

7.0
7.1

TRABALHO DE FORMATURA

PROJETO DE SEMEADORA MECÂNICA

Orientador: Prof. OMAR ~~MOURE~~ 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 sementeira 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 serão 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

Dã o espaçamento entre sementes. Admite duas possibilidades:

- B1 → fixa
- B2 → móvel

C. Regulagem de profundidade

- C1 → fixa
- C2 → móvel

D. Regulagem transversal

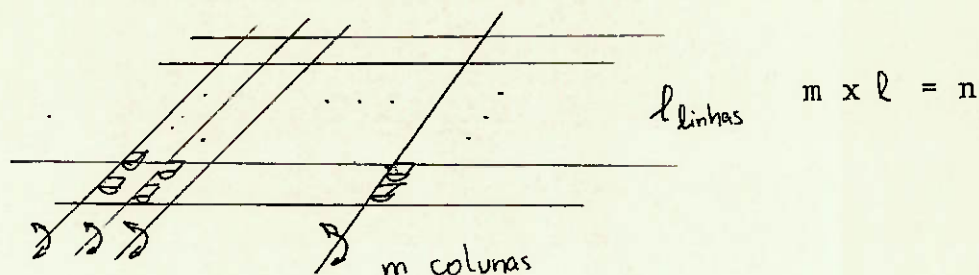
- D1 → fixa
- D2 → móvel

E. Seletor de grão

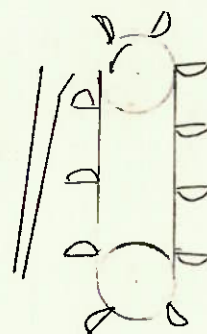
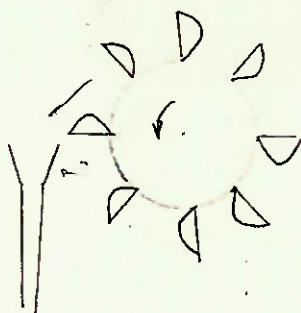
Este provavelmente será um dos pontos mais criteriosos do projeto. É dele que depende o desempenho da máquina

hã 5 possibilidades consideradas:

E1 → n cadinhos cada um com 3 ou 4 grãos, sendo que cada um será despejado de uma só vez todos fi cam agrupados horizontalmente.

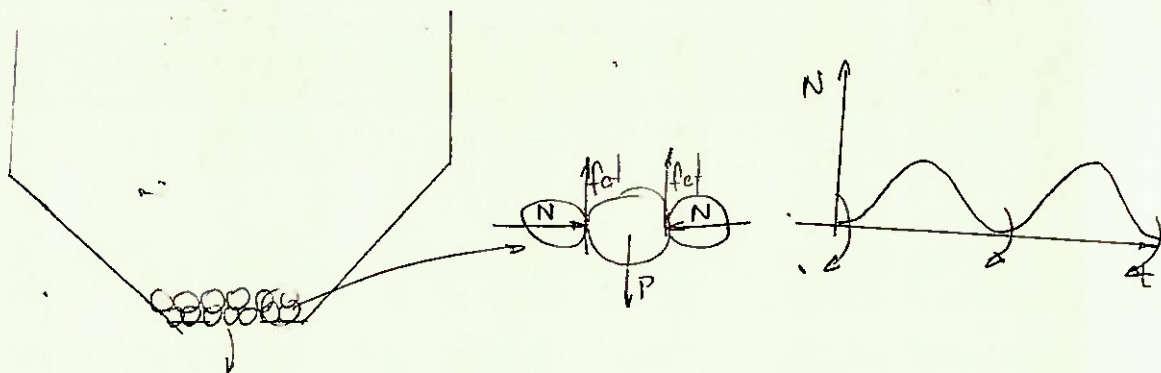


E2 → n cadinhos dispostos numa correia (ou disco) vertical que vai retirando os grãos dum reservatório e o transporta para uma agulha que semeia por gravidade.



E3 → 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

A	B	C	D	E	F	G	H	
3	x	2	x	2	x	2	x	3
								x
								2

= 1440 pre soluções

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 operação de tapar os buracos separadamente seria muito mais dispendiosa.

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

G3 → sem nada (alto atrito, exige muita potência 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 constitui um novo subprojeto (com est. viabilis, proj. básico, etc). Isso será feito adiante em conjunto com o subsistema selector 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 constitui a capacidade da semeadora e xercer 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 sub-soluções: pressão (+) (sopra a semente para fora do disco dosador) 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

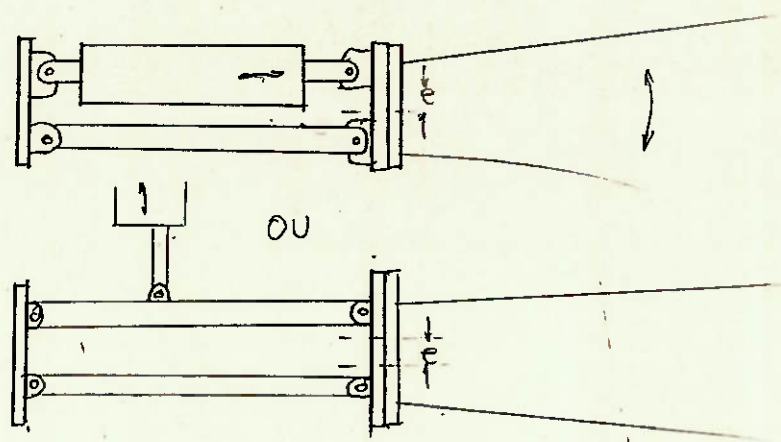
Deve permitir a fixação ao trator engate no sistema hidráulico (do trator) que o suspende; e resistir aos esforços

	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 o- peração peso = 1	3 ----- 3	7 ----- 7	9 ----- 9	5 ----- 5	9 ----- 9
$\sum p_i$	47	67	103	80	94

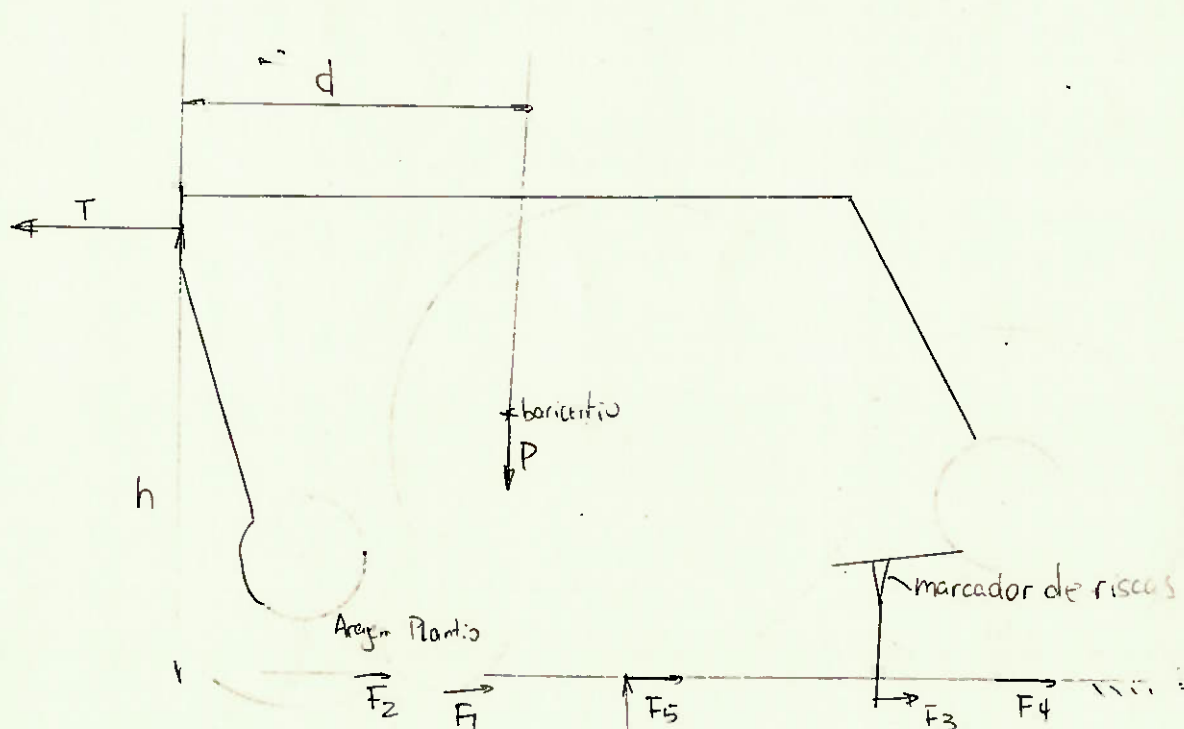
solução
escolhida

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. ~~F_{arr}~~ 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 $\sum \text{outras } F \sim 5\%$ de F_{arrasto} e

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

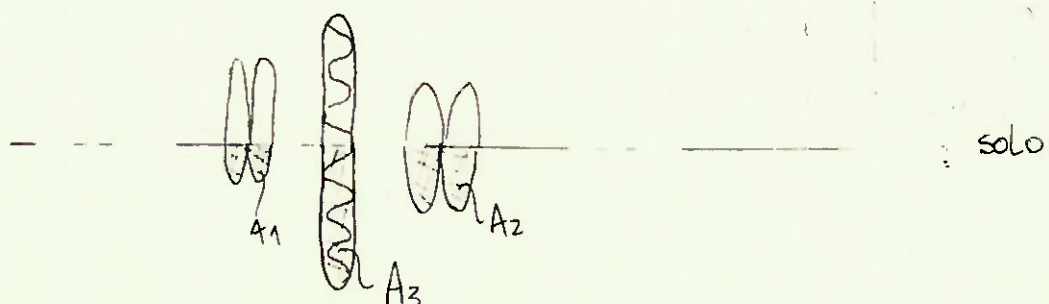
$$\begin{aligned} \text{plantio direto, chão seco} &= \\ &= 1,4 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

