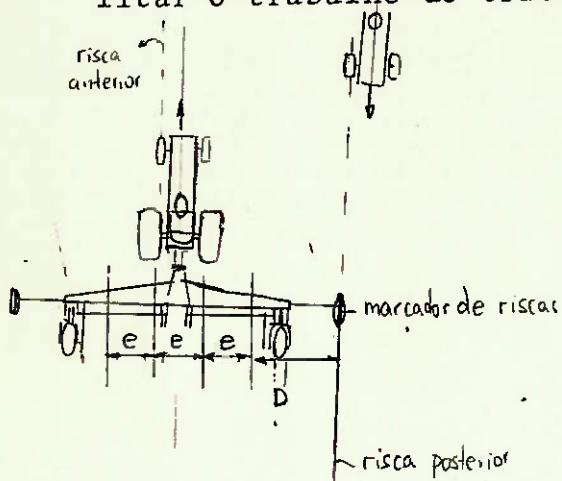
$\rightarrow R \geq 2,34 \text{ cm}$  usa-se  $R = 25 \text{ mm}$

e como  $d = 60$  (OK compatibilidade), há que se fazer uma peça para a fixação nos rolamentos.



A resistência e os ajustes e tolerância dessa peça deve rão ser analisados no projeto dos componentes.

O marcador de riscas deve também ter comprimento variável, em função do espaçamento, pois varia-se seu comprimento com objetivo de deixar a roda dianteira do trator, para facilitar o trabalho do tratorista:



$$B = B \text{ (trator)}$$

$$D = \frac{3e - B}{2} \rightarrow D = D \text{ (trator, espaçoamento)}$$

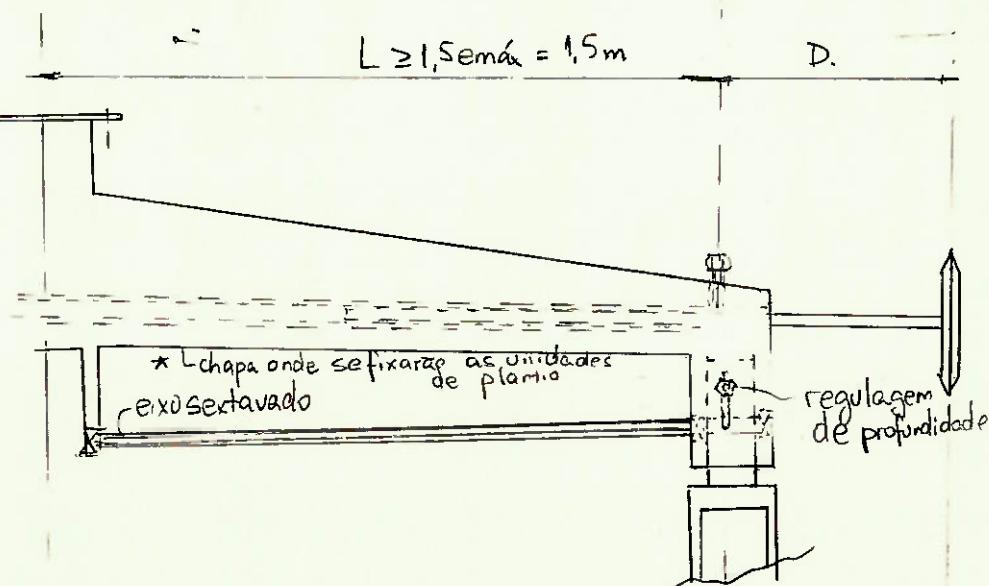
por exemplo

$$\text{Tobata MF50 } B = 1,42 \text{ m}$$

$$\text{Seja } e = 0,70 \text{ m}$$

$$D = 0,70 \times 3 - 1,42 = 68 \text{ cm}$$

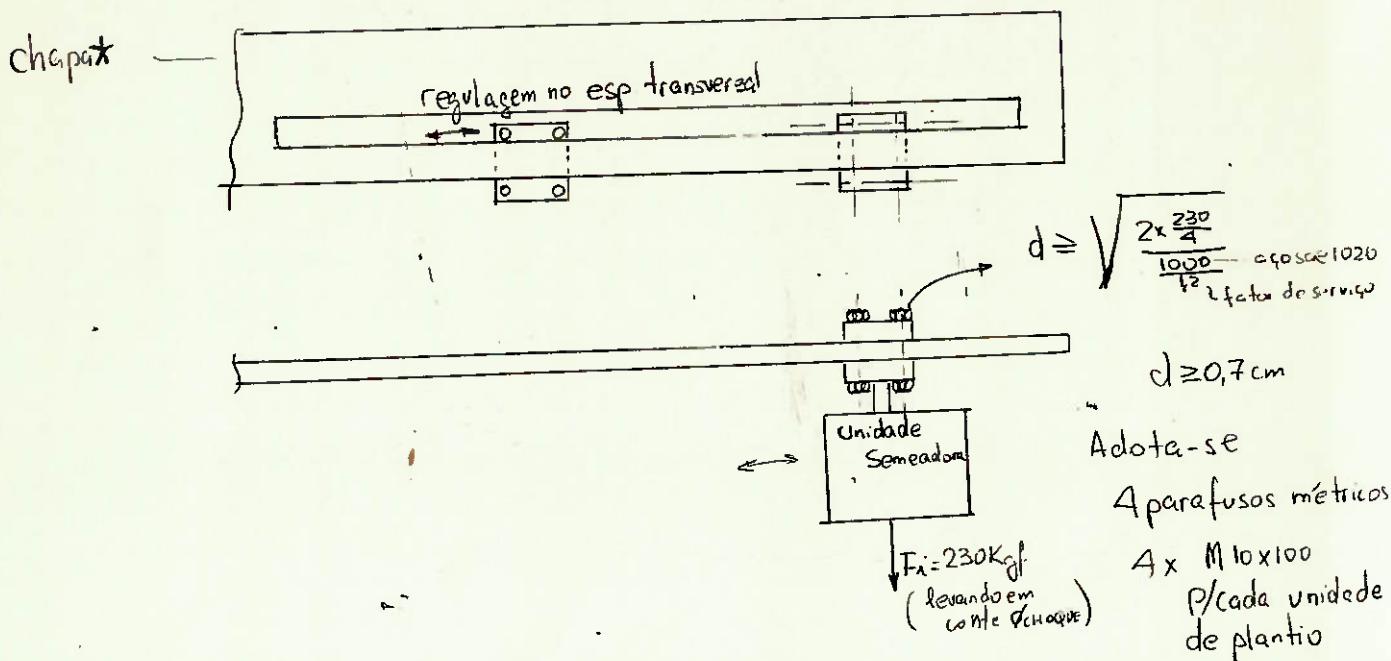
Tal distância será ajustada pelo movimento de uma barra dentro de um tubo, com o aperto dado por um parafuso:



As considerações sobre fadiga e seus coeficientes de segurança deverão ser feitas em etapas futuras.

#### SUBSISTEMAS DE PLANTIO-ADUBAGEM

A montagem (regulagem de espaçamentos) será feita por 4 parafusos para cada unidade na barra inferior do suporte (chapa indicada acima\*)



#### MODELAGEM MATEMÁTICA

Diâmetro da roda de terra  $D = 0,70\text{ m}$

$$\pi D = \text{perímetro} " " " " = 2,20\text{ m}$$

$e$  = espaçamento entre sementes em metro

$$\rightarrow j = \frac{2,20}{e} = \text{número de sementes por volta da roda de terra}$$

$j = j$  (tipo de semente) =  $2,20 \times \text{número de sementes por metro}$ . "Semente" aqui está relacionado com 1 volume deslocado de disco, que pode conter 1,2,3 sementes.

o número de vazios preenchidos numa volta é o  $n_p$  (rendimento de preenchimento) .  
 " " " total

Supõe-se  $n_p = 100\%$  e adiante fazem considerações.

