

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**REPROJETO DE UMA SEMEADORA DE ARROZ
PRÉ-GERMINADO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA

JORGE EURICO GEBHARDT PERES

FLORIANÓPOLIS, AGOSTO DE 1997

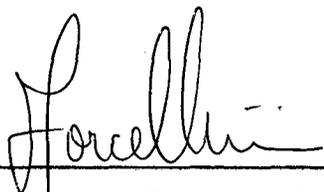
REPROJETO DE UMA SEMEADORA DE ARROZ PRÉ-GERMINADO

JORGE EURICO GEBHARDT PERES

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
PROJETO MECÂNICO E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA.



Prof. Fernando A. Forcellini, Dr. Eng.
Orientador

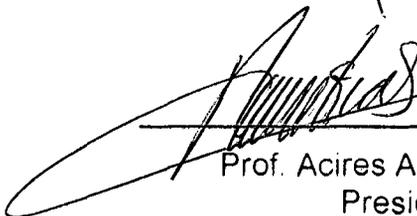


Prof. Nelson Back, Ph.D.
Co-orientador



Prof. Abelardo A. de Queiroz, Ph. D.
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Acires A. Dias, Dr. Sc.
Presidente



Eng. Agr. José A. Noldin, Ph.D.



Prof. Osmar Possamai, Dr. Eng.

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC pela oportunidade concedida.

Ao professor Fernando Forcellini por transmitir todo apoio necessário ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Nelson Back pelo exemplo de dedicação, sinceridade e sucesso.

Ao professor Osmar Possamai pelos ensinamentos preciosos.

Aos colegas da equipe de projeto Marcos André Tottene, Volmar Wolf e João Batista pelas idéias e por me ensinar a trabalhar em equipe, além de todo o aprendizado técnico proporcionado.

À Salete, Cristiano, Augusto, Fred e demais companheiros do Laboratório de projeto, por torná-lo um ambiente muito agradável de trabalho e pelo auxílio dado.

Aos amigos Marcus Couto, César Vinadé, Marcelo Gitirana, Lucas Weihmann, Eduardo Barbeitos, Caio e Vevê pela convivência em família.

À Irene, Marcelo e Renato pelo apoio espiritual.

Aos amigos da equipe de punhobol de Florianópolis, que permitiram-me exercitar o corpo e relaxar a mente.

Ao Juan e à Susana.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	IV
SUMÁRIO	V
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XII
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT	XIV

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO	1
1.1 ARROZ - UMA VISÃO GERAL	1
1.2 ASPECTOS DO PLANTIO	4
1.3 COLOCAÇÃO DO PROBLEMA.....	7

CAPÍTULO II

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO PRIMEIRO PROTÓTIPO DA SEMEADORA DE ARROZ PRÉ-GERMINADO (SAP-01)	9
2.1 INTRODUÇÃO.....	9
2.2 METODOLOGIA UTILIZADA NO PROJETO DA SAP-01	9
2.3 ASPECTOS IMPORTANTES RELACIONADOS À SAP-01	12
2.4 O PROTÓTIPO SAP-01.....	13
2.4.1 Subconjunto de dosagem	15
2.4.2 Subconjunto de sustentação.....	18
2.4.3 Subconjunto de transmissão.....	20
2.4.4 Subconjunto estrutural	22
2.4.5 Subconjunto de orientação.....	24
2.4.6 Subconjunto de tração e rodas de apoio.....	25
2.4.7 Subconjunto de comandos.....	26
2.4.8 Subconjunto motor.....	27
2.5 CONCLUSÃO	27

CAPÍTULO III

REPROJETO CONCEITUAL.....	28
3.1 INTRODUÇÃO.....	28

3.2 NECESSIDADES DOS CONSUMIDORES.....	29
3.3 DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE - QFD.....	33
3.4 ANÁLISE FUNCIONAL	37
3.5 GERAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	44

CAPÍTULO IV

PROJETO PRELIMINAR.....	53
4.1 INTRODUÇÃO.....	53
4.2 ANÁLISE INICIAL	53
4.3 SISTEMA ESTRUTURAL	54
4.4 SISTEMA DE TRANSMISSÃO.....	58
4.5 DIMENSIONAMENTO DOS EIXOS.....	60
4.5.1 Eixos das rodas.....	61
4.5.2 Eixo principal.....	62
4.6 SISTEMA DE DIRECIONAMENTO POR CONTROLE DE TRAÇÃO	64
4.7 SISTEMA DE REGULAGEM DE PROFUNDIDADE.....	66
4.7.1 Sistema de suspensão.....	70
4.8 SISTEMAS REAPROVEITADOS DA SAP-01	70
4.8.1 Sistema de dosagem.....	71
4.8.2 Sistema de sustentação.....	72
4.8.3 Sistema de tração	73
4.8.4 Sistema de comando.....	74
4.8.5 Outros sistemas reaproveitados.....	74
4.9 ESTIMATIVA DO CENTRO DE GRAVIDADE	75
4.10 ASPECTO FINAL DA SEMEADORA SAP-02.....	76

CAPÍTULO V

PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	78
5.1 INTRODUÇÃO.....	78
5.2 VISTAS GERAIS DA SEMEADORA SAP-02 - DESENHOS 1/01 E 2/01.....	78
5.3 DESENHO DE CONJUNTO DA ESTRUTURA - DESENHO N° 3/01	79
5.4 DESENHO DE CONJUNTO DA REGULAGEM DE PROFUNDIDADE - DESENHO N° 4/01	79
5.5 DESENHO DE CONJUNTO DO EIXO PRINCIPAL - DESENHO N° 5/01	80
5.6 DESENHO DE CONJUNTO DOS EIXOS DAS RODAS - DESENHO N° 6/01	81
5.7 DESENHO DE CONJUNTO DAS RODAS - DESENHO N° 7/01.....	82
5.8 DESENHO DE CONJUNTO DOS FLUTUADORES - DESENHO N° 8/01	82
5.9 DESENHO DE CONJUNTO DA EMBREAGEM DO MOTOR - DESENHO N° 9/01	82
5.10 DESENHOS COMPLEMENTARES DA SAP-02.....	83
5.11 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	84

CAPÍTULO VI

TESTES E AVALIAÇÕES.....	89
6.1 INTRODUÇÃO.....	89
6.2 TESTES PRELIMINARES	89
6.3 TESTES DE CAMPO - FORA DE QUADRA.....	95
6.3.1 <i>Velocidade</i>	95
6.3.2 <i>Rigidez</i>	95
6.3.3 <i>Absorção de choques</i>	96
6.3.4 <i>Direcionamento</i>	97
6.3.5 <i>Deslocamento com o motor desligado</i>	98
6.3.6 <i>Desempenho das rodas de apoio</i>	98
6.3.7 <i>Esforço do operador na condução do equipamento</i>	99
6.4 TESTES DE CAMPO - DENTRO DA QUADRA	99
6.4.1 <i>Tração</i>	99
6.4.2 <i>Adaptação à profundidade</i>	100
6.4.3 <i>Sustentação da máquina</i>	101
6.4.4 <i>Condições de descarga das sementes</i>	102
6.4.5 <i>Manobrabilidade</i>	103
6.4.6 <i>Manutenção da trajetória desejada</i>	104
6.4.7 <i>Transposição de obstáculos</i>	104
6.4.8 <i>Acúmulo de lama</i>	105
6.4.9 <i>Acionamentos</i>	106
6.4.10 <i>Desempenho da embreagem dos dosadores</i>	106
6.4.11 <i>Facilidade de operação</i>	106
6.4.12 <i>Aspectos gerais</i>	107
6.5 INSPEÇÃO FINAL DA SEMEADORA SAP-02	108

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	110
7.1 INTRODUÇÃO.....	110
7.2 SUGESTÕES DE MODIFICAÇÃO DA SAP-02	110
7.2.1 <i>Eixos das rodas</i>	110
7.2.2 <i>Acoplamentos do controle de tração</i>	112
7.2.3 <i>Embreagem do motor</i>	115
7.2.4 <i>Sistema de sustentação</i>	116
7.3 ASPECTOS A AVALIAR EM ESTUDOS FUTUROS	116
7.4 CONCLUSÕES.....	117

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
---	------------

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	123
-------------------------------------	------------

ANEXO A	A-1
ANEXO B	B-1
ANEXO C	C-1
ANEXO D	D-1
ANEXO E	E-1
ANEXO F	F-1
ANEXO G	G-1

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. 1- ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA PARA A PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO [8].	3
FIGURA 2. 1- FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA UTILIZADA PARA O DESENVOLVIMENTO DO PRIMEIRO PROTÓTIPO.	10
FIGURA 2. 2 - VISTA LATERAL DO PROTÓTIPO SAP-01.	14
FIGURA 2. 3 - VISTA SUPERIOR DO PROTÓTIPO SAP-01.	14
FIGURA 2. 4 - VISTA LATERAL DO CONJUNTO DOSADOR.	15
FIGURA 2. 5 - A) VISTA DA CONCEPÇÃO DO DOSADOR; B) VISTA DO SISTEMA POSICIONADOR DOS DOSADORES.	16
FIGURA 2.6 - EMBREAGEM DOS DOSADORES MODIFICADA (POR FORMA).	17
FIGURA 2. 7 - VISTA LATERAL DO CONJUNTO FLUTUADOR.	19
FIGURA 2. 8 - REPRESENTAÇÃO EM PERSPECTIVA DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DA SAP-01.	21
FIGURA 2. 9 - VISTA EM PERSPECTIVA DA ESTRUTURA DA SAP-01.	22
FIGURA 2. 10 - REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE REGULAGEM DA PROFUNDIDADE DA SAP-01.	23
FIGURA 2. 11 - SISTEMA DE REGULAGEM MODIFICADO.	23
FIGURA 2. 12 - MARCADORES DE LINHAS DA SAP-01.	25
FIGURA 2. 13 - RABIÇA COM COMANDOS.	26
FIGURA 3. 1 - FLUXOGRAMA DAS FERRAMENTAS METODOLÓGICAS UTILIZADAS NO REPROJETO CONCEITUAL.	29
FIGURA 3. 2 - DIAGRAMA FAST/TASK.	41
FIGURA 3. 3 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA AVALIAÇÃO DA ALTERNATIVA 06 (SEIS) EM COMPARAÇÃO COM A ALTERNATIVA 03 (TRÊS), SOB O CRITÉRIO DAS FUNÇÕES DE SUPORTE.	52
FIGURA 3. 4 - VISTA EM PERSPECTIVA DA CONCEPÇÃO ESCOLHIDA.	52
FIGURA 4. 1 - OPÇÕES PARA AFASTAMENTO ENTRE AS RODAS TRATORAS.	54
FIGURA 4. 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS SUBSISTEMAS - A) VISTA LATERAL E B) VISTA SUPERIOR.	55
FIGURA 4. 3 - DESENHO INICIAL DA NOVA ESTRUTURA - A) VISTA LATERAL, B) VISTA SUPERIOR E C) VISTA EM PERSPECTIVA.	56
FIGURA 4. 4 - EVOLUÇÃO DO DESENHO DA ESTRUTURA - VISTA LATERAL.	57
FIGURA 4. 5 - "MOCKUP" FINAL DA ESTRUTURA.	57
FIGURA 4. 6 - ESQUEMA DE REDUÇÃO GRADUAL UTILIZANDO REDUTOR A ENGRENAGENS HELICOIDAIS.	60
FIGURA 4. 7 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO.	60
FIGURA 4. 8 - MODELO DAS FORÇAS ENVOLVIDAS NOS EIXOS DAS RODAS.	61
FIGURA 4. 9 - MODELO DAS FORÇAS ENVOLVIDAS NO EIXO PRINCIPAL.	62

FIGURA 4. 10 - ESBOÇO DO SISTEMA MECÂNICO DE CONTROLE DE TRAÇÃO.....	64
FIGURA 4. 11 - ESQUEMA PRELIMINAR DOS DENTES DOS ACOPLAMENTOS.....	65
FIGURA 4. 12 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE DE PROFUNDIDADE.....	66
FIGURA 4. 13 - VISTA EM PERSPECTIVA COM AS FORÇAS ATUANTES NO SISTEMA DE REGULAGEM DA PROFUNDIDADE.....	67
FIGURA 4. 14 - MODELO DAS FORÇAS ENVOLVIDAS NOS BRAÇOS DAS RODAS.....	68
FIGURA 4. 15 - MODELAMENTO DAS FORÇAS ENVOLVIDAS NO FUSO DA REGULAGEM DE PROFUNDIDADE.....	69
FIGURA 4. 16 - ADAPTAÇÃO DA NOVA ESTRUTURA À UNIÃO COM O SISTEMA DE DOSAGEM.....	71
FIGURA 4. 17 - VISTA SUPERIOR DA TRANSMISSÃO PARA OS DOSADORES.....	72
FIGURA 4. 18 - POSIÇÃO DOS FLUTUADORES EM RELAÇÃO À ESTRUTURA.....	73
FIGURA 4. 19 - RODA DE TRAÇÃO.....	74
FIGURA 4. 20 - VISTA LATERAL DA SEMEADORA SAP-02.....	77
FIGURA 4. 21 - VISTA SUPERIOR DA SEMEADORA SAP-02.....	77
FIGURA 5. 1- ESTRUTURA PRINCIPAL DA SEMEADORA SAP-01.....	84
FIGURA 5. 2 - SISTEMA DE REGULAGEM DA PROFUNDIDADE.....	84
FIGURA 5. 3 - MONTAGEM DA ESTRUTURA PRINCIPAL COM O SISTEMA DE REGULAGEM DA PROFUNDIDADE.....	86
FIGURA 5. 4 - PEÇAS DOS ACOPLAMENTOS DO CONTROLE DE TRAÇÃO.....	86
FIGURA 5. 5 - CONSTRUÇÃO DAS RODAS TRATORAS.....	87
FIGURA 5. 6 - REAPROVEITAMENTO DOS FLUTUADORES.....	87
FIGURA 5. 7 - VISTA GERAL DA SEMEADORA SAP-02.....	88
FIGURA 6. 1 - SISTEMA DE ALAVANCAS PARA O DESENGATE DOS ACOPLAMENTOS.....	91
FIGURA 6. 2 - MODELO DAS FORÇAS ENVOLVIDAS NOS DENTES DO ACOPLAMENTO.....	92
FIGURA 6. 3 - GRÁFICO PARA A ESCOLHA DO ÂNGULO DE ABERTURA DOS DENTES DO ACOPLAMENTO.....	93
FIGURA 6. 4 - ESQUEMA DA ALTERAÇÃO NO SISTEMA DE ACIONAMENTO DOS ACOPLAMENTOS PARA DIMINUIR A FORÇA DE DESENGATE.....	94
FIGURA 6. 5 - TRAJETÓRIA DO PROTÓTIPO SAP-02 MARCADA NA TERRA - I.....	97
FIGURA 6. 6 - TRAJETÓRIA DO PROTÓTIPO SAP-02 MARCADA NA TERRA - II.....	98
FIGURA 6. 7 - VISTA DA QUADRA ONDE FORAM REALIZADOS OS TESTES COM A SEMEADORA SAP-02.....	99
FIGURA 6. 8 - VISTA DA MÁQUINA EM DESLOCAMENTO NO INTERIOR DA QUADRA.....	100
FIGURA 6. 9- VISTA DA FORMAÇÃO DE SULCOS PELOS FLUTUADORES.....	101
FIGURA 6. 10 - VISTA DA INCLINAÇÃO DOS FLUTUADORES.....	102
FIGURA 6. 11 - ASPECTOS DO ACÚMULO DE LAMA.....	105
FIGURA 6. 12 - VISTA FRONTAL DA SEMEADORA SAP-02.....	108
FIGURA 7. 1- NOVO DIAGRAMA DE FORÇAS PARA A SELEÇÃO DOS ROLAMENTOS.....	111
FIGURA 7. 2 - SUGESTÃO PARA O AUMENTO DO DIÂMETRO DE CONTATO ENTRE AS RANHURAS.....	112

FIGURA 7. 3 - ESQUEMA DE SOLUÇÃO PARA A TRANSMISSÃO COM O FECHAMENTO DO BRAÇO DAS RODAS - I.	113
FIGURA 7. 4 - ESQUEMA DE SOLUÇÃO PARA A TRANSMISSÃO COM O FECHAMENTO DO BRAÇO DAS RODAS - II.	114
FIGURA 7. 5 - VISTA I DO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS NA QUADRA SEMEADA COM A SEMEADORA SAP-02.	117
FIGURA 7. 6 - VISTA II DO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS NA QUADRA SEMEADA COM A SEMEADORA SAP-02.	118
FIGURA 7. 7 - VISTA III DO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS NA QUADRA SEMEADA COM A SEMEADORA SAP-02.	119

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. 1- DADOS SOBRE CAPINA EM LAVOURAS DE ARROZ POR TRANSPLANTE E POR SEMEADURA DIRETA EM HOMENS-HORA E CUSTOS DE PRODUÇÃO [18].....	5
TABELA 1. 2 - COMPARAÇÃO DAS PERFORMANCES DE PRODUTIVIDADE DA CULTIVAR CR 42-38 SOB CONDIÇÕES DE TRANSPLANTE E SEMEADURA DIRETA [18].....	5
TABELA 3. 1- NECESSIDADE DOS CONSUMIDORES.....	32
TABELA 3. 2 - CLASSIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS CONSUMIDORES.....	35
TABELA 3.3 - ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTO	36
TABELA 3. 4 - LEVANTAMENTO DAS FUNÇÕES DOS COMPONENTES DA SAP-01.....	38
TABELA 3. 5 - CLASSIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES DA SAP-01.....	43
TABELA 3. 6 - DESEMPENHO DAS FUNÇÕES DA SAP-01.....	45
TABELA 3. 7 - COMBINAÇÕES GERADAS A PARTIR DA MATRIZ MORFOLÓGICA.....	47
TABELA 3. 8 - AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS / NECESSIDADES DOS CONSUMIDORES.....	49
TABELA 3. 9 - AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS / FUNÇÕES DE SUPORTE	50
TABELA 4. 1- RELAÇÕES DE TRANSMISSÃO DA SEMEADORA SAP-02.....	59
TABELA 6. 1- INSPEÇÃO FINAL DA SEMEADORA SAP-02.....	108

RESUMO

O Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, através do Laboratório de Projeto, seguindo sua linha de desenvolvimento de equipamentos para pequenas propriedades rurais, construiu o primeiro protótipo da Semeadora de Arroz Pré-germinado, SAP-01. Devido ao potencial apresentado por este equipamento, surgiu a motivação para a realização de seu reprojeto, o qual é objeto de estudo da presente dissertação de mestrado.

Primeiramente, este trabalho realiza uma análise do protótipo SAP-01, observando a metodologia utilizada para projetá-lo, suas especificações de projeto e características construtivas. A seguir, são determinadas as necessidades dos consumidores em relação a nova máquina. Através de técnicas como QFD (Quality Function Deployment) e análise funcional, são determinadas funções a serem reprojetaadas. Após, com o auxílio do método da matriz morfológica, são geradas alternativas de solução para estas funções, culminando na escolha de uma solução conceitual. São descritos, ainda, o projeto preliminar, o detalhamento e a fabricação do novo protótipo da semeadora SAP-02. Finalmente, são apresentados os resultados dos testes e sugestões para melhorias no novo equipamento.

ABSTRACT

The Design Laboratory of the Mechanical Engineering Department at the Federal University of Santa Catarina, built the first prototype of a Pre-germinated Rice Seeder - SAP-01. Due to its potential, appeared the motivation to redesign this machine, which is the issue of the present dissertation.

Firstly, this work analyses the SAP-01 prototype, looking for the methodology applied to its design, for the design specifications and its constructive characteristics. Then, the consumers requirements for this equipment are determined. The functions to be redesigned are defined using techniques like QFD (Quality Function Deployment) and Functional Analysis. Subsequently, solution alternatives for this functions are generated with the help of the morphological chart, culminating in the choice of a conceptual solution. The preliminary design, the detailed design and de manufacturing process of the new prototype SAP-02, are described too. Finally, are presented the tests results and improvement suggestions for the new equipment.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Arroz - uma visão geral

O arroz detém uma posição destacada em relação à produção mundial de alimentos. Sem dúvida, este cereal constitui a base alimentar de vários países, independentemente da camada social, sendo que nos países de terceiro mundo, é de grande importância para a população das classes mais desfavorecidas.

A produção mundial de arroz, em 1992, foi de aproximadamente 520 milhões de toneladas [13]. "Mais de 90% do arroz de todo mundo é produzido e consumido nos países em desenvolvimento" [7].

Segundo previsões em relação ao mercado de arroz para o ano 2000 [3], a não ser alguns países asiáticos, que aumentarão sua produção a ponto de tornarem-se exportadores, na maioria das demais regiões, a demanda continuará superando as produções nacionais. Ainda segundo estas previsões, além do aumento do consumo mundial, pelo crescimento demográfico, ocorrerá um pequeno aumento do consumo percapta, passando de 57,5 kg em 1993, para cerca de 58,6 kg até o ano 2000.

No Brasil, a produção de arroz é de aproximadamente 1,9% da produção mundial, ou seja, 9.773.800 toneladas na safra de 90/91 [13]. Contudo, esta quantia representa cerca de 90% do consumo interno, sendo os outros 10% obtidos através de importações. Em contrapartida, são projetados menores índices de importações, como resultado de um suprimento mais ajustado em função do MERCOSUL.

Em 1992, por volta de 42% da produção nacional, foi de arroz de sequeiro e 58% de arroz irrigado. O arroz de sequeiro se caracteriza por ocupar maior área, cerca de 70% da área produtora de arroz no Brasil, com menor produtividade, sendo cultivado nas regiões centro-oeste, norte e nordeste. O arroz irrigado é produzido nas regiões sul e sudeste com resultados, em termos de rendimento, muito mais expressivos.

Em relação aos custos, “enquanto o arroz de sequeiro requer uma produtividade de 40 sacos de 60 kg/ha para cobrir os custos de produção, o arroz irrigado requer uma produtividade de 100 sacos de 50 kg/ha, em média.” [13]. Estes custos a mais no cultivo irrigado, são relacionados, principalmente, à preparação do solo e à irrigação. Apesar disso, com o arroz irrigado, pode-se obter um maior retorno financeiro devido ao elevado potencial produtivo das cultivares.

A produção nacional de arroz irrigado apresenta um aumento gradual de aproximadamente 3% ao ano na produtividade, o qual é da mesma ordem na taxa de aumento do consumo.

Os maiores estados produtores de arroz irrigado são o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis, em 1993, por 73% e 10%, respectivamente, da produção nacional, seguidos por Tocantins e Minas Gerais, com 3% cada um [13]. A adoção do cultivo irrigado nestas regiões se deve às condições climáticas e de relevo favoráveis que estas apresentam.

Em 1995, a produção de arroz irrigado de Santa Catarina, apesar do excesso de chuvas e da estiagem ocorridos neste período, ficou em torno de 609.500 t, representando, juntamente com o arroz de sequeiro, 6,3% da produção nacional. O arroz irrigado representa 93% da produção de arroz do estado. Em termos de área cultivada, esta foi de 3,5% da área nacional, comprovando, quando comparada à quantidade produzida, a maior produtividade dos sistemas irrigados [12].

“O método de plantio predominante no estado de SC é a semeadura em solo inundado com sementes pré-germinadas” [8].

O arroz irrigado em Santa Catarina caracteriza-se como uma cultura típica de pequena propriedade rural, com utilização de mão-de-obra familiar. A área média cultivada em cada propriedade é de aproximadamente 7,5 há [8]. A produtividade média é de 5,5 t/ha, devido a uma baixa adoção da tecnologia disponível por parte dos agricultores em geral. Isto fica claramente demonstrado quando se observa o potencial de produtividade do sistema pré-germinado, que é de 8,0 t/ha, chegando por vezes a 12 t/ha.

O zoneamento climático para Santa Catarina, figura 1.1, elaborado pela antiga EMPASC, recomenda que, em função da disponibilidade térmica, o período

mais adequado para o cultivo de arroz irrigado no estado é o período de outubro a março.

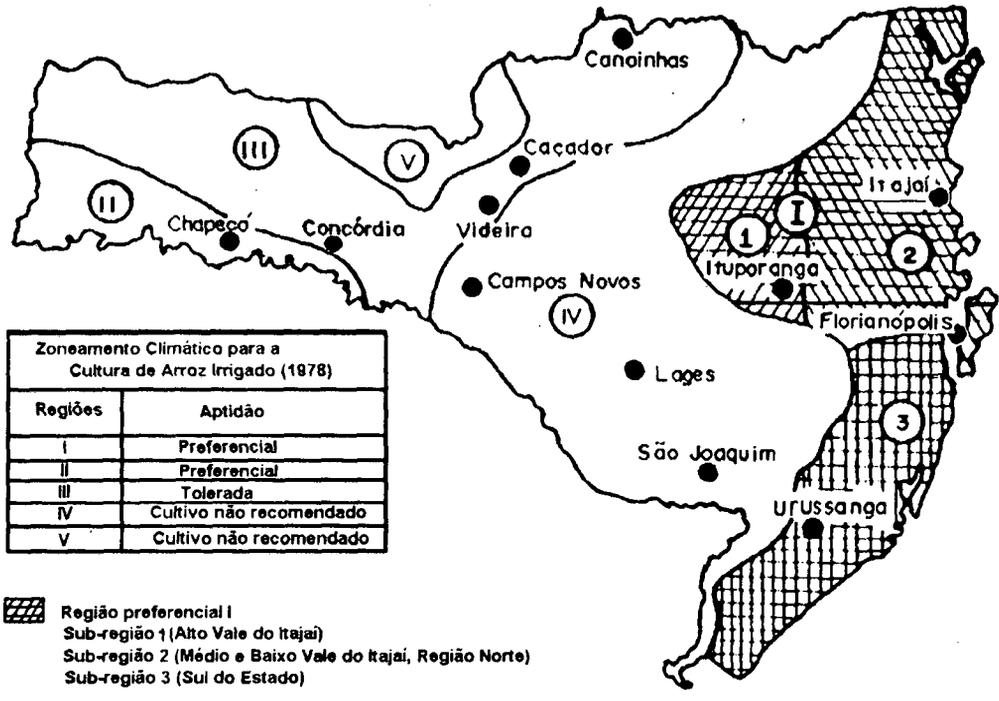


Figura 1. 1- Zoneamento climático do estado de Santa Catarina para a produção de arroz irrigado [8].

Uma grande opção nos últimos anos para os agricultores de Santa Catarina, é o cultivo de arroz para produção de sementes. Isso ocorre porque o valor de mercado do arroz para semente é de aproximadamente o dobro do valor do arroz para consumo. Assim, há um maior lucro para o produtor por área plantada, tendo em vista que a área disponível no estado é geralmente bem menor que em outras regiões. Por outro lado, tal prática exige um grande controle da produção, através das práticas de cultivo, no sentido de prevenir a contaminação das quadras com as plantas daninhas, principalmente arroz vermelho, pois, para a comercialização do produto, deve-se atender as normas estabelecidas pela Comissão Estadual de Sementes e Mudas - CESM/SC. Neste aspecto em particular, a facilidade de controle de algumas plantas daninhas, especialmente arroz vermelho e misturas varietais, proporcionada pela mecanização da semeadura em linhas, é de extrema importância na obtenção de sementes com alta qualidade.

Aspectos do plantio

Vários sistemas são utilizados para o cultivo de arroz. Entre estes sistemas, pode-se destacar a semeadura a lanço em solo seco, a semeadura a lanço em solo inundado, a semeadura em linhas em solo seco, a semeadura em linhas em solo inundado e o transplante de mudas.

A semeadura a lanço pode ser mecanizada, sendo, contudo, bem mais utilizada a semeadura manual a lanço, onde o semeador lança as sementes diretamente no solo. Já para a semeadura em linhas, normalmente emprega-se algum tipo de mecanização. No transplante de mudas, pode ser usado tanto o transplante manual, quanto o mecanizado, sendo que o custo das máquinas para este tipo de plantio é normalmente mais elevado que o das máquinas para a semeadura.

O sistema utilizado na grande maioria da área em Santa Catarina, principalmente para a semeadura em solo preparado sob inundação,   a semeadura de sementes pré-germinadas. Neste sistema, as sementes previamente germinadas são lançadas em quadros nivelados e totalmente inundados.

O sistema pr -germinado consiste na hidrata o das sementes pela imersão em água por 24 a 36 horas e na posterior incubac o   sombra por igual período [8, 9]. Este sistema apresenta diversas vantagens, tais como: controle mais eficaz de plantas daninhas como arroz vermelho, arroz preto e capim-arroz; menor necessidade de herbicidas; redu o dos trabalhos culturais como, por exemplo, a capina e utiliza o contínua das áreas.

O Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz (IRRI) [18], realizou um experimento, no qual faz um estudo comparativo entre as várias formas de semeadura do arroz, utilizando sementes pré-germinadas, e o transplante de mudas. Como pode ser observado nas Tabelas 1.1 e 1.2, a semeadura em linhas em solo inundado de sementes pré-germinadas apresentou o menor custo de capina e a maior produtividade.

Tabela 1. 1 - Dados de gastos e de homens-hora envolvidos na capina de lavoura de arroz transplantada e com semeadura direta [18].

Nº	Sistemas de Cultivo	Número médio da população de plantas daninhas/m ²		Homens-hora envolvidos na capina / ha		Total	Custo/ hectare capinado Rs
		Antes da utilização de capinadora*	Depois da utilização de capinadora	Com utilização de capina mecânica	Com utilização de capina manual		
1	Transplante	107	48	108	340	448	115,25
2	semeadas em linhas em solo inundado	104	28	102	254	356	92,25
3	semeadas a lanço em solo inundado	109	-	-	1250	1250	312,50
4	Sementes pré-germinadas semeadas a lanço em solo seco cobertas com solo e irrigado	72	-	-	1050	1050	262,5
5	semeadas em covas em solo seco e irrigado	80	46	100	380	480	123
6	semeadas em linhas em solo seco	95	50	104	388	492	126,25

* Uma enxada manual de roda foi usada como capinadora.

- No caso do transplante, foi usada capinadora ou capina manual três semanas depois deste, já no caso da semeadura direta, a capina foi feita três semanas depois da emergência da muda de arroz.

Fonte: Pradhan (1970).

Tabela 1. 2 - Comparação dos desempenhos da produtividade da cultivar CR 42-38 sob condições de transplante e diferentes tipos de semeadura com sementes pré-germinadas [18].

Nº	Sistemas de cultivo	Popul. inicial de mudas (antes do perfilhamento) nº mud./m ²	Nº de plantas perfilhadas com panículas / m ²	Nº de plantas perfilhadas com perfilhos estéreis/m ²	Percent. plantas com perfilhos sem panículas/m ²	Média do número de grãos p/ panícula	Peso de 1000 grãos	Produtividade (kg / há)
1	Transplante	84	513	13	2,5	102	21,5	5.642
2	semeadas em linhas em solo inundado	149	654	21	3,1	133	22,5	6.808
3	semeadas a lanço em solo inundado	313	772	34	4,2	116	20,5	5.712
4	Sementes pré-germinadas semeadas a lanço em solo seco cobertas com solo e irrigado	285	632	38	5,6	119	22,0	5.990
5	semeadas em covas em solo seco e irrigado	113	641	21	3,1	119	21,0	6.245
6	semeadas em linhas em solo seco, cobertas e irrigadas	88	654	19	2,8	116	21,5	6.500

Fonte: Pradhan (1970).