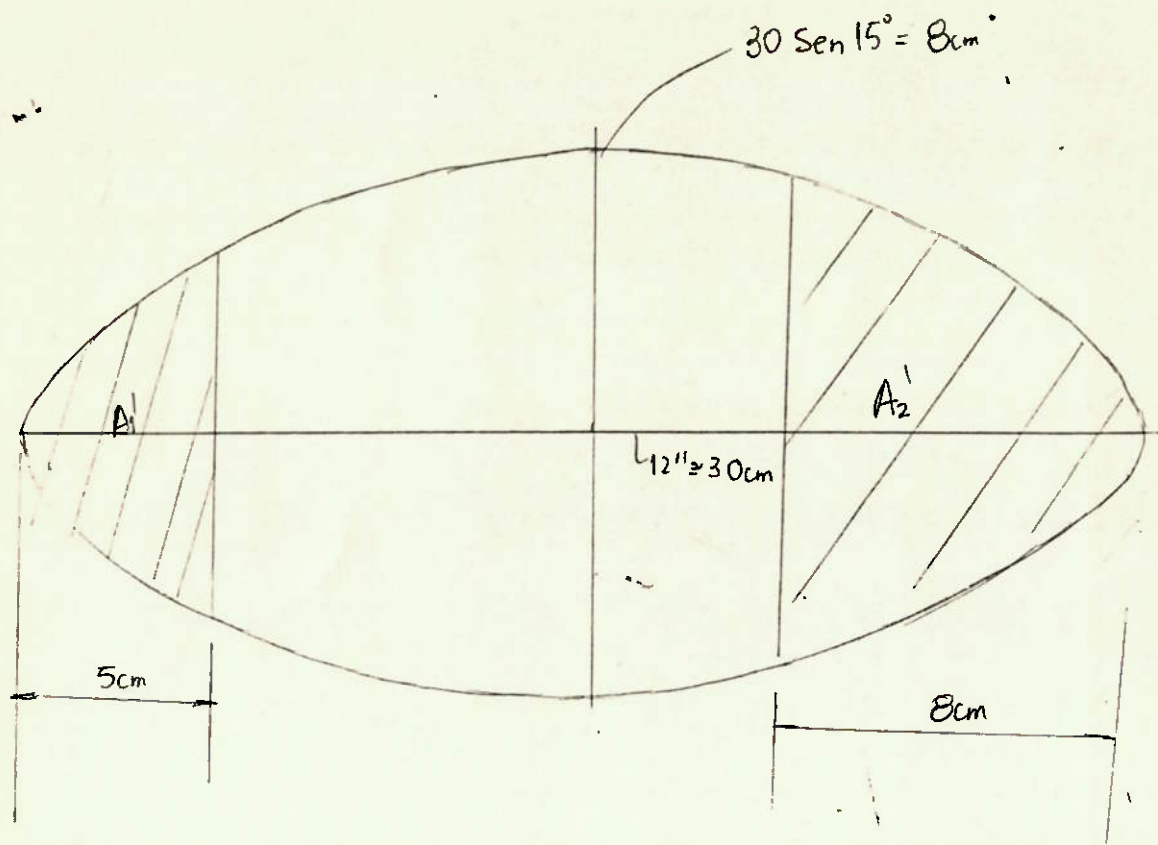
$$\Rightarrow T \leq 1,05 K \cdot S_{\text{FRONTAL}}$$

Haverá no chão 2 discos (de adubo) 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° em relação a rua) e o disco ranhurado com $\emptyset = 15''$

O esquema abaixo dá uma idéia da S_{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.

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

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

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

$$= T = 9 \text{ w } 5 \text{ kgf.}$$

OBS.: para uma velocidade de plantio de 8 km/hora(alta),
a potência solicitada do trator será $\frac{T \times v}{n} \approx 30 \text{ C.V.}$
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) quebrará.

Esse fator é (aconselhado pela resistência dos materiais)

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

τ_{cin} = energia de toda a massa antes do choque

τ_{est} = " armazenada estaticamente

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

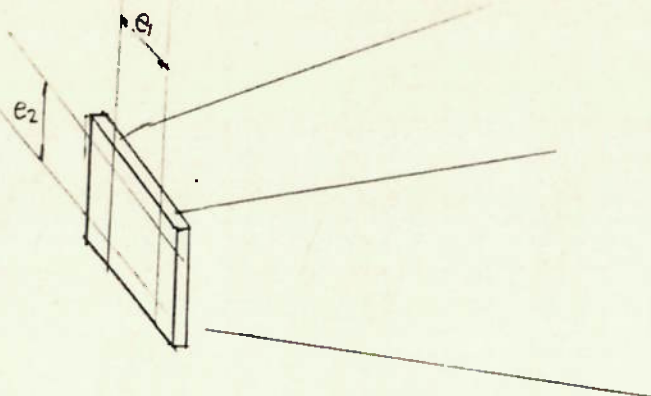
Se a estrutura tiver um comportamento mais flexível, ela se adaptará melhor ao choque (tensões menores). Tal fato é dado pelo esforço do hidráulico do trator e pelo peso da semeadora. Um valor médio para ϕ nesses casos é 5 → assim $P_{din} = 5 \times T = 4675 \text{ kgf}$.

Sendo d o diâmetro nominal do parafuso, $\sigma \approx \frac{20}{d^2}$ esforço normal (ref. 1) e $\bar{\sigma} = 1000 \text{ kgf/cm}^2$.

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

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

A fixação será assim:



novamente os parâmetros e_1 e e_2 têm sensibilibs significativa:

No caso da semeadora levantada, o momento $p \times d$ será equili
brado por $2 \times F_{\text{parafuso}} \times e_2$. Como P ^{peso total} 1500 kgf (será bem

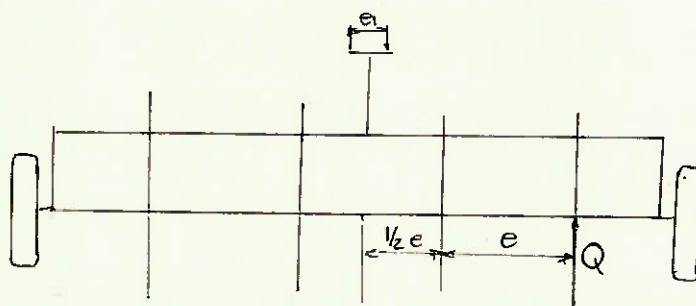
menor que isso), fazendo $F_{\text{parafuso}} = F_{\text{lim}} \quad \sigma = \bar{\sigma}$

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

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

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

O parâmetro e_1 resistirá a esforços angulares no plan
tio:



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 ϕ_{choque} admitido $\phi_{\text{estático}}$

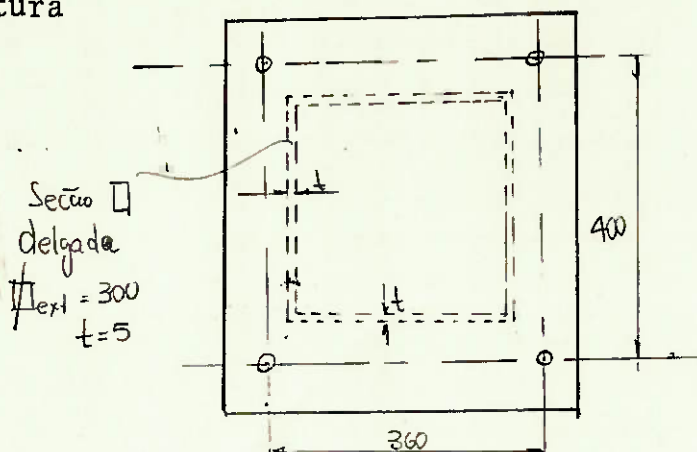
$$T_{\text{lim}}/4$$

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

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

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



$$I_y = \frac{30^4}{12} - \frac{29^4}{12} \text{ cm}^4 = 8560 \text{ cm}^4 \quad z_{\text{max}} = 15 \text{ cm}$$

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

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

$$\sigma = \frac{T}{I_y} \times 60 \text{ cm} \times z_{\text{max}} \approx 100 \text{ kgf/cm}^2 < \bar{\sigma}$$

Essa seção pode também sofrer torção, cuja expressão é

dada pela 1ª 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 1ª 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 bancadas de ensaio usam-se motores de 1/4 HP. Por segurança:

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

por roda por rod

$$\text{Pot}_{at} = \mu \cdot \frac{P}{2} \cdot \frac{d}{2} \cdot \omega \quad d = d_{\text{nominal}} = 27,5' \approx 700\text{mm}$$