$j = 2,20 \cdot j'$        $j' = \text{nº de "sementes por metro}$

Se  $j_{\text{projeto}} > j_{\text{recomendado}} \rightarrow$  perda de terreno útil  
 $\rightarrow Cr\$ \uparrow$

Se  $j_{\text{projeto}} < j_{\text{recomendado}} \rightarrow$  falta de nutrientes à planta  
 $\rightarrow$  planta fraca  $\rightarrow Cr\$ \uparrow$

planta	$j'$	obs.
milho	5 a 10	número mais usado é 10 sementes/2grãos p/furo. Há plantações que se usa $j' = 5$ , porém c/1 grão por furo.
feijão	idem	idem
soja	20 a 45	depende da semente para uma certa granulação e poder germinativo verificou-se que o ótimo é 32, 33 a 34
sorgo	14 a 23	
girasol	5 a 10	
arroz	30 a 80	é difícil controlar $n_p$ devido à irregularidade geométrica da semente
algodão	10	
amendoim	20	

Como vemos a faixa de variação de  $j$  ( $= 2,20 \times j'$ ) é bem grande (11 a 176).

A universalização da máquina será conseguida com a variação desse parâmetro nessas escalas

$$\text{Chamando } i = \frac{\overset{w}{\text{disco}}}{\frac{\overset{w}{\text{d}}}{\overset{w}{\text{r}}}} = \left( \frac{\text{nº de voltas do disco}}{\text{nº de voltas da roda}} \right) \text{ num mesmo intervalo de tempo}$$

$i$  = relação global de transmissão

$$\text{seja } v = \text{nº de sementes do disco} = \frac{\text{nº de sementes}}{\text{volta disco}}$$

$$j = \frac{\text{nº de sementes}}{\text{volta da roda}}, \text{ e seja } N = \text{nº de sementes (elevado)}$$

o nº de voltas da roda correspondente à  $N$  é :

$$\begin{aligned} \text{nº de voltas da roda} &= \\ &= \frac{N}{j} \end{aligned}$$

e o nº de voltas do disco correspondente à  $N$  é :

$$\begin{aligned} \text{nº de voltas do dis-} \\ \text{co} &= \frac{N}{v} \end{aligned}$$

como  $\frac{N}{j}$  e  $\frac{N}{v}$  correspondem à um mesmo  $\Delta t$  (tempo de plantio de  $N$ )

$$i = \frac{\frac{N}{v}}{\frac{N}{j}} \rightarrow i = \frac{j}{v} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{j = v \cdot i}$$

$$(\text{supondo } \eta_p = 100\%) \text{ senão } j = (\eta_p \cdot v) \cdot i \quad \therefore \quad \boxed{j = \eta_p \cdot v \cdot i}$$

essa equação nos fornece a sensibilidade de  $j$  aos parâmetros envolvidos.

BIBLIOGRAFIA

1. EKONO CONSULT. ENGINEERS, Classification and properties of peat for fuel purposes.  
Helsinki, Ekono CE., 1980. 30 p. tab Graf.
2. YIP, H.H.& ENGSTROM , F, Peat Combustion in a circulating fluid bed.  
In: International Peat Congress, 6. Duluth, Minn.  
(Aug.17-23, 1980)
3. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Brasil).  
Turfa: o novo combustível nacional.  
RJ. CPRM, 1980 (Turfa, Monografia nº1)
4. Symposium of Commission II on Combustion of Peat Proceedings.  
Kuopio, Finland; Sept. 23-26, 1975.
5. SAROFIM, ADEL F., BEÉR, JANOS M.,  
Modelling of Fluidized Bed Combustion  
Combustion, 1980, págs. 189-204
6. DONSI G., MASSIMILA L., RUSSO G., STECCONI P.  
Carbon Load and Gas Composition in Fluidized Bed Combustion  
Combustion, 1980, págs. 205-210.

Podemos conseguir a escala de  $j$  desejada das seguintes maneiras:

- a) variando  $n_p$
- b) variando  $i$
- c) variando  $v$
- d) por combinações de a, b e c

A hipótese a deve ser descartada uma vez que  $n_p$  deve ser o mais fixo possível (fato que será tentado posteriormente), de modo que só poderemos abranger toda gama de  $J$  através dos parâmetros  $i$  e  $v$ .

Uma limitação de  $v$  é que se ele for muito alto não vai dar tempo de preencher todos os vazios (eles passariam muito rápido pelo alimentador). Esse é o problema da má distribuição de sementes com altas velocidades do trator. De qualquer maneira, numa velocidade de plantio considerada alta ( $2,2 \text{ m/s} = 7,92 \text{ km/h}$ ) temos o período da roda de 1 segundo. Com uma relação  $i \approx z$  teremos período do disco de  $0,5$  segundos e o tempo de queda da semente é

$$t = \alpha \frac{2h}{g}$$

onde  $\alpha = 1,5$  (escolhido)  $h \approx 1\text{cm}$   $g = 10\text{m/s}^2 = 1000\text{cm/s}^2$

$\rightarrow t = 6,71 \times 10^{-2}\text{s}$ . Essa tentativa deve ser descartada pois  $\frac{T}{t} = 7,45$  o que é um valor muito baixo. Isto quer dizer que o disco está rodando muito rápido e isto necessita de poucos furos o que causaria má distribuição. Tentando  $i = 1/4 \rightarrow T = 4\text{s}$

V- nº de orifícios  
 $\alpha$ - ângulo central correspondente à 1  
 Só orifício

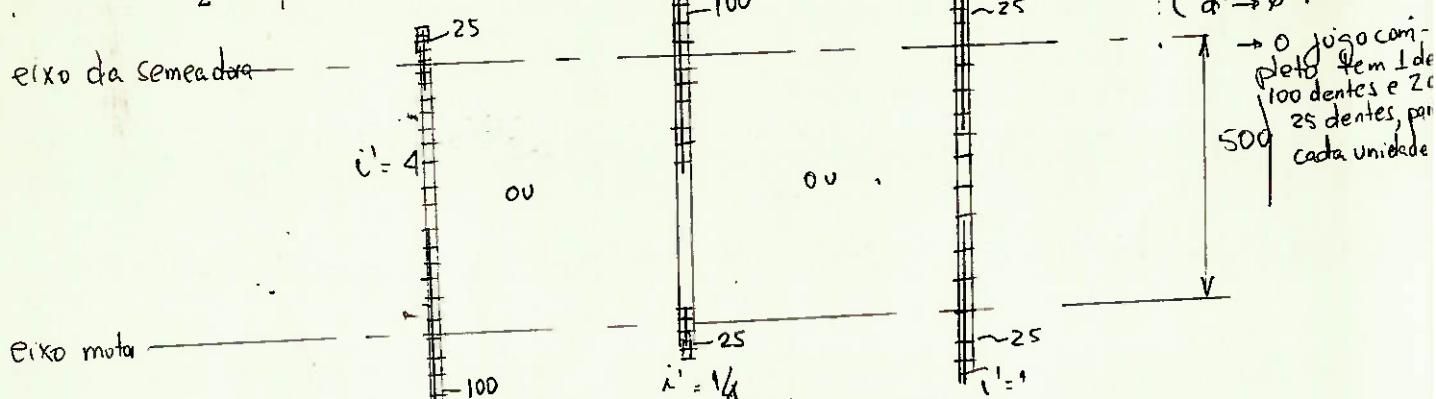
$$\frac{T}{t} \approx 60 \quad v = \frac{1}{K} \frac{T}{t} \quad K = \frac{360^\circ}{v \cdot \alpha} \approx 1,5 \text{ a } 2$$

$v \alpha \rightarrow$  ângulo total do disco  
 Correspondente aos orifícios

$$v_{\max} = \frac{60}{2} = 30 \text{ furos}$$

O valor de  $\alpha$  dado anteriormente varia muito de semente para semente. Nas condições anteriores não conseguiríamos  $j$  maior que 7,5 pois  $\frac{T}{t} \propto \frac{1}{i}$  e  $j \propto \frac{T}{t} i$  portanto não se pode variar  $j_{\max}$  só variando  $i$ . É claro que essa velocidade (7,92km/h) é alta e não existe semeadora que consiga  $n_p = 100\%$  nessa velocidade e um decréscimo da ordem de 10% em  $n_p$  já aumenta muito esse número (pois preenche 0,90 dos vazios a uma velocidade angular bem maior).