Dentre as conclusões alcançadas a partir dos resultados obtidos no experimento, destacaram-se as seguintes:

- a utilização do sistema de semeadura em solo inundado, apesar de exigir gastos com o preparo do solo e a manutenção de um filme de água de profundidade adequada, se mostrou uma prática razoável e econômica no sentido de evitar um maior dispêndio e consumo de trabalho com a remoção de plantas daninhas;

- o preparo do solo sob inundação, anterior   semeadura, elimina quase que completamente a ocorrência de plantas de germina o espontânea. Isto ocorre porque as sementes destas plantas indesejadas são enterradas em grande profundidade na lama, reduzindo as chances de que sua germina o e emergência ocorra ao mesmo tempo que a das sementes pré-germinadas e

- em áreas inundadas, a ado o da semeadura de arroz pré-germinado em linhas possibilitará aos agricultores utilizarem maior área com variedades de alta produtividade e economizarem no custo de cultivo. "O sucesso deste sistema depende, principalmente, da ado o de equipamentos melhorados, operados manualmente e projetados para reduzir os custos de produ o e utilizar mais eficientemente a força de trabalho do homem" [18].

De uma forma geral, o plantio mecanizado por transplante   considerado o método mais adequado, devido a sua maior certeza de bom resultado independentemente de um maior cuidado nas práticas de cultivo. Porém, como pode-se notar nas Tabelas apresentadas, com a utiliza o de sementes pré-germinadas, pode-se alcançar resultados até melhores, se forem tomadas certas providências no cultivo. Uma destas providências, consiste no plantio mecanizado obedecendo as devidas grandezas em termos de espaçamento entre linhas, quantidade de sementes e profundidade de deposi o. A grande diferença entre a mecaniza o para o transplante de mudas e para a semeadura em linhas,   que esta última pode ser alcançada a um custo muito menor, estando mais de acordo com o perfil dos produtores do estado de Santa Catarina.

Colocação do problema

Em 1990, no Laboratório de Projeto do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (LP/UFSC), desenvolveu-se o protótipo de uma Semeadora em Linhas de Arroz Pré-germinado para Solo Inundado [5].

A opção pelo desenvolvimento desta máquina, se deu pela percepção da lacuna existente no mercado, a qual se apresentava de grande importância no contexto do cultivo de arroz no estado de Santa Catarina.

Ao final do trabalho, foi obtida uma máquina com grande potencial de utilização no mercado local. Contudo, apesar dos inúmeros motivos de otimismo, esta máquina apresentou aspectos que precisavam ser melhorados, como era de se esperar, levando-se em consideração sua complexidade. Dentre tais aspectos, pode-se destacar os relacionados ao deslocamento tanto dentro como fora da quadra, à rigidez e à quantidade de componentes.

No período posterior ao desenvolvimento deste protótipo, isto é, de 1990 para cá, pôde-se constatar uma expansão do sistema pré-germinado em solo irrigado para outros estados além de Santa Catarina. Esta tendência é percebida a partir de uma série de debates e eventos realizados, principalmente no Rio Grande do Sul, para promover este sistema [2, 6, 14, 16, 22]. Além disso, é prevista, por analistas da EPAGRI, a opção por parte dos produtores do estado, pela produção de arroz para semente, como resultado das vantagens econômicas diante da situação do mercado, já comentadas no início deste capítulo.

Levando-se em consideração a lacuna ainda existente na mecanização da semeadura de arroz pré-germinado em solo inundado e o grande potencial apresentado pelo primeiro protótipo, além da real necessidade constatada, o presente trabalho se propõe a reprojeter o equipamento inicialmente desenvolvido, buscando corrigir os aspectos falhos apresentados por este, adequando-o às exigências do mercado atual.

Para realizar este trabalho, inicialmente será analisada a primeira versão da semeadora, descrevendo seu funcionamento e comentando o desempenho apresentado pelos vários subconjuntos integrantes da máquina.

A seguir, serão levantadas as necessidades dos consumidores através de pesquisas com pessoas envolvidas com o cultivo do arroz e/ou com o projeto da primeira semeadora. Após, com o auxílio de técnicas como QFD e análise funcional, serão detectadas as funções com baixo desempenho nesta primeira versão. É importante ressaltar que tais ferramentas não foram utilizadas por ocasião do desenvolvimento do primeiro protótipo. Ainda nesta etapa, são geradas alternativas de solução para as funções selecionadas, culminando na escolha de uma solução conceitual.

A partir deste ponto, a solução escolhida é desenvolvida de forma preliminar, buscando definir aspectos como forças envolvidas, relações de transmissão e estruturação.

Logo após, são descritos o detalhamento e a fabricação do novo protótipo da semeadora SAP-02. Os resultados dos testes são apresentados, então, fazendo-se uma comparação entre os protótipos SAP-01 e SAP-02.

Para finalizar, como forma de avaliação final da máquina, são inspecionadas especificações de projeto geradas a partir da casa da qualidade. Além disso, são dadas sugestões para melhorias no novo equipamento, e para estudos futuros.

CAPÍTULO II

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO PRIMEIRO PROTÓTIPO DA SEMEADORA DE ARROZ PRÉ-GERMINADO (SAP-01)

2.1 Introdução

O presente capítulo descreve e avalia o protótipo SAP-01 [5], de maneira a obter o conhecimento necessário ao melhor aproveitamento dos seus aspectos positivos e estabelecer pontos de mudanças para recuperar suas deficiências.

Assim, primeiramente será descrita a metodologia utilizada no desenvolvimento deste protótipo e, a seguir, serão apresentados os pontos mais importantes do referido trabalho, em relação a equipamentos levantados, parâmetros estabelecidos e ao desempenho da máquina.

2.2 Metodologia utilizada no projeto da SAP-01

O protótipo SAP-01 foi desenvolvido com base numa metodologia utilizada no LP/UFSC, que divide o processo de projeto nas seguintes fases: obtenção de informações gerais; estudo da viabilidade ou projeto conceitual; projeto preliminar; projeto detalhado; construção e testes do protótipo. Este processo é o que ilustra a figura 2.1.

Na fase de obtenção de informações gerais, foi realizado um levantamento do estado da arte, o qual apresenta uma descrição dos vários sistemas de plantio mecanizado, juntamente com exemplos de máquinas e mecanismos utilizados para cada um dos sistemas. Como resultado deste estudo, foram determinados os subsistemas a serem utilizados numa semeadora de arroz. Em seguida, foram levantados os vários parâmetros relacionados ao projeto em questão e, como resultado destes estudos, foram determinados os requisitos de projeto.

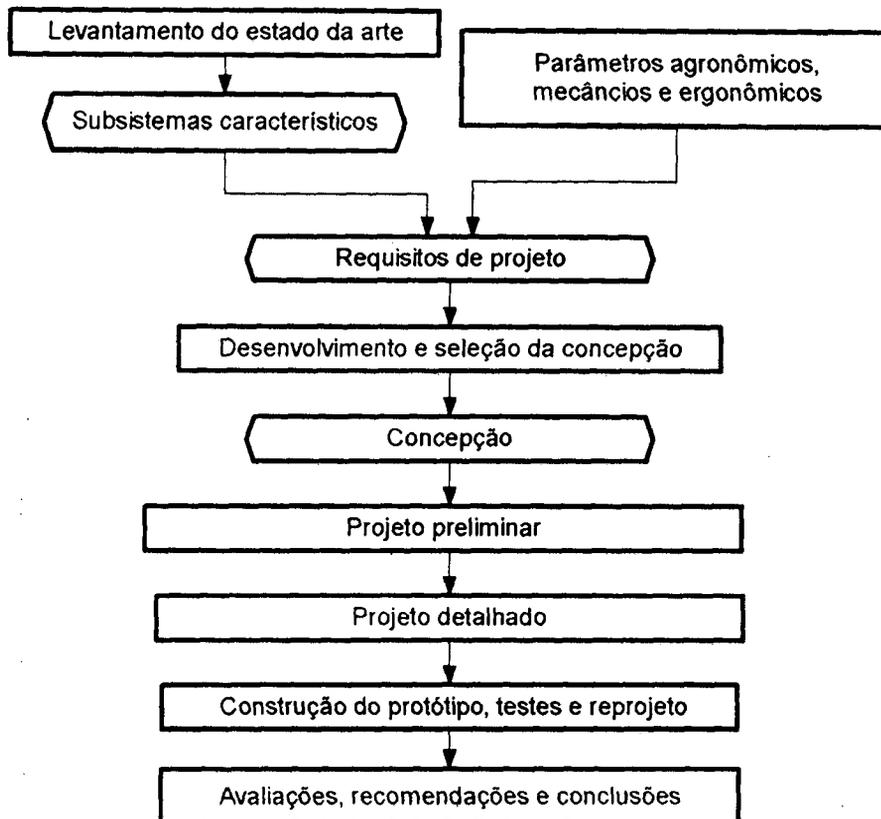


Figura 2. 1- Fluxograma da metodologia utilizada para o desenvolvimento do primeiro protótipo.

A fase seguinte - projeto conceitual - buscou o desenvolvimento e a seleção de uma concepção para o equipamento. Esta etapa caracterizou-se por um desenvolvimento individual e seqüencial, isto é, para cada subsistema foram levantados alternativas e problemas, resultando numa decisão que seria levada em consideração no desenvolvimento e avaliação do próximo subsistema. Por exemplo, o primeiro aspecto a ser estudado foi a posição do operador em relação à máquina. Ao definir-se a posição traseira de operação do implemento, esta passou a influenciar no espaçamento entre linhas de plantio, de forma a preservar uma certa distância entre as linhas centrais para que o operador pudesse caminhar entre elas. Esta definição, por sua vez, além das concepções anteriormente observadas no levantamento do estado da arte, influenciou na determinação da forma e número de flutuadores integrantes do sistema de sustentação. No final desta etapa, obteve-se como resultado uma concepção.

A partir da concepção proposta, na fase de projeto preliminar, foram então especificados parâmetros mais detalhados relacionados aos componentes e subsistemas definidos. Por exemplo, em relação ao deslocamento do equipamento,

foram definidos o diâmetro da roda tratora, a rotação, a velocidade de trânsito, potência necessária, motor e sistema de transmissão.

Na fase de projeto detalhado, foram especificadas as dimensões finais de todos os componentes do equipamento, além de estabelecer uma padronização nas codificações utilizadas nos desenhos e apresentar uma descrição simplificada dos desenhos de conjunto.

A seguir, foi apresentada a construção do protótipo através de várias ilustrações, esclarecendo pontos importantes no seu desenvolvimento.

A próxima fase desenvolvida foi a de testes. Além dos testes realizados na fase de informações gerais para a determinação das características mecânicas do solo, foram feitos testes padronizados de laboratório para o conjunto de dosagem e para o desempenho global do protótipo. Após uma primeira etapa de testes de campo, foi feito um pequeno reprojeto buscando recuperar aspectos falhos percebidos. Finalmente, foi realizada uma segunda etapa de testes de campo com o protótipo modificado.

No final da referida dissertação, o protótipo foi avaliado, comparando-se os requisitos de projeto com os resultados obtidos. A partir desta avaliação foram elaboradas recomendações para o melhoramento do protótipo e para estudos futuros.

Embora o projeto inicial tenha seguido os diversos passos mencionados anteriormente, não foram utilizadas ferramentas como QFD, para a determinação dos requisitos de projeto, ou matriz morfológica, para a geração de alternativas de solução, entre outras. Isto poderia ter contribuído para identificar e solucionar alguns dos problemas apresentados pelo protótipo que foram detectados somente após a realização dos teste de campo.

Assim sendo, tem-se por objetivo, no presente trabalho, a reavaliação e recuperação de aspectos, que comprometeram o desempenho técnico do protótipo SAP-01, utilizando-se as ferramentas disponíveis, voltadas para este problema específico.

2.3 Aspectos importantes relacionados à SAP-01

No levantamento dos sistemas de cultivo realizado por Cziulik [5], que estende-se a várias modalidades de cultivo do arroz, da semeadura a lanço em solo seco à semeadura em linhas em solo inundado, foram observados aspectos que serviram de base no desenvolvimento da semeadora SAP-01. Como conclusão deste levantamento, estabeleceram-se os subconjuntos a serem utilizados por uma semeadora de arroz. De uma forma geral, as máquinas autopropelidas para a semeadura de arroz em solo inundado, apresentam os seguintes subsistemas: sustentação, dosagem, transmissão, tração, direcionamento, marcação de linhas e motriz, além da própria estrutura do equipamento.

Após a determinação dos subconjuntos da semeadora, foram apresentados os parâmetros relacionados ao problema em questão, divididos em três grupos: parâmetros agronômicos, parâmetros mecânicos e parâmetros ergonômicos.

Os parâmetros agronômicos constituíram-se de informações sobre o tipo e preparo de solo, sendo realizados dois ensaios para levantar as características mecânicas do solo nas regiões de plantio. Da mesma forma, tamanho do terreno, características das sementes, densidade e distribuição de semeadura e espaçamento entre linhas, foram determinados neste levantamento.

Os parâmetros mecânicos levantados relacionaram-se ao peso da máquina, à unidade motora, às regulagens e comandos e ao conjunto de dosagem.

Finalmente, como parâmetros ergonômicos, foram salientados a velocidade de trânsito, posicionamento dos centros de gravidade, controle de vibrações, ajustes às características do operador e aspectos relativos à visão.

Como resultado dos levantamentos realizados nesta etapa, foram listados os requisitos de projeto, os quais serão reavaliados no desenvolvimento atual. Estes requisitos foram os seguintes:

- permitir a semeadura em solo preparado sob inundação;
- depositar a semente em profundidade uniforme, variável de 10 a 20 mm;
- permitir uma densidade de semeadura de 400 sementes/m²;

- permitir semeadura em linhas e em espaçamentos reguláveis de 0,15 m, 0,20 m, 0,25 m e 0,30 m;
- não danificar a radícula e o coleóptilo das sementes pré-germinadas;
- ser auto propelida;
- apresentar peso, quando carregada, não superior a 800 N;
- ser de fácil manutenção;
- apresentar facilidade de transporte;
- conter pequeno número de peças móveis;
- apresentar boas características de robustez e resistência;
- apresentar facilidade nas regulagens e ajustes;
- conter dispositivos de controle de tração e de queda de sementes;
- garantir eficiência dos comandos;
- no conjunto de dosagem, observar: capacidade volumétrica, forma, tipo de rotor, elemento raspador e condutor de sementes;
- apresentar velocidade média de trânsito de 2400 m/h;
- observar o posicionamento do centro de gravidade;
- absorver adequadamente as vibrações;
- permitir ajuste dos comandos e controles às características do operador;
- considerar o uso de indicadores, escalas e cores e
- apresentar baixo custo.

2.4 O protótipo SAP-01

A partir dos requisitos estipulados e em decorrência do desenvolvimento das etapas seguintes no processo de projeto, chegou-se ao primeiro protótipo da semeadora de arroz pré-germinado SAP-01. As figuras 2.2 e 2.3 apresentam esta concepção, alvo do reprojeto.

Os subconjuntos que compõe este equipamento, representados por seus principais componentes nestas figuras, são: dosagem (1), sustentação (2), transmissão (3), estrutura (4), orientação ou marcação de linhas (5), tração (6), comandos (7) e motor (8).

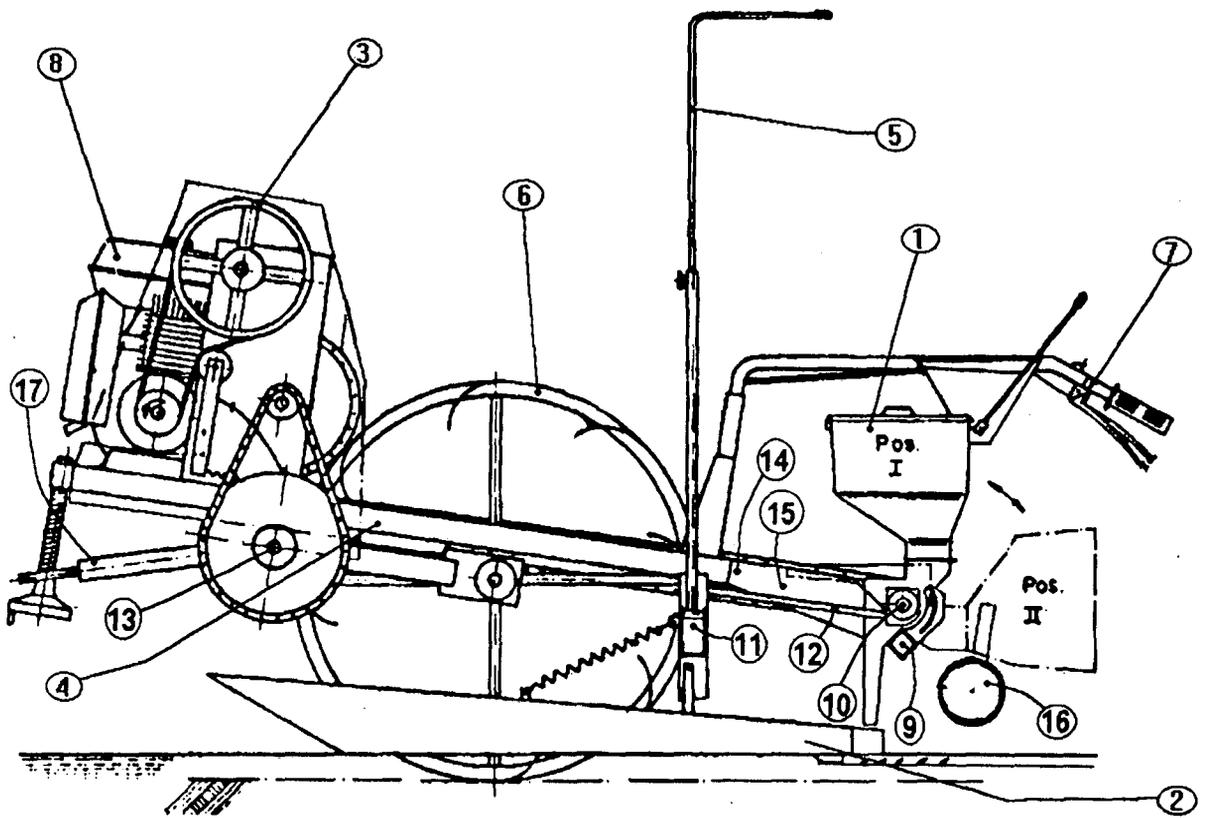


Figura 2. 2 - Vista lateral do protótipo SAP-01.

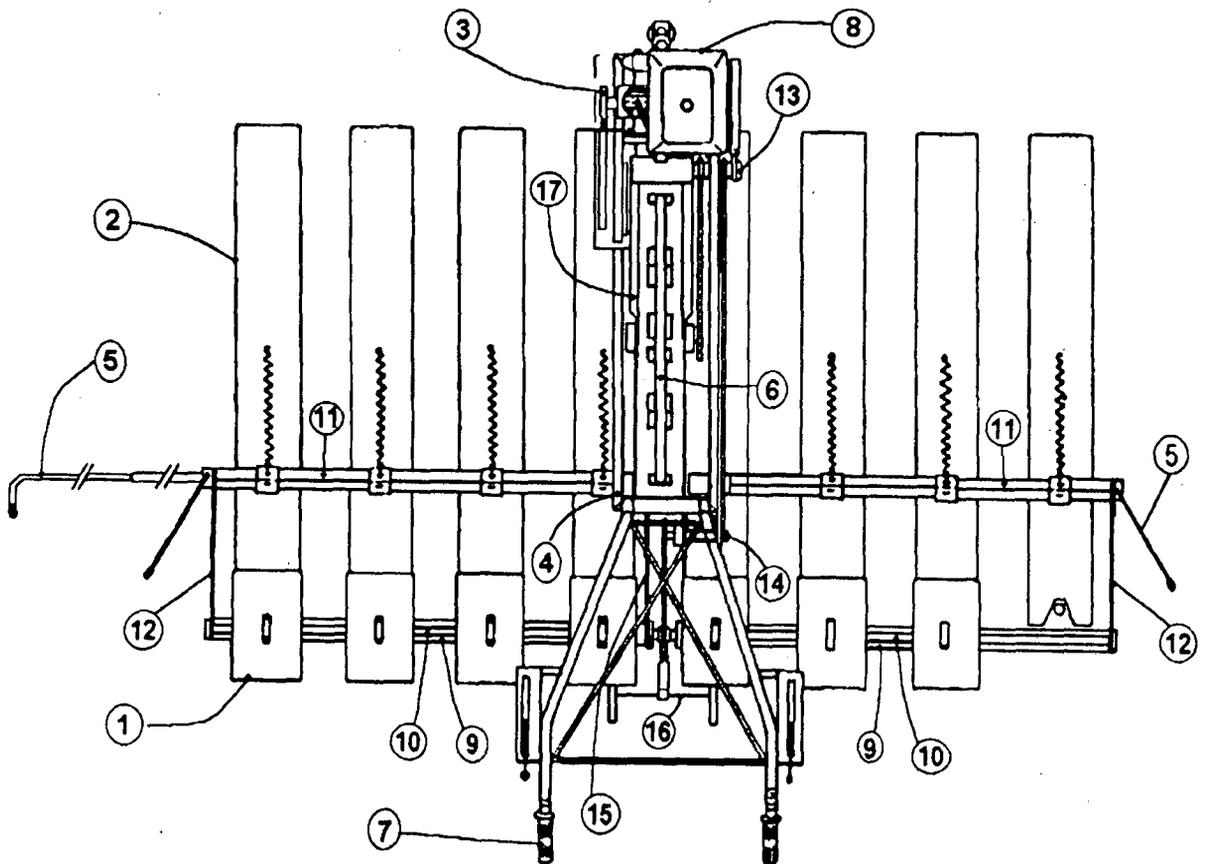


Figura 2. 3 - Vista superior do protótipo SAP-01.

Para obter uma noção do desempenho apresentado pelo protótipo, a seguir será feita uma descrição mais detalhada de cada subconjunto, esclarecendo seu funcionamento e identificando os principais problemas.

2.4.1 Subconjunto de dosagem

O subconjunto de dosagem (1) objetiva fazer o transporte, a separação e a descarga das sementes, nas quantidades e espaçamentos desejados e sem danificá-las. Este conjunto é localizado na parte posterior do equipamento, figuras 2.2 e 2.3, sendo composto por oito dosadores apoiados em uma barra de suporte (9), a qual faz parte da estrutura dos dosadores (15). Os dosadores são ligados por dois eixos (10) responsáveis pela transmissão do movimento para todos os rotores.

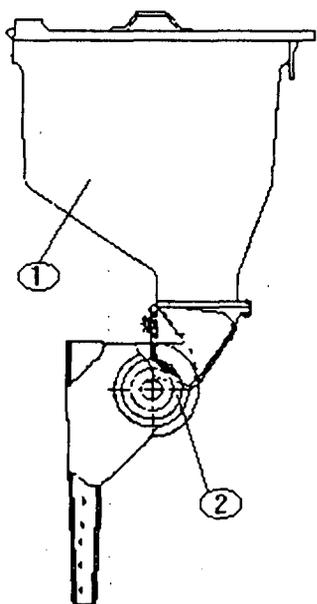


Figura 2. 4 - Vista lateral do conjunto dosador.

O reservatório de sementes (1), figura 2.4, situado sobre cada rotor (2) e apoiado na carcaça do dosador propriamente dita, tem um volume de armazenamento de 4 litros.

A figura 2.5 a) apresenta a concepção de dosagem desenvolvida para a preservação das sementes de arroz pré-germinado. Nesta concepção, as sementes (6) são conduzidas sob a ação da gravidade pelo defletor (5) e pela carcaça do dosador (7) até o rotor (8). O raspador (4) elimina o excesso de sementes alojadas nas ranhuras do rotor que as transporta quando em movimento de rotação. O rotor canelado (8) é o elemento que garante a taxa de descarga de sementes. A regulagem desta taxa de descarga é feita com o ajuste do volume de captação do eixo ranhurado pelo movimento lateral da carcaça/reservatório (7) em relação a este eixo (8). O posicionador da carcaça (9), figura 2.5 b), possibilita este ajuste ao deslocar-se sobre a barra de suporte guia, fixando a carcaça/reservatório através da porca (10). Este posicionador permite ainda colocar o subconjunto reservatório/carcaça na condição desativado, isto é, girar este conjunto em torno do rotor, facilitando desta forma a operação de

descarga de sementes, além de possibilitar a operação com um menor número de linhas. A figura 2.2 representa este giro do subconjunto de dosagem na posição II.

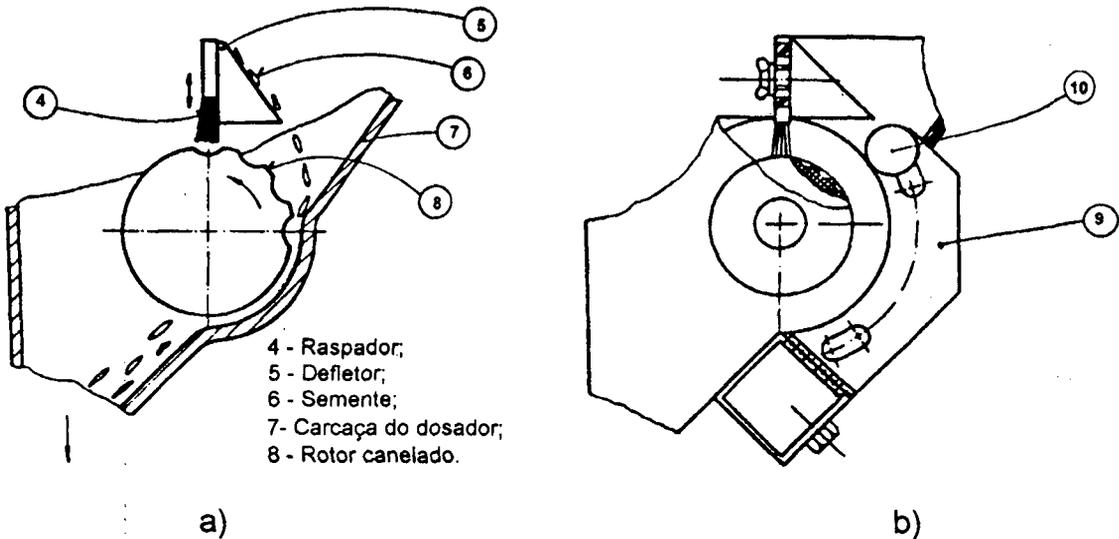


Figura 2. 5 - a) Vista da concepção do dosador; b) Vista do sistema posicionador dos dosadores.

Para o controle da transmissão de movimento para os dosadores, foi confeccionado um sistema de embreagem com transmissão por atrito, permitindo o deslocamento do equipamento sem acionar os dosadores quando do transporte para fora do local de plantio.

Foram realizados testes normalizados para a verificação do sistema de dosagem. A variação da altura de sementes no reservatório e da velocidade de captação das sementes influenciou de forma insignificante a taxa de dosagem e o número de sementes danificadas, comprovando a boa repetibilidade na dosagem de sementes deste sistema.

Nos testes de campo realizados com o protótipo, os principais problemas verificados por [5] foram:

- grande variação de distribuição de sementes devido ao deslizamento dos elementos de atrito da embreagem dos dosadores, causado basicamente por respingos de óleo da corrente e contato com a lama;
- ocorrência de pulsação, onde as sementes eram depositadas em pequenos montes, devido ao desenho das ranhuras do rotor e do mau funcionamento da embreagem e

- obstrução dos dutos de descarga de sementes com lama. No reprojeto realizado após os primeiros testes de campo, foram feitos cortes em bisel nos dutos de descarga de sementes, buscando evitar os entupimentos ocorridos. A dispersão lateral das sementes, resultante destas modificações, porém, foi considerada elevada.

Ainda para o conjunto de dosagem, foram feitas as seguintes recomendações para o melhoramento do projeto:

- reprojeto do sistema da embreagem dos dosadores, para torná-la mais confiável e de fácil acionamento;
- estudo da troca dos mancais de apoio dos eixos dos dosadores, substituindo os de escorregamento por de rolamento e
- estender os dutos de descarga até próximo do solo, utilizando dutos com perfil “U”.

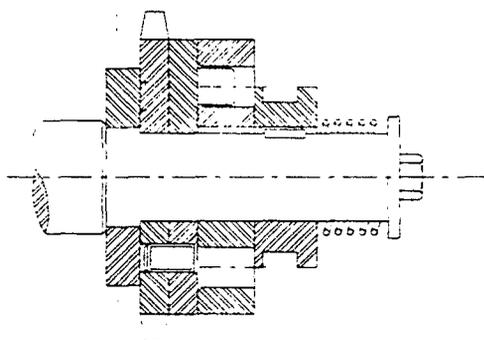


Figura 2.6 - Embreagem dos dosadores modificada (por forma).

A embreagem dos dosadores foi modificada para uma transmissão por forma (figura 2.6), substituindo-se os discos de atrito por discos de garras. Este novo sistema, que é considerado de fácil construção, não foi testado em campo.

Com intuito de obter um protótipo com o menor peso possível, trabalhou-se com resina de poliéster com reforço de fibra de vidro na construção das carcaças dos dosadores. A resistência mecânica destes componentes mostrou-se inadequada. Prova maior deste fato, é o estado no qual encontravam-se os reservatórios quando do início do reprojeto, apresentando em geral algumas fissuras na sua estrutura.

De uma forma geral, o conjunto de dosagem se caracteriza por um grande número de peças. Além disso, o grande comprimento das barras de suporte colocadas em balanço, prejudicou a rigidez do equipamento. Em relação à taxa de deposição de sementes e à adaptação aos diversos tipos de cultivar utilizados no

estado de Santa Catarina, este sistema apresentou-se a contento. A necessidade de ajuste dos espaçamentos entre os dosadores foi colocada em questão por pesquisadores da EPAGRI-Itajaí. Além disso, várias concepções apresentadas nos levantamentos de estado da arte mantêm um espaçamento fixo entre os dosadores.

2.4.2 Subconjunto de sustentação

Os flutuadores (2) situam-se na base do implemento, como apresentado nas figuras 2.2 e 2.3. Este subconjunto tem por objetivo estabilizar o equipamento, de modo que a descarga de sementes seja homogênea, além de proteger os componentes da lama, sustentando o equipamento, e preparar o solo para receber as sementes. Os flutuadores são em número de oito e estão suportados por duas barras (11) que se ligam à estrutura através de parafusos e porcas, estendendo-se em balanço, uma para cada lado da estrutura. Estas barras estão ligadas à barra de suporte dos dosadores (9), na extremidade externa, por intermédio de uma travessa (12). Além de suportar os flutuadores, as barras atuam como guias, possibilitando o deslocamento lateral dos flutuadores e, conseqüentemente, a regulagem dos espaçamentos, de modo a acompanhar a variação de espaçamentos dos dosadores.

A figura 2.7 apresenta uma vista lateral do conjunto flutuador. Os flutuadores (1) são ocos, compostos de uma tampa e um bojo confeccionados em resina de poliéster reforçada em fibra de vidro e colados entre si com a própria resina. Os flutuadores têm geometria inclinada para evitar o acúmulo de lama, na parte superior e para transpor mais facilmente obstáculos, na parte frontal. Um sulcador (2) é fixado através de parafusos na parte inferior traseira e tem por função fazer um sulco no terreno para a deposição das sementes. Ainda na parte traseira, o flutuador contém uma terminação em cauda de andorinha, isto é, prolongamentos nas partes laterais, permanecendo um espaço no interior, onde caem as sementes dos dosadores, como pode ser visto na figura 2.3, no flutuador mais à direita.

Os suportes guias dos flutuadores (3) unem-nos às barras de suporte guias e fixam-nos numa posição desejada. Estes suportes permitem um movimento de rotação dos flutuadores em torno do eixo (4) ao qual são ligados. As molas (5) proporcionam ao solo um sulcamento adequado. Além disso, mantêm o flutuador

paralelo ao solo quando este não está apoiado, como no caso do transporte fora da quadra.

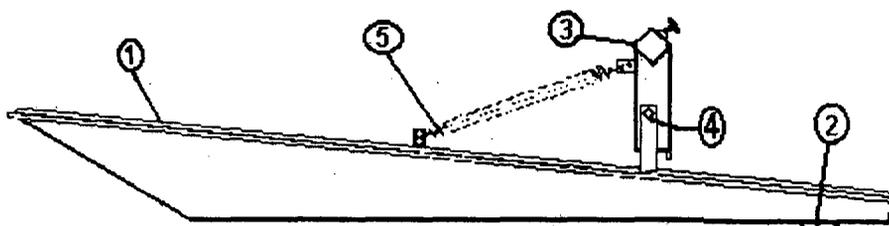


Figura 2. 7 - Vista lateral do conjunto flutuador.