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

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

$$\text{Pot}_{at} = 0,3 \cdot 750 \text{ kgf} \cdot \frac{2\text{m}}{\text{s}} = 450 \text{ kgm/s} \sim \frac{6\text{HP}}{x_{\text{mín}}=0,8}$$

por roda

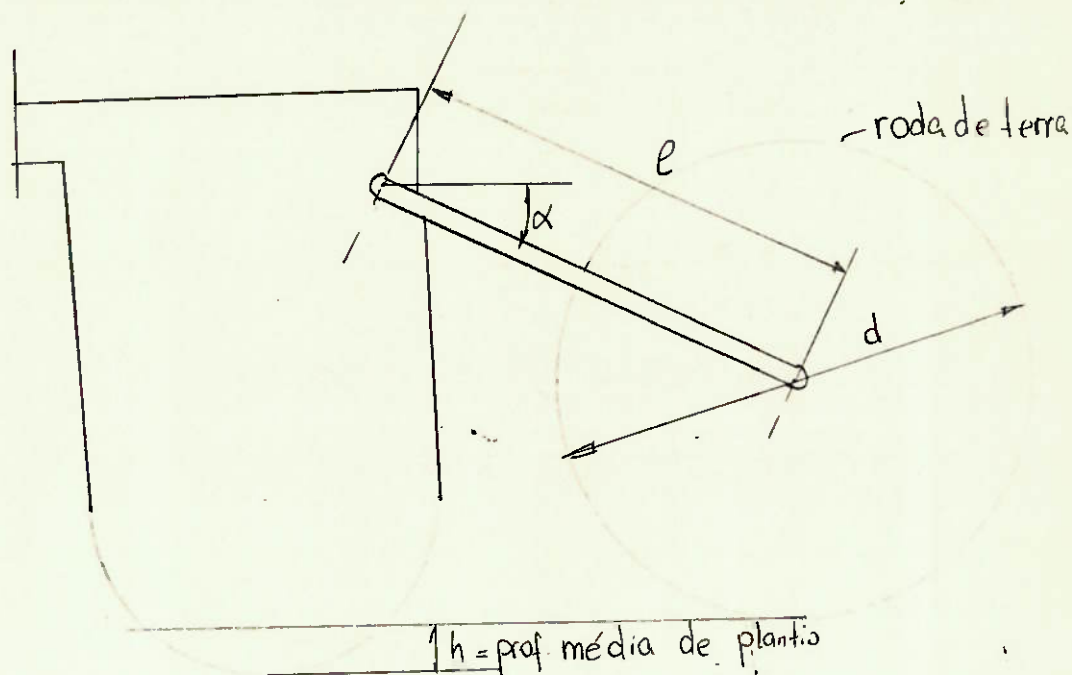
Na condição de baixo atrito com o chão ou engripamento das partes móveis o plantio é interrompido, e a roda vai só derrapando. Esse fato deve ser evitado.

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 a esse eixo.

Assim:



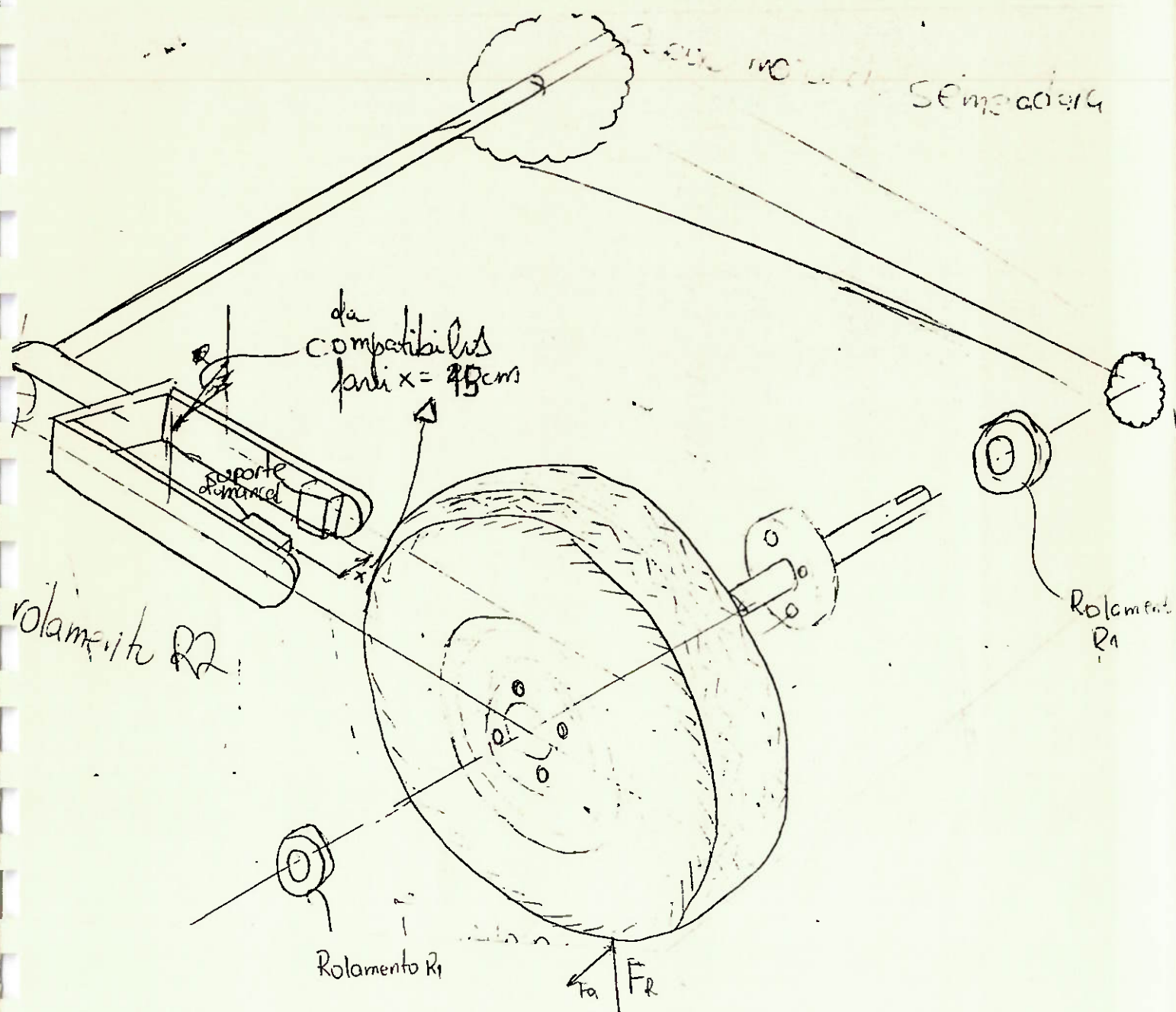
farei h variar de 0 a 15cm e para fazer uma semeadora mais compacta farei $h \approx 0$ com $\alpha = 0$ e $l = 0,50m$ ($d = 0,70m$) assim $h = l \text{ sen } \alpha$

COMPATIBILIDADE:

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

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

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

$$F_R' = 750 \text{ kgf} \quad F_R = 75 \text{ kgf} \quad 22.$$

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

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

$$P = \phi \frac{P'}{2} = 3655 \text{ kgf}$$

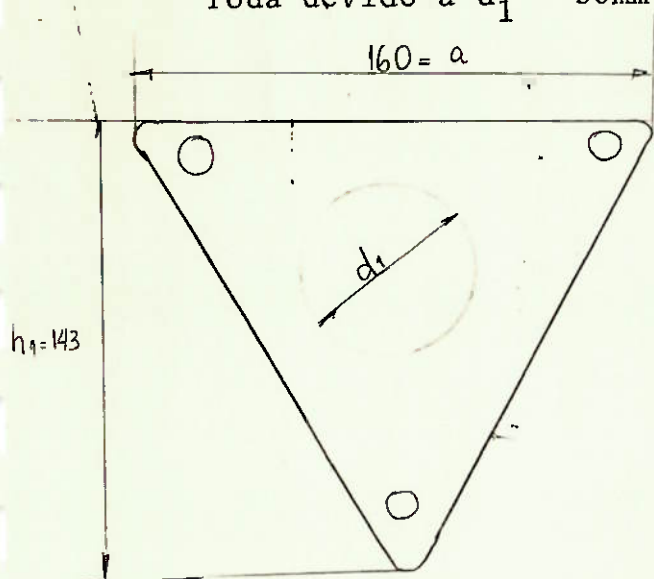
Escolheu-se

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 solⁱ citação, só que $P' = 2P = 7310 \text{ kgf} \rightarrow 20212 \rightarrow \text{FAG}$

VER ANEXO 2

Para os rolamentos de baixo R1 foram selecionados os man^{cais} FAG de flange 2 \rightarrow 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