Só para exemplificar como pode-se variar bastante  $j$  só com 2 discos e 2 jogos de rodas dentadas ( $d_1 = 4d_2$  e  $d_1 = d_2 = d$ ), o que mè dá 3 relações  $i$



e com  $v = 12$  ou  $24$  (por exemplo)  $i = \frac{1}{4}, 1, 4$  obtemos

$v.i = 3, 6, 12, 24, 48, 96$  e como ainda há uma transmissão cônica com  $i = 2$

$$j = v.i'i = 6, 12, 24, 48, 96, 192$$

que já abrange praticamente toda gama de  $j$ .

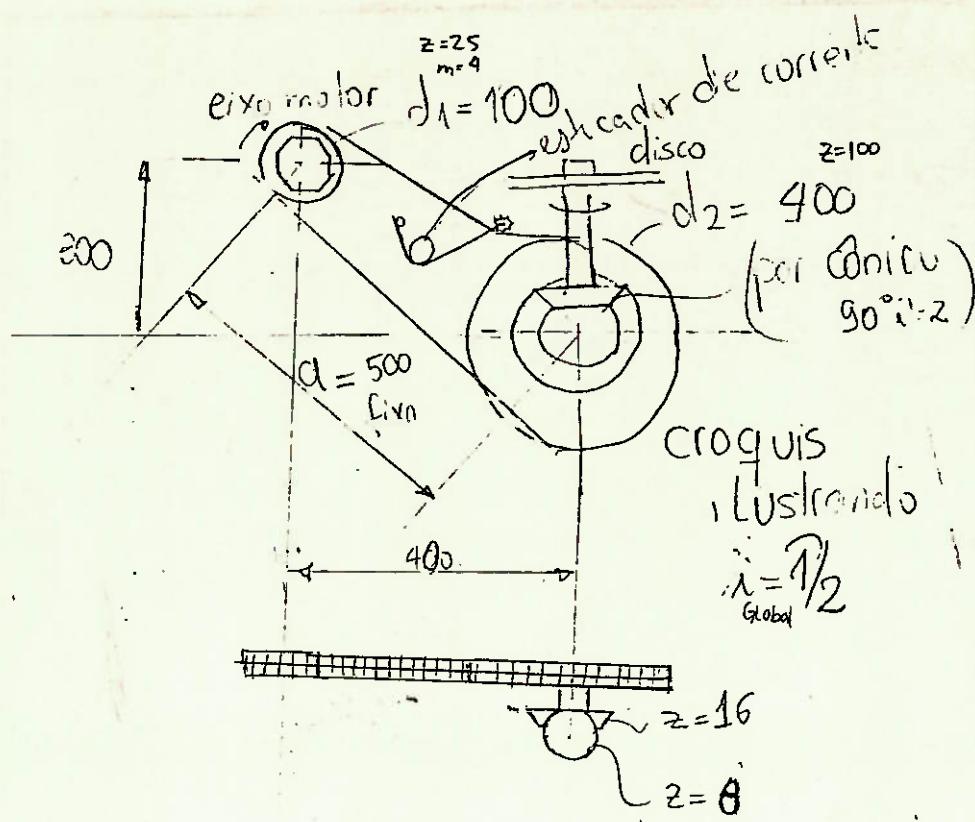
A seguir encontra-se o croquis do conjunto motor da unidade de semeadora, para a relação global  $i = 1/2$

Na seleção da corrente de transmissão, adota-se  
GKW simplex de rolo, com passo de 1".

31.

GKW simplex S501. ver anexo 4

Obs.:  $F_{rup} = 2500 \text{ Kgf}$  - OK. (superdimensionado)

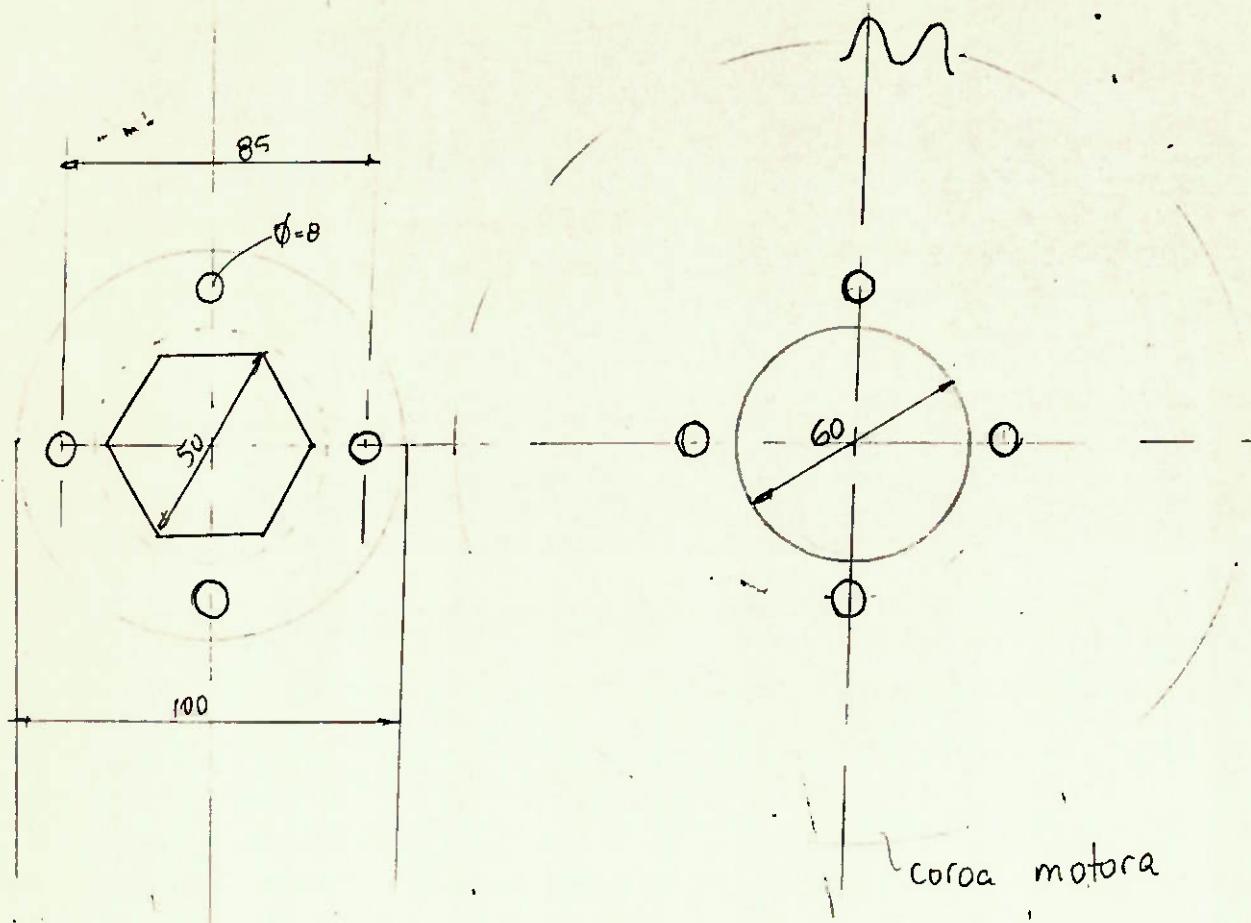


As engrenagens e mancais deverão ser dimensionadas (selecionadas) no projeto de componentes.