No que tange aos flutuadores, os problemas percebidos nos testes de campo realizados com o protótipo, foram os seguintes:

- ocorreu deslizamento lateral dos flutuadores em manobras no fim de cada passada e
- a largura do sulcador em alguns momentos se mostrou insuficiente resultando na descarga de sementes fora do sulco.

Foram sugeridas as seguintes modificações para melhoramento do projeto:

- ampliar para 30 mm a largura dos sulcadores. (obs.: segundo técnicos da EPAGRI - Itajaí, por ocasião de entrevista realizada no presente levantamento, a largura de deposição pode ser de até 50 mm);
- ampliar a abertura, em cauda de andorinha, para evitar que o fluxo de lama mais fluida interfira na deposição das sementes e
- utilização de chapas de alumínio na confecção dos flutuadores para uma fabricação em série por conformação, conferindo maior resistência ao desgaste dos elementos e menor peso.

Pelo fato dos flutuadores apresentarem liberdade de giro independente, durante os testes ocorreu um desnivelamento entre os flutuadores, acarretando dificuldades no deslocamento. Este problema foi resolvido através da fixação de hastes de madeira, que unem os flutuadores dois a dois, impedindo a rotação relativa entre estes.

Como no caso do sistema de dosagem, repetiu-se o problema da fragilidade dos componentes devido ao uso da resina com fibra de vidro.

Em uma primeira análise, percebe-se que o sistema de fixação utilizado para os flutuadores causou dificuldades no manuseio do equipamento. Primeiramente, o fato dos flutuadores serem suportados por uma barra de comprimento significativo em balanço, causou problemas em relação à rigidez do equipamento. No transporte fora de quadra, estes problemas se tornaram evidentes. A própria fixação dos flutuadores, que permitia o seu movimento de rotação, não se justificou, além de acarretar os problemas de desnível entre os flutuadores. As molas utilizadas para manter os flutuadores alinhados quando estes estivessem suspensos se mostraram ineficientes. Além disso, o esforço realizado para permitir o ajuste dos espaçamentos entre os flutuadores, com várias peças móveis, promoveu dificuldade de fabricação e montagem.

2.4.3 Subconjunto de transmissão

O sistema de transmissão (3), figuras 2.2 e 2.3, transmite o movimento do motor (8) à roda de tração (6) e aos dosadores (1), estando distribuída ao longo de todo o equipamento. A maior parte dos componentes da transmissão está situada à frente da máquina, apoiando-se na placa de suporte da transmissão. Para a transmissão aos dosadores existe uma longa corrente que vai desde o eixo principal (13) até o eixo intermediário dos dosadores (14), na união entre a estrutura principal e a estrutura dos dosadores. A embreagem do motor é montada na própria placa de suporte da transmissão e a embreagem dos dosadores no eixo principal. O movimento é reduzido de 3000 rpm, na saída do motor, para aproximadamente 40 rpm, no eixo dos dosadores, e para 20 rpm, na roda tratora.

Na figura 2.8, a distribuição do sistema de transmissão é apresentada de forma esquemática. A polia (1) situa-se na saída do motor que aciona o implemento. A polia (3) e as rodas dentadas (5;7;9) estão fixas aos seus respectivos eixos (4;8), os quais estão presos à placa de suporte das transmissões (ver 2.4.4. subconjunto estrutural). A extremidade do eixo (12), onde está fixada a roda dentada (11), também está presa à placa suporte. Estão fixos, ainda, a esta placa, as estruturas de dois esticadores, sendo um deles integrante da embreagem dos dosadores. O eixo (12) distribui o movimento para a roda de tração e para o sistema de dosagem. O eixo intermediário (17) possibilita a transmissão no centro dos eixos dos

dosadores (21). A transmissão entre as rodas dentadas (13) e (23) permite um movimento em torno do eixo (12), possibilitando a regulação de profundidade necessária à roda de tração. A embreagem dos dosadores está montada no eixo principal (12), transmitindo o movimento à roda dentada (14).

Foram sugeridas as seguintes modificações para a melhoria do conjunto de transmissão:

- uso de um conjunto motor / redutor mais leve;
- elaboração, sob o ponto de vista estético, de um estudo para um conjunto com linhas mais harmônicas, principalmente no que diz respeito às proteções e
- modificação do posicionamento da embreagem do motor, de modo a possibilitar um fácil movimento da máquina com o motor desligado.

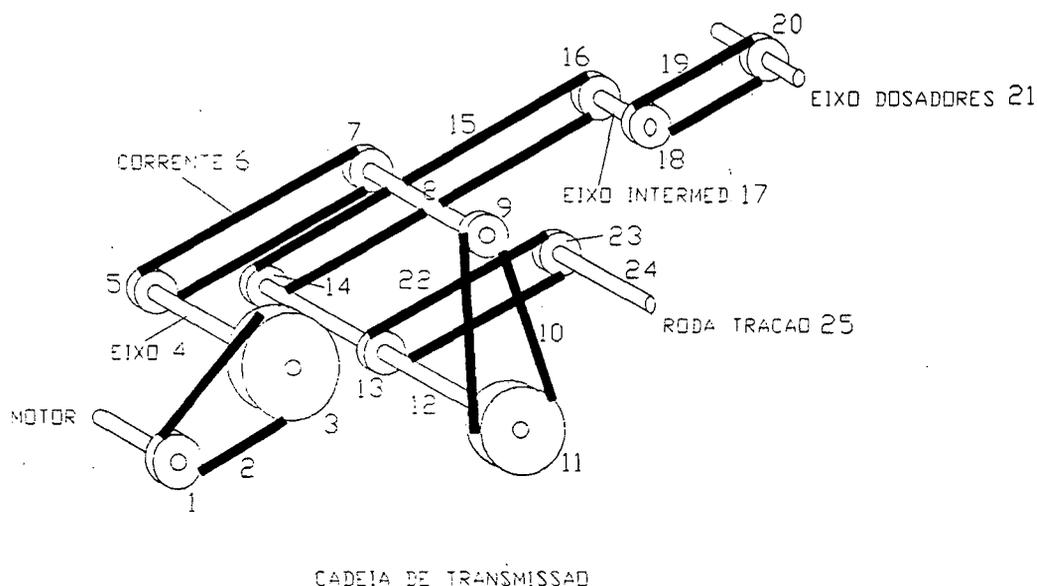


Figura 2. 8 - Representação em perspectiva do sistema de transmissão da SAP-01.

Os principais problemas detectados em relação ao sistema de transmissão, desconsiderando os problemas de funcionamento da embreagem dos dosadores, estão relacionados ao grande número de componentes, a seu peso e ao desconforto visual que este conjunto imprime ao equipamento como um todo.

2.4.4 Subconjunto estrutural

O subconjunto estrutural é responsável por sustentar e distribuir os vários subsistemas (figuras 2.2 e 2.3). Como mencionado anteriormente, estão unidas à estrutura principal (4), as barras de suporte guias dos flutuadores (11) e a estrutura dos dosadores (15), compondo o subconjunto estrutural. Este subconjunto é composto basicamente de perfis e chapas de aço ABNT 1020.

Na figura 2.9, apresenta-se o chassi (1). Sobre ele (em uma das laterais) está soldada a placa suporte da transmissão (2). Na extremidade posterior estão fixos os apoios (3) da rabiça e na extremidade anterior tem-se o posicionador de

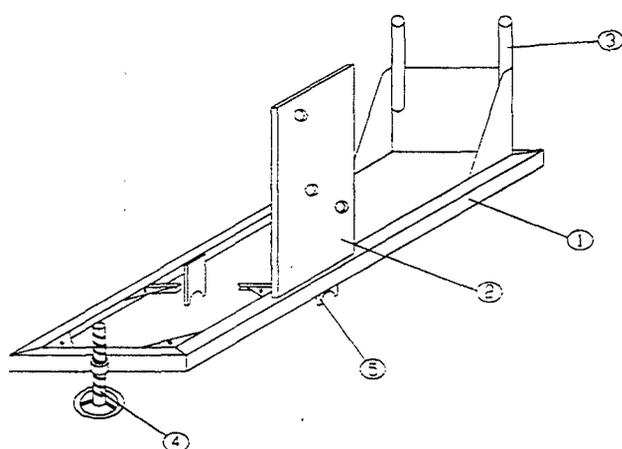


Figura 2. 9 - Vista em perspectiva da estrutura da SAP-01.

profundidade do garfo da roda (4). O eixo principal é fixado nas chapas (5) soldadas na parte inferior do chassi. As plaquetas soldadas à frente no chassi servem de base para o motor.

No conjunto estrutural, inclui-se o garfo (17), que suporta e regula a profundidade da roda de tração em relação ao chassi, conforme ilustrado nas

figuras 2.2 e 2.3. O sistema de regulagem de profundidade da roda é apresentado esquematicamente na figura 2.10. Neste esquema, o chassi (01) interage com o garfo (02) através do eixo principal (03). Para variar a inclinação do garfo em relação ao chassi, o parafuso de rosca quadrada (04) age na extremidade do garfo oposta a da roda, de forma que este gire em torno do eixo principal. O acionamento deste sistema é realizado pela parte inferior dianteira do equipamento.

Nos testes realizados com o protótipo, o ajuste de profundidade da roda mostrou-se bastante desconfortável. Após modificações feitas na máquina visando aumentar o alcance de profundidade da roda tratora, foram constatados problemas no movimento relativo entre os flutuadores e as correntes de transmissão para as rodas, as quais são apoiadas no garfo. Quando se buscava uma posição da roda

para a operação em solo mais profundo, ocorria interferência entre a corrente e um dos flutuadores centrais.

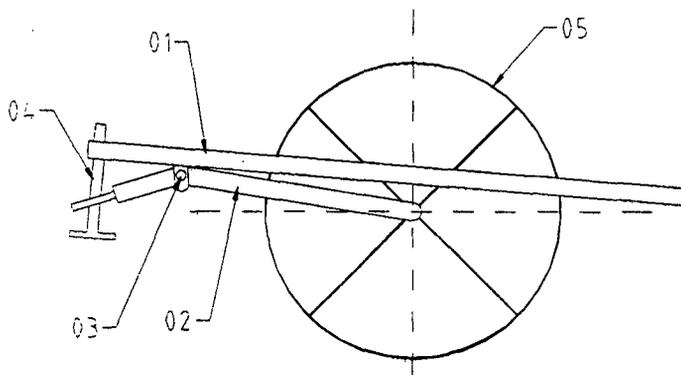


Figura 2. 10 - Representação do sistema de regulagem da profundidade da SAP-01.

Foi recomendado por Cziulik [5], o reprojeto do sistema de regulagem de profundidade, visando aumentar a amplitude do movimento do garfo para alcançar a profundidade de 300 mm. Além disso, foi sugerido também o reprojeto do sistema de acionamento deste regulador, de forma a tornar o seu manuseio mais confortável para o operador.

Buscando atender à necessidade percebida, realizou-se uma modificação no sistema de acionamento do regulador de profundidade. A figura 2.11 representa esquematicamente esta alteração. Ao invés do furo para a passagem do parafuso regulador, foi adaptado ao garfo, o manípulo (01). Com a ação do operador, a barra ligada ao manípulo é colocada em uma das reentrâncias da haste de regulagem (02), mostrada de frente na vista AA'. Esta haste de regulagem possui reentrâncias de 50 em 50 milímetros.

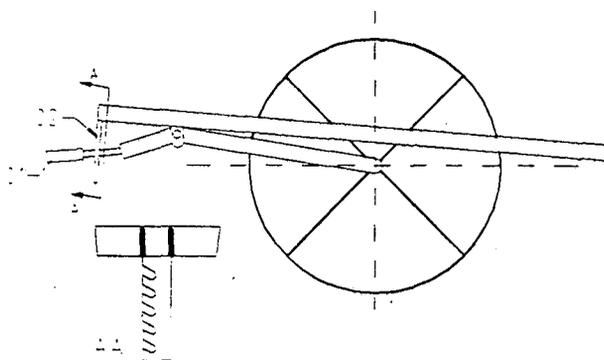


Figura 2. 11 - Sistema de regulagem modificado.

A massa total do protótipo ficou acima do esperado, não acarretando, porém, maiores dificuldades no transporte do equipamento.

Embora o sistema estrutural seja bastante robusto, o equipamento deixou muito a desejar em relação à rigidez. Com os grandes comprimentos das barras de suporte, o comportamento da máquina no transporte fora de quadra se mostrou bastante "flexível". Constata-se, numa avaliação preliminar, que a estrutura principal apresenta-se bastante estreita em relação à largura do equipamento. Além disso, ela está distribuída praticamente num mesmo plano, não proporcionando pontos de apoio suficientes para garantir a rigidez necessária.

2.4.5 Subconjunto de orientação

Os marcadores de linhas (5) estão posicionados nas extremidades das barras de suporte dos flutuadores, conforme ilustram as figuras 2.2 e 2.3. Seu objetivo básico é fazer uma marcação na quadra para que esta sirva de referência na próxima passada da máquina, possibilitando, dessa forma, uma distribuição regular das sementes. Estes marcadores são utilizados em número de dois para permitir a marcação das linhas com a alternância do sentido de deslocamento da máquina. A cada passada, apenas um marcador é utilizado.

A figura 2.12 mostra uma representação deste conjunto. O marcador de linhas está acionado quando na posição mostrada na figura, ou seja, com a haste guia (2) posicionada paralelamente ao solo. Os marcadores (4) e (5) tocam o solo e são arrastados sobre este pelo deslocamento da máquina imprimindo a marcação. A utilização destes marcadores (4) e (5) é individual; em função do espaçamento utilizado na semeadura. Isto é, para o menor espaçamento, 150 mm, é utilizado o marcador fixo (4). Nos espaçamentos restantes, 200 mm, 250 mm e 300 mm, é utilizado o marcador móvel (5), que se desloca através da haste guia (2), numa configuração telescópica. A mola (1) presa entre a haste guia (2) e o suporte (3) garante a pressão necessária para marcação no solo.

Os marcadores de linha são recolhidos no final da passada para realizar a manobra do equipamento. Para isso, cada conjunto gira em torno do suporte (3), ficando na posição vertical como indicado pela seta na figura 2.12.

Poucos problemas foram levantados a respeito deste conjunto. O que se pode notar através do protótipo, é uma dificuldade em modificar a posição dos marcadores móveis, devido à existência de lama entre estes e as hastes guias. Outra dificuldade está na indicação dos espaçamentos entre linhas, os quais foram marcados em baixo relevo por punções sobre o marcador móvel. A marcação feita torna-se difícil para visualizar devido ao acúmulo de lama sobre esta.

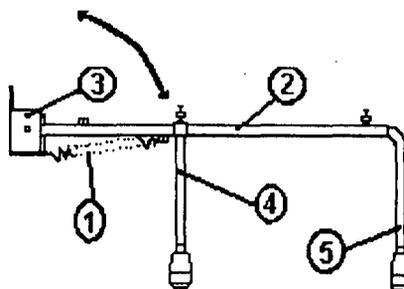


Figura 2. 12 - Marcadores de linhas da SAP-01.

2.4.6 Subconjunto de tração e rodas de apoio

O subconjunto de tração é composto, basicamente, pela roda de tração (6), que se situa na parte central do equipamento, como vê-se nas figuras 2.2 e 2.3, e é suportada pelo garfo que regula sua profundidade de penetração no solo. Esta roda tratora é composta por plaquetas soldadas em seu perímetro, as quais têm a função de evitar o escorregamento da roda no terreno enlameado.

Os principais problemas ocorridos na tração durante os testes de campo foram consequência do mau posicionamento da roda tratora na regulagem de profundidade. Uma vez alterada a amplitude da regulagem de profundidade, os problemas diminuíram. Além disso, solavancos da roda tratora são transmitidos à rabiça no transporte fora de quadra. Isto se dá pelo desenho da roda tratora e pela inexistência de um sistema de amortecimento. Por fim, a transposição de obstáculos também foi alvo de críticas em relação a este protótipo.

A utilização de uma roda acarreta dificuldades no equilíbrio do equipamento. Esta dificuldade se agrava na realização de manobras, onde todo o peso da máquina fica apoiado na roda tratora. Na transposição de obstáculos este fato se torna gritante, uma vez que, nesta situação, o peso da máquina fica mal distribuído.

Para evitar os problemas com o equilíbrio do equipamento no transporte fora de quadra, o primeiro protótipo é composto também por um par de rodas de apoio (16), figura 2.2 e 2.3. Contudo, o desempenho destas rodas deixou a desejar, sendo

sugerido por Cziulik [5] a modificação de seu sistema de acionamento e a ampliação do espaçamento entre estas.

Apesar das modificações sugeridas terem sido realizadas, não foi obtida qualquer consideração sobre os resultados destas alterações.

Deve-se buscar para o conjunto de rodas de apoio, um sistema mais flexível e que torne mais fácil o direcionamento do implemento, quando este estiver em terreno firme.

2.4.7 Subconjunto de comandos

Como pode ser visto nas figuras 2.2 e 2.3, os comandos são fixados na estrutura da rabiça (7), a qual constitui-se na principal interface do operador com a máquina. Em decorrência disto, houve a preocupação em permitir o ajuste da rabiça à altura do operador. A ligação das alavancas de acionamento com os sistemas acionados dá-se através de cabos de aço flexíveis.

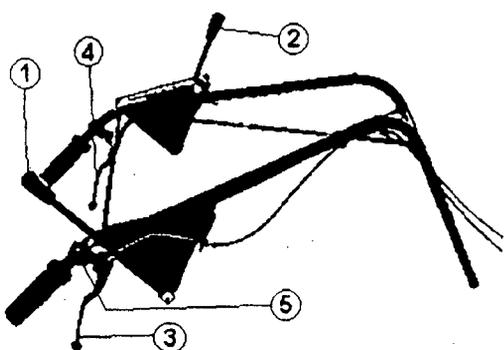


Figura 2. 13 - Rabiça com comandos.

A figura 2.13 apresenta uma vista da rabiça da semeadora SAP-01. Os marcadores de linhas são acionados pelas alavancas de comando (1) e (2). O comando da embreagem dos dosadores é realizado através do manípulo (3), situado no lado direito da rabiça. Também por um manípulo (4), é realizado o comando da embreagem do motor, situando-se este manípulo,

porém, no lado esquerdo da rabiça. O acelerador, por sua vez, é acionado por uma pequena alavanca tipo catraca (5) posicionada no tubo direito da rabiça.

Os acionamentos nos finais de passada se apresentaram um pouco complexos pela necessidade da sua realização simultânea. As forças de acionamento se apresentaram aceitáveis.

As regulagens apresentaram-se desconfortáveis no geral. Entre estas, as regulagens de posição dos flutuadores apresentaram-se particularmente

problemáticas, devido à dificuldade de acesso ocasionada pela presença dos dosadores.

2.4.8 Subconjunto motor

O motor (8) está apoiado sobre coxins de borracha, sendo fixado por porcas e parafusos na parte anterior do chassi da estrutura, figura 2.2 e 2.3. Foi empregado um motor de marca Branco (3,5 CV), tipo estacionário com partida manual. Em relação às dimensões e à potência, este motor teve um comportamento aceitável. Problemas com relação ao excesso de vibrações, ruído e elementos poluidores lançados na atmosfera não foram verificados.

2.5 Conclusão

Este primeiro estudo sobre a semeadora SAP-01 buscou conhecer os princípios de funcionamento utilizados nos seus subconjuntos e iniciar a identificação dos seus problemas.

De uma forma geral, pode-se destacar os bons resultados obtidos com o sistema de dosagem e as dificuldades percebidas em relação ao deslocamento, tanto dentro, quanto fora da quadra.

Daqui em diante, serão utilizadas algumas técnicas preconizadas pelas metodologias de projeto para fazer uma análise mais profunda dos problemas encontrados, buscando viabilizar as melhorias necessárias.

CAPÍTULO III

REPROJETO CONCEITUAL

3.1 Introdução

Na fase de projeto conceitual, busca-se estabelecer uma concepção a partir de necessidades percebidas em relação ao produto [01, 17]. O sucesso de um reprojeto depende, em grande parte, da elaboração desta concepção, uma vez que é nesta fase, onde se tem as melhores oportunidades para adequar o produto com os menores custos.

Para tanto, serão utilizadas ferramentas metodológicas e técnicas de auxílio à organização de informações e à tomada de decisões. Como mostra a figura 3.1, a partir da determinação e da classificação, por ordem de importância, das necessidades dos consumidores através do diagrama de Mudge, realizaram-se duas ações em paralelo: primeiramente, fez-se o relacionamento proposto na primeira matriz da casa da qualidade, obtendo-se requisitos de projeto ordenados a partir dos valores obtidos para as necessidades dos consumidores. Paralelamente, conduziu-se uma análise funcional, utilizando o diagrama FAST, de forma a estabelecer e hierarquizar as funções envolvidas com este equipamento. A seguir, para obter a classificação das funções, também baseada na ordem de importância obtida nas necessidades dos consumidores, utilizou-se o relacionamento matricial, confrontando estas necessidades às funções de último nível do diagrama FAST. Finalmente, realizou-se o relacionamento entre as funções, agora classificadas, e os componentes do protótipo anterior, estabelecendo o grau de desempenho de um componente na realização das funções a ele relacionadas. Com estes confrontos, obteve-se uma ordenação das funções a partir da classificação das necessidades dos consumidores, combinada com o grau de desempenho destas funções por parte do protótipo anterior. Ou seja, buscou-se estabelecer as funções com maior importância para os consumidores, que não estavam sendo bem desempenhadas na semeadora SAP-01. Isto visa corrigir os aspectos falhos da primeira versão da semeadora, preservando os positivos. Finalmente, conduziram-se a geração e

avaliação de alternativas com a utilização de técnicas de criatividade e da matriz morfológica, além de técnicas de avaliação conceitual. Como resultado destas ações, definiu-se uma solução conceitual.

A metodologia e ferramentas utilizadas, serão detalhadas no decorrer deste capítulo.

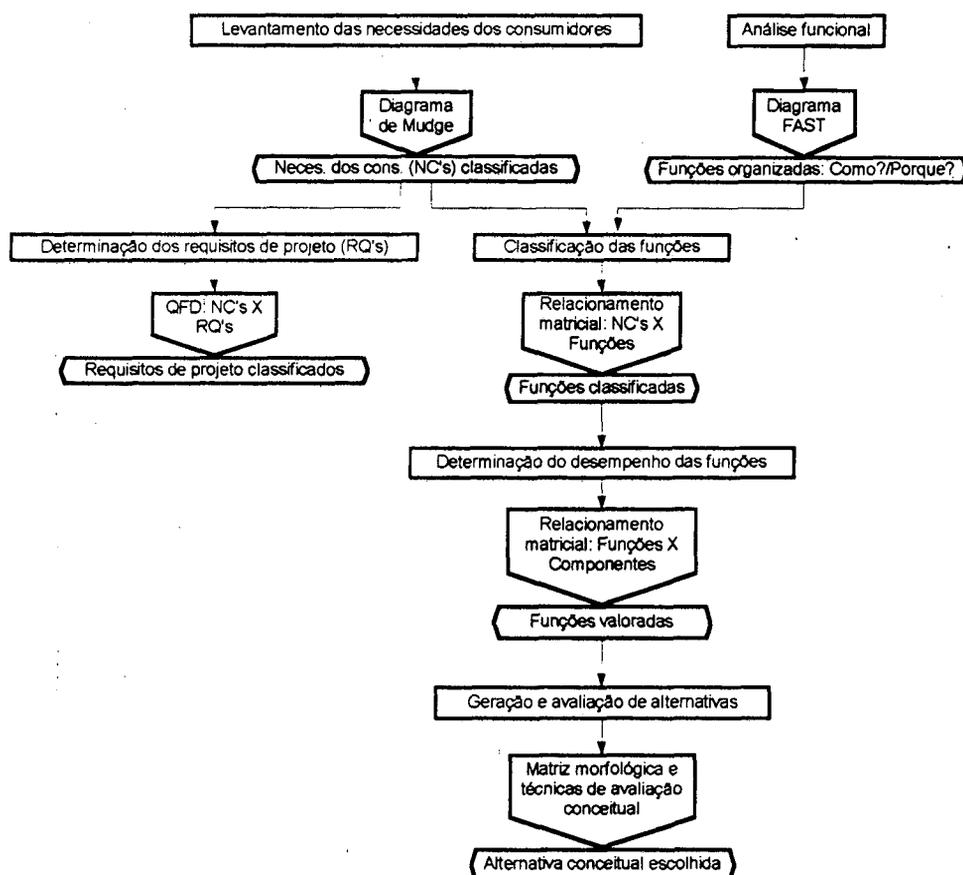


Figura 3. 1 - Fluxograma das ferramentas metodológicas utilizadas no reprojeto conceitual.

3.2 necessidades dos consumidores

Uma vez realizado o estudo aprofundado sobre o protótipo SAP-01, partiu-se para uma nova determinação das necessidades dos consumidores de tal equipamento.

Esta determinação das necessidades se deu basicamente de três formas. Em primeiro lugar, foram realizadas entrevistas com dirigentes e técnicos da EPAGRI - Itajaí, ligados ao trabalho de pesquisa com a cultura do arroz irrigado e que participaram do projeto e dos testes da semeadora SAP-01. Depois, foram

entrevistados professores do Laboratório de Projeto (UFSC), também ligados ao projeto inicial da semeadora. Finalmente, foram entrevistados técnicos e agricultores ligados à CRAVIL (Cooperativa Regional do Alto Vale do Itajaí Ltda.). Como auxílio ao processo de captação de necessidades, também foi utilizado um vídeo dos testes realizados com a SAP-01.

Baseado na visualização dos aspectos relacionados com a cultura do arroz irrigado, obtida no primeiro capítulo e nos problemas constatados nos testes do protótipo, foram elaborados os questionários para as entrevistas, apresentados no Anexo A.

De uma forma geral, as opiniões foram bastante favoráveis ao desenvolvimento do referido equipamento, devido a uma real necessidade percebida. Já em relação à semeadora SAP-01, as opiniões foram variadas. Os técnicos da EPAGRI se mostraram satisfeitos com o desempenho apresentado nos testes realizados com esta, principalmente em relação aos aspectos agronômicos. Por outro lado, os professores do Laboratório de Projeto enfatizaram deficiências mecânicas como por exemplo, a rigidez e o funcionamento no terreno inundado, mostrando grande insatisfação com o desempenho apresentado. Apesar desta insatisfação, foi ressaltada a adequação da concepção adotada, ou seja, a distribuição dos subconjuntos, os princípios de solução, etc.. Agricultores ligados à CRAVIL, propuseram a adaptação da semeadora ao microtrator "Tobatta", o qual é utilizado nas operações de preparo do solo e, que, segundo os mesmos, é um equipamento disponível à maioria dos agricultores da região.

Em relação à necessidade de ajuste entre linhas, não houve uma grande preocupação. De forma geral o número de ajustes utilizado no SAP-01, quatro, não se mostrou necessário. O aspecto que causou maior polêmica foi relacionado ao espaçamento entre linhas. As dimensões mencionadas ficaram entre 20 e 30 *cm* de espaçamento. Os pontos determinantes desta dimensão são a necessidade de se caminhar entre as linhas da cultura para fazer a eliminação de plantas atípicas, principalmente em lavouras destinadas a produção de sementes, e a produtividade. A produtividade também depende do tipo de cultivar. A variação de produtividade pela variação no espaçamento pode ser compensada com um ajuste na taxa de deposição de sementes.

Além de proporcionar uma distribuição uniforme das sementes na linha, na densidade desejada, o protótipo deve realizar o serviço com rapidez aceitável. Para tanto, ele deverá ter o número adequado de linhas, velocidade de deslocamento compatível e capacidade dos reservatórios que permita uma relação conveniente entre número de reabastecimentos e a facilidade de operação. Estes valores serão determinados no decorrer deste capítulo.

Existe também a necessidade de descarregamento dos reservatórios. Na SAP-01, esta necessidade é satisfeita, além de possibilitar a desativação individual dos dosadores, de forma que se pode selecionar quais e quantos dosadores utilizar.

A necessidade de adubação simultânea foi descartada por todos os entrevistados.

Quanto ao terreno, foi levantada a necessidade de se trabalhar com solo inundado com lâmina d'água para racionalizar o manejo de água. Isto, contudo, se torna inviável pelo fato de também necessitar-se de orientação para manter os espaçamentos entre as linhas extremas nas várias passadas. Assim, tomou-se como princípio a semeadura em quadras sem lâmina d'água, mas com solo saturado. Além disso, foi requerida a deposição da semente na superfície do solo de forma a não haver cobertura das mesmas. Tais aspectos, influirão no sistema de sustentação, na distribuição das sementes pela ocorrência de ondas de água com a passagem da semeadora, na ocorrência de entupimentos da descarga dos dosadores e no acúmulo de lama sobre os componentes da máquina.

Em relação ao sistema de sustentação (conjunto flutuador + estrutura), além da capacidade de trabalhar em solo saturado, existe a necessidade de ser mais rígido no deslocamento fora da quadra. Este sistema deve, ainda, evitar ao máximo a ocorrência de ondas ou procurar compensar esta formação através da forma, quantidade e distribuição dos flutuadores. Deve, ainda, facilitar a manobrabilidade do equipamento, além de evitar o acúmulo de lama sobre si mesmo.

Outro sistema que necessita reavaliação é o sistema de tração. Além da tração propriamente dita não ter ocorrido da maneira adequada, a adaptação às variações na profundidade deveria ter seu acionamento posicionado mais próximo ao operador, ao invés de requerer o deslocamento deste.

Além destes aspectos comentados, foram relacionados vários outros, os quais foram obtidos no decorrer dos levantamentos realizados. Também foi feita uma investigação das necessidades dos consumidores internos com o objetivo de adequar o equipamento à fabricação, o que se apresentou, a princípio, como um dos grandes objetivos do reprojeto. Esta investigação das necessidades dos consumidores internos foi realizada com consultas a bibliografias relacionadas ao projeto para a fabricação e projeto para a montagem. A lista completa das necessidades dos consumidores está apresentada na tabela 3.1.

Tabela 3. 1- Necessidade dos consumidores.

Consumidor	Necessidades
CONSUMIDOR EXTERNO	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidade de operação: <ul style="list-style-type: none"> - comandos adequados; - dimensões ergonômicas; - menor número de regulagens; - segurança; - nível de ruído aceitável; - nível de vibrações aceitável e - velocidade de deslocamento adequada. • Eficiência de operação: <ul style="list-style-type: none"> - ausência de danos mecânicos às sementes pré-germinadas; - variação na dosagem de sementes; - não embuchamento dos dosadores; - não entupimento com lama dos dutos de descarga; - possibilidade de esvaziamento dos reservatórios; - possibilidade de desconexão com o deslocamento e - possibilidade de inspeção (visualização) da dosagem - mostradores. • Deposição adequada das sementes: <ul style="list-style-type: none"> - semeadura em linhas; - espaçamento adequado entre linhas; - uniformidade no espaçamento entre linhas; - possibilidade de variação no espaçamento entre linhas e - não ocorrência de falhas. • Deslocamento adequado da máquina: <ul style="list-style-type: none"> - possibilidade de deslocamento fora da quadra; - não afundamento da máquina; - tração adequada; - não acúmulo de lama no sistema de transmissão e/ou sobre a máquina, ou no operador; - possibilidade de ultrapassar taipas e pequenos obstáculos na entrada e saída da quadra; - possibilidade de preencher quadras com geometrias irregulares; - possibilidade de manter direção pré-determinada; - possibilidade de manobrar em terreno inundado, nos finais de passada e - adaptação à variação de profundidade. • Resistência: <ul style="list-style-type: none"> - rigidez adequada; - adequação ao ambiente de trabalho;

Tabela 3. 1 - Necessidade dos consumidores - cont.