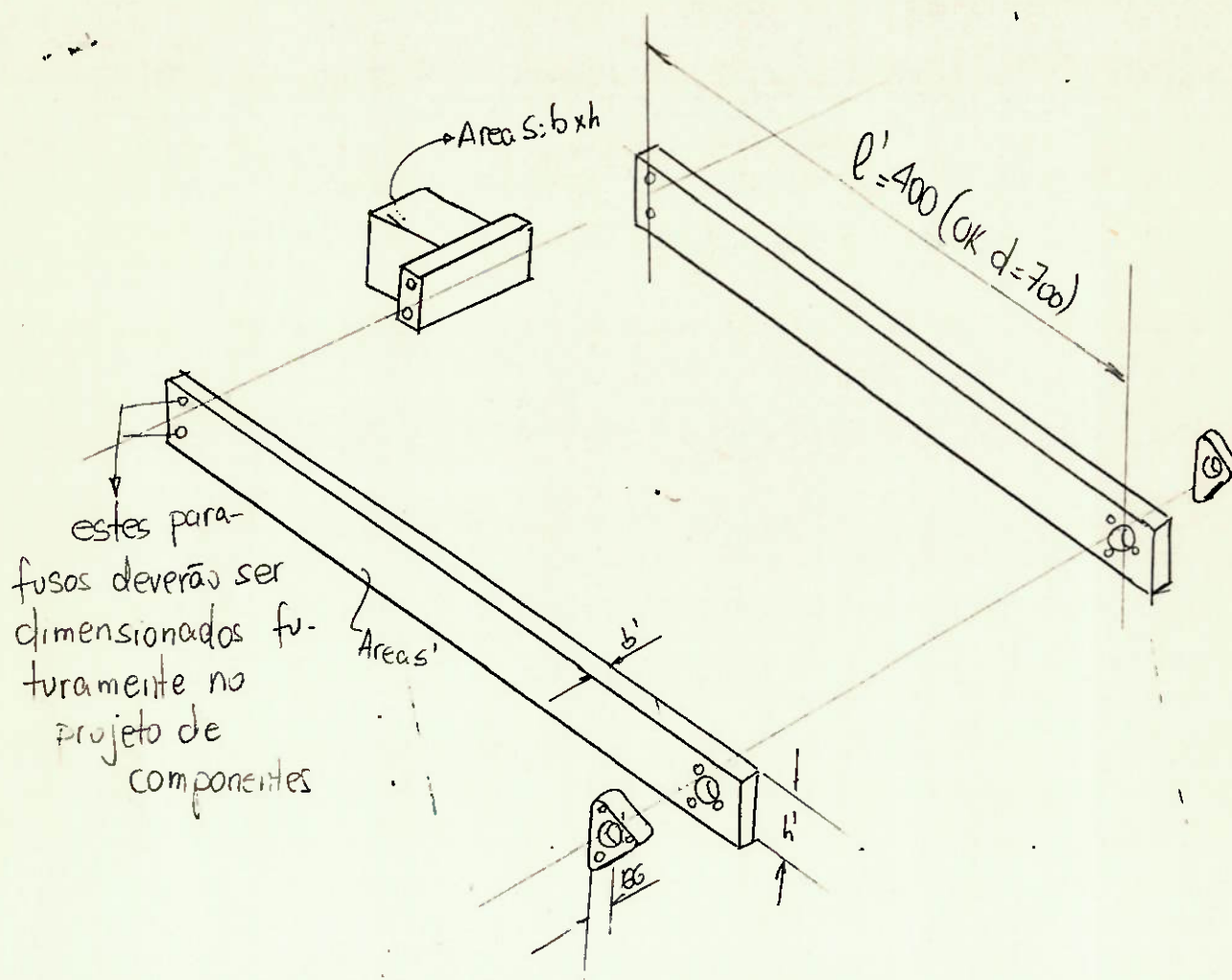
$$F 11212 \quad d_1 = 60$$

$$Q = 200$$

$$h_1 = 183$$

VER ANEXO 3'

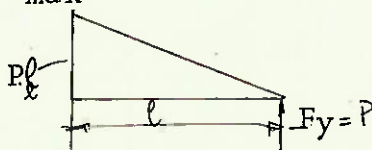
A montagem do garfo é como segue:



$$S = b \times h$$

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

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



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

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

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

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

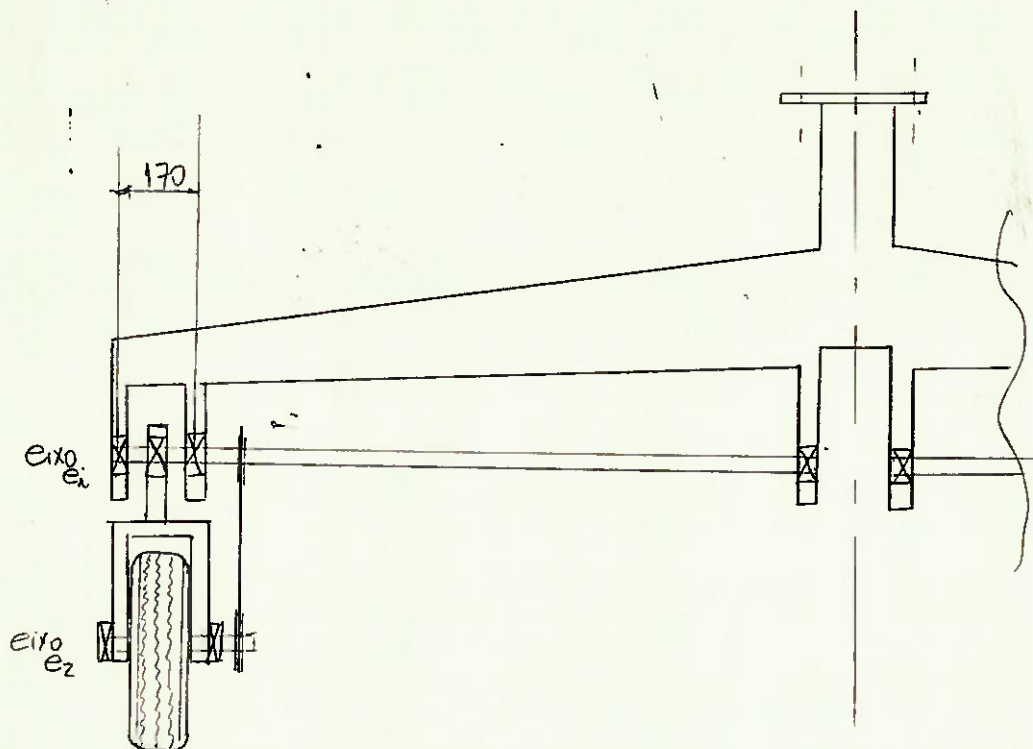
AÇO SAE 1020 $\sigma_{adm} = 1000 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow \text{OK.}$ (E os fatores dinâmicos foram levados em conta).

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

$$\sigma = \frac{M \times 100.6}{b'h'^2} = \frac{600 \cdot 731}{b' \cdot 16^2} = \frac{1713}{b'} \leq 1000 \rightarrow b' = 1,71 \text{ cm}$$

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:

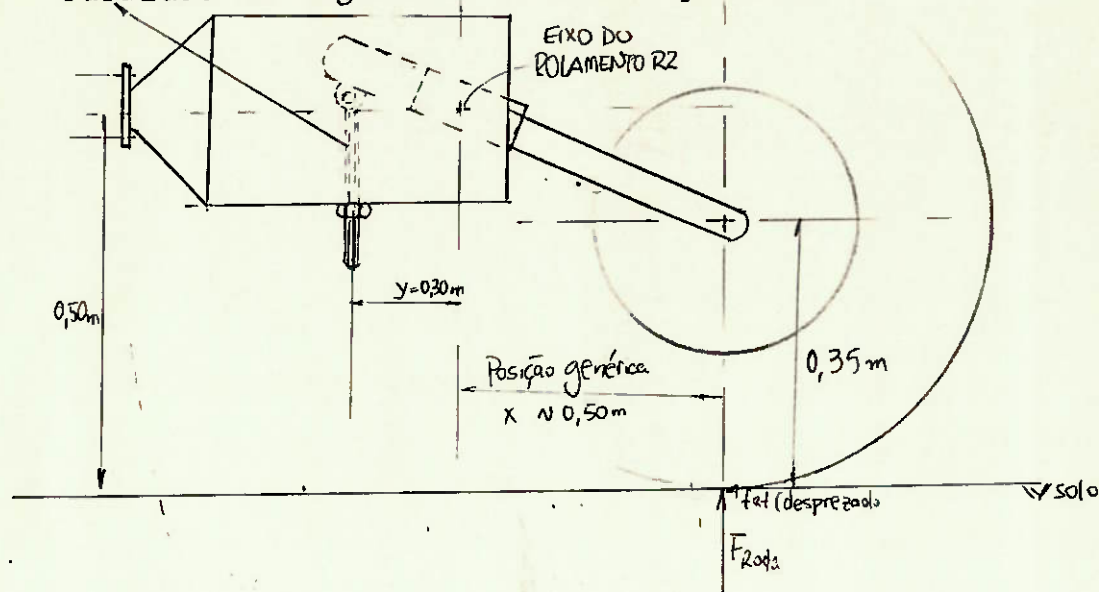


como só o R2 marcado no esquema já resiste aos esforços de plantio, os outros 30 farão com maior facilidade. Não é possível selecioná-los de outro modo devido à compatibilidade de $d = 60$. Porém requer maior cuidado no ajuste e na montagem.

Para maior facilidade farei o eixo ei alinhado com o su porte 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.