O eixo da engrenagem cônica deverá ser igual ao eixo-motor (sextavado), pois dessa maneira pode-se trocar diretamente  $d_1$  po  $d_2$ . A peça intermediária será:

Fixação 4 parafusos M8x20

32.

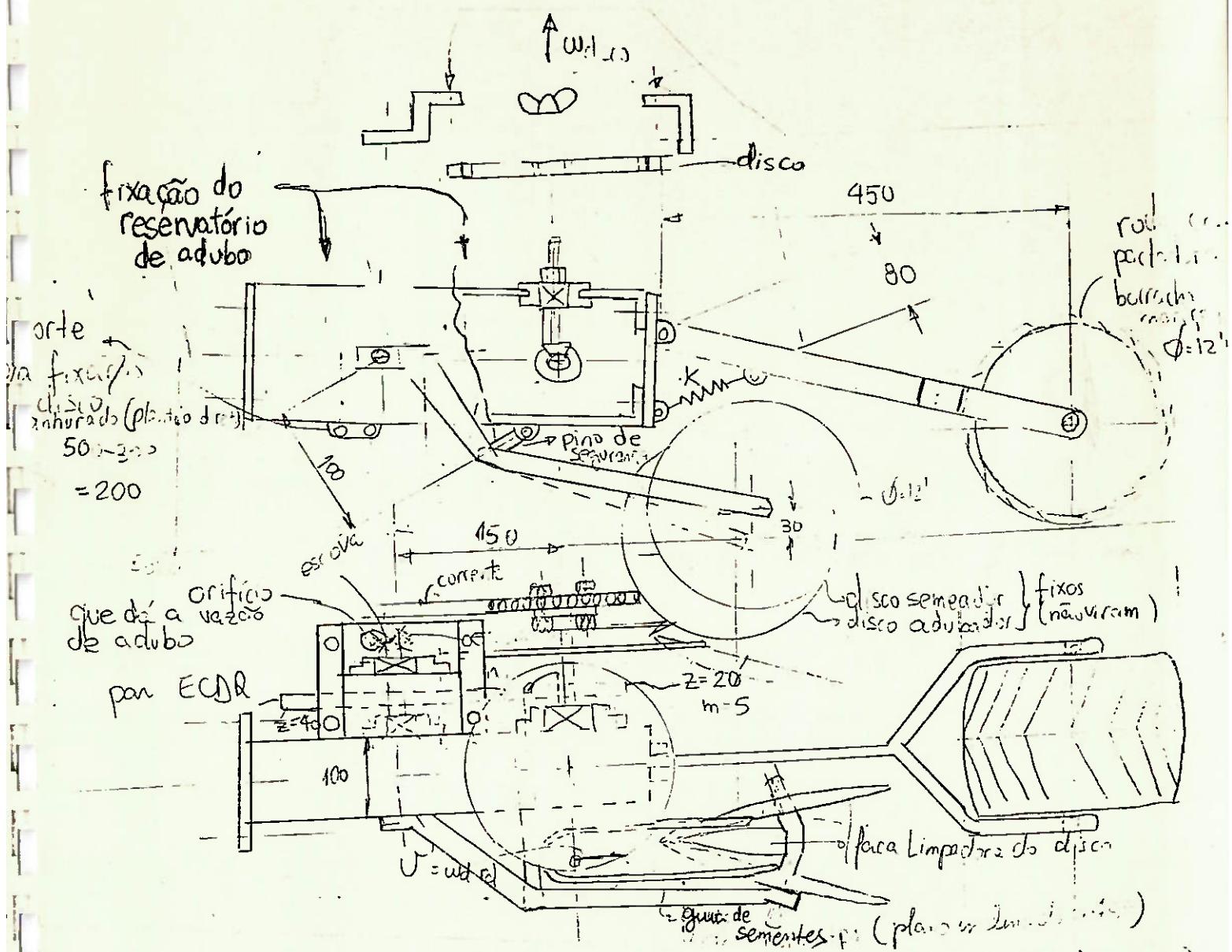


coroa motora

Assim, para variar  $i$ , basta trocar as rodas dentadas; deixando a peça intermediária fixa que só translada para variar o espaçamento transversal.

A seguir, temos o croqui ilustrando todo o conjunto de uma unidade semeadora

Esse conjunto será montado na base da semeadura, como segue:



A roda compactadora deve ter  $K_{roda} = 50 \text{ kgf/cm}$  . (ref. 5)

$$\text{A mola tem } K = K_{roda} \times \frac{450}{80} = 281,25 \text{ kgf/cm}$$

O pino de segurança deve ser projetado para quebrar enquanto os discos ainda atuem no regime elástico.

$$\text{Adotarei } F_{\text{Limdiscos}} = 2 \times \frac{230 \text{ kgf}}{\phi_{\text{máx}}} F_{\text{plantio}} = 460 \text{ kgf}$$

arar  
semeiar

$$\therefore F_{\text{pino}} \times 100 = F_{\text{discos}} \times 200 \quad (\text{observar os braços de alavanca marcados no croquis}).$$

→ o pino deve ser tal que

$$F_{\text{limpino}} = 920 \text{ kgf} \text{ (compressão)}$$

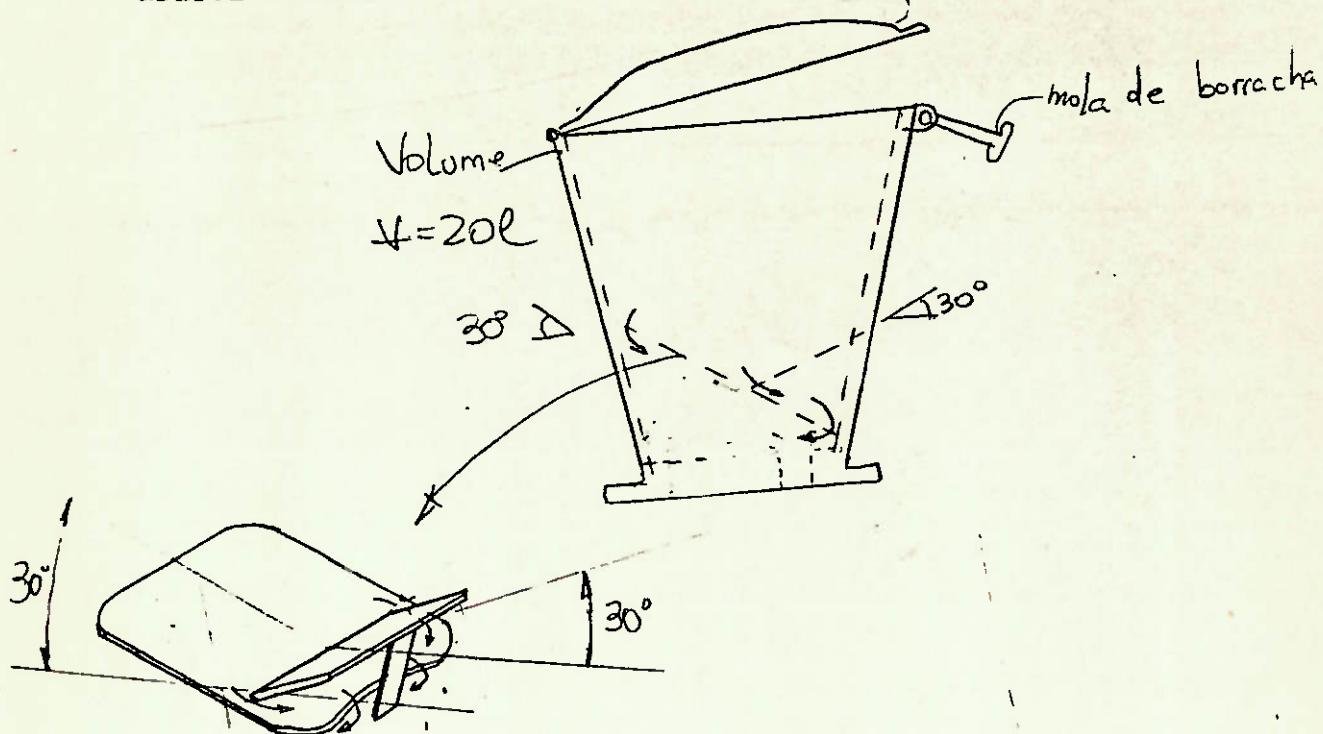
$$\text{ou seja } 1170 = d^2 \cdot \sigma_{\text{comp}}$$