Consumidor	Necessidades
CONSUMIDOR EXTERNO	<ul style="list-style-type: none"> - resistência à carga de trabalho exigida e - possibilidade de armazenar por grandes períodos (uso sazonal), • Confiabilidade; • Uniformidade de deposição das sementes, na densidade certa; • Custo baixo; • Facilidade de manutenção; • Preservação ambiental e • Manual de instruções adequado.
CONSUMIDOR INTERNO	<ul style="list-style-type: none"> • Materiais: <ul style="list-style-type: none"> - materiais baratos; - materiais facilmente processáveis; - materiais normalizados (facilmente encontrados no mercado); - propriedades físicas adequadas e - características superficiais facilmente obtidas. • Processo: <ul style="list-style-type: none"> - processo simples; - adequação do processo à quantidade produzida; - rapidez do processo; - baixo risco de acidentes e - não ocupação de grande espaço. • Produto: <ul style="list-style-type: none"> - geometria simples; - baixo número de componentes; - componentes normalizados; - componentes de fácil transporte interno e - qualidade de documentação. • Montagem: <ul style="list-style-type: none"> - tolerâncias liberadas onde possível; - evitar operações secundárias (segurança e orientação) - posicionamento de componentes para fácil montagem e - fácil manuseio dos componentes. • Distribuição: <ul style="list-style-type: none"> - facilidade de distribuição; - fácil transporte e - fácil armazenagem.

3.3 Desdobramento da Função Qualidade - QFD

Para uma melhor análise do problema, será usada a metodologia denominada Desdobramento da Função Qualidade - QFD, do inglês, "Quality Function Deployment".

O QFD é fundamentado no relacionamento matricial de várias características do produto buscando estabelecer a importância de cada característica em relação às outras, baseando-se nas necessidades dos consumidores e no estado de desenvolvimento dos produtos concorrentes. Ou seja, através do relacionamento

matricial proposto pelo QFD, além de toda a discussão a respeito do problema, pode-se obter a ponderação dos itens de uma característica, a partir de outra anteriormente ponderada.

As características relacionadas podem ser necessidades dos consumidores (N.C.), requisitos de projeto (R.P.), funções do produto, componentes, novos conceitos, modos de falha, além de outras [15]. A utilização de tais características dar-se-á de acordo com o produto e com o nível de profundidade do projeto.

A princípio, o QFD é tão adequado ao projeto de um produto novo, como ao reprojeto de um já existente.

A primeira exigência para a utilização das matrizes do QFD é a obtenção do peso dos itens de entrada na primeira matriz, os quais são as necessidades dos consumidores. De uma forma geral, ao levantar-se as necessidades dos consumidores, deve-se buscar, com os próprios consumidores, o grau de importância relativa entre as necessidades levantadas. Isto, contudo, nem sempre é possível, dependendo das características do mercado e da forma com que se obtém o contato com os consumidores.

Assim, optou-se por utilizar o método de MUDGE [4], a princípio utilizado para avaliar a importância relativa de funções, na determinação da importância relativa das necessidades dos consumidores. Este processo, apresentado no Anexo B, compara necessidade com necessidade estabelecendo qual é mais importante e quanto o é em uma escala de 0 (zero) a 5 (cinco). Após o somatório dos pontos obtidos por cada necessidade chega-se ao seu valor relativo. O resultado deste processo, com as 30 (trinta) necessidades melhor classificadas, é apresentado na tabela 3.2.

Após o levantamento das necessidades dos consumidores e da sua classificação pela importância relativa, seguindo na construção da casa da qualidade, foram estabelecidos requisitos de projeto relacionados a estas necessidades. Como exemplo destes, pode-se mencionar requisitos como 'velocidade de deslocamento' e 'percentual de sementes danificadas', derivados da necessidade 'preservação das sementes', ou 'forças de acionamento' e 'distâncias do operador aos comandos', derivadas da necessidade 'comandos adequados'.

Tabela 3. 2 - Classificação das necessidades dos consumidores.

Necessidades dos Consumidores	Peso relativo
1° - Tração adequada;	4,84
2° - Não afundamento da máquina;	4,71
3° - Semcadura em linhas;	4,35
4° - Ausência de dano mecânico às sementes pré-germinadas;	4,35
5° - Adaptação à variação de profundidade;	4,24
6° - Resistência à carga de trabalho;	3,38
7° - Segurança;	3,20
8° - Velocidade de deslocamento adequada;	3,07
9° - Possibilidade de manobrar;	3,07
10° - Não ocorrência de falhas na deposição das sementes;	3,04
11° - Ultrapassar obstáculos;	3,04
12° - Espaçamento adequado entre linhas;	2,99
13° - Possibilidade de desconecção entre dosadores e rodas;	2,94
14° - Não embuchamento dos dosadores;	2,89
15° - Rigidez adequada;	2,81
16° - Manter direção;	2,68
17° - Deslocamento fora da quadra;	2,52
18° - Não entupimento da descarga com lama;	2,52
19° - Uniformidade de deposição das sementes, na densidade certa;	2,37
20° - Comandos adequados;	2,29
21° - Não acúmulo de lama sobre o equipamento;	2,26
22° - Dimensões ergonômicas;	2,13
23° - Adequação ao ambiente de trabalho;	2,13
24° - Baixo custo;	1,64
25° - Menor número de regulagens;	1,56
26° - Possibilidade de esvaziamento dos reservatórios;	1,30
27° - Adequação do processo de fabricação à quantidade produzida;	1,56
28° - Componentes normalizados;	1,17
29° - Processo simples;	0,93
30° - Menor número de componentes.	0,80

No passo seguinte, foram realizados os relacionamentos entre as necessidades dos consumidores e os requisitos de projeto, preenchendo a casa da qualidade. Esta primeira matriz, desenvolvida no presente trabalho, é apresentada no Anexo C. A partir dos resultados desta matriz, aliados às informações levantadas no capítulo anterior, estabeleceu-se uma lista de especificações de projeto do produto. Estas especificações estão ordenadas por importância de acordo com os resultados obtidos na casa da qualidade, tabela 3.3. Esta tabela apresenta ainda a unidade de medida de cada especificação, um valor meta, o tipo de sensor utilizado para sua verificação e algumas observações a respeito dos requisitos. Estas especificações serão utilizadas no decorrer do projeto para dirigir as tomadas de decisão inerentes a este processo.

Tabela 3.3 - Especificações de projeto de produto

Requisito	Unid.	Valor meta	Sensor	Observações
1º. Velocidade de deslocamento.	m/h	2.400	- testes de verificação. (cronômetro e trena)	Deve-se verificar também a velocidade de deslocamento fora da quadra em torno de 3.000 m/h.
2º. Baixo peso.	N	1.500	- testes de verificação (balança).	Devido ao desempenho do protótipo anterior, conclui-se que o peso atingido foi aceitável, podendo inclusive sofrer um aumento.
3º. Baixo custo.	US\$	de 4.000,00 a 5.000,00	- custo de materiais, compon. e processos.	Alguns autores indicam que o custo de materiais representa cerca de 40% do custo do equipamento.
4º. Potência da unidade motriz.	c.v.	3,5	- testes de verificação.	Determinou-se esta potência devido a disponibilidade do motor do protótipo anterior.
5º. Relação entre aceleração e frequência de vibração transmitida ao operador.	m/s ² c/s	Valor aceitável para 8 horas de trabalho contínuo. (Norma ISO 2631 (1974) [01])	- testes de verificação. (acelerôm.)	Valor obtido na SAP-01 foi considerado adequado.
6º. Esforço do operador no direcionamento da máquina.	N	Menor esforço possível para a mudança de direção.	- teste de verificação. (dinamôm.)	
7º. Distância do centro de gravidade ao centro de apoio.	m	Menor distância possível para evitar esforço na operação.	- cálculos de projeto.	O equipamento deve permanecer estável dentro ou fora da quadra, com ou sem a interferência do operador.
8º. Número de regulagens.	unid.	Quantid. mínima suficiente para atender as necessidades, (em torno de cinco regul.).	- inspeção do projeto.	Um número excessivo de regulagens acarreta dificuldade de operação e de fabricação, entre outras.
9º. Resistência 8 h/dia/60 dias/cinco anos.	horas	Resistir aos carregam. durante o tempo neces.	- cálculo de componentes críticos.	O produto tem a característica de ser utilizado sazonalmente, em torno de um mês por ano.
10º. Número de componentes.	unid.	Quantidade mínima suficiente para atender as necessidades.	- inspeção do projeto.	Facilidade de fabricação, montagem e manutenção.
11º. Espaçamento entre os dosadores	m	0,25	- teste de verificação. (trena)	O espaçamento deve permitir o deslocamento de pessoas nas entrelinhas, e permitir variar a quantidade de sementes/área.
12º. Superfície em contato com o terreno	m ²	Superfície mínima suficiente para estabilizar o equipam.	- cálculo de projeto.	
13º. Número de dosadores.	unid.	8 (oito)	- inspeção do projeto.	Este valor é relacionado à produtividade da máquina.
14º. Rigidez	N/mm	Deslocamentos devido à flexibilidade mínimos suficientes para proporcionar segurança visual e conforto na operação.	- cálculos de projeto.	

Tabela 3.3 - Especificações de projeto de produto - cont.

Requisito	Unid.	Valor meta	Sensor	Observações
15°. Rendimento da transmissão.	%	Correspondente aos níveis normais.	- cálculo de projeto.	O sistema de transmissão apresentou-se adequado em relação ao rendimento.
16°. Profundidade de trabalho.	m	de 0,04 a 0,30	- testes de verificação. (trena)	O protótipo SAP-01 apresentou problemas de tração em função da pequena faixa de atuação da roda.
17°. Resistência à corrosão.	unid.	Maior número possível de peças protegidas.	- inspeção do projeto.	Deve-se ter especial atenção às superfícies de contato de peças com movimentos relativos.
18°. Nº de itens de segurança.	unid.	Nº mínimo necessário ao bom funcion. com segurança.	- inspeção de projeto.	Os itens de segurança incluem cantos vivos, peças móveis, freio, além de outros.
19°. Forças de acionamento dos comandos e ajustes.	N	Valores dentro da faixa aconselhada [11].	- testes de verificação. (dinamôm.)	As forças obtidas na SAP-01 foram consideradas aceitáveis.
20°. Distâncias dos comandos ao operador.	m	Valores dentro da faixa aconselhada [11].	- inspeção de projeto. (trena)	As distâncias dos comandos na rabiça da SAP-01 ficaram boas. Somente a distância do comando de controle de profundidade foi rejeitada.
21°. Autonomia do sistema de dosagem.	Área semeada por carga	Semear uma quadra de 2000 m ² sem recarregar os reservatórios.	- cálculos de projeto.	
22°. Porcentagem de sementes danificadas.	%	Quantidade mínima possível de sementes danificadas.	- testes de verificação.	
23°. Densidade de semeadura.	sem./m ²	400	- testes de verificação.	Valor relacionado à produtividade.
24°. Largura de deposição das sementes.	m	Até 0,05 m	- testes de verificação. (trena)	Valor relacionado à facilidade de deslocamento dentro da quadra.

3.4 Análise Funcional

Uma das formas de se conhecer a fundo um equipamento, é a compreensão das funções que devem ser desempenhadas pelo mesmo. Para se obter esta compreensão, estabelecendo os pontos a serem reprojitados, partiu-se para tal levantamento.

Primeiramente, foi realizada uma investigação das funções de cada componente dos subconjuntos descritos no capítulo anterior, objetivando auxiliar na obtenção das funções a serem utilizadas na semeadora SAP-02. A seguir as funções foram classificadas em funções básicas e de suporte. Segundo Art Mudge

[21], as funções básicas são o propósito primário do equipamento, enquanto que as funções de suporte são outros propósitos, não cumprindo diretamente o propósito primário, mas apoiando-o ou resultando de uma abordagem específica do projeto. Ou seja, as funções de suporte não estão necessariamente ligadas à função total do equipamento, mas buscam melhorar a aceitação deste pelos clientes. A tabela 3.4 apresenta os componentes da semeadora SAP-01 com suas respectivas funções classificadas em básicas (B) e de suporte (S). A busca por funções objetivou identificar o maior número possível de funções relacionadas ao primeiro equipamento. Dessa forma, não houve preocupação, a princípio, com o nível de detalhamento destas funções, ou se a função está relacionada exclusivamente com o componente. A medida que as funções surgiram, foram alocadas junto aos componentes a ela relacionados. A avaliação do detalhamento das funções será conduzida no passo seguinte da análise funcional. As funções que se apresentarem com níveis de detalhamento inadequados, serão descartadas neste próximo passo.

Tabela 3. 4 - Levantamento das funções dos componentes da SAP-01.

Componente	Função	Componente	Função
Rotor	Transportar sementes - B*; Reter sementes - B; Separar sementes - B; Dosar sementes - B.	Posicionador do dosador	Posicionar dosador - B; Enrijecer equipamento - S; Facilitar esvaziamento - S; Selecionar distribuição - S.
Raspador	Separar sementes - B; Reter sementes - B; Preservar sementes - S.	Carcaça do dosador	Reter sementes - B; Conduzir sementes - B; Alojar rotor - B.
Mola do marcador de linhas	Auxiliar marcação - S; Amortecer movimento - S; Tencionar marcador - S; Permitir movimento -S; Facilitar direcionamento - S.	Eixo dos dosadores	Transmitir movimento - B; Guiar rotor (variar dosagem)-S; Agregar dosadores - B; Enrijecer equipamento - S; Variar espaçamento - S.
Embreagem dos dosadores	Selecionar distribuição - S; Prevenir falha - S; Suportar adversidade - S.	Controles	Promover interfaccamento - S; Controlar operações - B; Possibilitar simultaneidade -S.
Chassis	Agregar componentes - B; Distribuir componentes - B; Enrijecer equipamento - S; Compactar equipamento - S; Possibilitar interface - S; Guiar rabiça - S.	Barra suporte guia	Agilizar plantio - S; Enrijecer equipamento - S; Variar espaçamento - S; Agregar flutuadores - B; Guiar flutuadores - S; Evitar rotação - S.
Motor	Gerar movimento - B; Possibilitar transmissão - B; Suportar adversidade - S.	Eixos do sistema de transmissão	Transmitir movimento - B; Firmar polias e rodas dent. - B.

Tabela 3.4 - Levantamento das funções dos componentes da SAP-01 - cont.

Componente	Função	Componente	Função
Flutuador	Sustentar equipamento - B; Preparar solo - S; Evitar lama - S; Evitar dispersão - S; Facilitar direcionamento - S; Transpor obstáculos - S; Facilitar deslocamento - S; Resistir impacto - S; Estabilizar equipamento - S.	Roda de tração	Percorrer terreno - B; Sustentar equipamento - B; Tracionar equipamento - B; Otimizar contato - B; Adaptar-se à consistência - S; Facilitar direcionamento - S; Estabilizar equipamento - S.
Rodas de apoio	Auxiliar deslocamento - S; Estabilizar equipamento - S; Sustentar equipamento - B; Facilitar direcionamento - S; Facilitar interfaceamento - S.	Eixo principal	Transmitir movimento - B; Agregar garfo - B; Agregar embreagem dosadores - B; Possibilitar regulagem - S; Dividir movimento - B; Compactar equipamento - S.
Roda dentada - corrente	Transmitir movimento - B; Sincronizar movimento - S; Possibilitar intercambiabil. - S; Minimizar perdas na trans. - S.	Caixa de suporte	Alojar eixo (marcador) - B; Possibilitar movimento - B; Limitar movimento - S; Auxiliar marcação - S.
Polias - correia	Transmitir movimento - B; Absorver impacto - S; Proteger motor - S; Limitar torque - S; Minimizar ruído - S; Minimizar vibração - S.	Esticador	Tencionar correia - B; Transmitir movimento - B; Limitar torque - S; Facilitar movimento - S; Minimizar desgaste - S; Facilitar montagem - S.
Mola sistema flutuador	Amortecer movimento - S.	Placa suporte da transmissão	Agregar componentes - B; Distribuir componentes - B.
Marcador de linhas	Marcar linhas - S; Versatilizar operação - S; Agilizar plantio - S; Variar marcação - S; Orientar direcionamento - S.	Suporte guia dos flutuadores	Agregar flutuadores - B; Posicionar flutuadores - B; Compactar equipamento - S; Enrijecer equipamento - S; Limitar movimento - S.
Embreagem do motor	Intercalar utilização - S; Suportar adversidade - S.	Barra de fixação lateral	Enrijecer equipamento - S.
Garfo	Possibilitar transmissão - B; Regular profundidade - B; Absorver impacto - S; Posicionar roda - B.	Barra de suporte dosadores	Agregar posicionadores - B; Posicionar dosadores - B; Facilitar esvaziamento - S; Enrijecer equipamento - S.
Rabiça	Controlar direção - B; Promover interfaceamento - B.	Rabiça - cont.	Agregar controles - B; Conduzir cabos - S.
Geral	Agilizar plantio - S; Distribuir sementes - S; Possibilitar controle - S; Minimizar peso - S; Facilitar fabricação - S; Facilitar montagem - S; Minimizar esforço - S; Percorrer terreno - B.	Geral	Facilitar manutenção - S; Versatilizar operação - S; Resistir corrosão - S; Estilizar equipamento - S; Enrijecer equipamento - S; Maximizar produtividade - S; Suavizar operação - S; Minimizar vibração - S.

* B - Funções básicas; S - Funções de suporte.

Após o levantamento de funções dos componentes do primeiro protótipo, foi elaborado o diagrama Task/FAST do problema de projeto. Este diagrama é orientado à execução da tarefa de projeto reconhecendo o papel chave desempenhado pelo consumidor, ou seja, representando seus desejos e necessidades. Este tipo de diagrama tem uma estrutura definida na qual se organizam as funções obtidas anteriormente em funções básicas e funções de suporte. Assim, o diagrama desenvolvido para a semeadora SAP-02 apresenta-se na figura 3.2.

O diagrama FAST apresenta uma organização "COMO?/PORQUE?". Para exemplificar esta organização, observe-se que a função básica primária "Alinhar sementes" é completada, fazendo-se a pergunta "Como?", pelas funções básicas secundárias "Transportar sementes", "Dosar sementes" e "Conduzir sementes". Por outro lado, a função "Alinhar sementes" responde a pergunta "Porque?", feita para as funções básicas secundárias.

As funções básicas devem ser organizadas de modo a descrever as tarefas de cada subsistema da máquina. Dessa forma, poderão ser utilizadas na geração de alternativas e na avaliação de novas concepções.

As funções de suporte são organizadas em quatro grupos encabeçados pelas funções "tornar conveniente", "tornar confiável", "contentar o usuário" e "atrair o usuário". Estas funções são chamadas funções de suporte primárias.

Como já foi dito, as funções de suporte visam garantir a execução no projeto de aspectos importantes para o cliente, que não estejam ligados diretamente a tarefa principal do equipamento. Estas funções não estão obrigatoriamente ligadas a subsistemas e/ou componentes do equipamento. Portanto, não serão utilizadas para a geração de alternativas no estabelecimento de novas concepções.

A obtenção das funções de suporte, contudo, acrescenta em muito o conhecimento do produto, proporcionando uma grande visão da tarefa de projeto. Assim, deve-se utilizar estas funções de forma sistemática no processo de projeto, o que é obtido relacionando as funções com o objetivo de determinar sua importância e o seu grau de desempenho no protótipo SAP-01, para estabelecer os aspectos críticos a serem melhorados no novo equipamento.

Diagrama FAST

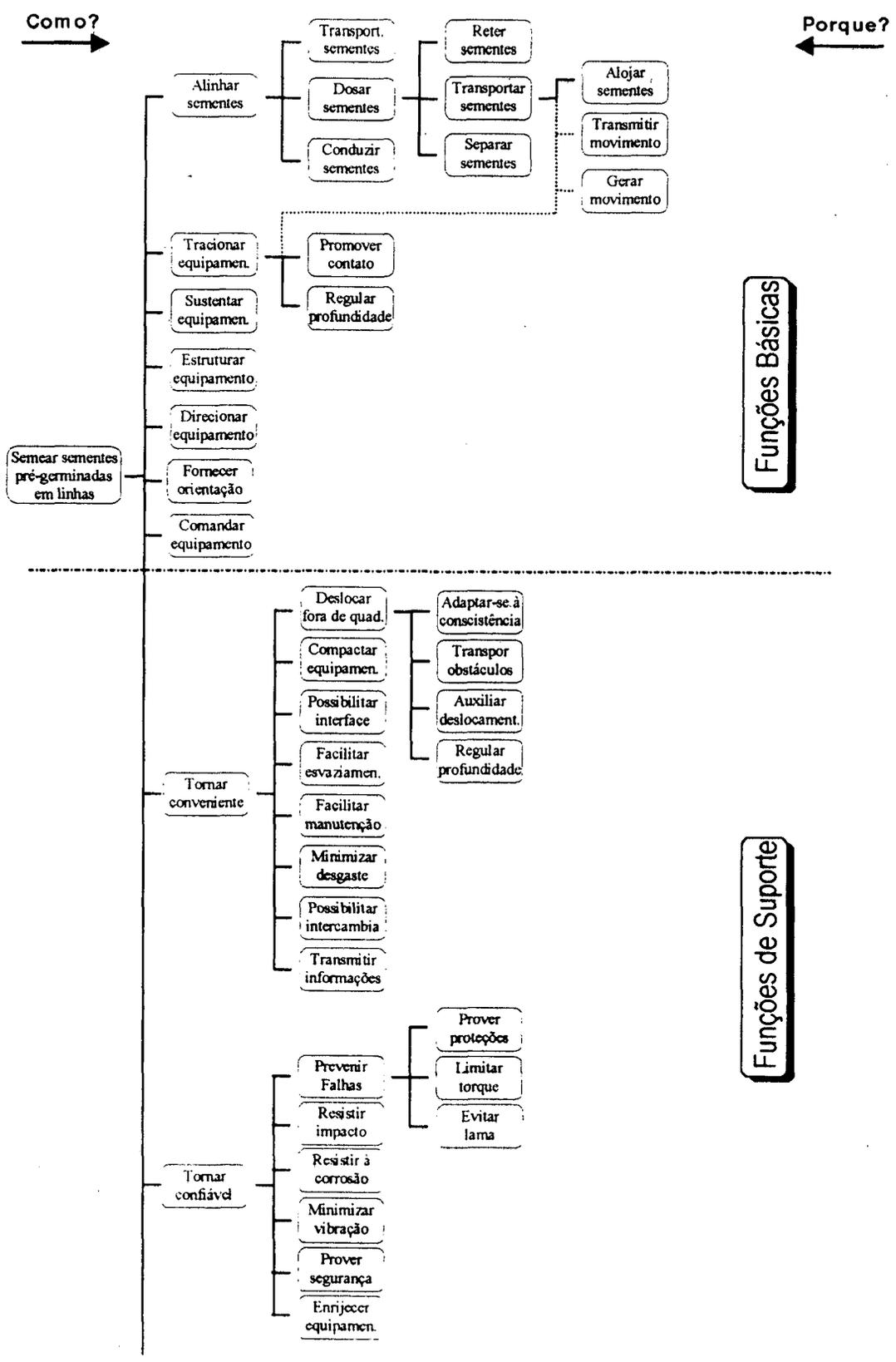


Figura 3. 2 - Diagrama FAST/Task.

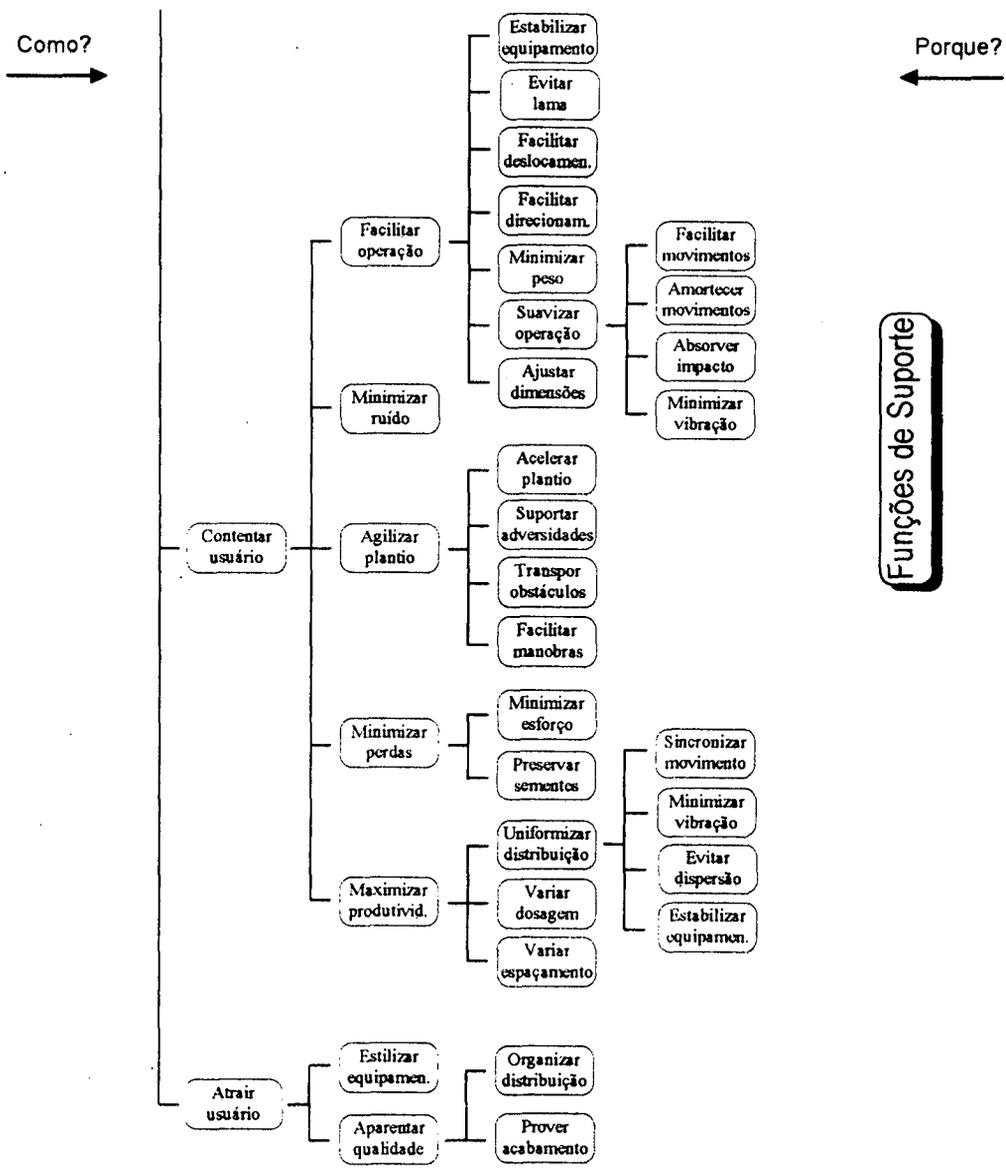


Figura 3. 2- Diagrama FAST/Task - cont.

Para se fazer a classificação por ordem de importância das funções de último nível do diagrama FAST, utilizou-se a sistemática matricial do QFD, relacionando estas funções com as necessidades dos consumidores. Isto é, estabeleceu-se entre fortemente relacionados, moderadamente relacionados e com fraco ou nulo relacionamento, o grau de relação entre cada necessidade e cada função. Para chegar-se ao valor de importância relativa de cada função, realizou-se o mesmo processo da casa da qualidade. O resultado deste relacionamento, que está apresentado no Anexo D, revelou a classificação das funções por ordem de importância apresentadas na tabela 3.5.

Tabela 3. 5 - Classificação das funções da SAP-01.

Funções	Peso relativo (%)
1° - Sustentar Equipamento - B;	4,73
2° - Estruturar Equipamento - B;	4,69
3° - Regular Profundidade - B;	4,49
4° - Transmitir Movimento - B;	4,37
5° - Gerar Movimento - B;	4,01
6° - Promover Contato - B;	3,92
7° - Estabilizar Equipamento - S;	3,50
8° - Direcionar Equipamento - B;	3,44
9° - Minimizar Peso - S;	3,02
10° - Comandar Equipamento - B;	2,83
11° - Evitar dispersão - S;	2,77
12° - Enrijecer Equipamento - S;	2,75
13° - Transpor Obstáculos - S;	2,63
14° - Preservar Sementes - S;	2,62
15° - Evitar Lama - S;	2,61
16° - Limitar Torque - S;	2,53
17° - Adaptar-se à Consistência - S;	2,52
18° - Facilitar Manobra - S;	2,38
19° - Fornecer Orientação - B;	2,22
20° - Conduzir Sementes - B;	2,21
21° - Facilitar Direcionamento - S;	2,13
22° - Minimizar Vibração - S;	2,13
23° - Transportar Sementes - B;	2,13
24° - Facilitar Deslocamento - S;	2,08
25° - Separar Sementes - B;	1,94
26° - Resistir ao Impacto - S;	1,77
27° - Sincronizar Movimento - S;	1,71
28° - Auxiliar Deslocamento - S;	1,65
29° - Absorver Impacto - S;	1,44
30° - Alojamento Sementes - B;	1,39
31° - Variar Dosagem - S;	1,37
32° - Ajustar Dimensões - S;	1,34
33° - Compactar Equipamento - S;	1,31
34° - Minimizar Esforço - S;	1,28
35° - Reter Sementes - B;	1,27
36° - Resistir à Corrosão - S;	1,25
37° - Transmitir Informações - S;	1,25
38° - Prover Segurança - S;	1,19
39° - Variar Espaçamento - S;	1,08
40° - Suportar Adversidade - S;	0,93
41° - Amortecer Movimento - S;	0,81
42° - Minimizar Desgaste - S;	0,81
43° - Facilitar Manutenção - S;	0,75
44° - Facilitar Movimentos - S;	0,64
45° - Facilitar Esvaziamento - S;	0,62
46° - Minimizar Ruído - S;	0,43
47° - Possibilitar Intercâmbio - S;	0,41
48° - Possibilitar Interfaceamento - S;	0,28
49° - Prover Acabamento - S;	0,25
50° - Estilizar Equipamento - S.	0,06
Total	100,00

Por fim, nesta fase de tratamento das informações, foi realizado o relacionamento das funções com os componentes do protótipo SAP-01. Este relacionamento buscou avaliar o nível de desempenho de cada função neste equipamento. A matriz de relacionamento é apresentada no Anexo E, e os resultados são apresentados na tabela 3.6.

Este relacionamento final deu-se da seguinte maneira: cada função foi duplamente relacionada com cada componente, ou seja, primeiramente foi avaliado o seu grau de relacionamento entre fraco, moderado e forte. A seguir, foi avaliado, no caso de haver relacionamento, o nível de desempenho da função pelo componente, entre positivo, mais ou menos e negativo. No final, fez-se a somatória, para cada função, dos itens positivos, mais ou menos e negativos, multiplicados pelos seus graus de relacionamento. Após estabelecer-se o número de pontos total de cada função, chegou-se ao seu valor percentual de desempenho, o qual foi apresentado no quadro citado anteriormente.

Com a determinação da importância de cada função, através do processo de classificação descrito, e com a noção de como esta função está sendo desempenhada no protótipo SAP-01, partiu-se para a definição das funções a melhorar.

Buscou-se, primeiramente, avaliar o protótipo SAP-01 em relação a sua adequação conceitual. Assim, no próximo item serão geradas soluções alternativas conceituais para as funções básicas com pior desempenho.

3.5 Geração e Avaliação de Alternativas

Visualizando-se a tabela 3.6, - Desempenho das Funções - onde se tem uma divisão entre as funções básicas e as de suporte, percebe-se que as funções básicas "transmitir movimento", "gerar movimento", "comandar equipamento", "conduzir sementes", "transportar sementes", "separar sementes", "alojar sementes" e "reter sementes", apresentaram-se com um bom nível de desempenho. Por isso, admitiu-se que tais funções permanecerão com o mesmo princípio de funcionamento utilizado no protótipo SAP-01.