Usando o mesmo fator dinâmico de choque anterior, $\phi = 5$

$$F_{\text{parafuso}} = \frac{0,30}{0,50} F_{\text{roda}}$$

$$F_{\text{parafuso}} = F_p = \frac{0,3}{0,5} \times 750 \text{kgf} \times 5 = F_p = 2250 \text{ kgf.}$$

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

$$d \geq \sqrt{\frac{2F_p \cdot \phi}{\sigma}}$$

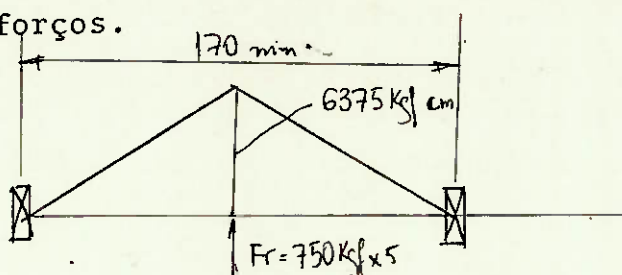
AÇO SAE 1050 $\bar{\sigma} = 1200 \text{kgf/cm}^2$

diâmetro nominal

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

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

O eixo e_1 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 $M_{\text{fletor}} = 0$ 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

$$M_I = \sqrt{M_f^2 + (M_T)^2}, \text{ porém como o}$$

fator de choque é 5, e o choque é eventual $\phi_m = \frac{1}{T} \int_0^T \phi dt \ll 1$

→ dimensiona-se o eixo só para a flexão, nesse caso menos favorável de $\phi = 5$

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

bronze

módulo de resist. do eixo à flexão

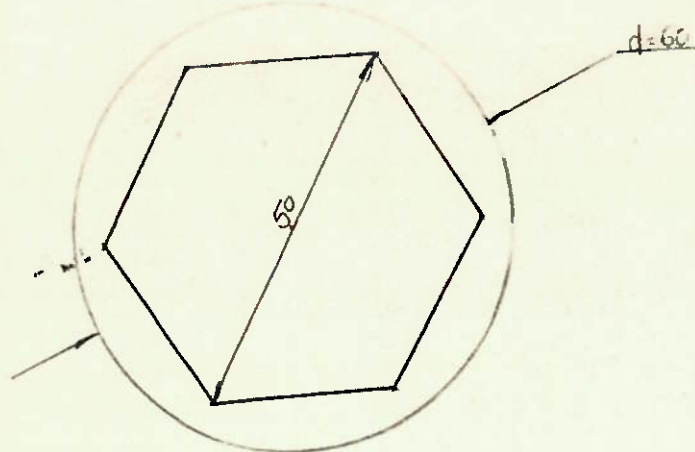
Para a fixação das unidades semeadoras em qualquer ponto do eixo e_1 (para ajuste dos espaçamentos transversais entre plantas) e transmissão do movimento, usarei eixo de bronze (pequeno atrito quando se transladar as unidades semeadoras através dele) com seção regular hexagonal

$$W_{\text{hex}} = \frac{5R^3}{8}$$

(ref. 2)

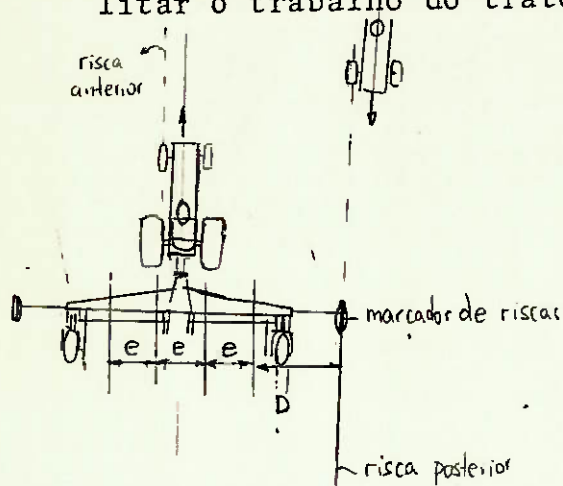
→ $R \geq 2,34 \text{ cm}$ usa-se $R = 25 \text{ mm}$

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 deverão 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:



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

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

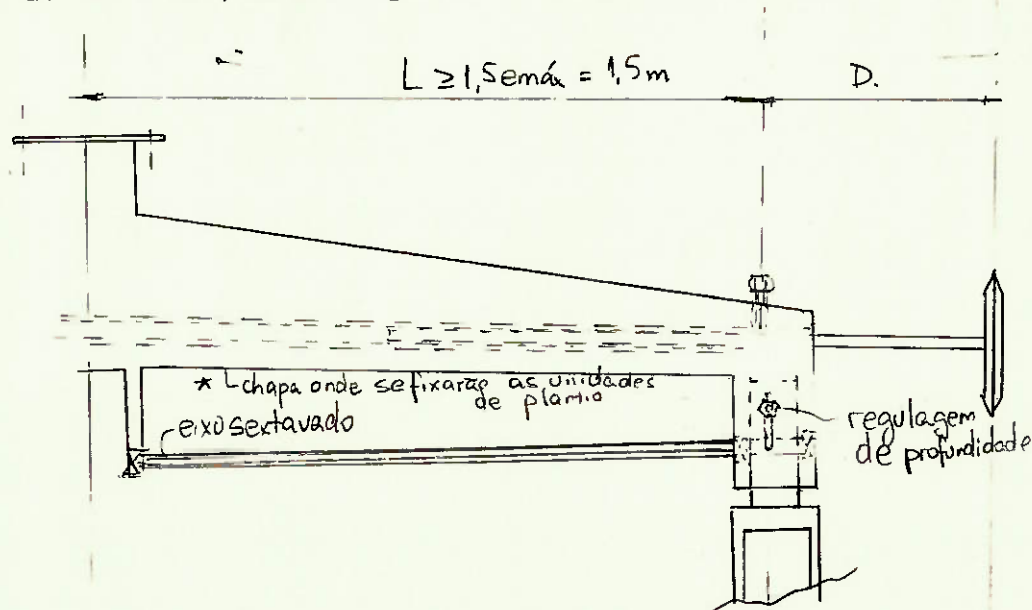
por exemplo

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

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

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

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



o número de vazios preenchidos numa volta é o η_p (rendimen-
 " " " total to de preenchimento).

Supõe-se $\eta_p = 100\%$ e adiante faremos considerações.

$j = 2,20 \cdot j'$ $j' = n^\circ$ de "sementes por metro

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

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

planta	j'	obs.
milho	5 10	número mais usado é 10 $\mu\text{c}/2\text{grãos p/furo}$. 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 gra- nulação e poder germinativo verificou- se que o ótimo é 32, 33 a 34
sorgo	14 a 23	
girassol	5 a 10	
arroz	30 a 80	é difícil controlar η_p devido à irregu- laridade 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

$$\text{Chamando } i = \frac{W_d}{W_r} = \left(\frac{\overset{W_{\text{disco}}}{\text{n}^\circ \text{ de voltas do disco}}}{\text{n}^\circ \text{ de voltas da roda}} \right) \text{ num mesmo intervalo de tempo}$$

i = relação global de transmissão

$$\text{seja } v = \text{n}^\circ \text{ de sementes do disco} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de sementes}}{\text{volta disco}}$$

$$j = \frac{\text{n}^\circ \text{ de sementes}}{\text{volta da roda}}, \text{ e seja } N = \text{n}^\circ \text{ de sementes (elevado)}$$

o n° de voltas da roda correspondente à N é :

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de voltas da roda} &= \\ &= \frac{N}{j} \end{aligned}$$

e o n° de voltas do disco correspondente à N é :

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de voltas do disco} &= \\ &= \frac{N}{v} \end{aligned}$$

como $\frac{N}{j}$ e $\frac{N}{v}$ correspondem a um mesmo Δ_t (tempo de plantio de N)

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

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

v'

$$(\text{supondo } \eta_p = 100\%) \text{ então } j = (\eta_{p.v}) \cdot i \quad \therefore \quad \boxed{j = \eta_p \cdot v \cdot i}$$

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 a través 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 ($2,2\text{m/s} \approx 7,92\text{km/h}$) 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 $i =$

$$= 1/4 \rightarrow T = 4\text{s}$$

$$\frac{T}{t} \approx 60$$

$$v = \frac{1}{K} \frac{T}{t}$$

$$K = \frac{360^\circ}{v \cdot \alpha} \sim 1,5 \text{ a } 2$$

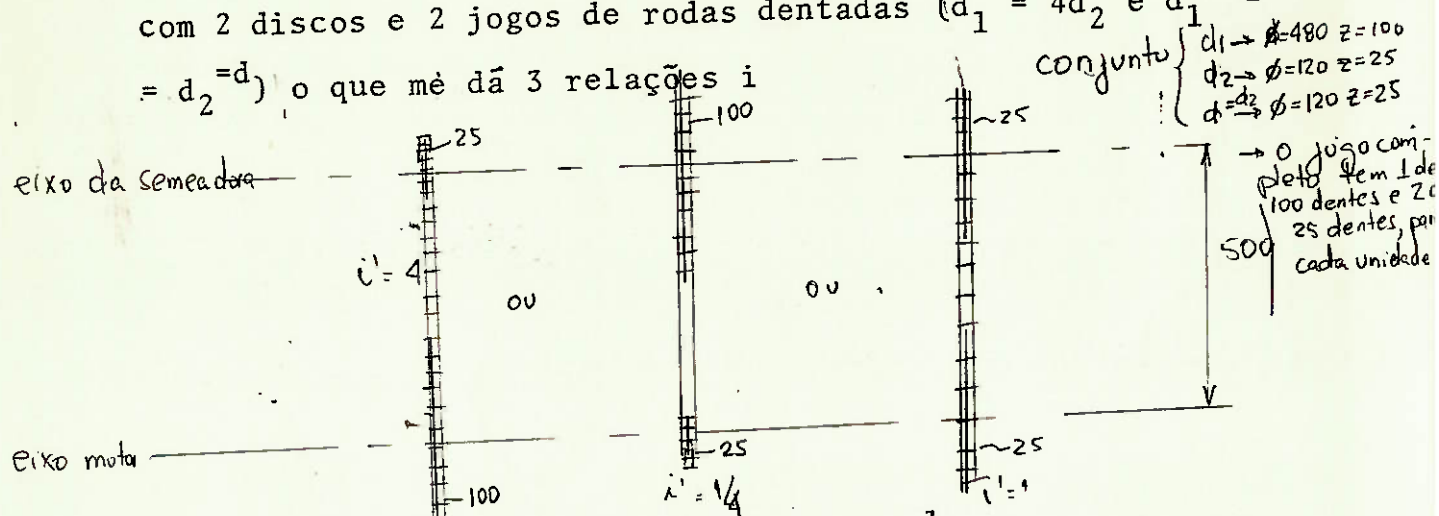
$v \rightarrow$ α - $\frac{\text{ângulo total do disco}}{\text{ângulo central correspondente aos orifícios}}$

V - nº de orifícios
 α - ângulo central correspondente à 1 só orifício

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

O valor de α 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 $\eta_p = 100\%$ nessa velocidade e um decréscimo da ordem de 10% em η_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 me dá 3 relações i



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

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

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

que já abrange praticamente toda gama de j .