Quanto maior a velocidade  $v'$  (até atingir a  $v_{\text{trator}}$ ), melhor a distribuição, pois a velocidade horizontal da semente em relação ao solo é ( $v_{\text{trator}} - v'$ ). A princípio tentou-se fazer  $v' = v_{\text{trator}}$ , mas isso foi impossível, pois causaria uma flutuação muito grande em  $\eta_p$ , que deve ser um número controlado. Isso será esclarecido a seguir no projeto experimental.

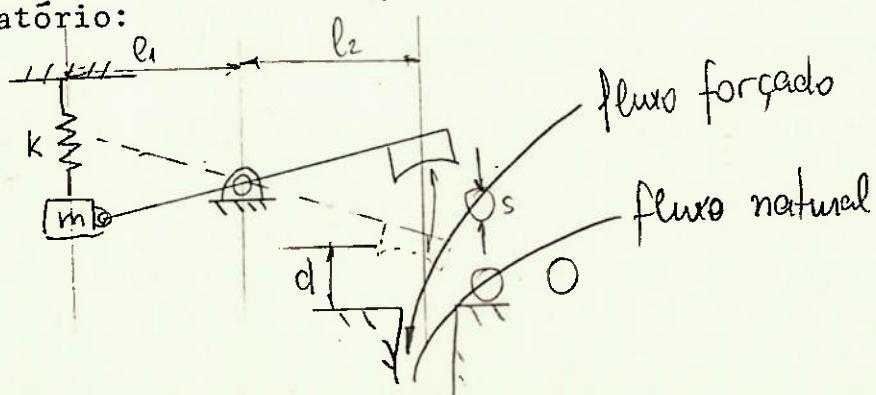
O tempo da semente se adaptar ao disco é um fator limitante (da velocidade de plantio, de  $\eta_p$  e da distribuição longitudinal. Prevendo isso, executam-se 2 soluções no reservatório de sementes: (que será de fibra de vidro).

a) Defletor: consiste numa placa interna ao reservatório que faz com que a semente fique com um mínimo de tensão na seção do disco (praticamente solta), e elimina os e-

feitos do nível de sementes do reservatório na distribuição usarei defletor à  $30^\circ$  com a horizontal:



b) Pela instalação de um elemento acelerador das sementes. Na maioria dos casos trata-se de uma roda dentada com geometria característica. Mas essa solução envolveria (no mínimo) mais uma transmissão da potência para essa roda, acerto de rotações, etc, de modo que adotarei uma solução mais simples; de um acelerador dinamométrico dentro do reservatório:



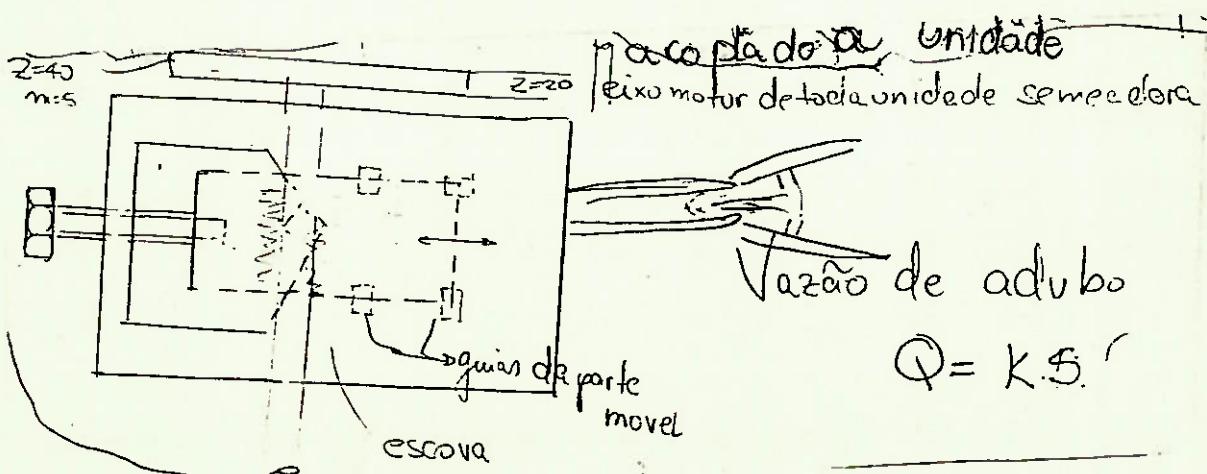
**Observações:**

A distância  $d$  deve ser superior à dimensão característica  $s$  da semente. Desta maneira, teremos 2 linhas de fluxo, como indicado no esquema: a natural e a forçada. Na pior das hipóteses (funcionamento ruim do acelerador), teremos a linha de fluxo natural de sementes que garantirá o plantio (com um valor médio de  $n_p$  menor).

A frequência natural desse sistema deve corresponder a um período da ordem de  $(6,7 \times 10^{-2})$  s para empurrar aproximadamente uma semente por vez.

$$\sqrt{\frac{K}{m}} \approx \frac{\text{da ordem de}}{2\pi} = 94 \quad \text{e para haver aceleração } m \cdot \ell_1 \gg m_{\text{semente}} \ell_2 \quad (4 \text{ a } 5 \text{ vezes})$$

O sistema de adubagem será dado pela abertura de um orifício de área variável, auxiliado por uma escova rotativa que facilita esse trabalho e eventualmente desobstrui o orifício. A área variável é dada por um parafuso. Esse sistema está diretamente acoplado à unidade de plantio.



Baseado em semeadoras já existentes, adota-se a vazão

máxima de adubo igual a 200 kg/10000m em linha      0,02 kg/m a  
2m/s      (ref. (5))

$$Q_{\text{adubo máxima}} = 0,04 \text{ /s}$$

→  $K = (3 \text{ a } 6) \text{ axial/s cm}^2$  pegarei  $K = 5$  (devido à es-  
cova que facilita à vazão)

$$\rightarrow S_{\text{máx}} = \frac{0,04}{0,05} \text{ cm}^2 = 0,8 \text{ cm}^2$$

#### RÔTEIRO DO PROJETO EXPERIMENTAL:

Deverá ser feito um projeto experimental (também pa-  
ra cada subconjunto do projeto), visando a otimização da  
semeadura. Quanto ao sistema de fixação e transporte, há  
que se fazer um protótipo, e testá-lo nas diferentes con-  
dições de plantio, verificando sua resistência dinâmica  
aos esforços, testes de fadiga, antes de aprová-lo. Para  
a construção desses protótipos todos os componentes que  
não foram especificados anteriormente deverão ser projeta-  
dos e desenhados para possibilitar essa fabricação.