Tabela 3. 6 - Desempenho das funções da SAP-01.

Funções	Desempenho (%)		
	Positivo	+ ou -	Negativo
1º - Sustentar Equipamento - B;	33,3	26,7	40,0
2º - Estruturar Equipamento - B;	07,2	57,1	35,7
3º - Regular Profundidade - B;	-	50,0	50,0
4º - Transmitir Movimento - B;	68,0	17,1	14,3
5º - Gerar Movimento - B;	100,0	-	-
6º - Promover Contato - B;	-	11,1	88,9
8º - Direcionar Equipamento - B;	15,6	12,5	71,9
10º - Comandar Equipamento - B;	78,6	14,3	07,1
19º - Fornecer Orientação - B;	-	100,0	-
20º - Conduzir Sementes - B;	87,5	12,5	-
23º - Transportar Sementes - B;	100,0	-	-
25º - Separar Sementes - B;	100,0	-	-
30º - Alojamento Sementes - B;	100,0	-	-
35º - Reter Sementes - B;	100,0	-	-
7º - Estabilizar equipamento	32,0	48,0	20,0
9º - Minimizar Peso - S;	23,1	73,1	03,8
11º - Evitar dispersão - S;	-	100,0	-
12º - Enrijecer Equipamento - S;	14,9	19,1	66,0
13º - Transpor Obstáculos - S;	21,6	08,1	70,3
14º - Preservar Sementes - S;	91,7	-	08,3
15º - Evitar Lama - S;	-	44,4	55,6
16º - Limitar Torque - S;	58,8	41,2	-
17º - Adaptar-se à Consistência - S;	-	28,6	71,4
18º - Facilitar Manobra - S;	31,6	31,6	36,8
21º - Facilitar Direcionamento - S;	15,8	42,1	42,1
22º - Minimizar Vibração - S;	33,3	60,0	06,7
24º - Facilitar Deslocamento - S;	20,0	40,0	40,0
26º - Resistir ao Impacto - S;	30,0	25,0	45,0
27º - Sincronizar Movimento - S;	75,0	-	25,0
28º - Auxiliar Deslocamento - S;	-	-	100,0
29º - Absorver Impacto - S;	38,1	19,0	42,9
31º - Variar Dosagem - S;	-	100,0	-
32º - Ajustar Dimensões - S;	57,1	42,9	-
33º - Compactar Equipamento - S;	11,8	32,3	55,9
34º - Minimizar Esforço - S;	20,0	80,0	-
36º - Resistir à Corrosão - S;	27,1	50,0	28,9
37º - Transmitir Informações - S;	-	100,0	-
38º - Prover Segurança - S;	61,5	23,1	15,4
39º - Variar Espaçamento - S;	20,0	32,0	48,0
40º - Suportar Adversidade - S;	60,9	13,0	26,1
41º - Amortecer Movimento - S;	50,0	16,7	33,3
42º - Minimizar Desgaste - S;	15,4	76,9	07,7
43º - Facilitar Manutenção - S;	31,6	63,1	5,3
44º - Facilitar Movimentos - S;	30,4	34,8	34,8
45º - Facilitar Esvaziamento - S;	27,3	68,2	04,5
46º - Minimizar Ruído - S;	07,1	85,7	07,1
47º - Possibilitar Intercâmbio - S;	-	100,0	-
48º - Possibilitar Interfaceamento - S;	-	-	100,0
49º - Prover Acabamento - S;	-	57,9	42,1
50º - Estilizar Equipamento - S;	11,4	31,4	57,1

Por outro lado, as funções “sustentar equipamento”, “estruturar equipamento”, “regular profundidade”, “promover contato - tração” e “direcionar equipamento”, obtiveram uma avaliação negativa em relação ao desempenho e, portanto, foram submetidas ao processo de geração de novas alternativas.

O processo de geração de soluções utilizou técnicas de criatividade, tais como, a técnica de associação livre, a técnica do catálogo e a técnica chamada “Brainstorming”, além de organizar as soluções geradas para cada função na matriz morfológica, possibilitando a rápida combinação destas soluções na formulação de alternativas de concepção para a semeadora SAP-02.

Para garantir a compatibilidade entre as soluções geradas, as alternativas foram avaliadas unindo as funções que não sofreram mudanças, com as funções para as quais foram geradas soluções. A tabela 3.7 apresenta as combinações geradas a partir da matriz morfológica.

Após a formulação das alternativas, procedeu-se sua avaliação, tomando como base dois tipos de critérios. Em primeiro lugar, as alternativas foram avaliadas em relação à satisfação das necessidades dos consumidores. Como pode-se visualizar na tabela 3.8, as necessidades, que não permitiram estabelecer a diferenciação entre as soluções, não foram utilizadas. As alternativas foram confrontadas com a alternativa 01, tomada como referência, a qual representa a concepção utilizada no protótipo SAP-01. Cada alternativa foi classificada através da seguinte pontuação:

- +3, quando o critério é atendido de modo imensamente superior à referência;
- +2, quando o critério é muito melhor atendido que na referência;
- +1, quando o critério é melhor atendido que na referência;
- M, quando o critério é atendido do mesmo modo que na referência;
- -1, quando o critério não é tão bem atendido quanto na referência;
- -2, quando o critério é muito pior atendido que na referência;
- -3, quando o critério é imensamente pior atendido que na referência.

Para se chegar ao resultado, o peso de cada critério foi multiplicado pela pontuação alocada para cada alternativa, fazendo-se então, para cada alternativa, o somatório destas multiplicações.

Tabela 3.7 - Combinações geradas a partir da Matriz Morfológica.

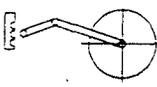
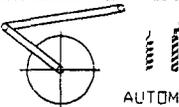
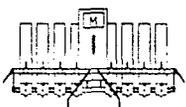
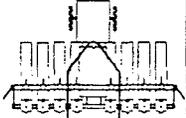
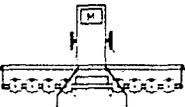
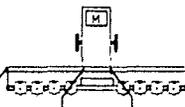
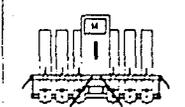
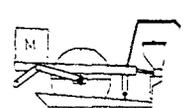
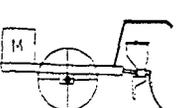
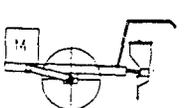
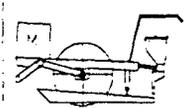
FUNCOES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5
DOSAR SEMENTES	DOSAGEM MECANICA COM ROTOR 8 LINHAS	DOSAGEM MECANICA COM ROTOR 6 LINHAS			
GERAR MOVIMENTO	MOTOR COMBUSTAO INTERNA GASOLINA	A PARTIR DE TRATOR DE RABICA	MOTOR COMBUSTAO INTERNA GASOLINA	MOTOR COMBUSTAO INTERNA GASOLINA	MOTOR COMBUSTAO INTERNA GASOLINA
TRANSMITIR MOVIMENTO	CORREIA + POLIA CORRENTE + RODA-DENTADA	CORREIA + POLIA CORRENTE + RODA-DENTADA			
PROMOVER CONTATO	01 RODA DE TRACAO FORA DA QUADRA: 02 RODA DE APOIO	02 RODA DE TRACAO FORA DA QUADRA: 01 RODA DE APOIO	02 RODA DE TRACAO FORA DA QUADRA: 01 RODA DE APOIO	02 RODA DE TRACAO FORA DA QUADRA: 01 RODA DE APOIO	01 RODA DE TRACAO FORA DA QUADRA: 02 RODA DE APOIO
REGULAR PROFUNDIDADE		SEM REGULAGEM	SEM REGULAGEM	 AUTOM	 MANUAL
SUSTENTAR EQUIPAMENTO	08 FLUTUADORES	08 FLUTUADORES	02 HASTES DE SUSTENTACAO	SEM FLUTUADORES	06 FLUTUADORES
DIRECIONAR EQUIPAMENTO	FORCA DO OPERADOR	CONTROLE DE TRACAO	CONTROLE DE TRACAO	CONTROLE DE TRACAO	GIRO DOS FLUTUADORES
FORNECER ORIENTACAO	MARCACAO DE LINHAS	MARCACAO DE LINHAS	MARCACAO DE LINHAS	MARCACAO DE LINHAS	MARCACAO DE LINHAS
COMANDAR EQUIPAMENTO	COMANDO MECANICO	COMANDO MECANICO	COMANDO MECANICO	COMANDO MECANICO	COMANDO MECANICO
ESTRUTURAR EQUIPAMENTO					
					

Tabela 3.7 - Combinações geradas a partir da Matriz Morfológica - cont.

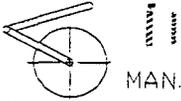
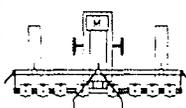
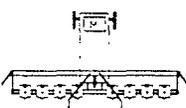
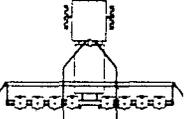
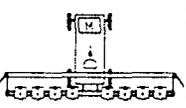
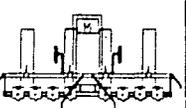
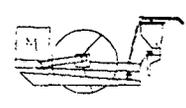
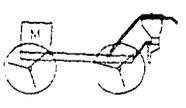
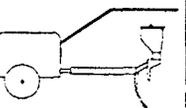
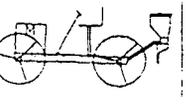
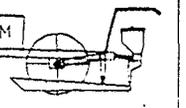
FUNCOES	ALTERNATIVA 6	ALTERNATIVA 7	ALTERNATIVA 8	ALTERNATIVA 9	ALTERNATIVA 10
DOSAR SEMENTES	DOSAGEM MECANICA COM ROTOR 8 LINHAS	DOSAGEM MECANICA COM ROTOR 8 LINHAS	DOSAGEM MECANICA COM ROTOR 8 LINHAS	DOSAGEM MECANICA COM ROTOR 8 LINHAS	DOSAGEM MECANICA COM ROTOR 8 LINHAS
GERAR MOVIMENTO	MOTOR COMBUSTAO INTERNA GASOLINA	MOTOR COMBUSTAO INTERNA GASOLINA	A PARTIR DE TRATOR DE RABICA	MOTOR COMBUSTAO INTERNA GASOLINA	MOTOR COMBUSTAO INTERNA GASOLINA
TRANSMITIR MOVIMENTO	CORREIA + POLIA CORRENTE + RODA- DENTADA	CORREIA + POLIA CORRENTE + RODA- DENTADA	CORREIA + POLIA CORRENTE + RODA- DENTADA	CORREIA + POLIA CORRENTE + RODA- DENTADA	CORREIA + POLIA CORRENTE + RODA- DENTADA
PROMOVER CONTATO	02 RODA DE TRACAO FORA DA QUADRA- 01 RODA DE APOIO	02 RODA DE TRACAO 01 RODA DE APOIO	02 RODA DE TRACAO FORA DA QUADRA- 01 RODA DE APOIO	02 RODA DE TRACAO 02 RODA DE APOIO	02 RODA DE TRACAO FORA DA QUADRA- 01 RODA DE APOIO
REGULAR PROFUNDIDADE	 MAN.	SEM REGULAGEM	COM 02 HASTES DE SUSTENTACAO (MANUAL)	SEM REGULAGEM	 MAN.
SUSTENTAR EQUIPAMENTO	03 FLUTUADORES	SEM FLUTUADORES	SEM FLUTUADORES	SEM FLUTUADORES	04 FLUTUADORES
DIRECIONAR EQUIPAMENTO	CONTROLE DE TRACAO	CONTROLE TRACAO + GIRO RODA DE APOIO	CONTROLE DE TRACAO	CONTROLE TRACAO + GIRO RODAS DIANT	GIRO DAS RODAS + GIRO DOS FLUTUAD
FORNECER ORIENTACAO	MARCACAD DE LINHAS	MARCACAD DE LINHAS	MARCACAD DE LINHAS	MARCACAD DE LINHAS	MARCACAD DE LINHAS
COMANDAR EQUIPAMENTO	COMANDO MECANICO	COMANDO MECANICO	COMANDO MECANICO	COMANDO MECANICO	COMANDO MECANICO
ESTRUTURAR					
EQUIPAMENTO					

Tabela 3. 8 - Avaliação das alternativas / Necessidades dos consumidores

Necessidades dos Consumidores	P E S O	SOLUÇÕES ALTERNATIVAS									
		A L T. 01	A L T. 02	A L T. 03	A L T. 04	A L T. 05	A L T. 06	A L T. 07	A L T. 08	A L T. 09	A L T. 10
Tração adequada	4,84	R	+1	+2	+2	+1	+2	+2	+1	+2	+2
Não afundamento	4,71	E	-1	-2	-3	M	-1	-2	-1	-2	-1
Semeadura em linhas		F	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Preservação das Sementes		E	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Adaptar-se a profundidade	4,24	R	+1	+1	+1	+3	+2	+1	+1	+1	+2
Resistência ao trabalho		Ê	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Segurança		N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Velocidade de deslocamento		C	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Manobrabilidade	3,07	I	+3	+3	+1	+1	+3	+1	+2	+2	+2
Não falhar		A	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ultrapassar obstáculos	3,04		+1	+2	+2	-1	+1	+3	+1	+1	+1
Espaçam. médio adequado		R	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Desconexão c/ deslocamento		E	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Não embuchamento		F	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Rigidez adequada	2,81	E	+1	+2	+2	+1	+2	+2	+2	+3	+1
Manter direção	2,68	R	+2	+1	+1	+2	+2	+1	+1	+3	+2
Deslocam. fora da quadra	2,52	Ê	+3	+2	+2	+1	+2	+2	+3	+2	+2
Não entup. / dutos / descarga	2,52	N	-1	-2	-3	M	-1	-2	-2	-3	-1
Produtividade alta	2,37	C	M	M	M	-1	M	M	M	M	M
Comandos adequados		I	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Não acúmulo de lama	2,26	A	-3	+2	+2	M	-1	+1	-2	+1	+1
Dimensões ergonômicas			*	*	*	*	*	*	*	*	*
Adequ. ao ambiente de trab.		R	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Baixo custo	1,61	E	-3	M	M	-1	-1	M	-2	+1	+1
Uniformidade no espaçam.	1,17	F	-	-1	-2	M	-1	-1	-	-1	-1
Transporte e Armazenagem	0,55	E	-	+2	+2	+1	+1	+1	-	-1	+1
TOTAL			-	32,54	23,9	24,82	28,57	32,77	-	23,34	33,35

* Itens que não permitem uma diferenciação entre as alternativas

As alternativas 2 (dois) e 8 (oito), as quais representam concepções adaptadas para a utilização do trator de rabiças, foram deixadas de lado a partir da avaliação em relação ao custo. Chegou-se a conclusão de que, apesar da grande utilização do trator de rabiça por parte dos produtores de arroz, existe também uma grande parte de agricultores que utilizam um trator maior para o preparo das quadras para o cultivo do arroz irrigado. Para esse tipo de agricultor, não seria viável a compra de um trator de rabiça para fazer simplesmente a semeadura, ao passo que a compra de uma semeadora auto propelida seria aceitável, em função dos benefícios alcançados.

A partir dos resultados da avaliação em relação às necessidades dos consumidores, foram selecionadas as quatro alternativas melhor pontuadas, já que

pôde-se diferenciar estas com uma pontuação razoavelmente maior que as demais. As alternativas selecionadas foram:

- 1º. Alternativa 10: 33,5 pts;
- 2º. Alternativa 07: 32,77 pts;
- 3º. Alternativa 03: 32,54 pts;
- 4º. Alternativa 06: 28,57 pts;

O segundo critério investigado, foi a adequação das alternativas 06, 07, 10 e 03 em relação às funções de suporte. Da mesma forma que com as necessidades dos consumidores, as funções que não serviram para a comparação foram deixadas de lado. Também, a mesma pontuação foi utilizada para classificar as funções em relação a referência, desta vez, a alternativa 03, por ser a primeira na sequência. Assim, a tabela 3.9 apresenta a avaliação das alternativas selecionadas em relação ao segundo critério.

Tabela 3. 9 - Avaliação das alternativas / Funções de suporte

Funções de Suporte	P E S O	SOLUÇÕES ALTERNATIVAS			
		A	A	A	A
		L T. 03	L T. 06	L T. 07	L T. 10
1. Auxiliar deslocamento	1,65	R	-1	-1	-1
2. Compactar equipamento	1,31	E	+1	-1	-1
3. Minimizar peso / desgaste	3,01	F	-1	M	-1
4. Prover proteç./evitar lama	2,61	E	-1	-1	-1
5. Resistir ao impacto	1,76	R	+1	M	+1
6. Minimizar vibração	2,12	Ê	+1	-1	+1
7. Enrijecer Equipamento	2,74	N	-1	-1	-1
8. Estilizar / organiz. distrib.	0,06	C	+2	-2	+1
9. Estabilizar equipamento	3,49	I	+2	-1	+1
10. Facilitar o deslocamento	2,07	A	-1	+2	-1
11. Evitar dispersão	2,76		M	-1	M
TOTAL			0,21	-12,7	-5,9

O resultado da segunda avaliação apresentou as alternativas 03 (três) e 06 (seis) a frente com pontuações muito próximas, seguidas pelas alternativas 10 (dez) e 07 (sete) um pouco mais afastadas.

Ao avaliar-se os dois tipos de critérios, percebe-se que as necessidades dos consumidores diferem basicamente das funções de suporte pelo fato de que elas

foram estabelecidas a partir do desempenho apresentado pelo protótipo SAP-01. Isto é, o levantamento feito para estabelecer as necessidades, buscou informações junto a pessoas que já haviam tido contato com a semeadora SAP-01, produzindo como respostas as necessidades de melhoria apresentadas por este protótipo. Por outro lado, as funções de suporte não apresentam este compromisso com os resultados da SAP-01, pelo fato de serem adequadas a lógica como? / porque? do diagrama FAST, o que, de certa forma, garante uma maneira mais completa de visualizar o problema. Assim, considera-se que as funções de suporte utilizadas na avaliação garantem a preservação de aspectos que se mostraram positivos nos testes realizados e que, por este motivo, não foram valorizados nas necessidades dos consumidores.

Um exemplo destes aspectos é a função de suporte "estabilizar o equipamento". Esta função não se apresenta como uma necessidade dos consumidores, principalmente porque, sob este aspecto, a semeadora SAP-01 se apresentou bastante adequada. Contudo, esta função é classificada em sétimo lugar, sendo a primeira função de suporte.

Observando-se uma comparação feita entre as duas alternativas melhor classificadas sob o critério das funções de suporte, figura 3.3, verifica-se que é justamente no aspecto "estabilizar equipamento", critério 09, que a solução alternativa 06 (seis) apresenta um desempenho muito superior, justificando a sua escolha para solução conceitual a ser desenvolvida no projeto preliminar.

A alternativa três, tomada como referência, não tem uma pontuação estabelecida, sendo tomado o seu somatório como igual a zero. Como ela está entre as duas alternativas melhor classificadas, a figura 3.3 apresenta o diagrama para a identificação de pontos fracos, avaliando a alternativa 06 em comparação com a alternativa referência 03. Isto é, nos critérios onde a alternativa 06 obteve pior desempenho do que a referência, foi marcada no lado direito a barra correspondente ao peso do critério multiplicado pela pontuação obtida pela alternativa 06. O mesmo aconteceu no caso da pontuação ser positiva, ficando, então, a barra marcada no lado esquerdo. O peso relativo do critério é representado pela espessura da barra.

Assim, a solução conceitual adotada, representada graficamente na figura 3.4, constitui-se dos seguintes subsistemas: tração com duas rodas tratoras (4), regulagem de profundidade manual aproximada do operador pela barra (2), sustentação com três flutuadores (3) e direcionamento por controle de tração, além da estrutura propriamente dita (6), os quais foram inovados nesta versão da semeadora. Além disso, permaneceram com o mesmo princípio utilizado na SAP-01 os sistemas: dosagem (1), elevado em relação à estrutura; comando (5); geração de movimento (7); transmissão; e orientação.

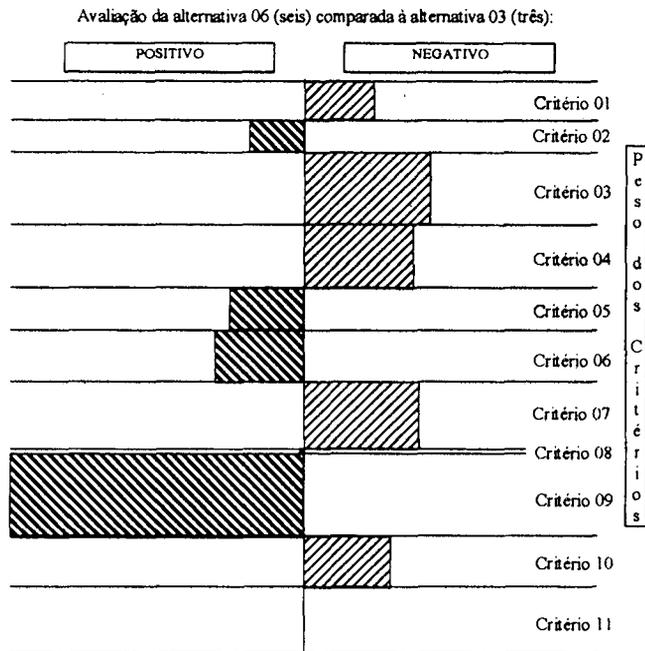


Figura 3. 3 - Representação gráfica da avaliação da alternativa 06 (seis) em comparação com a alternativa 03 (três), sob o critério das funções de suporte.

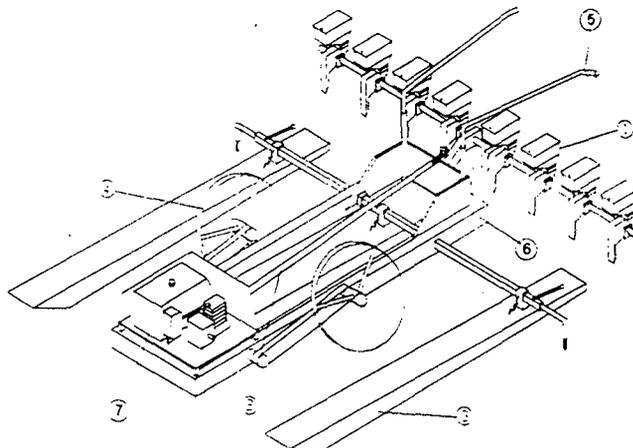


Figura 3. 4 - Vista em perspectiva da concepção escolhida.

CAPÍTULO IV

PROJETO PRELIMINAR

4.1 Introdução

Uma vez determinada a solução conceitual, partiu-se para o desenvolvimento preliminar da semeadora SAP-02, analisando os aspectos principais a serem estudados.

Para determinar a sequência de estudo dos subsistemas no projeto preliminar, deve-se visualizar o compromisso existente entre estes no processo de fabricação e o tempo necessário para o seu desenvolvimento. Assim, a partir desta visão estratégica, estabeleceu-se que os subsistemas primeiramente abordados seriam estrutura, transmissão, regulação de profundidade e controle de tração. Seguindo este mesmo pensamento, subsistemas como o de tração no contato propriamente dito com o solo e sustentação seriam abordados futuramente, com a profundidade desta abordagem dependendo do tempo disponível.

.2 Análise inicial

Numa primeira reflexão sobre os vários subsistemas da máquina, verifica-se a necessidade de definir, antes de tudo, grandezas como o diâmetro das rodas, sua faixa de atuação e o afastamento entre elas.

Assim, a partir das especificações de projeto de produto, tem-se que a velocidade de deslocamento na operação deve ser de 2.400 m/h e que a rotação de trabalho está em torno de 3000 rpm. Baseando-se nestes valores, no primeiro protótipo estabeleceu-se um raio de 315 mm para a roda de tração. Este valor será alterado para 340 mm para que não ocorra a submersão do eixo da roda, uma vez que foi tomado um maior valor de profundidade máxima, que passa de 150 para 300 mm. Desta forma, garante-se o contato das rodas com o fundo mais firme do solo, aspecto que mostrou-se deficiente no primeiro protótipo SAP-01.

O afastamento entre as rodas foi estabelecido em função das linhas semeadas (figura 4.1).

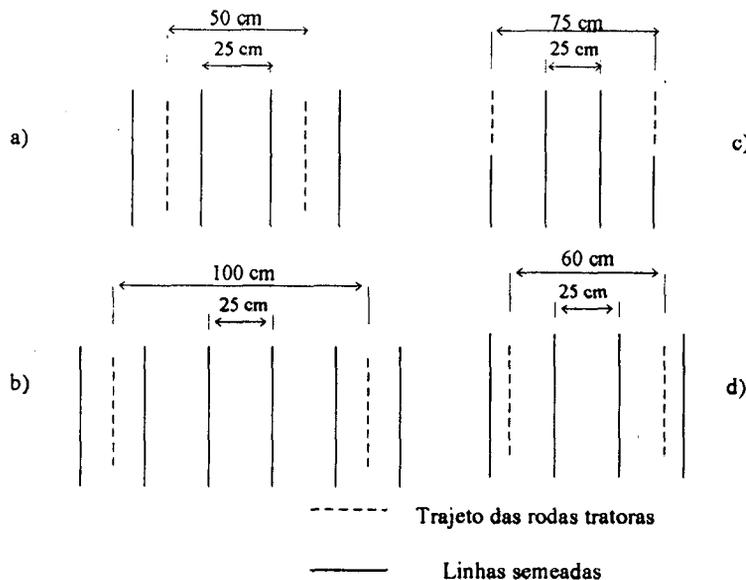


Figura 4. 1- Opções para afastamento entre as rodas tratoras.

O afastamento entre as linhas ficou fixado em 25 cm por ser a distância mais apropriada, tanto para permitir o trânsito nas entrelinhas, quanto para manter a produtividade. Nesta determinação, primeiramente cogitou-se em deixar o espaçamento central para o deslocamento do operador, posicionando as rodas nos centros dos espaçamentos adjacentes (figura 4.1 - a). Como a distância entre as rodas seria de 50 cm, o que julgou-se demasiadamente próximas, sugeriu-se deixar três espaçamentos entre as rodas tratoras, resultando uma distância entre rodas de 100 cm (Figura 4.1 - b). Considerando também esta distância inadequada, por ser excessiva, ponderou-se a possibilidade de posicionar as rodas sobre as trajetórias das linhas (Figura 4.1 - c), deixando também três espaçamentos entre as rodas. A distância de 75 cm entre as rodas, resultante desta hipótese foi, mais uma vez, considerada exagerada, principalmente em relação ao aspecto estético. Por fim, optou-se por descentralizar o posicionamento das rodas, na primeira opção (Figura 4.1 - d), resultando uma distância entre rodas de 60 cm.

4.3 Sistema estrutural

A função estruturar equipamento é a segunda função mais importante na classificação de funções. Além desta função, estão ligadas à estrutura ("chassis")

funções como enrijecer o equipamento, compactar equipamento e possibilitar interface. Especificamente a função enrijecer equipamento tem um desempenho 66% negativo, além de ser a quarta função de suporte mais importante. Outra função de suporte importante - a segunda mais importante - relacionada com a estrutura, é a função minimizar peso, a qual teve um desempenho satisfatório no protótipo SAP-01 e não deve ser descuidada na versão SAP-02.

O projeto da nova estrutura começou com a distribuição dos subsistemas definida na fase anterior. Esta distribuição foi representada de modo a permitir uma visualização das distâncias nas três direções envolvidas. As vistas superior e lateral da distribuição dos subconjuntos são apresentadas na figura 4.2. Nela estão representadas os subconjuntos: rabiça (1), dosadores (2), rodas (3), braços das rodas (4), flutuadores (5) e regulador de profundidade (6).

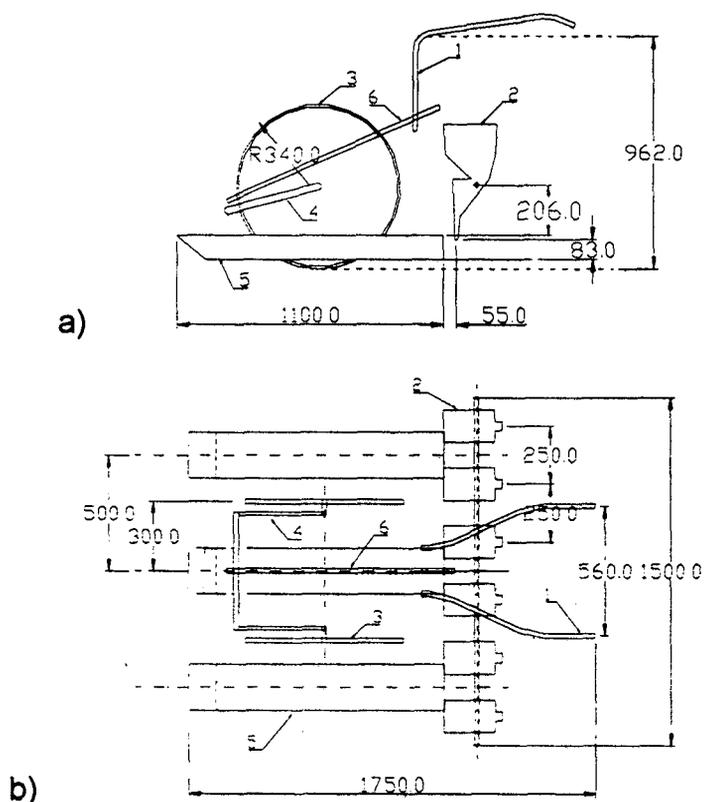


Figura 4. 2 - Distribuição dos subsistemas - a) lateral vista e b) vista superior.

A partir dessa distribuição, determinou-se um desenho para a nova estrutura, visando aumentar a rigidez do equipamento. Esta primeira variação da estrutura já buscou uma característica mais espacial do que a apresentada pela máquina

anterior, como pode ser visto na figura 4.3. Além disso, pode-se visualizar nesta figura, que apresenta as vistas lateral, superior e em perspectiva da estrutura, a preocupação em torná-la mais larga de modo a diminuir o comprimento dos braços em balanço. Verifica-se ainda a utilização de dois pontos de apoio para sustentar os flutuadores, com a preocupação de que as hastes de apoio, por seu número e inclinação, suportem forças em direções variadas.

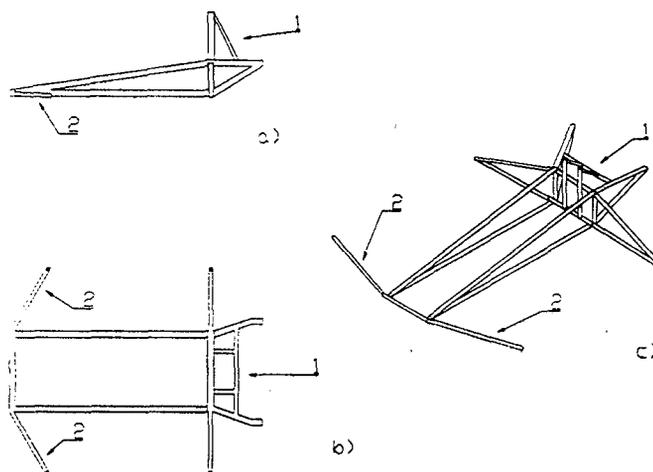


Figura 4. 3 - Desenho inicial da nova estrutura - a) vista lateral, b) vista superior e c) vista em perspectiva.

Um dos problemas percebidos nesta primeira versão da nova estrutura foi a dificuldade em obter-se o apoio necessário da rabiça. Esta exigia uma estrutura de reforço (1) deslocada devido a sua posição central na parte posterior da estrutura. Além disso, havia necessidade de possibilitar o movimento de rotação dos depósitos de semente, o que era dificultado pela presença desta estrutura de reforço. Em segundo lugar, percebeu-se uma baixa resistência das barras dianteiras de apoio dos flutuadores (2) à ação de forças verticais.