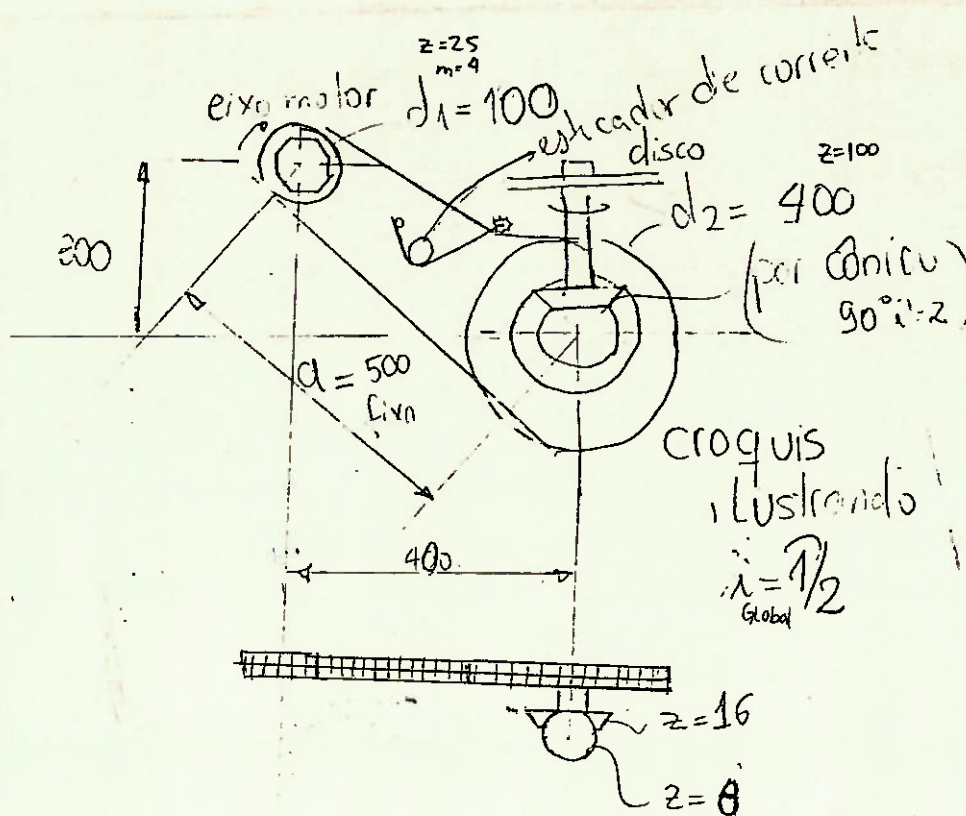
A seguir encontra-se o croquis do conjunto motor da unidade semeadora, para a relação global $i = \frac{1}{2}$

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

31.

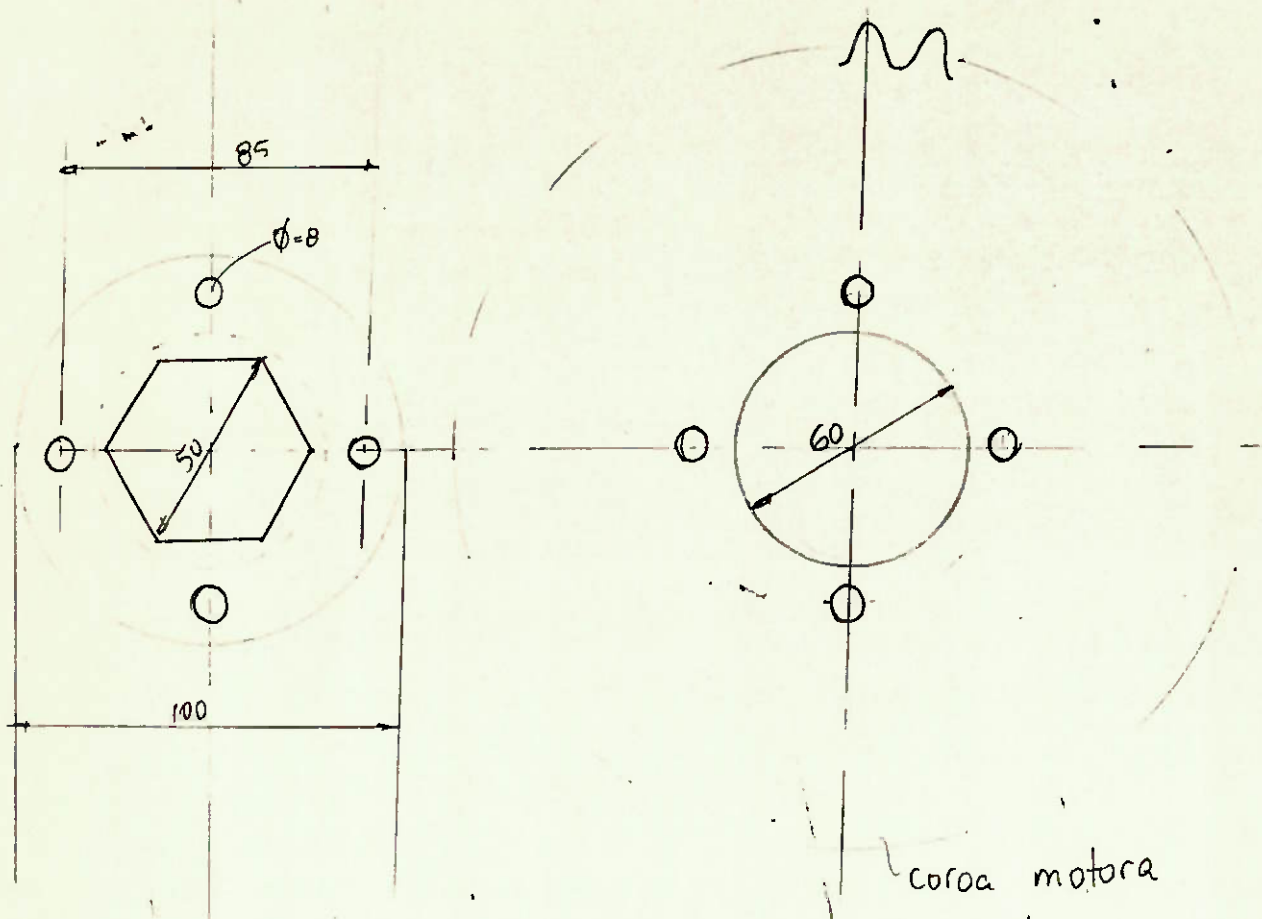
GKW simplex S501 ver anexo 4

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



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

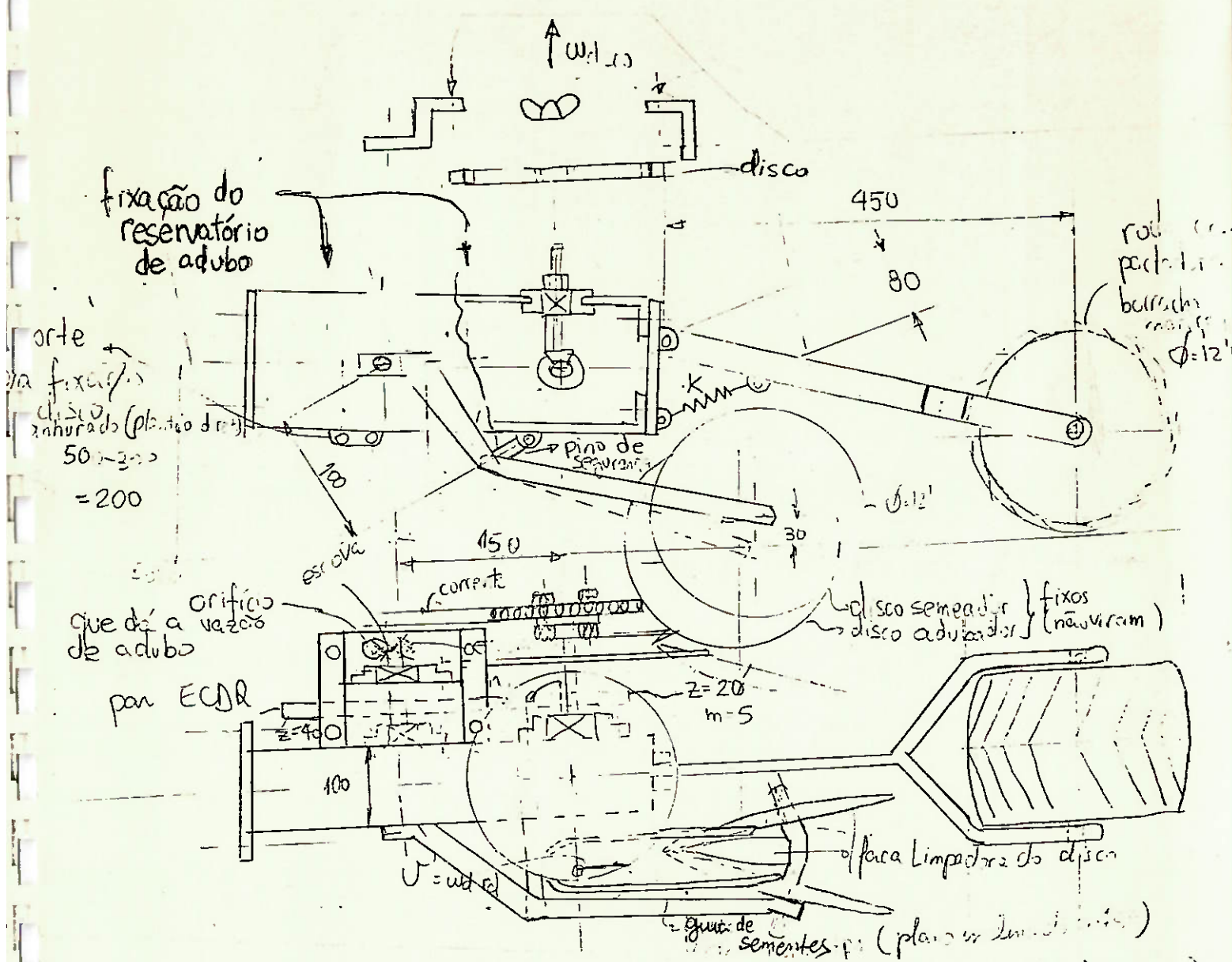
O eixo da engrenagem cônica deverá ser igual ao eixo-motor (sextavado), pois dessa maneira pode-se trocar diretamente d_1 por d_2 . A peça intermediária será:



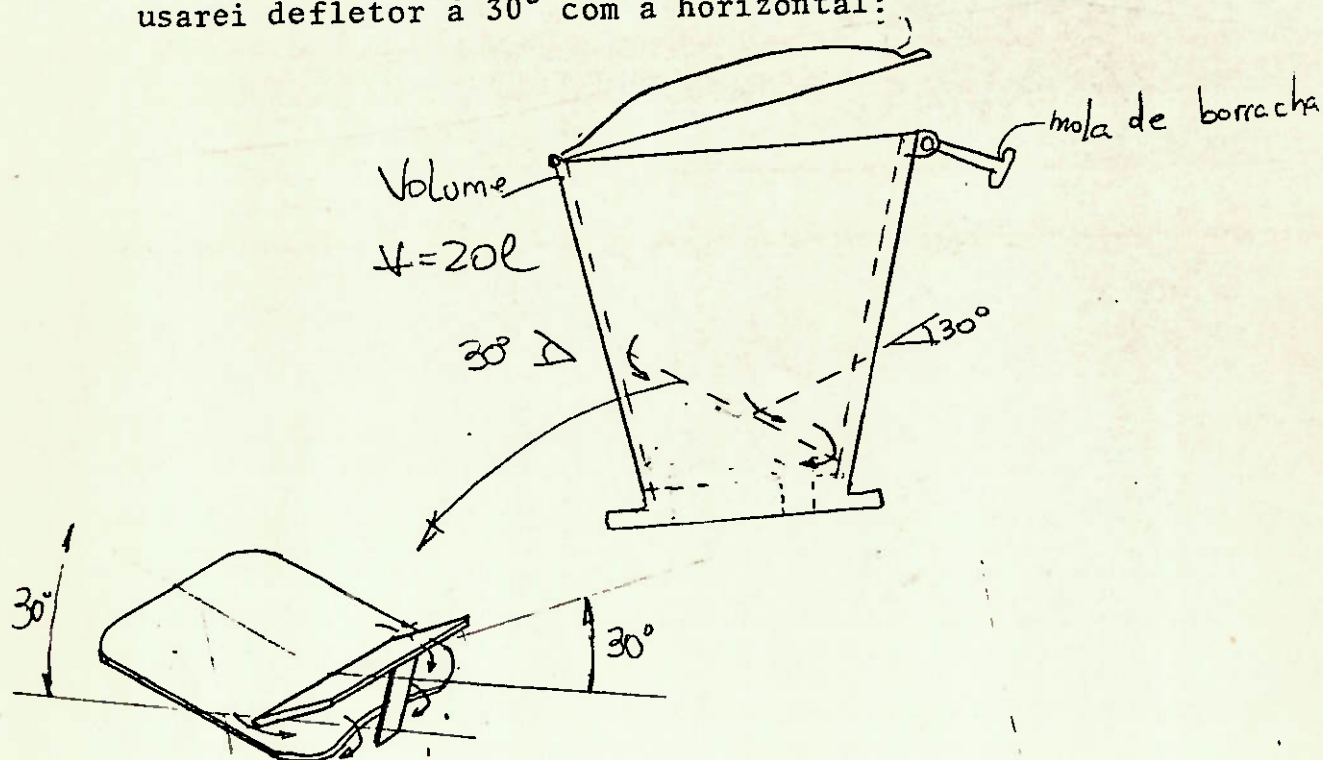
Assim, para variar i , basta trocar as rodas dentadas; deixando a peça intermediária fixa que só translada para variar o espaçamento transversal.

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

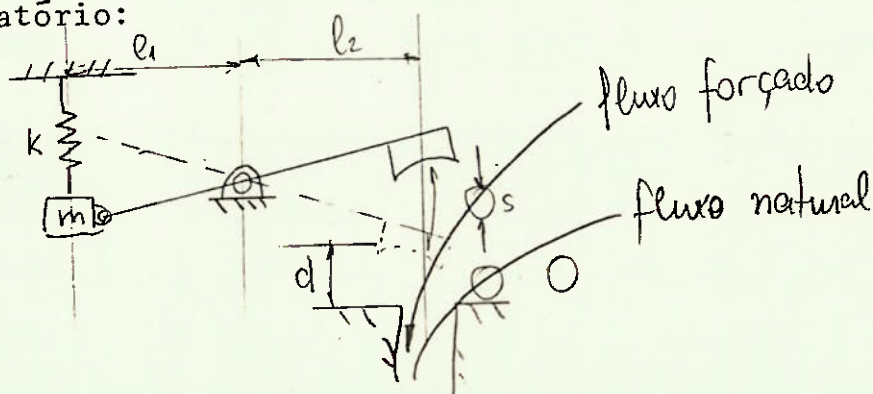
Esse conjunto será montado na base da semeadora, como segue:



feitos do nível de sementes do reservatório na distribuição usarei defletor à 30° 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:



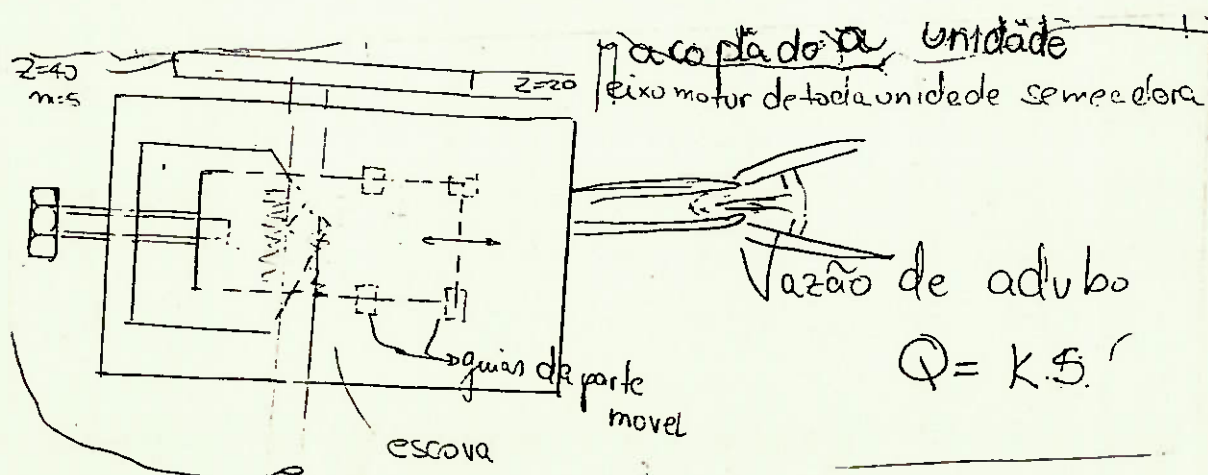
Observações:

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 η_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.

$$\sqrt{\frac{K}{m}} \approx \frac{\text{da ordem de } 2\pi}{6,71 \cdot 10^{-2}} = 94 \quad \text{e para haver aceleração } m \cdot l_1 \gg m_{\text{semente}} l_2 \quad (4 \text{ a } 5 \text{ vezes})$$

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 200g/10000m em linha 0,02g/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 escova que facilita a vazão)

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

RÓTEIRO DO PROJETO EXPERIMENTAL:

Deverá ser feito um projeto experimental (também para cada subconjunto do projeto), visando a otimização da semeadora. Quanto ao sistema de fixação e transporte, há que se fazer um protótipo, e testá-lo nas diferentes condições 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 projetados e desenhados para possibilitar essa fabricação.