Nas unidades de plantio, a otimização será ainda mais  
trabalhosa. A sua resistência dinâmica da mesma forma de-  
verá ser analisada. e deverão ser feitos testes que medem  
vazão de semente num intervalo de tempo (grande), e espa-  
çamento longitudinal. É parecido com o teste de uma bom-  
ba injetora de motor diesel, ou seja, as 4 unidades deve-  
ba

rão estar dando a mesma vazão de semente e uma a uma deverá fornecer espaçamentos uniformes.

O primeiro elemento a ser otimizado é o disco dosador. Isso deve ser feito para cada tipo de semente. O fator  $n_p$  deverá ser estimado (experimentalmente, e deve-se projetar um disco dosador que dê um número de vazios correspondente a

$$j_{\text{requerido}} = n_p \cdot j_{\text{ideal}}$$

$$\text{feito } p/n_p = 100\%$$

feito isso, deve-se analisar o grau de variação de  $n_p$  em relação aos parâmetros importantes, (com o mesmo disco de antes), como velocidade de plantio, altura da semente no reservatório, plantio inclinado, etc.

Tendo esses dados, pode-se começar a otimização das peças.

Propõe-se para tanto, medir estatisticamente os espaçamentos, variando um parâmetro de cada vez. O ponto que se conseguir menor coeficiente de variação =

$$= \frac{\text{desvio padrão dos espaçamentos}}{\text{espaçamento médio}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum (e_i - \bar{e})^2}{\frac{1}{n} \sum e_i}}$$

será o ponto ótimo local. Isso deve ser feito para o disco dosador (diâmetro, geometria dos orifícios) e para o elemento acelerador de sementes (variando  $\frac{K}{m}$ ). Um estudo parecido deve ser feito para o sistema de adubagem, porém não tão minucioso.

Um outro fator que poderia otimizar a semeadora seria trocar o elemento intermediário entre os eixos sextavados

e as rodas dentadas, uma vez que esse elemento é colocado com interferência nos eixos. O ajuste do espaçamento transversal pode ser uma operação muito difícil, dependendo do grau dessa interferência. Por outro lado, deve-se sempre garantir o alinhamento das rodas dentadas, e portanto o ajuste desse elemento com o eixo deve ser otimizado através de testes de campo, ou então deve-se pensar em outra peça para fazer essa união (que provavelmente seria mais complexa, o que encareceria o projeto).

Finalmente a lubrificação deve ser estudada, mas essa etapa é feita depois que todos os componentes estão projetados, nas etapas finais do projeto executivo, com um programa especificado de testes finais de desempenho.

Anexo 1 - Tabla de tractores

Cuadro número 1. 1K ACTORES DE RUEDAS (Continuación)

NÚMERO DE ORDEN DE PEDIDO		NÚMERO DE MODELO		TRACTOR (marcado en la parte trasera)		POTENCIA		DIMENSIONES (7)		ESTRUCTURA DE TRACCIÓN (9)		MOTOR (11)		
						P. P.	K. G.	(3)	(4)	km. p. h.	km. p. h.	(G)	(H)	
153	GB	International (G. H. C.)	B. 230	Super BWD. 6	44	25	28	1.8	18	188	122	193	38	
154	GB	International (G. H. C.)	B. 230	Super BWD. 6	44	25	28	1.8	18	142	103	142	30	
155	GB	International (G. H. C.)	B. 230	Super BWD. 6	44	25	28	1.8	18	176	101	142	30	
156	GB	International (G. H. C.)	B. 230	Super BWD. 6	44	25	28	1.8	18	207	119	203	35	
157	GB	International (G. H. C.)	B. 230	Super BWD. 6	44	25	28	1.8	18	338	165	225	35	
158	GB	International (G. H. C.)	B. 230	Super BWD. 6	44	25	28	1.8	18	32	132	223	35	
159	GB	International (G. H. C.)	B. 230	Super BWD. 6	44	25	28	1.8	18	33	132	223	35	
160	GB	International (G. H. C.)	B. 230	Super BWD. 6	44	25	28	1.8	18	33	132	223	35	
161	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	209	120	244	53
162	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	98	137	53
163	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
164	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
165	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
166	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
167	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
168	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
169	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
170	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
171	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
172	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
173	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
174	US	John Deere	40	T	22	25	1.83	4	26	19	178	142	226	61
175	GB	Leyland	LD. 30	LD. 30	35	30	1.650	3.5	20	1.302	1.7	17	98	138
176	GB	Leyland	LD. 30	LD. 30	35	30	1.650	3.5	20	1.302	1.7	17	98	138
177	GB	Leyland	LD. 30	LD. 30	35	30	1.650	3.5	20	1.302	1.7	17	98	138
178	GB	Leyland	LD. 30	LD. 30	35	30	1.650	3.5	20	1.302	1.7	17	98	138
179	GB	Leyland	LD. 30	LD. 30	35	30	1.650	3.5	20	1.302	1.7	17	98	138
180	GB	Leyland	LD. 30	LD. 30	35	30	1.650	3.5	20	1.302	1.7	17	98	138
181	GB	Leyland	LD. 30	LD. 30	35	30	1.650	3.5	20	1.302	1.7	17	98	138
182	GB	Leyland	LD. 30	LD. 30	35	30	1.650	3.5	20	1.302	1.7	17	98	138
183	GB	Leyland	LD. 30	LD. 30	35	30	1.650	3.5	20	1.302	1.7	17	98	138
184	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
185	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
186	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
187	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
188	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
189	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
190	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
191	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
192	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
193	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
194	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
195	D	Leyland	D. 306	D. 306	36	36	2.382	6	19	182	1.7	17	100	150
196	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
197	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
198	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
199	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
200	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
201	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
202	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
203	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
204	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
205	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
206	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
207	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
208	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
209	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
210	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
211	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
212	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
213	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
214	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
215	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
216	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
217	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
218	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
219	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
220	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
221	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
222	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
223	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
224	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
225	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
226	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
227	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
228	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
229	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
230	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
231	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
232	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
233	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
234	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
235	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
236	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
237	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
238	D	M. A. N.	B. 18	B. 18	38	38	2.380	6	19	182	1.7	17	100	150
2														

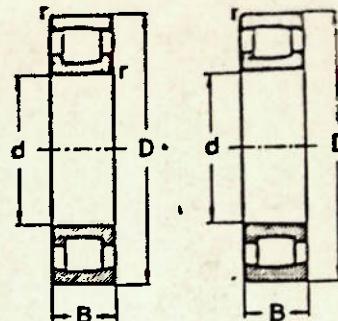
# Seleção de rolamentos

## FAG Barrel Roller Bearings

Series 202 and 202 K

### Rolamentos FAG de rolos esféricos

Série 202 e 202 K



bearing with  
cylindrical bore  
rolamento com  
furo cilíndrico

bearing with tapered  
bore taper 1 : 12  
rolamento com furo  
cônico, conicidade  
1 : 12