O sistema de transmissão deveria ser suportado pela estrutura e, para melhor projetá-la, havia a necessidade de estabelecer antecipadamente como seria este sistema. Assim, primeiramente determinou-se a organização da transmissão para, então, dar prosseguimento ao desenho da estrutura. A descrição do desenvolvimento do sistema de transmissão será apresentada no próximo item.

O desenho modificado da estrutura é apresentado na figura 4.4. Além de permitir a presença da transmissão, já a essa altura determinada, este novo desenho se caracteriza por melhorar os aspectos levantados anteriormente. Assim,

a rabiça está, nesta versão, melhor apoiada pela elevação do ponto superior de interseção dos tubos da estrutura (1). Foi, ainda, agregada uma haste frontal de sustentação do flutuador (2), aumentando a rigidez também neste ponto.

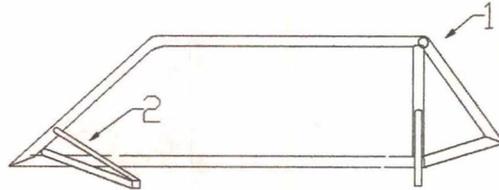


Figura 4. 4 - Evolução do desenho da estrutura - vista lateral.

Neste momento do projeto, optou-se por construir um modelo “Mokup”, em tamanho reduzido, de forma a ter-se uma visualização mais concreta do aspecto da estrutura. Como material para a confecção deste modelo, escolheu-se fios condutores de eletricidade de 5 mm e 3 mm de diâmetro, utilizando soldagem a estanho como forma de união. Observou-se através do “Mokup”, que a estrutura não permitia a inclusão do motor no lugar que havia sido previsto, uma vez que este continha uma largura maior do que a da estrutura.

A partir da constatação do problema com o motor, modificou-se a geometria da estrutura para admitir a integração deste. A solução utilizada é apresentada na figura 4.5, onde vê-se que os tubos superiores da estrutura foram curvados um pouco antes e os tubos inferiores foram prolongados, permitindo assim fácil acesso ao motor, sem perder a rigidez alcançada na versão anterior.

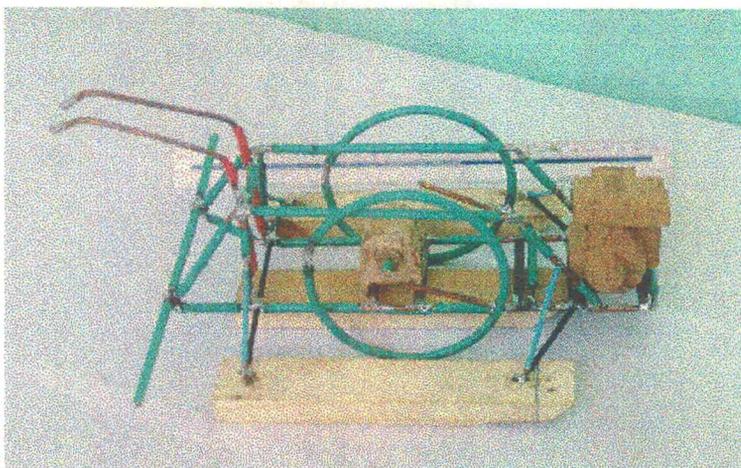


Figura 4. 5 - “Mockup” final da estrutura.

4.4 Sistema de transmissão

Para a definição da estrutura, foi necessária a determinação prévia do sistema de transmissão. Este sistema deve, basicamente, realizar a mesma tarefa desempenhada na semeadora SAP-01. Ou seja, reduzir a rotação do motor, transmitindo-a, no mesmo sentido, para as rodas e para o sistema de dosagem. Os valores das rotações foram, contudo, um pouco alterados, em vista da modificação do diâmetro das rodas, para não ocorrer o afundamento dos seus eixos. Este fator, aliado a verificação de que, apesar de ter apresentado um desempenho positivo na semeadora SAP-01, este sistema poderia ser simplificado, facilitando a fabricação da máquina, incentivou a busca por alternativas de soluções para este sistema.

A utilização de um redutor simplificaria grandemente o sistema de transmissão. Verificou-se que a utilização de tal redutor com até 20 kg seria bastante aceitável. Assim sendo, partiu-se para a seleção deste.

Inicialmente, observou-se a existência de um pequeno redutor com relação de transmissão $i=2,23$, já instalado na saída do motor. Em consequência disto, a rotação disponível no eixo é de 1345 rpm, considerando-se a do motor igual a 3000 rpm. Esta rotação, deve ainda ser reduzida para 40 rpm no sistema de dosagem e 20 rpm na roda tratora.

Além de verificar a relação de velocidades, deve-se determinar o momento torçor necessário na saída do redutor. O momento torçor de acionamento é calculado pela fórmula:

$$M_a = 9550 \times \frac{P_a}{n_2} \quad (4.1)$$

onde P_a é a potência de acionamento em kW e $n_2 = 40$ rpm é a rotação na saída do redutor. A potência P_a é obtida multiplicando-se a velocidade de deslocamento em m/s, pela força de tração necessária. Esta força é $F_t = 900$ N e foi tomada com base nos valores determinados no projeto do primeiro protótipo. Como o número de flutuadores diminuirá no novo protótipo e a parcela da carga relativa ao arraste dos flutuadores na lama é extremamente expressiva em relação aos outros

componentes, aproximadamente 80 %, tomou-se o mesmo valor da força de tração, em compensação a um aumento no peso do novo equipamento.

Assim,

$$P_a = 900 \times 0,7 = 630 \text{ W} = 0,63 \text{ KW} \quad (4.2)$$

resultando num momento torçor $M_a=150,4 \text{ Nm}$.

Considerando-se o tipo de aplicação - carga média até dez horas de trabalho, com o fator de serviço de 1,25, o momento torçor equivalente é dado por:

$$M_e = 1,25 \times 150,4 = 188 \text{ Nm} \quad (4.3)$$

Na pesquisa realizada em vários catálogos de fabricantes, o redutor que mais ajusta-se a este momento torçor equivalente e, que contém um peso dentro do valor esperado (20 kg) é um redutor de engrenagens helicoidais com redução de 25 para 1. Este redutor, possui eixos paralelos, com entrada e saída em linha, uma em cada lado do redutor, sendo que os sentidos de rotação podem ser opostos ou não, dependendo da necessidade. O redutor escolhido é de marca Cestari coaxial, referência 020301 NN B3.

Com esta redução, necessita-se uma velocidade na entrada do redutor igual a 1000 rpm, a qual é obtida reduzindo-se a velocidade disponível de 1,35 para 1. Assim, como apresenta esquematicamente a figura 4.6, a velocidade na saída do redutor é de 40 rpm, a qual é reduzida de 2 para 1 para as rodas tratoras, e mantida no mesmo valor para o eixo dos dosadores.

A tabela 4.1 apresenta os componentes do sistema de transmissão, seus diâmetros e as relações de transmissão.

Tabela 4. 1- Relações de transmissão da semeadora SAP-02.

Componente 1	Ø 1	i	Componente 2	Ø 2
motor	-	2,23	polia 01	71,6 mm
polia 01	71,6 mm	1,34	polia 02	96 mm
reductor entrada	-	25	reductor saída	-
roda dent. 03	75 mm	2	roda dent. 05	150 mm
rodas dent. 06	75 mm	1	rodas dent. 07	75 mm
roda dent. 04	75 mm	1	rodas dent. 08, 09 e 10	75 mm

Esta tabela está relacionada à figura 4.7, onde é apresentada uma vista superior do sistema de transmissão e sua distribuição na estrutura.

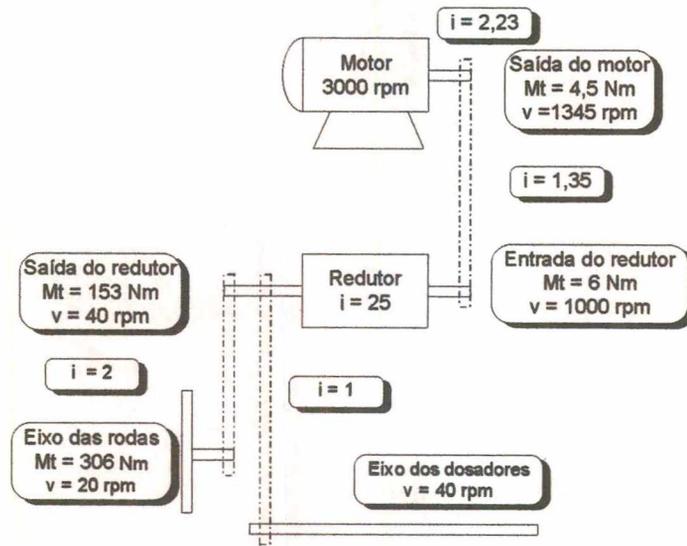


Figura 4. 6 - Esquema de redução gradual utilizando redutor a engrenagens helicoidais.

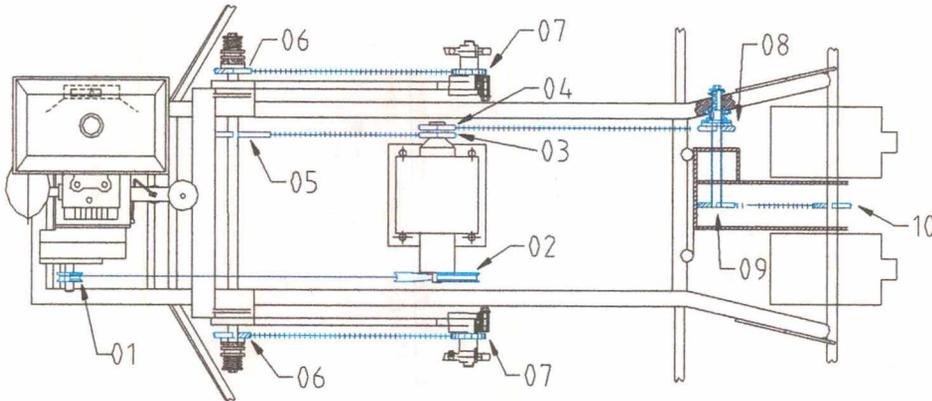


Figura 4. 7 - Distribuição do sistema de transmissão.

4.5 Dimensionamento dos eixos

Definidas, no item anterior, as relações do sistema de transmissão e, conseqüentemente, os diâmetros de seus componentes, as forças e os torques envolvidos, partiu-se para o dimensionamento dos eixos. Os valores aqui obtidos permitirão detalhar todos os componentes relacionados a estas peças. Assim,

descreve-se a partir de agora, o dimensionamento dos eixos das rodas e do eixo principal.

4.5.1 Eixos das rodas

A figura 4.8 ilustra as forças e os momentos aplicados aos eixos das rodas. O momento torçor $M_t=170 \text{ Nm}$ é obtido multiplicando-se a carga de tração em cada roda, de 500 N , pelo raio desta, igual a $0,34 \text{ m}$.

A força horizontal $F_z=500 \text{ N}$ é a própria força de tração na roda, e a força vertical $F_y=750 \text{ N}$ é metade do peso máximo estipulado para o equipamento. A força na roda dentada $F_{rd}=6800 \text{ N}$, considera o braço na posição horizontal.

A partir desses valores, calcula-se as forças de reação e os momentos fletores no apoio do eixo $R_{apy} = -750 \text{ N}$, $R_{apz} = 6300 \text{ N}$, $M_{apy} = -45 \text{ Nm}$ e $M_{apz} = 174 \text{ Nm}$.

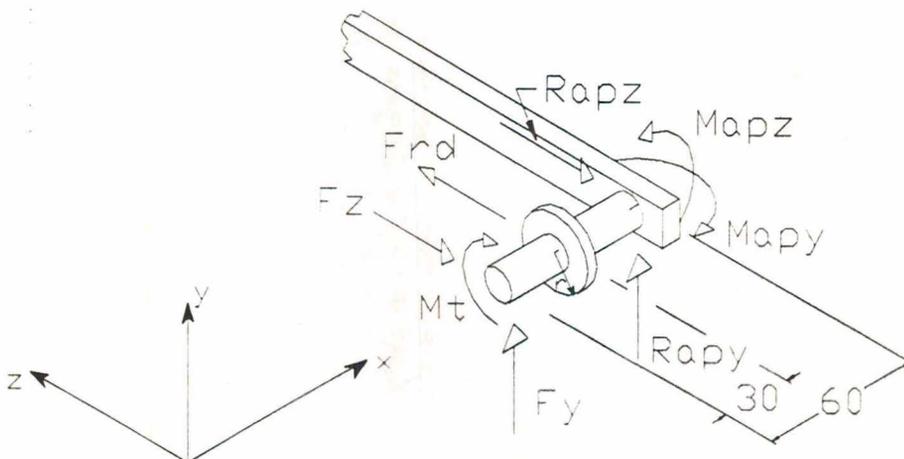


Figura 4. 8 - Modelo das forças envolvidas nos eixos das rodas.

Após esboçar os diagramas de esforços cisalhantes, momentos fletores e momentos torçores, nos planos vertical e horizontal, determina-se a seção crítica através da equação [10]

$$S_{\text{crit}} = \left(\sqrt{M_v^2 + M_h^2 + T^2} \right)_{\text{max}} \quad (4.4)$$

resultando a seção próxima a roda como sendo a seção crítica, com momento no plano vertical $M_v=174 \text{ Nm}$, momento no plano horizontal $M_h=45 \text{ Nm}$ e momento torçor $T=0 \text{ Nm}$.

Finalmente, calcula-se o diâmetro dos eixos das rodas pela tensão máxima cisalhante [10],

$$D^3 = \frac{16}{\pi \times \tau_{adm}} \left[(k_{s \times T})^2 + (k_m \times M)^2 \right]^{1/2}, \quad (4.5)$$

onde $k_s=1,5$ e $k_m=2,0$ são, respectivamente, os fatores numéricos combinados devido ao choque e à fadiga para serem aplicados ao momento de torção calculado e ao momento de flexão calculado. O momento de flexão utilizado na fórmula é a combinação dos momentos nos planos vertical e horizontal e a tensão de cisalhamento admissível é $\tau_{adm}=56 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. O resultado desta expressão leva ao diâmetro $D=32\text{mm}$.

Uma vez que no eixo principal, como será visto a seguir, utilizou-se um material com uma tensão admissível $\tau_{adm}=1020 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, optou-se por utilizá-lo também no eixo das rodas, uma vez que este material permite que o diâmetro deste seja $D=25\text{mm}$. Isto facilita a alocação dos componente restantes deste eixo.

4.5.2 Eixo principal

A figura 4.9 (a) apresenta o modelo das forças horizontais contidas no eixo principal e as distâncias entre os componentes ligados ao eixo, em milímetros.

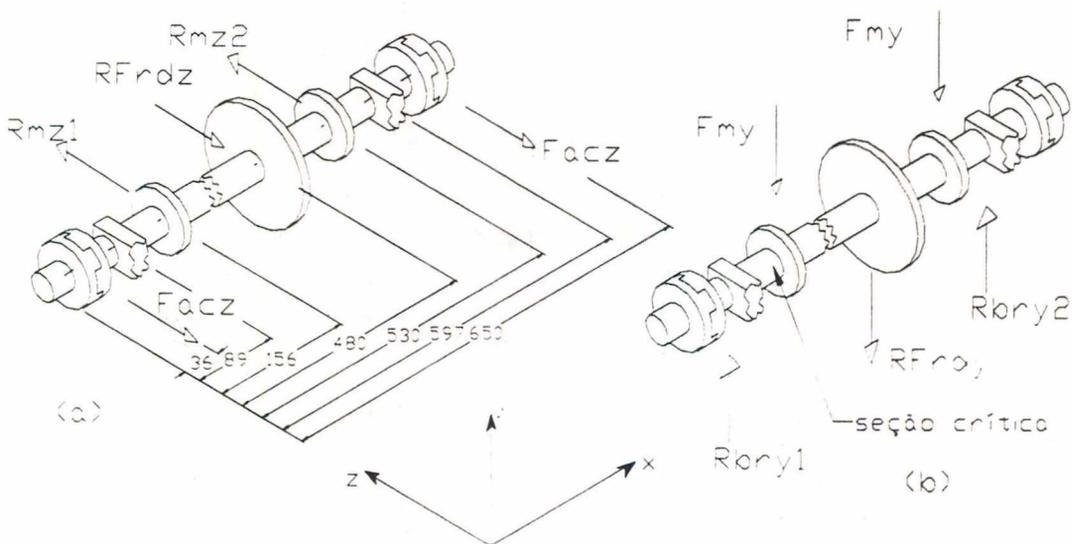


Figura 4.9 - Modelo das forças envolvidas no eixo principal.

O torque que chega a este eixo em cada acoplamento é o mesmo que sai do eixo de cada roda $T=170$ Nm, devido a relação de transmissão $i=1$. O diâmetro do acoplamento do eixo principal é $D_{ac}=39$ mm e o diâmetro da roda dentada é $D_{rd}=142$ mm. Assim, os valores das forças atuantes no eixo principal, no plano horizontal, são: forças nos acoplamentos $F_{acz}=6800$ N; reação da força na roda dentada $R_{Frdz}=2334$ N e reações nos mancais $R_{mz1}=7112$ N e $R_{mz2}=8820$ N.

No plano vertical, figura 4.9 (b), os valores são: forças nos mancais $F_{my}=750$ N; reação da força na roda dentada no sentido do eixo y $R_{Frdy}=330$ N e as reações nos braços das rodas $R_{bry1}=820$ N e $R_{bry2}=1004$ N.

Novamente, foram esboçados, para este eixo, os diagramas de esforços cisalhantes, momentos fletores e momentos torçores. Destes gráficos, foram escolhidas as seções candidatas à seção crítica, e avaliadas em função da combinação de forças em cada uma. A seção crítica é a seção à esquerda do mancal 1, indicada na figura 4.9 (b), com o valor máximo dos momentos combinados igual a 611 Nm.

Baseando-se novamente na teoria da tensão de cisalhamento máxima [10], empregada no dimensionamento dos eixos das rodas, chegou-se a um valor para o diâmetro do eixo principal $D=48$ mm. Este valor considera a utilização de um aço comercial de tensão admissível $\tau_{adm}=56 \times 10^6$ N/m², indicado pela norma americana para projeto de árvores de transmissão.

Em função do pouco espaço disponível e da restrição em relação ao peso do equipamento, julgou-se este valor demasiado para o diâmetro do eixo, uma vez que os componentes ligados a ele teriam igualmente dimensões exageradas. Assim, buscou-se qual seria o valor da tensão para que o diâmetro ficasse em $D=30$ mm, o que seria um valor aceitável para a alocação de mancais e outros componentes. A tensão admissível resultou $\tau_{adm}=227 \times 10^6$ N/m² e, multiplicando-se por um fator de segurança $n=2,5$, chegou-se a tensão de escoamento $\tau_e=567,5 \times 10^6$ N/m². O material disponível no mercado local que mais se aproximou deste valor foi o aço cromo níquel ABNT 8640, que apresenta a tensão de escoamento $\tau_e=1020 \times 10^6$ N/m².

4.6 Sistema de direcionamento por controle de tração

Em decorrência da utilização de duas rodas, julgou-se necessário o emprego de um sistema mecânico para controlar a tração nestas. O efeito do controle de tração é a manobra do equipamento, pelo giro deste em torno de uma das rodas desengatada, enquanto a outra continua sendo tracionada.

O direcionamento da máquina foi considerado com desempenho bastante negativo (71,9% - tabela 3.5), na avaliação feita em relação à primeira máquina. Contudo, com a modificação do número de rodas, depara-se com um novo problema no projeto, o qual não havia sido testado no protótipo anterior.

O sistema de controle de tração consiste de conjuntos de acoplamento, ligados nas extremidades do eixo principal, como mostra o desenho da figura 4.10. Estes conjuntos incluem, basicamente, um elemento de engate fixado por uma chave (01) e outro solto em relação à rotação do eixo (02), além de uma mola (03) que fica forçando o engate entre os dois elementos. Para realizar o desengate, existe um elemento acionador que faz o primeiro elemento de engate correr sobre a chave contra a força da mola.

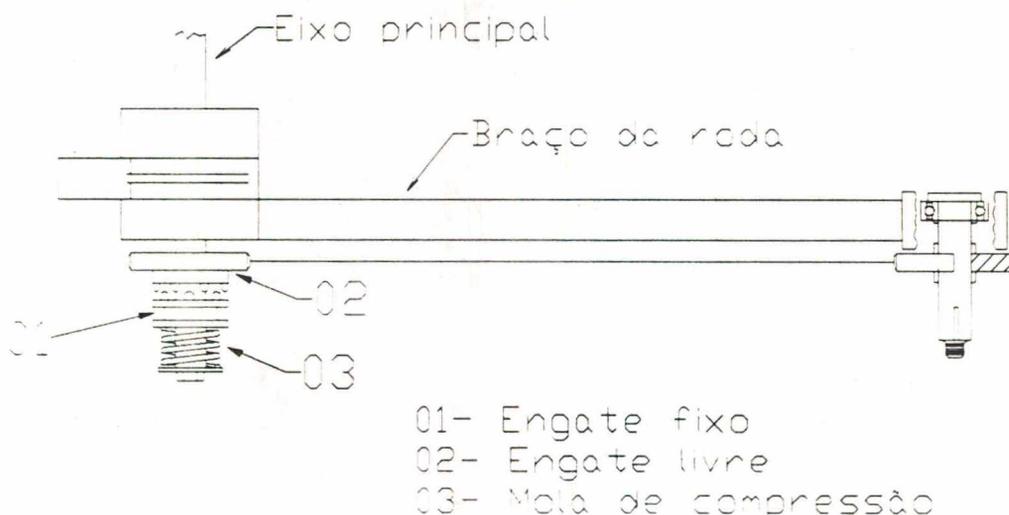


Figura 4. 10 - Esboço do sistema mecânico de controle de tração.

Na estimativa das forças envolvidas, foi considerado o momento torçor atuante no acoplamento devido a carga estimada para tracionar o equipamento $T=170$ Nm. Com este valor e o raio médio aproximado de engate $r=17,25$ mm,

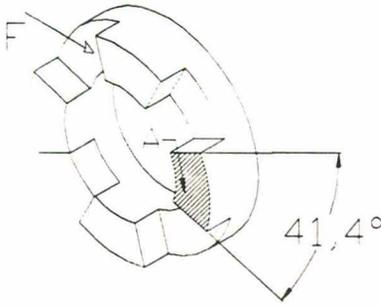


Figura 4. 11 - Esquema preliminar dos dentes dos acoplamentos.

determinou-se a força que atuaria nos dentes do acoplamento $F=9855$ N. A figura 4.11 apresenta um esquema preliminar dos dentes dos acoplamentos de controle de tração. A área (A) de cada dente do acoplamento, que equivale a um ângulo de $41,4^\circ$, tem 3116 mm². Fazendo-se o cálculo da tensão cisalhante $\tau=3,16$ N/mm², verificou-se que as dimensões inicialmente

estipuladas para os dentes do acoplamento são bastante seguras para suportar as forças envolvidas, uma vez que a tensão de cisalhamento admissível é em torno de $\tau_{adm}=56$ N/mm².

Além dos componentes do acoplamento propriamente dito, deve-se verificar o dimensionamento da mola que força o acoplamento. O diâmetro desta mola é de aproximadamente 50 mm. Considerando-se a força mínima de acionamento de 50 N, quando a mola estiver na posição acoplada, e a força máxima de 65 N, quando ela estiver 10 mm mais comprimida do que na posição anterior - posição desacoplada -, obtém-se a constante de mola $k=1,5$ N/mm para o presente caso.

A constante de mola também pode ser obtida relacionado-se o tipo de material, as dimensões da mola e o número de espiras pela fórmula [23]:

$$k = \frac{G \times d^4}{8 \times D^3 \times N}, \quad (4.6)$$

onde G é o módulo de elasticidade ao cisalhamento, d é o diâmetro do arame, D é o diâmetro médio da mola e N é o número de espiras.

Utilizando esta expressão, faz-se uma busca pelos melhores valores combinados de N e d. Para um diâmetro de arame $d=3,5$ mm, encontra-se um número de espiras $N=8$.

Finalmente, em função do diâmetro do arame, do espaço disponível e das deformações necessárias, obtém-se o comprimento livre da mola igual a 78,3 mm, o seu passo $p=8,9$ e o ângulo de hélice $\alpha=3,2^\circ$.

Sistemas deste tipo, apesar de atuar com a ocorrência de um determinado choque, tem sua eficácia comprovada, uma vez que são utilizados em grande escala em máquinas agrícolas, como por exemplo nos tratores de rabiça. Além disso, será utilizado com uma rotação muito baixa, aproximadamente 20 rpm, o que facilita ainda mais o seu aproveitamento.

4.7 Sistema de regulagem de profundidade

A função básica "regular profundidade" obteve, a exemplo do direcionamento, uma avaliação bastante negativa em relação ao seu desempenho pela semeadora SAP-01.

Como principais mudanças no sistema de regulagem da profundidade, além da adaptação à existência de duas rodas e do sistema de controle de tração, transferiu-se o acionamento da regulagem para uma região próxima à rabiça e, conseqüentemente, mais facilmente alcançada pelo operador.

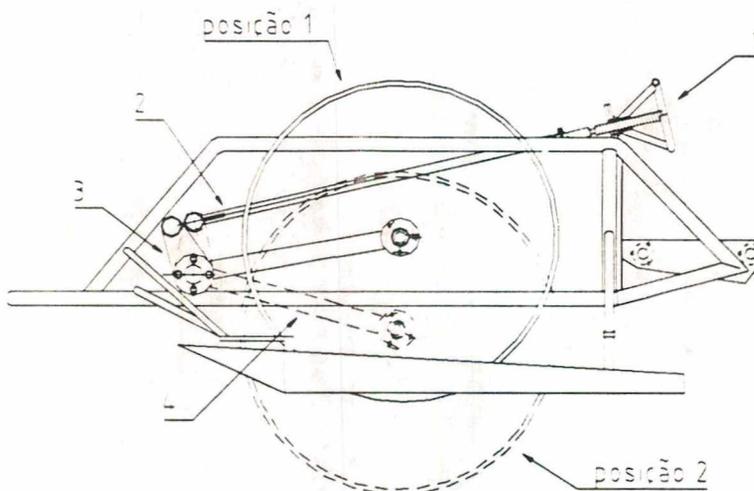


Figura 4. 12 - Esquema de funcionamento do sistema de controle de profundidade.

Estas mudanças resultaram no mecanismo apresentado esquematicamente na figura 4.12, onde as rodas se deslocam da posição 1, de mínima profundidade - aproximadamente 40 mm, para a posição 2, de máxima profundidade - aproximadamente 300 mm. Este deslocamento ocorre pela ação de um volante (01), que, girando sobre um fuso, permite o deslocamento da haste de sustentação (02).

Esta haste está tracionada pelo peso da máquina agindo no par de alavancas, que gira em torno do eixo principal, formado pelo braço de regulagem (03) e pelo braço da roda (04).

Observando-se na figura 4.13, onde aparece uma vista em perspectiva do sistema de regulagem de profundidade, pode-se notar que a haste (D) está ligada a um tubo transversal (C), que por sua vez une os braços de regulagem (B). Para possibilitar o deslocamento no sentido longitudinal da haste (D) - sentido da força F_3 , a união entre o tubo (C) e os braços (B) permite um giro relativo, que pode ser representado pelo ângulo α de deslocamento da haste.

Esta figura apresenta também as forças atuantes no sistema que compreende os braços das rodas (A), os braços de regulagem (B), o tubo transversal (C), e a haste de sustentação (D). Com base neste modelo, foram estimados os esforços de flexão, no tubo transversal (C), e de tração na haste (D).

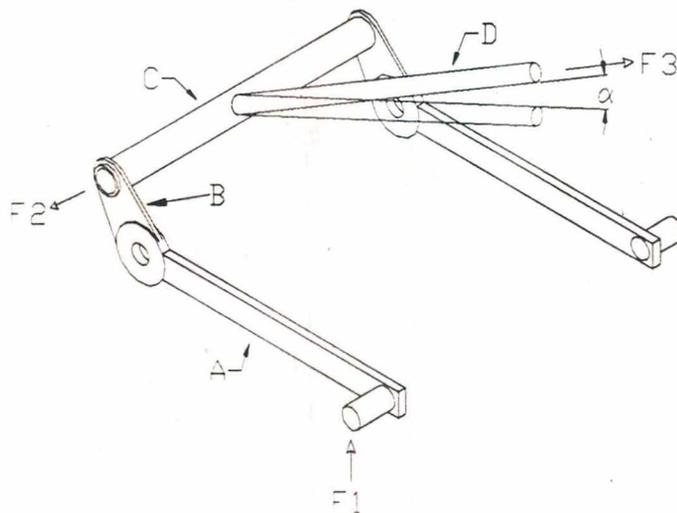


Figura 4. 13 - Vista em perspectiva com as forças atuantes no sistema de regulagem da profundidade.

Considerando-se a força $F_1=750$ N, a metade do peso projetado da máquina e os comprimentos do braço igual a 402 mm e da alavanca igual a 110 mm, obtém-se $F_2=2738$ N. A força $F_3=5476$ N é alcançada somando-se as forças F_2 aplicadas às duas alavancas.

Para a determinação do módulo de flexão necessário à seção do tubo transversal (C) para a carga utilizada, utilizou-se a seguinte equação:

$$W_f = \frac{M_{fmax}}{\sigma_{fadm}} = \frac{F_3 \times \lambda}{4 \times \sigma_{fadm}}, \quad (4.7)$$

onde $\lambda=420$ mm é o comprimento da travessa (C). Dividindo-se a tensão de ruptura $\sigma_r=432$ N/mm², pelo coeficiente de segurança $n= 2,5$, obtém-se a tensão de flexão admissível $\sigma_{fadm}=172,8$ N/mm². Assim, o módulo de flexão necessário ficou em $W_f=3330$ mm³.

O perfil que melhor se adequou a esta necessidade foi o tubo circular vazado de $\varnothing_{ext}=42,5$ mm e $\varnothing_{int}=35,95$ mm, o qual apresenta um módulo resistente à flexão de $W_f=3600$ mm³.

Para a haste de sustentação (D), foi considerado uma tração de 5475 N. Utilizando um aço com tensão admissível à tração $\sigma_{tadm}=65$ N/mm², resultou numa área de seção necessária para suportar o esforço igual a 84 mm². O tubo escolhido apresenta $\varnothing_{ext}=21,25$ mm e $\varnothing_{int}=15,75$ mm, tendo uma área da seção de 125 mm².

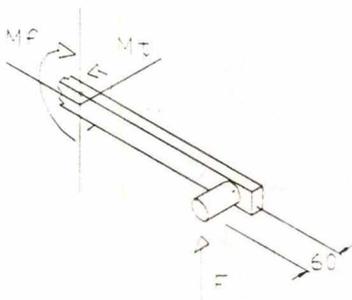


Figura 4. 14 - Modelo das forças envolvidas nos braços das rodas.

Foram ainda dimensionados os braços das rodas a partir do modelo da figura 4.14. Considerando a força que atua no eixo da roda $F=750$ N, o comprimento do eixo da roda $l_{er}=60$ mm e comprimento do braço da roda $l_{br}=354$ mm, tem-se o momento fletor $M_f=265500$ N.mm e o momento torçor $M_t=45000$ N.mm.

Para resistir a esses esforços combinados determinou-se que os braços das rodas fossem feitos de uma barra de aço 1020 de 38 mm de altura e 12,7 mm de largura.

Os braços de regulagem (B), figura 4.13, foram projetados com espessura de 6 mm, por ser um material disponível, ergonômica e esteticamente adequado e por permitir o seu corte com os meios disponíveis, além de facilitar a soldagem. Com uma verificação dos esforços presentes, constatou-se uma segurança considerável para este componente.

Finalmente, foram calculadas a resistência e a força de acionamento do fuso utilizado no referido sistema. A figura 4.15 apresenta um modelo das forças

envolvidas, sendo a carga total sobre a rosca $Q=5475$ N, o passo da rosca $t=6,5$ mm e o ângulo beta $\beta=3,12^\circ$.