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

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 η_p deverá ser estimado (experimentalmente, e deve-se projetar um disco dosador que dê um número de vazios correspondente a

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

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

feito isso, deve-se analisar o grau de variação de η_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 =

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

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 I. - Tabela de tratores

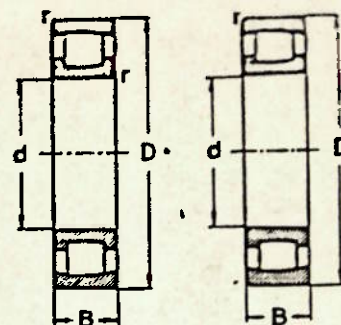
CUADRO NUMERO I. - 1 R

ACTORES DE RUEDAS (Continuación)

MARCA Y MODELO												DIMENSIONES (7)										NEUMATICOS (8)										Esfuerzos de Tracción (9)										MOTOR (11)									
Nacionalidad	Tipo (mm. ruedas)	POTENCIA b.p. c.v. (3)	Poles	Peso Kg.	Número de marchas	Velocidad Km. p. h.		Batallas	Vía tracción		Luz libre	Delan- teros	Traseros	Peso total con hacer	Máximo (C) Kg.	Velocidad Km. p. h.	Trabajo normal		Consumo litros	Combustible	Núm. de cilindros y válvulas	Calibre y carretera mm. x mm.	Cilindrada cc.	Velocidad de régimen r.p.m.	Prec. cm orig.																										
						Km. l.	Km. p. h.		Mínima	Máxima							Velocidad Km. por h.	1 x h								Cilindrada																									
GB	International (T. H. C.)	B. 250	25	28	—	1.8	18	188	123	193	38	4.00-19	10 x 28	2.040	—	2.9	1.642	5.4	5.4	D	4C	85.7 x 101.6	2.360	1.750	66.1																										
"	"	Super. BWD. 6	44	49	2.500	3.4	24	196	142	163	30	4.00-19	14 x 30	3.770	2.767	2.9	1.642	5.4	5.4	D	4C	101.6 x 133.3	4.320	1.450	93.0																										
"	International (Cima) (93)	Cub	19	22	550	3.12	9.8	176	101	142	35	4.00-12	7 x 24	1.200	700	3	1.642	4.6	2.9	D	4C	66.7 x 69.8	975	1.600	59.1																										
"	"	R. 235	22	24	1.115	3.8	16	207	119	203	35	4.00-12	9 x 24	2.000	1.315	3.2	710	5.8	6	D	4C	76.2 x 101.6	1.853	1.650	116.0																										
"	International (Cima)	B.M.	34	38	2.020	4.2	26	225	132	223	55	4.00-16	12 x 38	3.070	1.925	3.5	1.407	9.4	9.4	D	4C	98.4 x 133.3	4.058	1.450	132.0																										
"	"	B.M.	34	36	2.040	4.2	25	225	132	223	65	4.00-16	12 x 38	3.430	2.055	3.5	1.310	8	7.6	D	4C	98.4 x 133.3	4.058	1.450	166.0																										
"	"	Super BMD	42	47	2.200	4.2	25	225	132	223	65	4.00-16	12 x 38	4.230	2.610	3.9	1.125	9.6	9.6	D	4C	101.6 x 133.3	4.326	1.450	185.0																										
US	John Deere	40	23	25	1.383	2.6	18	209	120	244	53	5.00-15	9 x 34	2.065	1.370	2.5	669	7.1	7.1	D	2C	101.6 x 101.6	1.654	1.850	—																										
"	"	40S	23	24	1.380	2.6	18	209	120	244	53	5.00-15	9 x 34	1.900	1.156	2.5	669	7.1	7.1	D	2C	101.6 x 101.6	1.654	1.850	—																										
"	"	40S	23	24	1.380	2.6	18	209	120	244	53	5.00-15	9 x 34	1.900	1.156	2.5	669	7.1	7.1	D	2C	101.6 x 101.6	1.654	1.850	—																										
"	"	60	30	31	2.404	2.4	18	228	142	226	66	6.00-16	12 x 38	2.500	1.620	2.1	882	5.5	6.6	D	2C	119 x 139.7	3.114	1.250	—																										
"	"	60	30	31	2.404	2.4	18	228	142	226	66	6.00-16	12 x 38	2.500	1.620	2.1	882	5.5	6.6	D	2C	119 x 139.7	3.114	1.250	—																										
"	"	60	30	31	2.404	2.4	18	228	142	226	66	6.00-16	12 x 38	2.500	1.620	2.1	882	5.5	6.6	D	2C	119 x 139.7	3.114	1.250	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573	3.5	1.256	7.5	12.4	D	2C	149.2 x 177.8	6.220	975	—																										
"	"	70	44	44	2.995	3.4	20	230	152	223	64	6.00-16	13 x 38	3.925	2.573.																																				

Rolamentos FAG de rolos esféricos

Série 202 e 202 K



Dimensions · Load ratings · Factors

Medidas · Capacidades de carga · Fatores

Designation Designação		Dimensions Medidas				Load ratings Capacidades de carga	
bearing with cylindrical bore rolamento com furo cilíndrico	bearing with tapered bore rolamento com furo cônico	d	D	B	r	dynamic dinâmica C kg	static estática C ₀ kg
202 04		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	2	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
R2 → 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

$$P_0 = F_r + 5 F_a$$

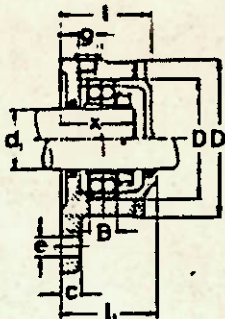
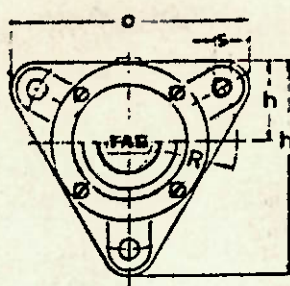
FAG Flanged Housing Units

Mancais de flange FAG

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

Série F 5 A e F 5 B

Série F 5 WA e F 5 WB



execução A

design B
execução B

F 505 A (B) - F 513 A (B) and F 505 WA (WB) - F 513 WA (WB)
F 506 A (B) a F 513 A (B) a F 505 WA (WB) a F 513 WA (WB)

Dimensions · Weight

Medidas · Peso

Designation Designação		Dimensions Medidas														Weight Peso
housing without bearing for closed end for through shaft caixa sem rolamento com eixo fechada de trespassante um lado		d ₁	D	B	h ~	h ₁ ~	l	l ₁	D ₁	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	55	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 10×1	9,5
F 516 A	F 516 B	70	140	26	98	196	104	110	176	107,5	—	25	18	85	M 10×1	10
F 517 A	F 517 B	75	150	28	105	210	109	114	188	120	—	25	18	88	M 10×1	12
F 518 A	F 518 B	80	160	30	105	210	113	118	198	120	—	25	18	90	M 10×1	13
F 520 A	F 520 B	90	180	34	125	250	122	127	224	140	—	30	23	98	M 10×1	18
F 522 A	F 522 B	100	200	38	135	270	131	137	246	155	—	30	23	105	M 10×1	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 10×1	9,5
F 516 A	F 516 B	70	140	33	98	196	104	110	176	107,5	—	25	18	88	M 10×1	10
F 517 A	F 517 B	75	150	36	105	210	109	114	188	120	—	25	18	92	M 10×1	12
F 518 A	F 518 B	80	160	40	105	210	113	118	198	120	—	25	18	95	M 10×1	13
F 520 A	F 520 B	90	180	46	125	250	122	127	224	140	—	30	23	103	M 10×1	18
F 522WA	F 522WB	100	200	53	135	270	131	137	246	155	—	30	23	112	M 10×1	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.

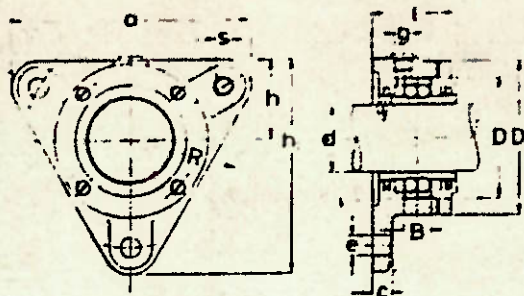
Esses mancais são fabricados para a montagem como rolamentos livres; nestas caixas os anéis externos dos rolamentos têm um jogo de 1 mm para cada lado. Para a montagem como rolamentos fixos deverão ser empregados anéis de guia.

Anexo 3 - Seleção do mancal de RZ Selection of Rolling Bearing

Mancais de flange FAG

com furo cilíndrico
e anel interno largo

Série F 112



Dimensions · Weight Medidas · Pêso

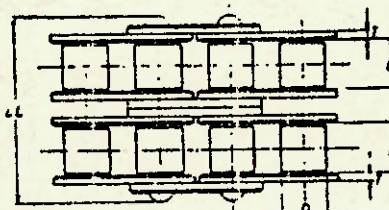
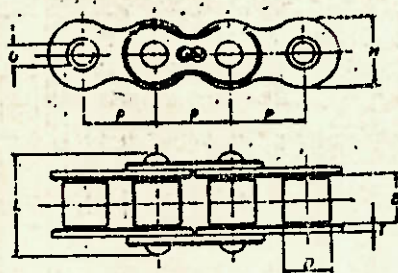
Designation Designação Rolamento with flange caixa sem rolamento	Dimensions Medidas												Weight Peso ~ kg
	d	D	B	h ~	h ₁ ~	l	D ₁	R	a ~	c ~	e	g	
	mm												
F 112 04	20	47	14	35	92	42	67	45	105	10	11	R 1/8"	0,9
F 112 05	25	52	15	38	100	46	73	48	110	10	11	R 1/8"	1,1
F 112 06	30	62	16	44	117	50	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. APROX.
			Largura B	Diámetro D	Espessura T	Altura H = mm			
SIMPLEX									
S 201	40	1/2"	5/16"	5/16"	1,5 mm	12,0	5/32"	15,5	1.500
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"	24,8	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"	76,0	27.500

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	3/8"	3/8"	0,400"	2,0 mm	15,2	3/16"	58,2	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
CENEA - MA - Centro Nacional de Engenharia
Agrícola do Ministério da Agricultura - Divi -
são de Desenvolvimento e Ensino