#### Dimensions · Load ratings · Factors

#### Medidas · Capacidades de carga · Fatores

#### Load ratings Capacidades de carga

		Dimensions Medidas				dynamic dinâmica	static estática
		d	D	B	r	C kg	C <sub>0</sub> kg
			mm				
	bearing with cylindrical bore rolamento com furo cilíndrico						
202 04	bearing with tapered bore rolamento com furo cônico	20	47	14	1,5	1 760	1 180
202 05	202 05 K	25	52	15	1,5	2 080	1 460
202 06	202 06 K	30	62	16	1,5	2 400	1 700
1 → {	202 07	202 07 K	35	72	17	3 600	2 550
202 08	202 08 K	40	80	18	2	4 150	3 000
202 09	202 09 K	45	85	19	2	4 300	3 200
202 10	202 10 K	50	90	20	2	4 900	3 800
202 11	202 11 K	55	100	21	2,5	6 400	4 900
202 12	202 12 K	60	110	22	2,5	7 350	5 700
202 13	202 13 K	65	120	23	2,5	8 150	6 700
202 14	202 14 K	70	125	24	2,5	9 300	7 650
202 15	202 15 K	75	130	25	2,5	9 650	8 150
202 16	202 16 K	80	140	26	3	11 000	9 300
202 17	202 17 K	85	150	28	3	13 400	11 400
202 18	202 18 K	90	160	30	3	15 000	12 700
202 19	202 19 K	95	170	32	3,5	18 000	15 600
202 20	202 20 K	100	180	34	3,5	19 600	17 000
202 21	202 21 K	105	190	36	3,5	21 200	18 600
202 22	202 22 K	110	200	38	3,5	24 000	21 200
202 24	202 24 K	120	215	40	3,5	26 000	23 600
202 26	202 26 K	130	230	40	4	28 500	25 500
202 28	202 28 K	140	250	42	4	33 500	30 500
202 30	202 30 K	150	270	45	4	36 500	34 500
202 32	202 32 K	160	290	48	4	41 500	39 000
202 34	202 34 K	170	310	52	5	48 000	45 500
202 36	202 36 K	180	320	52	5	50 000	47 500
202 38	202 38 K	190	340	55	5	55 000	53 000
202 40	202 40 K	200	360	58	5	62 000	60 000
202 44	202 44 K	220	400	65	5	76 500	75 000
202 48	202 48 K	240	440	72	5	90 000	88 000
202 52	202 52 K	260	480	80	6	106 000	106 000
202 56	202 56 K	280	500	80	6	110 000	110 000

Equivalent dynamic load

$$P = F_r + 9,5 F_a$$

Carga dinâmica equivalente

$$P = F_r + 9,5 F_a$$

Equivalent static load

$$P_0 = F_r + 5 F_a$$

Carga estática equivalente

$$P_0 = F_r + 5 F_a$$

# ANEXO B - Detalhos do mancal de RJS

## FAG Flanged Housing Units

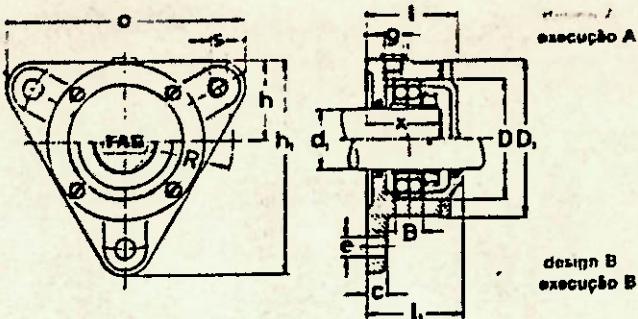
MANCAL DE ROLAMENTO  
MANCAL DE ROLAMENTO DE FLANGE

### Mancais de flange FAG

para rolamentos das séries de medidas 02 a 22  
com furo cônico e bucha da fixação

Série F 5 A e F 5 B

Série F 5 WA e F 5 WB



F 505 A (B) - F 513 A (B) and F 505 WA (WB) - F 513 WA (WB)  
F 505 A (B) e F 513 A (B) e F 505 WA (WB) e F 513 WA (WB)

### Dimensions · Weight      Medidas · Peso

	Designation Designação	Dimensions Medidas													Weight Peso		
	housing without bearing for closed end caixa sem rolamento com eixo trespasse	d <sub>1</sub>	D	B	h ~	h <sub>1</sub> ~	I	h	D <sub>1</sub>	R	a ~	c ~	e	x	g	kg	
		mm															
	F 505 A	F 505 B	20	52	15	38	100	50	55	75	48	110	10	11	41	R 1/8"	1,2
	F 506 A	F 506 B	25	62	16	44	117	65	57	86	58	130	12	11	44	R 1/8"	1,6
	F 507 A	F 507 B	30	72	17	48,5	130	57	60	96	65	145	12	14	45	R 1/8"	2,0
	F 508 A	F 508 B	35	80	18	54	143	65	66	107	70	160	12	14	52	R 1/8"	2,5
	F 509 A	F 509 B	40	85	19	60	160	65	70	117	80	180	15	14	54	R 1/4"	3,6
	F 510 A	F 510 B	45	90	20	60	160	65	70	117	80	180	15	14	54	R 1/4"	3,8
	F 511 A	F 511 B	50	100	21	65	170	71	76	127	85	190	16	14	58	R 1/4"	4,1
	F 512 A	F 512 B	55	110	22	70	185	73	78	137	90	206	16	14	61	R 1/4"	4,6
	F 513 A	F 513 B	60	120	23	75	198	75	79	147	95	219	16	14	63	R 1/4"	5,4
	F 515 A	F 515 B	65	130	25	95	190	100	104	168	107,5	—	25	18	80	M 10x1	9,5
	F 516 A	F 516 B	70	140	26	98	196	104	110	176	107,5	—	25	18	85	M 10x1	10
	F 517 A	F 517 B	75	150	28	105	210	109	114	188	120	—	25	18	88	M 10x1	12
	F 518 A	F 518 B	80	160	30	105	210	113	118	198	120	—	25	18	90	M 10x1	13
	F 520 A	F 520 B	90	180	34	125	250	122	127	224	140	—	30	23	98	M 10x1	18
	F 522 A	F 522 B	100	200	38	135	270	131	137	246	155	—	30	23	105	M 10x1	22
	F 505WA	F 505WB	20	52	18	38	100	50	55	75	48	110	10	11	42,5	R 1/8"	1,2
	F 506WA	F 506WB	25	62	20	44	117	55	57	86	58	130	12	11	46	R 1/8"	1,6
	F 507WA	F 507WB	30	72	23	48,5	130	63	66	96	65	145	12	14	51	R 1/8"	2,0
	F 508WA	F 508WB	35	80	23	54	143	70	71	107	70	160	12	14	57	R 1/8"	2,5
	F 509WA	F 509WB	40	85	23	60	160	69	74	117	80	180	15	14	58	R 1/4"	3,6
	F 510WA	F 510WB	45	90	23	60	160	71	76	117	80	180	15	14	60	R 1/4"	3,8
	F 511WA	F 511WB	50	100	25	65	170	77	82	127	85	190	16	14	64	R 1/4"	4,1
	F 512WA	F 512WB	55	110	28	70	185	79	84	137	90	206	16	14	67	R 1/4"	4,6
	F 513WA	F 513WB	60	120	31	75	198	83	87	147	95	219	16	14	71	R 1/4"	5,4
	F 515 A	F 515 B	65	130	31	95	190	100	104	168	107,5	—	25	18	83	M 10x1	9,5
	F 516 A	F 516 B	70	140	33	98	196	104	110	176	107,5	—	25	18	88	M 10x1	10
	F 517 A	F 517 B	75	150	36	105	210	109	114	188	120	—	25	18	92	M 10x1	12
	F 518 A	F 518 B	80	160	40	105	210	113	118	198	120	—	25	18	95	M 10x1	13
	F 520 A	F 520 B	90	180	46	125	250	122	127	224	140	—	30	23	103	M 10x1	18
	F 522WA	F 522WB	100	200	53	135	270	131	137	246	155	—	30	23	112	M 10x1	22

These housings incorporate the floating bearing feature; in the housings, the bearing outer rings have 1 mm axial freedom in either direction. The locating feature is obtained by the insertion of locating rings.