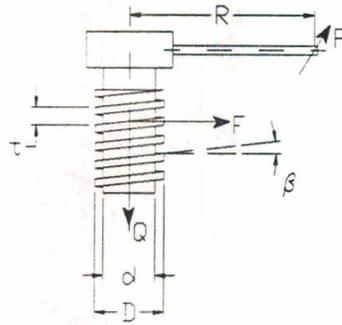


Figura 4. 15 - Modelamento das forças envolvidas no fuso da regulagem de profundidade.

Na pior situação, ou seja, no início do movimento e subindo na rosca, obtemos a força F , utilizando a equação

$$F = Q \times \operatorname{tg}(\beta + \rho), \quad (4.8)$$

onde $\rho=5,38^\circ$ é o ângulo de atrito. Assim, a força F resulta igual a 1167 N.

Para obter a força necessária ao operador para acionar este comando de regulagem de profundidade, utiliza-se a relação

$$Mt = F \times r_m = P \times R, \quad (4.9)$$

a qual resulta numa força de atuação do operador $P=111$ N, considerando um braço de alavanca $R=100$ mm. Este resultado é considerado bastante aceitável, levando-se em conta o relativamente pequeno número de vezes que este comando será acionado.

Em relação ao dimensionamento, determinou-se o diâmetro interno da rosca 'd', necessário para suportar a carga total 'Q', através da expressão

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times \tau_{adm}}} = \sqrt{\frac{4 \times 5475}{3,14 \times 6,5}} \rightarrow d \cong 10 \text{ mm} \quad (4.10)$$

Este valor é bem inferior ao valor do fuso utilizado onde $d=19$ mm. Foi constatado, ainda, que a altura de porca 'H' resiste ao esforço existente neste componente.

4.7.1 Sistema de suspensão

Juntamente com as modificações descritas no item 4.6, imaginou-se adaptar à regulagem de profundidade, um sistema de suspensão com dois objetivos básicos. Primeiramente, visou-se compensar os prováveis desníveis transversais da máquina, devido a presença de duas rodas, o que causaria um desnível na dosagem, podendo inclusive ocorrer o afundamento dos dosadores. Além disso, o sistema de suspensão suavizaria o transporte fora de quadra, absorvendo os choques provenientes do contato das rodas de tração com o solo firme.

A adaptação desta suspensão resultaria dois tipos de regulagem: uma, descrita anteriormente, sendo comandada pelo operador através de um sistema que regula as duas rodas simultaneamente, e outra, independente, exercida por molas do sistema de suspensão. Para esta segunda regulagem, cogitou-se a utilização de molas de torção posicionadas entre os braços de sustentação das rodas de tração e os braços de regulagem, impedindo o movimento relativo entre eles.

Como este sistema de suspensão se apresenta relativamente complexo, aumentando os custos, e não é indispensável ao funcionamento da máquina, foi prevista sua adaptação futura, na posição acima mencionada, pela utilização de parafusos na união dos braços das rodas e dos braços de regulagem.

4.8 Sistemas reaproveitados da SAP-01

Uma das características do reprojeto é a possibilidade de reaproveitamento de sistemas, subsistemas e componentes utilizados no projeto original. Foi buscando manter os aspectos positivos, além de promover uma racionalização em termos de tempo e custos, que preservaram-se os sistemas de dosagem, sustentação, tração, comando e marcação de linhas. Tais sistemas não foram necessariamente aproveitados de maneira integral, havendo um esforço equilibrado no sentido de adequar os sistemas novos aos antigos, tanto quanto de adaptar os antigos aos novos, de forma que o resultado fosse o mais sensato possível. A seguir será descrito cada um dos sistemas mencionados, esclarecendo os fatores que envolveram seu reaproveitamento.

4.8.1 Sistema de dosagem

Particularmente, o sistema de dosagem foi um grande responsável na obtenção da condição de protótipo promissor, adquirido pela semeadora SAP-01.

Assim sendo, buscou-se preservar este sistema o máximo possível. A figura 4.16 apresenta a forma de adaptação do sistema de dosagem utilizada na semeadora SAP-02. A estrutura de conexão existente no sistema de dosagem (01) foi adaptada a nova estrutura (02) utilizando os tubos para a inserção das rabiças (03), além da barra de sustentação do sistema de regulagem de profundidade.

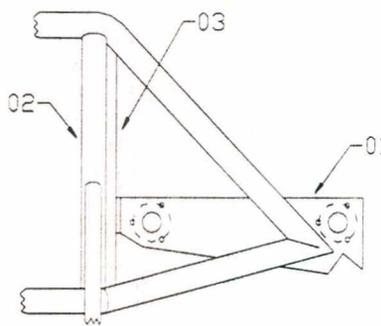


Figura 4. 16 - Adaptação da nova estrutura à união com o sistema de dosagem.

Os componentes da carcaça dos dosadores que estavam danificados, foram recuperados com resina e fibra de vidro. Embora a fibra de vidro não tenha se mostrado como o material mais adequado para as partes de menor dimensão como as carcaças dos dosadores, ela se caracteriza pela facilidade de manejo e reparo, justificando sua manutenção.

Para garantir a melhoria da rigidez no sistema de dosagem, foi diminuído o número de 8 para 6 linhas de semeadura. Esta decisão foi tomada após a definição da concepção a ser utilizada.

Além disso, a embreagem dos dosadores também foi reutilizada. Alguns componentes, como o eixo intermediário de transmissão para os dosadores, tiveram que ser fabricados novamente, em decorrência da transferência deste subsistema do eixo principal para este eixo intermediário. A transferência da embreagem dos dosadores para o eixo intermediário e a utilização da mesma estrutura de conexão dos dosadores permitiu adaptar, de modo bastante simples, o sistema de transmissão como mostra a vista superior, apresentada a seguir.

Na figura, 4.17, vê-se a embreagem dos dosadores (01) adaptada ao eixo de transmissão para os dosadores, o qual está apoiado na estrutura original de conexão dos dosadores (02). Além disso, percebe-se a fixação da barra de suporte dos dosadores (03) à nova estrutura. Vale ressaltar a utilização dos tubos de suporte da rabiça (04) como ponto de ancoragem da estrutura de conexão dos dosadores (02).

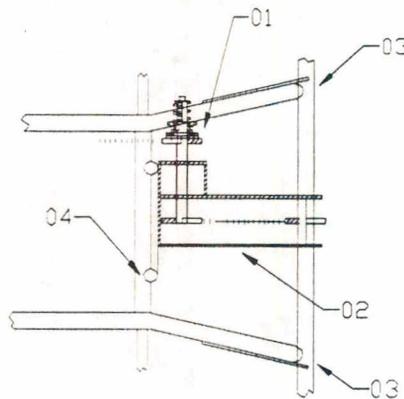


Figura 4. 17 - Vista superior da transmissão para os dosadores.

4.8.2 Sistema de sustentação

Na semeadora SAP-01, o sistema de sustentação foi projetado para suportar todo o peso da máquina, no caso de uma situação de emergência, em que a profundidade da quadra é maior do que a normalmente utilizada. Na discussão desenvolvida para o novo protótipo, devido à necessidade de diminuir o número de flutuadores para comportar a utilização de duas rodas, concordou-se que tal situação de emergência não justificaria esta prevenção, por ser extremamente improvável. Assim sendo, o sistema de sustentação da semeadora SAP-02 foi projetado para suportar aproximadamente 60% do peso da máquina com o objetivo de estabilizar o sistema de dosagem.

Desta forma, o sistema de sustentação foi basicamente diminuído em relação ao utilizado na versão anterior da semeadora. Considerando-se a disponibilidade dos flutuadores antigos e seu bom desempenho, excetuando seu problema de fixação, optou-se pela adaptação destes flutuadores antigos. Primeiramente, providenciou-se o alargamento dos flutuadores, já que esta foi a forma encontrada para possibilitar a diminuição de seu número. Para tanto escolheu-se por realizar um corte longitudinal nos flutuadores existentes, para posteriormente, com a ajuda

de chapas de aço e rebites, que os mantiveram fixados par a par, uni-los utilizando fibra de vidro e resina.

Além disso, ancoraram-se novos pontos de apoio para os braços de sustentação da estrutura, uma vez que estes foram modificados em número (02) e posição. A princípio, não será permitido o movimento relativo entre os pontos de apoio dos flutuadores, de forma a verificar real necessidade deste movimento.

Na alocação das hastes de fixação dos flutuadores, determinou-se a distância vertical entre a base dos flutuadores e a base da estrutura. Esta distância deve ser grande o suficiente para não haver o acúmulo de lama em componentes como o motor e o redutor, e, ao mesmo tempo, deve ser pequena o suficiente para garantir a facilidade de manobras da máquina, com um centro de gravidade baixo. A figura 4.18 mostra uma vista lateral com a distância entre os flutuadores e a estrutura, aproximadamente 180 mm.

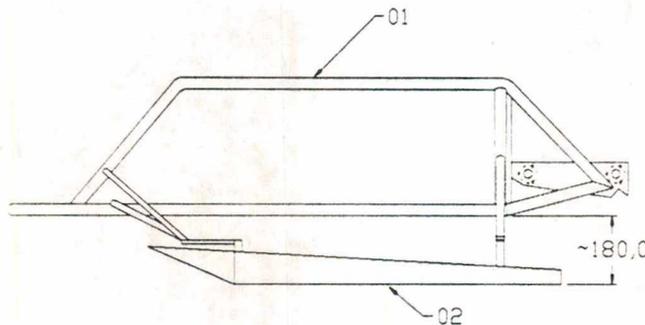


Figura 4. 18 - Posição dos flutuadores em relação à estrutura.

A princípio, a utilização destes flutuadores antigos resulta em flutuadores mais curtos do que os considerados ideais para a força de sustentação projetada. Contudo, para efeito de testes do protótipo, se apresenta com tamanho bastante aceitável.

4.8.3 Sistema de tração

Apesar de modificar-se o número de pontos de contato com o solo, o princípio de tração pode ser considerado o mesmo - tração por rodas.

Com a modificação do diâmetro das rodas, já mencionada anteriormente, e, com o aumento de seu número, será necessária a confecção de dois componentes

novos. O desenho das rodas também ficou um pouco modificado, de acordo com o espaço disponível, além do aumento do número de placas soldadas ao aro de forma que sua distribuição ficasse adequada.

Como pode ser visto na figura 4.19, as placas (2) fixadas ao aro (4) foram deslocadas para o lado, de modo que um dos lados da roda segue a linha do aro (A). Também o número de raios (3) e plaquetas (1) foi aumentado em relação à roda do equipamento original. Finalmente, o cubo (5) agregou-se ao eixo das rodas.

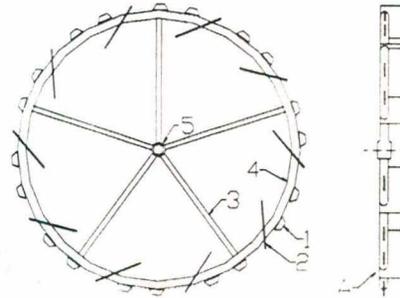


Figura 4. 19 - Roda de tração.

4.8.4 Sistema de comando

A rabiça é o principal componente do sistema de comando. A exemplo do sistema de dosagem, na definição da nova estrutura já se previa a reutilização deste componente. Outro sistema, o de regulagem da profundidade, também foi posicionado de forma a permitir a aproveitamento da mesma rabiça utilizada anteriormente. Desta forma, o reaproveitamento do sistema de comando se tornou bastante simplificado.

Com o desenvolvimento do sistema de controle da tração, e com a alteração do posicionamento da embreagem dos dosadores, foi necessário aumentar o número de alavancas de comando, alterando também a sua organização de acordo com a frequência de utilização. Além disso, fabricou-se novas hastes de acionamento e terminais para os novos cabos utilizados.

4.8.5 Outros sistemas reaproveitados

Além dos sistemas anteriormente descritos, o sistema de marcação de linhas também foi reutilizado. Para que isto fosse possível, seu sistema de fixação foi modificado, de modo que este sistema ficasse agregado às extremidades da barra de suporte dos dosadores. A maneira de acionamento dos marcadores de linha foi

mantida, posicionando-o em alavancas de acionamentos agregadas à rabiça. Será, ainda, adaptada uma mira para a orientação do operador.

Em relação às rodas de apoio, a distância entre rodas havia sido modificada num trabalho realizado no Laboratório de Projeto, após os testes do primeiro protótipo. Em decorrência de não haver informações mais detalhadas a respeito do desempenho deste sistema, optou-se por manter as rodas e verificar em teste a sua adequação ou não.

Como forma de proteção, tanto para garantia de funcionamento e preservação de componentes, como para impedir o contato de pessoas distraídas com estes, serão agregadas chapas e grades de proteção aos elementos móveis da SAP-02.

Por fim, a pintura da máquina terá os mesmos objetivos da pintura realizada por ocasião da SAP-01, ou seja, proteção ao ambiente agressivo a que a máquina é exposta, evitar reflexos das superfícies, demarcação de elementos móveis ou perigosos e facilitar a identificação visual. Além disso, serão mantidas as mesmas cores como forma de ligação com a máquina anterior representando uma continuidade do trabalho.

4.9 Estimativa do centro de gravidade

Foi realizado também um estudo para a determinação do centro de gravidade horizontal do novo protótipo. Nas decisões de projeto, procurou-se tornar o C.G. vertical o mais baixo possível.

Primeiramente, foram identificadas as posições dos centros de gravidade de todos os componentes no plano horizontal. Estas posições foram tomadas em relação à origem situada no centro no sentido transversal e à frente no sentido longitudinal. A seguir, foram estabelecidas as massas de cada componente através do cálculo do volume, ou através da pesagem do componente. O centro de gravidade é calculado pela fórmula:

$$\bar{c} = \frac{\sum m_i \times r_i}{\sum m_i} \quad (4.11)$$

onde m_i é a massa de cada componente e r_i é a distância ao ponto de origem.

No Anexo F, vem apresentada uma tabela contendo os dados relacionados ao cálculo dos centros de gravidade longitudinal e transversal, além dos valores dos produtos $m_i \cdot r_i$ e dos seus totais.

Finalmente, fazendo-se o somatório das massas correspondentes para os centros de massa transversal e longitudinal, pode-se chegar às posições \bar{x} e \bar{y} .

$$\bar{x} = \frac{\sum m_i \times x_i}{\sum m_i} = \frac{1280,2 \text{ kg} \times \text{mm}}{44,8 \text{ kg}} \rightarrow \bar{x} = 28,6 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum m_i \times \bar{y}_i}{\sum m_i} = \frac{104332,0 \text{ kg} \times \text{mm}}{117,639 \text{ kg}} \rightarrow \bar{y} = 886,9 \text{ mm}$$
(4.12)

Pode-se verificar com esse resultado, que, primeiramente, o centro de gravidade longitudinal $\bar{y} = 886,9 \text{ mm}$ está situado um pouco atrás em relação à posição do eixo das rodas $y = 870,0 \text{ mm}$, o que garante uma tendência do equipamento em cair para trás, apoiando-se sobre os flutuadores e evitando que o motor se afunde na lama. O centro de massa transversal $\bar{x} = 28,6 \text{ mm}$ está um pouco fora da sua posição ideal, que seria o centro transversal da máquina $x = 0,0 \text{ mm}$. Como o equipamento é composto por duas rodas e este ponto encontra bastante próximo ao centro, o efeito deste deslocamento será imperceptível para o operador.

Na figura 4.21, vista superior da semeadora, está representado o centro de gravidade calculado. Pela distribuição dos componentes da máquina, percebe-se que, com o deslocamento do redutor (9), pode-se modificar facilmente a posição do CG. Isto, evidentemente, constitui-se num aspecto importante na obtenção do equilíbrio da semeadora.

4.10 Aspecto final da Semeadora SAP-02

Como resultado da fase de projeto preliminar, obteve-se uma noção bem aproximada do aspecto final dos sistemas integrantes do novo protótipo. As vistas superior e lateral são apresentadas a seguir.

A numeração apresentada nas figuras 4.20 e 4.21, indica os subconjuntos:

- | | |
|--|---------------------------|
| 1. Estrutura; | 5. Dosagem; |
| 1.1. Estrutura principal; | 6. Sustentação; |
| 1.2. Estrutura de suporte dos dosadores; | 7. Comando; |
| 2. Transmissão; | 7.1. Rabiça; |
| 3. Controle de tração; | 7.2. Marcadores de linha; |
| 4. Regulagem de profundidade; | 8. Tração; |

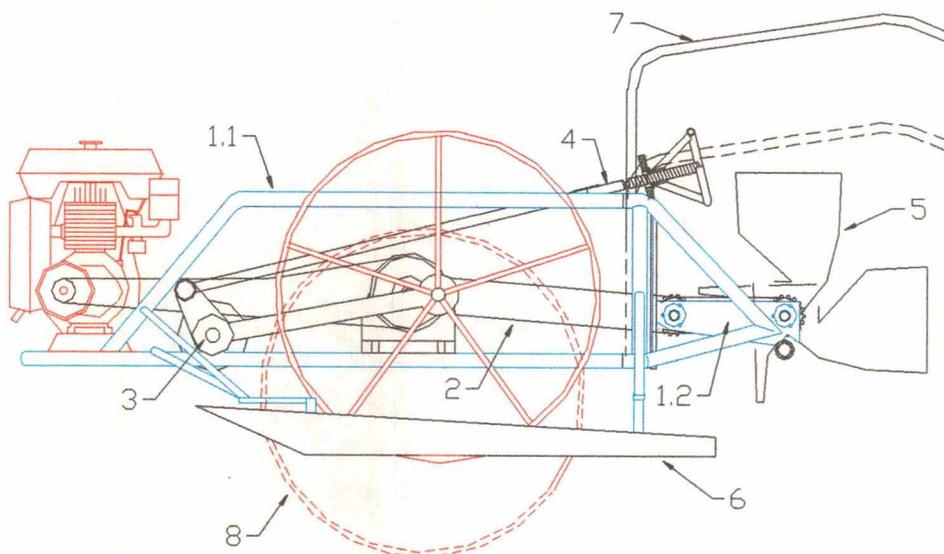


Figura 4. 20 - Vista lateral da semeadora SAP-02

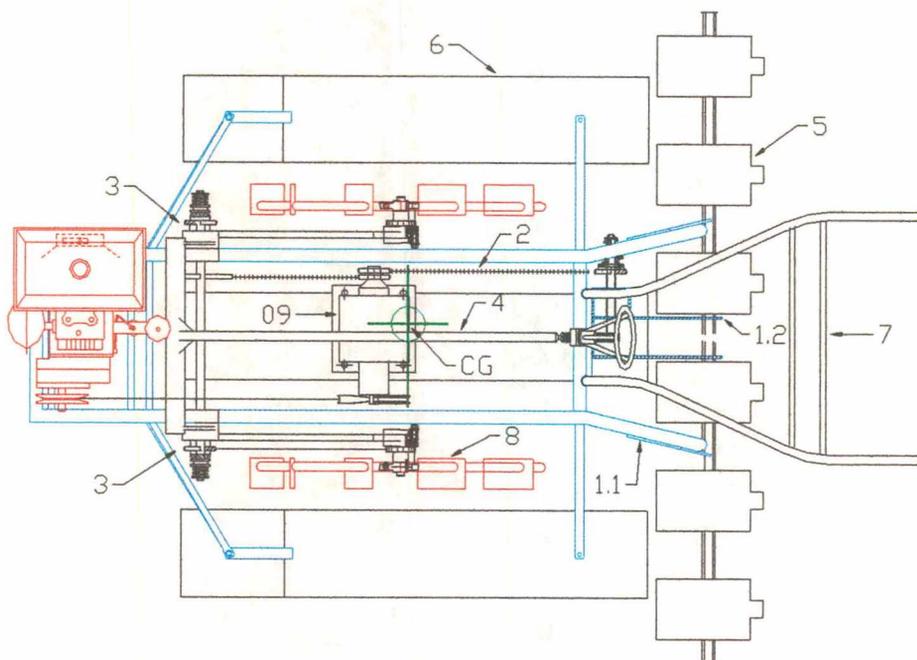


Figura 4. 21 - Vista superior da semeadora SAP-02

CAPÍTULO V

PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

5.1 Introdução

Neste capítulo serão descritos os detalhes relacionados aos conjuntos da semeadora de arroz pré-germinado SAP-02. Os aspectos valorizados nas tomadas de decisão nesta etapa do projeto, visaram a obtenção de um equipamento de baixo custo e, na necessidade de substituição de peças para manutenção, facilmente suprido pelo mercado. Da mesma forma, os processos de fabricação utilizados foram os mais acessíveis, possibilitando a construção do equipamento com a mínima infra-estrutura, sem a necessidade de processos e operações especiais.

A descrição do detalhamento da semeadora será baseada nos desenhos apresentados no Anexo G. Estes desenhos estão organizados em vistas gerais (desenhos 1 e 2), desenhos de conjuntos (de 1 a 6) e desenhos de componentes, sendo que os desenhos de componentes vem em seqüência aos respectivos desenhos de conjunto.

5.2 Vistas gerais da semeadora SAP-02 - Desenhos 1/01 e 2/01

Os desenhos 1 (vista lateral) e 2 (vista superior) descrevem o conjunto total da semeadora de arroz pré-germinado SAP-02, apresentando a distribuição dos subconjuntos: estrutura, regulagem da profundidade, eixo principal, eixos das rodas, rodas, flutuadores e embreagem do motor. Estes subconjuntos foram alterados por ocasião do reprojeto atual e aparecem, nas vistas gerais, integrados aos subconjuntos de dosagem, rabiça e embreagem dos dosadores que foram reaproveitados da concepção inicial, ou ligeiramente readaptados.

5.3 Desenho de conjunto da estrutura - Desenho n° 3/01

A estrutura foi montada com perfis tubulares redondos (conj./des. 03/01 - 1 e 2) de 33,5 mm de diâmetro externo com espessura de parede de 3 mm. Para suportar os flutuadores, foram agregados à esta estrutura principal, perfis tubulares redondos (conj./des. 03/01 - 3, 5, 6 e 7) de 16 mm de diâmetro externo com espessura de parede igual a 1,5 mm. Também foram utilizados perfis em "u" (conj./des. 03/02 - 6) com dimensões de 20x40x20 mm com 3,5 mm de espessura de parede para suportar o motor e o redutor. Por fim, foram agregados os tubos de suporte da rabiça (conj./des. 03/02 - 7), a barra de suporte do sistema de regulagem de profundidade (conj./des. 03/02 - 8) e a chapa que apoia a estrutura dos dosadores (conj./des. 03/01 - 8). Esta estrutura dos dosadores, por sua vez, foi mantida exatamente como utilizada no primeiro protótipo. Foram agregadas, ainda, à estrutura, as chapas que suportam os mancais de rolamento do eixo principal (conj./des. 03/02 - 9). A união de todos os componentes da estrutura foi feita por solda, com exceção da união entre a estrutura principal e a estrutura dos dosadores, a qual foi realizada através de dois parafusos M10.

5.4 Desenho de conjunto da regulagem de profundidade - Desenho n° 4/01

O conjunto de regulagem de profundidade é composto pelos braços das rodas (10), que foram fabricados com barras de 38 mm por 12,7 mm de espessura. Estes braços foram reforçados, após os testes preliminares, cada um com uma segunda barra de mesmas dimensões soldada à primeira. Ligados aos braços das rodas estão, em uma das extremidades, os alojamentos dos rolamentos das rodas (12). Na outra, estão os alojamentos dos rolamentos que servem de ponto de giro para a regulagem da profundidade (11). A estes alojamentos são unidos, através de parafusos M8, outros alojamentos de rolamentos que ligam-se, por sua vez, aos braços de regulagem (9) fabricados em chapas de 6 mm de espessura. Montada sobre buchas de bronze, ligando os braços de regulagem, está o tubo transversal (8), o qual tem diâmetro externo igual a 42,0 mm com 4 mm de parede. A haste de regulagem (6) está soldada ao tubo transversal e tem diâmetro externo igual a 21,25 mm e parede de 2,75 mm. A ligação entre a tubo transversal e a haste de

regulagem foi reforçada com chapas com 6 mm de espessura (7). Além disso, tubos de mesma dimensão da haste de regulagem foram soldados em diagonal entre esta haste e o tubo transversal, para diminuir a flexibilidade deste conjunto, detectada em testes preliminares. À haste de regulagem, está soldada uma luva (5) que recebe o fuso (3), fixando-o através de um parafuso M5. Finalmente, este fuso, que atravessa o furo da barra de suporte do sistema de regulagem da profundidade (2), recebe uma bucha de bronze e o volante de regulagem de profundidade (1).

5.5 Desenho de conjunto do eixo principal - Desenho n° 5/01

Ao eixo principal (01), estão montados de dentro para fora, nos dois lados do equipamento, os elementos que compõe o mancal de apoio deste eixo (13, 14), os mancais de apoio do sistema de regulagem da profundidade (06 e 07) e o sistema de acoplamento para o controle de tração (02 e 03). Cada mancal de apoio do eixo principal é composto por um rolamento rígido de uma carreira de esferas tipo 6006 zz, montado ao eixo, envolvido numa caixa (13), as quais, por sua vez, são unidas entre si e fixadas à estrutura por meio de parafusos M6. Após, são montados ao eixo, intercaladamente, três espaçadores (08, 12 e 04) e dois rolamentos rígidos de uma carreira de esferas tipo 6006 zz. Envolvendo os rolamentos e o espaçador intermediário, estão montados os alojamentos dos mancais de rolamento do conjunto de regulagem de profundidade (06 e 07). Os espaçadores posicionados mais externamente (04) são presos à estrutura por meio de parafusos. Em contato com estes espaçadores está a luva fixa dos acoplamentos (03), a qual está montada com interferência sobre uma bucha de bronze e soldada à roda dentada. Na seqüência, vem montada, no eixo, a luva móvel (02) sobre uma chaveta de 10 mm de largura e 7 mm de altura.¹

O eixo principal foi usinado em aço cromo níquel ABNT 8640 com diâmetro de 31 mm na seção mais espessa e contém dois rasgos para alojar as chavetas. As luvas de acoplamento foram usinadas em aço ABNT 1045 e as capas dos rolamentos foram usinadas em aço ABNT 1020.

¹ A alocação da mola que força o engate entre os elementos do acoplamento e o funcionamento deste mecanismo são descritos no desenho de montagem do sistema de acionamento dos acoplamentos, apresentado no item 5.9 - Desenhos complementares da SAP-02.

5.6 Desenho de conjunto dos eixos das rodas - Desenho n° 6/01

Sobre os eixos das rodas (5), estão montados os rolamentos rígidos de uma carreira de esferas tipo 6205 zz, inicialmente selecionados. (Apesar de utilizados nos testes, estes rolamentos foram selecionados incorretamente. No capítulo final, é indicada a seleção correta destes componentes). Sobre cada rolamento vem montado o alojamento do mancal de rolamento do eixo da roda (4), que faz parte do conjunto da regulagem de profundidade. Duas tampas laterais (1 e 1A) fixam-se através de parafusos M8 ao alojamento do mancal de rolamento e alojam os retentores (6) que protegem este. Um espaçador (3) afasta do rolamento, a roda dentada de 17 dentes e passo de $\frac{1}{2}$ " (7), que vai montada a seguir no eixo. Este eixo contém um rasgo que aloja uma chaveta de 56,7 mm de comprimento e seção de 10 mm de largura por 7 mm de altura. A chaveta impede a rotação relativa entre o eixo, a roda dentada e o cubo da roda (2). Finalmente, vão montados o cubo da roda e a porca M16 que prende a roda ao eixo.

O eixo da roda é usinado com o mesmo material utilizado no eixo principal, ou seja, aço cromo níquel ABNT 8640 e tem 25 mm de diâmetro no ponto onde recebe o mancal de rolamento. As tampas do rolamento são usinadas em aço ABNT 1020.

5.7 Desenho de conjunto das rodas - Desenho n° 7/01

As rodas são compostas pelo aro (4), pelos raios (3), pelo cubo (5) e pelas placas de tração (2 e 1). O aro das rodas é construído a partir de um tubo de 2136,3 mm de comprimento e 21,25 mm de diâmetro externo com espessura de parede de 2,75 mm. O diâmetro externo do aro é 680 mm. Os raios são de tubo de 16 mm de diâmetro externo e 1,5 mm de parede, sendo seu comprimento igual a 302 mm. Estes raios são em número de cinco e estão distribuídos em torno do cubo com uma defasagem de 72° . Os cubos das rodas são usinados em aço ABNT 1020 com 40 mm de diâmetro externo e 28 mm de largura. Este cubo contém, ainda, um rasgo para a chaveta descrita no conjunto dos eixos das rodas. As placas de tração são de dois tipos: as placas de tração propriamente dita, e as placas de apoio. As placas de tração tem dimensões de 120 mm de altura, 50 mm de largura e 3 mm de

espessura. Elas são soldadas perpendicularmente ao aro. As placas de apoio são feitas em chapas de mesma espessura, contendo porém, um formato trapezoidal com 37,5 mm e 20 mm de bases e 18 mm de altura. As placas vão soldadas no aro, sendo intercaladas duas placas de apoio com uma placa de tração com defasagens também descritas neste desenho. Todas as uniões dos componentes das rodas são feitas através de solda.

5.8 Desenho de conjunto dos flutuadores - Desenho n° 8/01

Os flutuadores (1), como apresentado no projeto preliminar, foram adaptados a partir dos flutuadores utilizados na primeira versão da semeadora. Portanto, os flutuadores são feitos em resina de poliéster, pré acelerada, reforçada com fibra de vidro. A emenda realizada em cada dois flutuadores originais, cortados longitudinalmente, utilizou o mesmo material dos flutuadores, sendo estes, contudo, anteriormente unidos por reforços de metal (3 e 4), fixados por rebites. Os flutuadores unidos dois a dois, foram cortados de forma que cada flutuador resultante contivesse 200 mm de largura. Foram ancorados, em cada flutuador, dois pontos de fixação (2 e 3), os quais são confeccionados com chapas de 2 mm de espessura e barras de seção igual a 4 mm de espessura e 20 mm de largura. Foram utilizados, ainda, para fazer a fixação dos flutuadores na estrutura, eixos de suporte, afastadores de nylon e contra pinos.

5.9 Desenho de conjunto da embreagem do motor - Desenho n° 9/01

A embreagem do motor utiliza, como princípio de funcionamento, a variação do posicionamento do esticador da correia. Assim, o esticador da correia é fixado à estrutura principal por um ponto central de sua haste (1), e gira em torno deste ponto segundo a ação de um cabo, fixado num parafuso (7) na extremidade oposta a extremidade em contato com a correia. A tensão do esticador sobre a correia é consequência da ação de uma mola, que está presa na extremidade da haste do esticador, próxima ao ponto de contato com a correia, e num pino fixo na estrutura. Esta mola é fabricada em aço ASTM A-229. No ponto de contato com a correia, o esticador contém uma polia (4) de 50 mm de diâmetro para correias no formato "A", que está montada numa bucha de nylon (2) e apoiada sobre um eixo de 17 mm de

diâmetro. A haste da embreagem do motor (1) é confeccionada em uma barra de aço de dimensões de 38 mm de largura, 136 mm de comprimento e 07 mm de espessura. O eixo (5), onde esta haste gira, é um parafuso M8 com 75 mm de comprimento.

5.10 Desenhos complementares da SAP-02

O conjunto do eixo dos dosadores é apresentado no desenho nº 10. Neste conjunto, somente o eixo propriamente dito foi fabricado para receber os componentes que, no protótipo anterior, se distribuíam no eixo principal e no antigo eixo dos dosadores.

O desenho 11 apresenta a montagem do sistema de acionamento da embreagem dos dosadores, juntamente com a montagem das estruturas nova e dos dosadores, em três vistas. A união das duas estruturas se dá através de parafusos M10, sendo que a estrutura nova está ligada à barra de suporte dos dosadores (6), através do suporte de fixação da barra dos dosadores (5) montado nesta barra e preso com parafuso borboleta, em uma extremidade, e aparafusada na estrutura nova na outra.