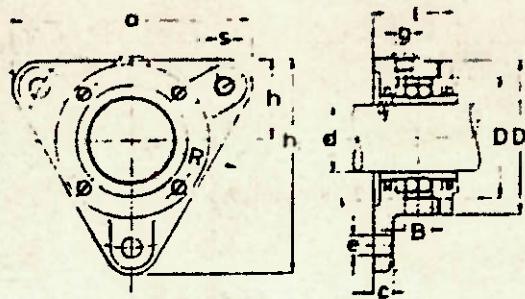
Esses mancais são fabricados para a montagem como rolamentos livres; nestas caixas os anéis externos dos rolamentos têm um jôgo de 1 mm para cada lado. Para a montagem como rolamentos fixos deverão ser empregados anéis de guia.

# Anexo 3 - Seleção do mancal de R2

## Mancais de flange FAG

com furo cilíndrico  
e anel interno largo

Série F 112



## Dimensions • Weight      Medidas • Peso

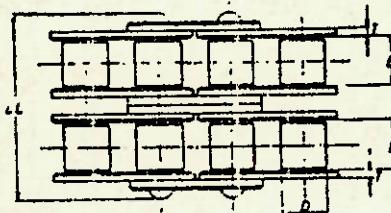
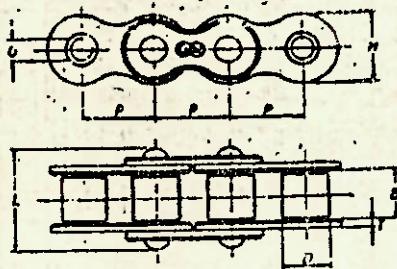
Designation Designação Einzug número de fabricante caixa sem rolamento	Dimensions Medidas												Weight Peso kg
	d	D	B	h ≈	h <sub>1</sub> ≈	l	D <sub>1</sub>	R	a ≈	c ≈	e	g	
F 112 04	20	47	14	35	92	42	67	45	105	10	11	R 1/8"	0,9
F 112 05	25	52	15	38	100	46	73	48	110	10	11	R 1/8"	1,1
F 112 06	30	62	16	44	117	50	84	58	130	12	11	R 1/8"	1,5
F 112 07	35	72	17	48,5	129,5	54	95	65	145	12	15	R 1/4"	1,9
F 112 08	40	80	18	54	143	60	105	70	160	12	15	R 1/4"	2,3
F 112 09	45	85	19	60	160	63	110	80	180	15	15	R 1/4"	3,3
F 112 10	50	90	20	60	160	63	115	80	180	15	15	R 1/4"	3,6
F 112 11	55	100	21	65	170	63	120	80	185	16	16	R 1/4"	3,8
→ F 112 12	60	110	22	70	183	65	135	85	200	16	16	R 1/4"	4,0

22D1v

## G K W

## CORRENTES DE RÔLO

## SÉRIE S



GKw Nº	ASA Nº	PASSO P	Rolo		Lateral		Pino G	Largura L / LL mm	Carga de ruptura kg. apres.
			B	D	T	H - mm			
S 201	40	1/2"	5/16"	5/16"	1,5 mm	12,0	5/32"	15,5	1.300
S 301	50	5/8"	3/8"	0,400"	2,0 mm	15,2	3/16"	20,2	2.000
S 401	60	3/4"	1/2"	15/32"	2,5 mm	18,4	1/4"	24,6	2.500
S 501	80	1"	5/8"	5/8"	1/8"	24,4	5/16"	32,5	4.300
S 601	100	1 1/4"	3/4"	3/4"	3/16"	29,0	3/8"	41,5	7.000
S 701	120	1 1/2"	1"	7/8"	3/16"	34,0	7/16"	48,5	10.000
S 801	140	1 3/4"	1"	1"	1/4"	42,0	1/2"	57,0	13.500
S 901	160	2"	1 1/4"	1 1/8"	1/4"	47,6	9/16"	63,5	17.000
S 901R	160H	2"	1 1/4"	1 1/8"	5/16"	47,6	9/16"	70,0	20.000
S 901RR	-	2"	1 1/4"	1 1/8"	3/8"	47,6	3/4"	77,0	26.000
S1001	200	2 1/2"	1 1/2"	1 9/16"	5/16"	57,0	51/64"	78,0	27.500

## SIMPLEX

S 202	D 40	1/2"	5/16"	5/16"	1,5 mm	12,0	5/32"	31,5	2.500
S 302	D 50	5/8"	3/8"	0,400"	2,0 mm	15,2	3/16"	39,2	4.000
S 402	D 60	3/4"	1/2"	15/32"	2,5 mm	18,4	1/4"	47,2	5.000
S 502	D 80	1"	5/8"	5/8"	1/8"	24,4	5/16"	65,0	8.600
S 602	D 100	1 1/4"	3/4"	3/4"	3/16"	29,0	3/8"	78,5	14.000
S 702	D 120	1 1/2"	1"	7/8"	3/16"	34,0	7/16"	93,5	20.000
S 802	D 140	1 3/4"	1"	1"	1/4"	42,0	1/2"	138,0	27.000
S 902	D 160	2"	1 1/4"	1 1/8"	1/4"	47,6	9/16"	122,5	34.000
S1002	D 200	2 1/2"	1 1/2"	1 9/16"	5/16"	57,0	51/64"	147,0	55.000

## DUPLEX

S 202	D 40	1/2"	5/16"	5/16"	1,5 mm	12,0	5/32"	31,5	2.500
S 302	D 50	5/8"	3/8"	0,400"	2,0 mm	15,2	3/16"	39,2	4.000
S 402	D 60	3/4"	1/2"	15/32"	2,5 mm	18,4	1/4"	47,2	5.000
S 502	D 80	1"	5/8"	5/8"	1/8"	24,4	5/16"	65,0	8.600
S 602	D 100	1 1/4"	3/4"	3/4"	3/16"	29,0	3/8"	78,5	14.000
S 702	D 120	1 1/2"	1"	7/8"	3/16"	34,0	7/16"	93,5	20.000
S 802	D 140	1 3/4"	1"	1"	1/4"	42,0	1/2"	138,0	27.000
S 902	D 160	2"	1 1/4"	1 1/8"	1/4"	47,6	9/16"	122,5	34.000
S1002	D 200	2 1/2"	1 1/2"	1 9/16"	5/16"	57,0	51/64"	147,0	55.000

## TRIPLEX

S 303	E 50	5/8"	3/8"	0,400"	2,0 mm	15,2	3/16"	38,2	6.000
S 403	E 60	3/4"	1/2"	15/32"	2,5 mm	18,4	1/4"	70,7	7.500
S 503	E 80	1"	5/8"	5/8"	1/8"	24,4	5/16"	95,0	12.900
S 603	E 100	1 1/4"	3/4"	3/4"	3/16"	29,0	3/8"	117,5	21.000
S 703	E 120	1 1/2"	1"	7/8"	3/16"	34,0	7/16"	139,5	30.000
S 803	E 140	1 3/4"	1"	1"	1/4"	42,0	1/2"	161,0	40.500
S 903	E 160	2"	1 1/4"	1 1/8"	1/4"	47,6	9/16"	181,5	51.000
S1003	E 200	2 1/2"	1 1/2"	1 9/16"	5/16"	57,0	51/64"	218,0	82.500

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ref: 1 - Elementos de Máquinas Vols. 1,2,3 e 4  
Gustav Niemann - ed. Blucher

Ref: 2 - Elementos de Máquinas  
V - Dobrovolski - ed. Mir

Ref: 3 - Tratores  
M-Arias Paz - ed. Passat

Ref: 4 - Manual de Construção de Máquinas  
H. Dubbel - ed. Labor

Ref: 5 - Dados experimentais e boletins informativos do  
CNEA - MA - Centro Nacional de Engenharia  
Agrícola do Ministério da Agricultura - Divi -  
são de Desenvolvimento e Ensaios