O desenho 12 mostra a montagem do sistema de acionamento dos acoplamentos. O conjunto do garfo (1, 2) é articulado no pivô de articulação (3), suportado pelo suporte do garfo (04). A alavanca de acionamento (6), que é articulada no suporte da alavanca (5), aciona a alavanca intermediária (7), ligada ao conjunto do garfo. A mola (8) vai posicionada no final do eixo principal, sendo apoiada pela arruela de encosto (9), que é presa no eixo através de parafuso. Assim, a mola força o elemento de engate, ao qual está ligada, de forma que ocorra o acoplamento.

A montagem das novas alavancas da rabiça é apresentada no desenho 13. Este conjunto é basicamente o mesmo utilizado no primeiro protótipo, sendo agregadas, somente, duas alavancas novas com suportes.

O desenho 14 mostra o marcador de linhas. Somente a adaptação realizada no suporte para a fixação deste conjunto na barra de suporte dos dosadores, foi detalhada.

De modo geral, as peças dos subconjuntos da SAP-02, não constantes dos desenhos do protótipo anterior, são detalhadas em desenhos subseqüentes.

5.11 Construção do protótipo

A partir do detalhamento da semeadora SAP-02, foram iniciados os trabalhos de construção e montagem, os quais foram centralizados nas dependências do Laboratório de Projeto, e obtiveram a colaboração dos Laboratórios de Usinagem (LABCON) e de Solda (LABSOLDA), sendo estes laboratórios vinculados ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC.

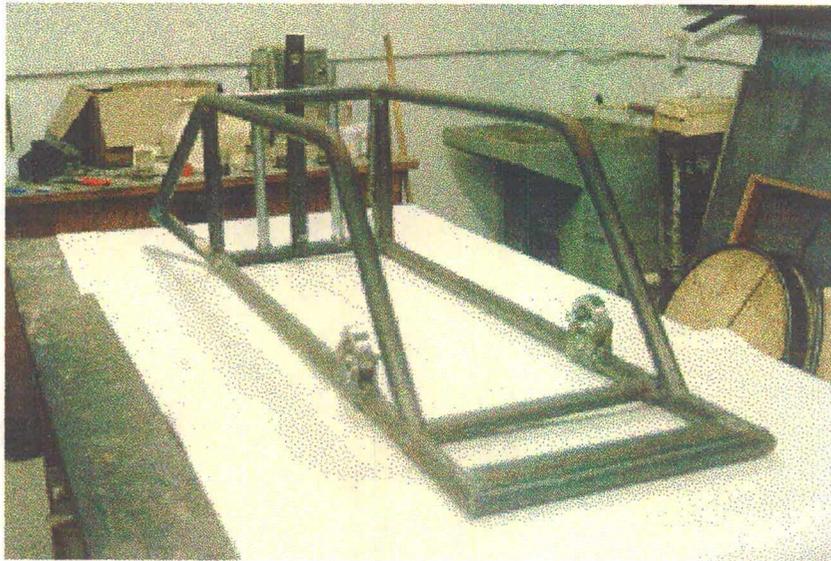


Figura 5. 1 - Estrutura principal da semeadora SAP-01.

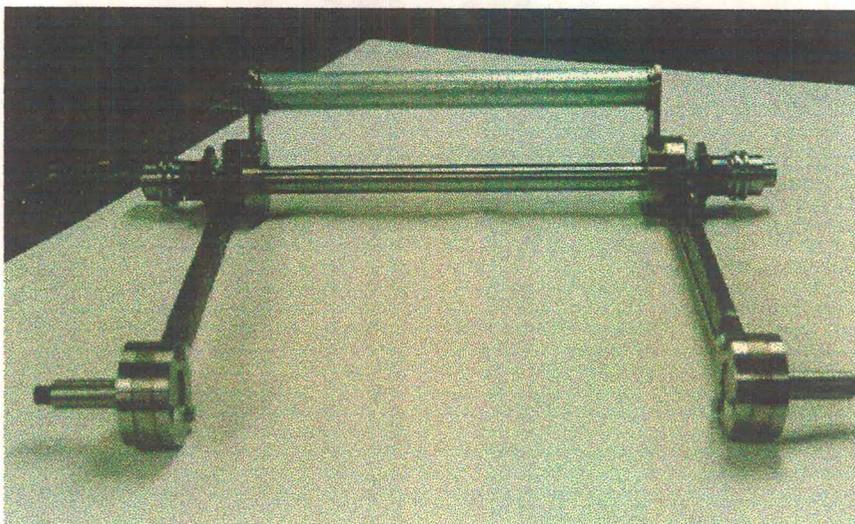


Figura 5. 2 - Sistema de regulagem da profundidade.

Primeiramente, no processo de fabricação, relacionou-se o material a adquirir e estabeleceu-se a necessidade de utilizar trabalhos realizados por terceiros. Assim, peças usinadas, as quais representavam uma carga de trabalho superior à suportada pelos equipamentos e pessoal disponíveis na universidade, no prazo necessário, foram encaminhadas ao laboratório de máquinas operatrizes da Escola Técnica Federal de Santa Catarina (ETFSC), em Florianópolis.

Paralelamente à usinagem das peças por parte da escola técnica, foi iniciada no laboratório a construção da estrutura. A figura 5.1 apresenta uma vista desta estrutura principal, a qual contém os tubos estruturais propriamente ditos, os tubos de apoio da rabiça, a haste de sustentação do sistema de regulagem da profundidade, os perfis de sustentação do motor e os macais do eixo principal.

Após a chegada das peças usinadas, fez-se a soldagem destas com os braços das rodas e com os braços de regulagem, formando o sistema de regulagem da profundidade. Estão agregados ainda a este sistema, apresentado na figura 5.2, os eixos das rodas, o eixo principal, as peças dos acoplamentos e tubo transversal.

A Figura 5.3, apresenta a montagem dos componentes do sistema de regulagem de profundidade e da estrutura principal. Somados aos componentes constantes nas figuras apresentadas anteriormente, estão aparentes nesta imagem, a haste de sustentação, o fuso de regulagem e o volante, além do anel de ligação da haste com o fuso.

Uma imagem mais detalhada dos componentes dos acoplamentos do controle de tração é apresentada na figura 5.4. Nesta figura aparecem o acoplamento fixo ajustado na bucha de bronze, o anel de bronze de proteção da chaveta e o acoplamento móvel sobre a chaveta. Pode-se visualizar ainda a montagem destes componentes no eixo principal.

A figura 5.5 apresenta as rodas tratoras em construção. Foram utilizadas para a conformação a frio dos aros, chapas circulares de madeira, as quais foram recortadas e perfuradas a fim de servir também como gabaritos da soldagem dos raios no cubo e no aro.

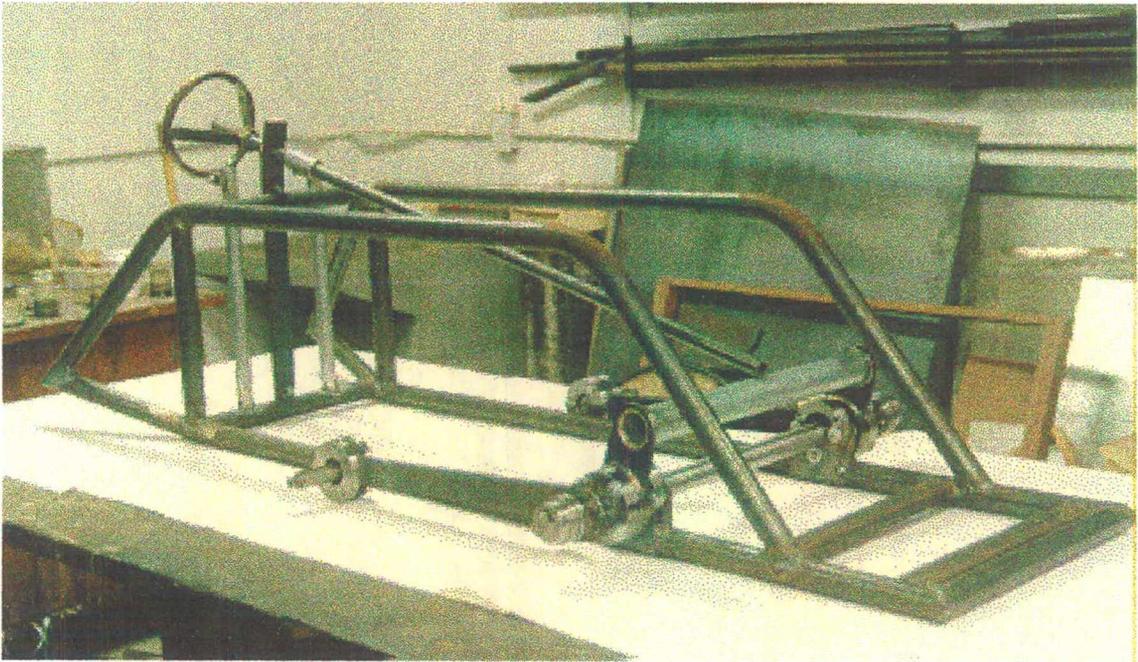


Figura 5. 3 - Montagem da estrutura principal com o sistema de regulagem da profundidade.

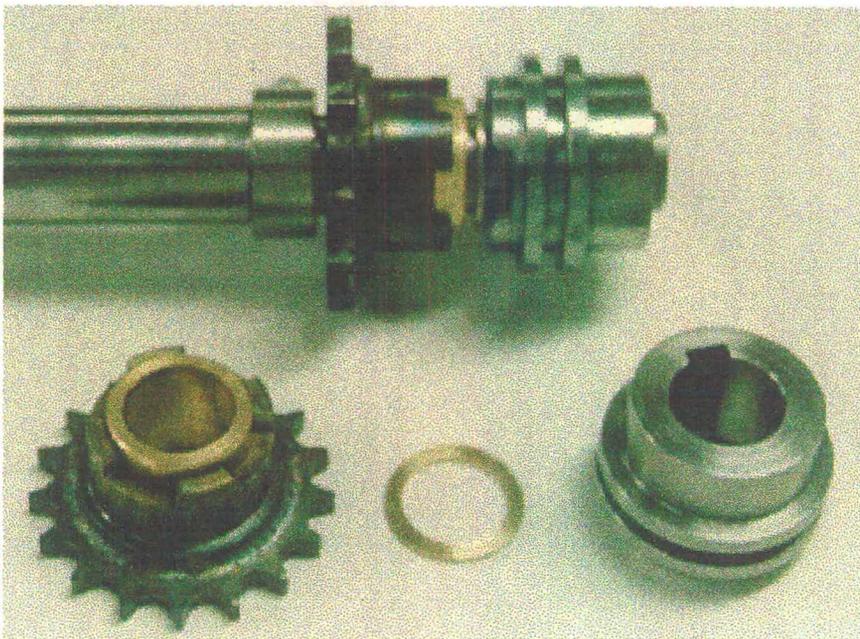


Figura 5. 4 - Peças dos acoplamentos do controle de tração.

A recuperação das carcaças dos dosadores e o aproveitamento dos flutuadores com as referidas modificações podem ser visualizados na figura 5.6. Nesta imagem pode-se constatar a presença de plaquetas rebitadas para a união das partes da tampa e as estruturas metálicas para a ancoragem dos flutuadores nos pontos adequados da estrutura da máquina.

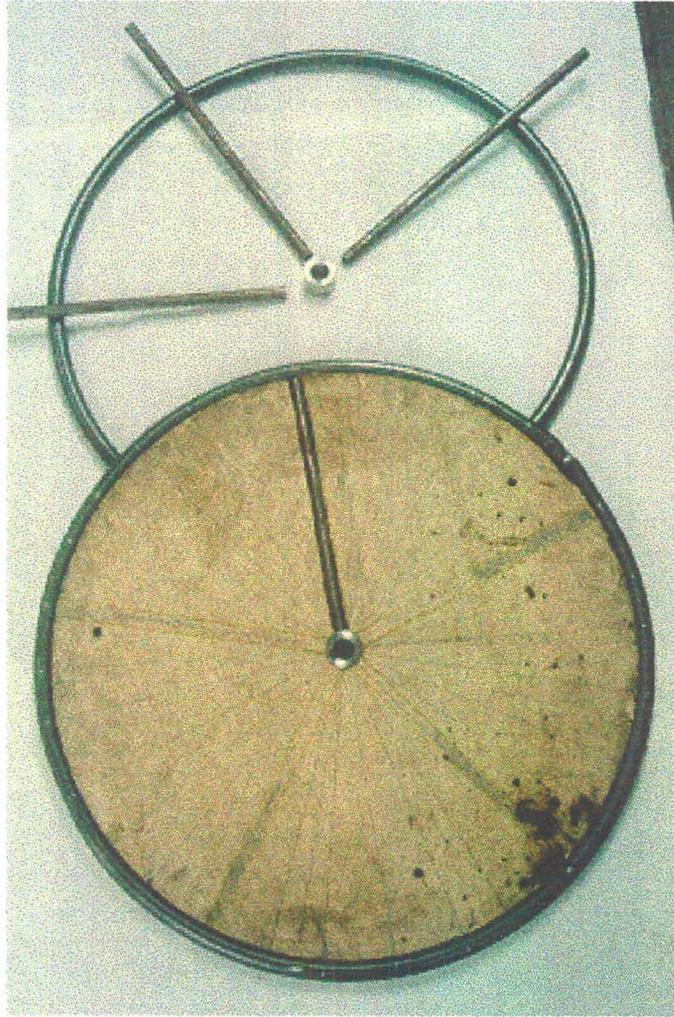


Figura 5. 5 - Construção das rodas tratoras.



Figura 5. 6 - Reaproveitamento dos flutuadores.

Finalmente, na figura 5.7, uma vista geral da semeadora é apresentada. Nesta imagem a máquina está completa, com o motor, o redutor, o sistema de dosagem, a rabiça, rodas de apoio, marcadores de linha, proteções das correntes das rodas tratoras, além de toda o sistema de transmissão.

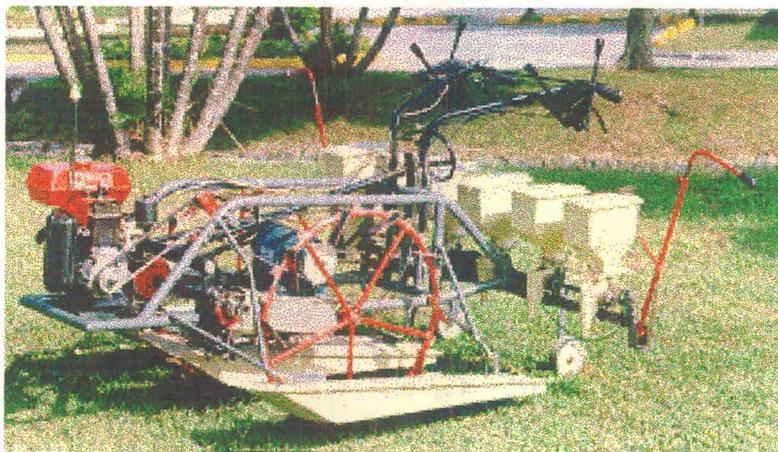


Figura 5. 7 - Vista geral da semeadora SAP-02.

CAPÍTULO VI

TESTES E AVALIAÇÕES

6.1 Introdução

Após a construção do protótipo, iniciou-se um período de testes, os quais são divididos em testes preliminares, realizados no Laboratório de Projeto e dependências da UFSC, e testes de campo dentro e fora da quadra, realizados na Estação Experimental da EPAGRI em Itajaí.

Os sistemas reutilizados de forma integral não foram reavaliados especificamente. Este é o caso do sistema de dosagem, que apresentou um resultado bastante positivo no protótipo anterior, sendo tomado como definitivo.

6.2 Testes preliminares

A partir da montagem, pôde-se realizar as primeiras verificações a respeito da performance do novo protótipo. Já quando da colocação da máquina, contendo os principais componentes, apoiada no solo, sobre as rodas, verificou-se uma flexibilidade excessiva neste sistema de apoio da máquina, o qual inclui as rodas, os eixos das rodas, os braços das rodas, os braços de regulagem, o tubo transversal, a haste de regulagem com o fuso o suporte, e o volante.

A primeira constatação foi a de que a utilização de um rolamento em cada eixo das rodas constituía-se numa solução desapropriada, apresentando uma folga excessiva e permitindo uma inclinação indesejável da roda. Além disso, foram detectados problemas de deformação excessiva nos braços das rodas e na haste de regulagem, os quais foram solucionados com a colocação de reforços, já descrita anteriormente (ver item 5.3).

Outra constatação feita a respeito da semeadora, foi a adequação da distribuição dos componentes em relação ao seu equilíbrio. Além disso, observou-se a boa estabilidade da máquina em decorrência da presença de duas rodas tratoras, o que torna bastante tranquila a tarefa de conduzi-la.

Em relação à regulagem de profundidade, pode-se dizer também que seu desempenho preliminar foi muito bom, uma vez que, com o curso disponível, a máquina poderá trabalhar em quadras que tenham profundidades maiores do que os 300 mm estipulados no projeto. Além disso, o posicionamento do volante próximo ao operador, apesar da presença da rabiça e dos dosadores, tornando o acesso menos livre, facilita imensamente a realização da regulagem da profundidade. O único inconveniente é a força de acionamento um pouco elevada. Considerando, contudo, a baixa frequência de utilização deste conjunto, pode-se aceitar-se esta força de acionamento.

O acionamento dos comandos também foi avaliado nestas verificações preliminares. Primeiramente, devido a existência de novas alavancas na rabiça, o acionamento das antigas ficou um pouco prejudicado, pois o espaço entre estas alavancas poderia ser um pouco maior. Apesar dessa dificuldade, o acionamento é plenamente possível e, portanto, não será modificado.

As alavancas externas acionam os marcadores de linhas de forma adequada. As alavancas internas acionam a embreagem do motor e a embreagem dos dosadores. Apesar do acionamento destas embreagens mostrar-se aceitável, o funcionamento das mesmas deixou a desejar.

Por um lado, a embreagem dos dosadores mostrou-se com desengate difícil. Isto se deu porque, para a colocação dos cabos de acionamento na nova posição, havia sido diminuído o comprimento do garfo e, conseqüentemente, o braço de alavanca do acionamento. A solução utilizada foi aumentar o comprimento do garfo para diminuir a força de desacionamento, o que resultou na recuperação total deste aspecto.

Por outro lado, a embreagem do motor se comportou, a princípio, de modo ineficiente, pois mesmo com a correia afrouxada, ocorreu a transmissão de movimento. A avaliação feita foi a de que, em solo calçado, a carga necessária para o deslocamento da máquina é muito pequena. Na experimentação realizada em solo gramado, o funcionamento desta embreagem se mostrou bem mais aceitável. Assim, optou-se por esperar pelos testes na quadra onde, com o arraste dos flutuadores na lama, a carga para o deslocamento seria bem maior e, conseqüentemente, o deslize da correia bastante provável.

O grande problema encontrado nesta primeira fase de testes, foi ligado ao sistema de controle de tração. No deslocamento da máquina, os acoplamentos simplesmente não desengataram. Buscando solucionar este problema, a primeira providência tomada foi a agregação de um sistema de alavancas para aumentar a força de acionamento. Este sistema é apresentado na figura 6.1.



Figura 6. 1- Sistema de alavancas para o desengate dos acoplamentos.

Com a utilização deste sistema, não houve, apesar do aumento da força, uma melhora perceptível. Assim, buscou-se diminuir a força de desengate do acoplamento. Primeiramente, prendeu-se a chaveta ao eixo de modo a não ocorrer sua inclinação devido a pequena folga existente. Nos testes de deslocamento realizado em terreno gramado, o desempenho continuou a ser precário, exigindo ações mais profundas.

Em vista das dificuldades obtidas para o acionamento do controle de tração, realizou-se um estudo mais cuidadoso das forças envolvidas no desengate dos dentes. A figura 6.2 apresenta um modelo destas forças.

Primeiramente, tem-se que o equilíbrio do sistema é dado pelo equilíbrio das forças na horizontal e na vertical.

Assim,

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 &\rightarrow -F_N \times \text{sen } \alpha + F_a \times \text{cos } \alpha + F_{ad} = 0 \\ \sum F_y = 0 &\rightarrow -F_t + F_N \times \text{cos } \alpha + F_a \times \text{sen } \alpha = 0 \end{aligned} \tag{6.1}$$

onde $F_a = F_{N \times \mu}$, sendo F_N a força normal e μ o coeficiente de atrito, e onde F_{ad} é a força adicional necessária para levar o sistema ao equilíbrio.

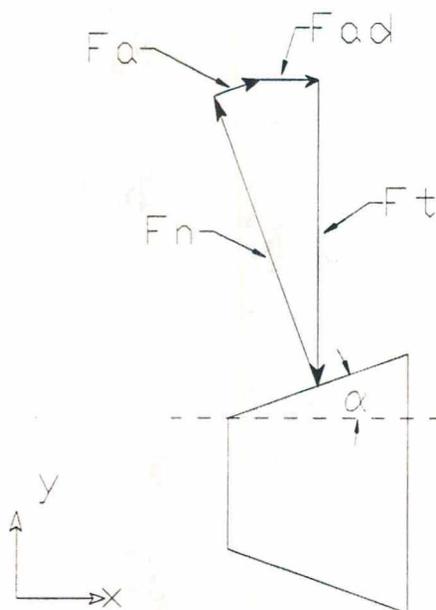


Figura 6. 2 - Modelo das forças envolvidas nos dentes do acoplamento.

Através destas equações chega-se ao seguinte valor da força adicional:

$$F_{ad} = \frac{F_t \times (\text{sen } \alpha - \mu \times \text{cos } \alpha)}{(\text{cos } \alpha + \mu \times \text{sen } \alpha)} \quad (6.2)$$

A força adicional foi considerada levando-se em conta um ângulo α maior que o ângulo de atrito. Por tanto, essa força seria feita para manter o acoplamento engatado. Assim, uma equação mais abrangente, considerando a força de atrito promovida pelo contato do acoplamento com a chaveta, deve reduzir a força adicional desta.

$$F_r = F_{t1} \times \mu - \frac{F_{t2} \times (\text{sen } \alpha - \mu \times \text{cos } \alpha)}{(\text{cos } \alpha + \mu \times \text{sen } \alpha)} \quad (6.3)$$

onde F_{t1} é a força tangencial que age na chaveta e F_{t2} é a força tangencial que age no dente de acoplamento.

Para a configuração utilizada inicialmente, $\alpha=0$, com as forças tangenciais $F_{t1}=13600$ N e $F_{t2}=8500$ N, a força necessária para desengatar seria de aproximadamente 2200 N. Esta força é demasiada e exige modificações no desenho dos acoplamentos para diminuí-la.

Um aspecto importante envolvido neste sistema é o coeficiente de atrito considerado. Em vista disso, realizou-se um estudo para identificar a variação da

força resultante em função do ângulo de abertura do dente do acoplamento e do coeficiente de atrito. Um gráfico foi gerado e pode ser visto a seguir.

Este gráfico, na figura 6.3, apresenta as forças necessárias para desengatar o acoplamento em função do ângulo variando de 0° a 25° . Estas relações foram traçadas para valores de μ entre 0,1 e 0,2.

Para que se tenha uma segurança mínima, em função da incerteza do valor de μ e da sua provável variação durante o funcionamento do sistema, deve-se determinar um ângulo que, com o maior atrito, resulte uma força de desengate possível de ser realizada. Por outro lado, com um atrito menor, a força de repulsão ao acoplamento não deve ultrapassar a força da mola.

Forças de desengate para coeficientes de atrito variados em função do ângulo de abertura

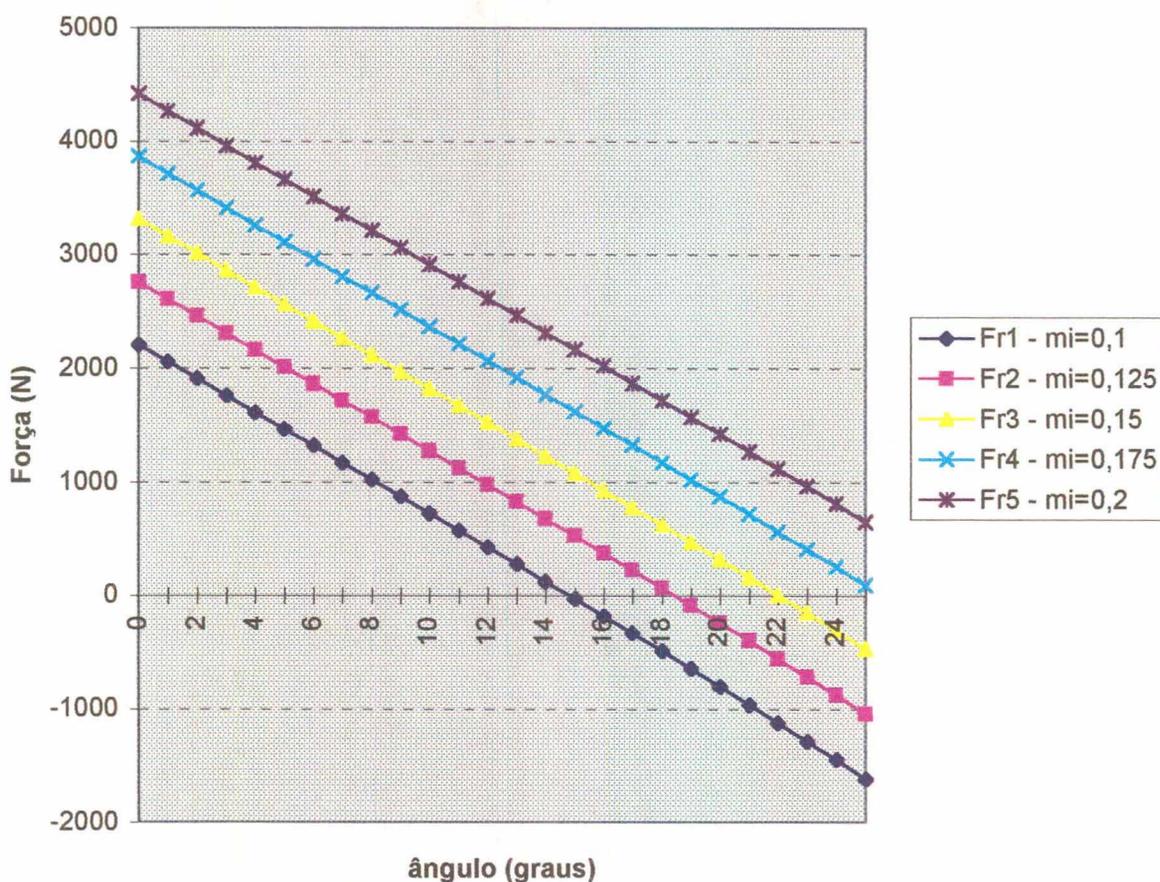


Figura 6. 3 - Gráfico para a escolha do ângulo de abertura dos dentes do acoplamento.

Através do gráfico percebe-se que, para uma variação mínima do coeficiente de atrito, a variação das forças envolvidas é muito grande. Isto acarreta um risco muito grande de não conseguir-se manter o engate das partes, dependendo do ângulo utilizado.

A partir da visualização do sistema de acoplamento do trator Tobatta, surgiu a idéia de movimentar a parte do acoplamento ligada a corrente, a qual não está vinculada ao eixo e, portanto, não apresenta o atrito proveniente do contato com a chaveta. Para isso, foram necessários pequenos ajustes no sistema de acionamento, o que se apresentou mais fácil e seguro do que a alteração do ângulo dos dentes.

Como pode-se ver na figura 6.4, a posição da mola (01) foi modificada de forma que o elemento acionado por esta fosse o acoplamento (02), ligado à roda dentada. Em conseqüência, o sentido de acionamento da alavanca também foi alterado. O outro elemento de engate (03), por sua vez, foi preso sobre a chaveta através de parafusos. O resultado desta ação foi a diminuição significativa da força necessária para desengatar os acoplamentos.

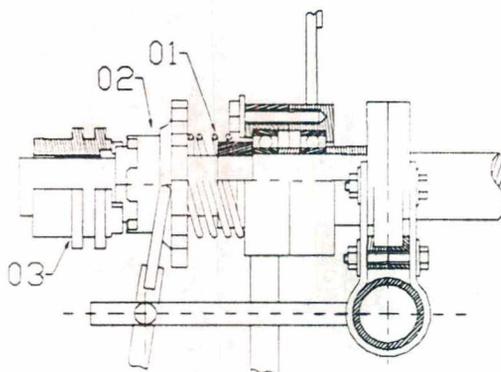


Figura 6. 4 - Esquema da alteração no sistema de acionamento dos acoplamentos para diminuir a força de desengate.

Um problema ainda existente, porém, foi o de curso insuficiente para desengatar os acoplamentos, decorrente da relação do sistema de alavanca utilizado para aumentar a força de acionamento. Como a relação de comprimentos das alavancas foi a maior possível, para um pequeno movimento no lado do acoplamento, seria necessário um grande deslocamento no lado do acionamento, o qual excedia o curso existente no manete utilizado. O comprimento deste braço ficou, assim, limitado pelo curso mínimo necessário para ocorrer o desacoplamento.

Em teste realizado no campus da universidade, transitando sobre grama, o desempenho dos acoplamentos foi satisfatório. Verificou-se que, com as forças envolvidas, pode-se somente realizar o desengate de um acoplamento quando o outro estiver engatado, pois, em caso contrário, as forças são demasiadamente elevadas e o desengate não ocorre. Em decorrência disto, e da largura dos dentes, o acionamento dos acoplamentos apresenta uma sensibilidade de direcionamento restrita. Isto é, quando se realiza o desengate de um dos lados tem-se um tempo necessário para que o re-engate aconteça e, assim, para que se possa desengatar o outro lado. Isto resulta em dificuldades para realizar manobras finas onde se disponha de pouco espaço. Nestes casos, seria mais fácil realizar as manobras sem a utilização do motor, o que se mostrou plenamente possível neste teste.

6.3 Testes de campo - fora de quadra

Primeiramente serão apresentados os requisitos utilizados para a avaliação do equipamento em relação à operação fora da quadra. Estes requisitos são basicamente os avaliados quando dos testes do primeiro protótipo, acrescidos dos aspectos particulares evidenciados pelos testes atuais.

6.3.1 Velocidade

A velocidade de deslocamento do equipamento até as quadras onde ocorreram os testes do Protótipo SAP-01 foi considerada adequada pelos técnicos da EPAGRI-Itajaí. Como este valor está registrado e é obtido por uma simples variação de relações nas polias de transmissão, este dado não foi alvo de um exame mais aprofundado.

No decorrer dos testes, ficou evidenciado que a variação de velocidade obtida alterando a aceleração do motor é bastante aceitável para alcançar boas condições de trabalho tanto dentro como fora de quadra.

6.3.2 Rigidez

Apesar de ser avaliada como suficiente nas conclusões referentes ao primeiro protótipo, pode-se dizer, a partir de depoimentos de pessoas que participaram dos testes, que este item deixou bastante a desejar. Devido ao único apoio do

equipamento no solo, à distribuição dos componentes, às uniões destes com a estrutura e ao desenho da própria estrutura, que apresentou grandes comprimentos em balanço, como por exemplo nas barras de suporte dos flutuadores e dos dosadores, a máquina apresentou grande flexibilidade, dificultando o seu manuseio no deslocamento fora de quadra.

As modificações referentes à rigidez, realizadas no protótipo testado, são relacionadas justamente ao apoio da máquina, à distribuição e fixação dos componentes, e ao desenho da estrutura.

Para avaliar o presente protótipo em relação a este aspecto, foi feita uma comparação do deslocamento da máquina por parte dos mesmos técnicos da EPAGRI, que avaliaram a primeira versão da semeadora. De um modo geral, o aspecto rigidez foi considerado adequado não sendo alvo de maiores comentários. Isto que justifica a conclusão de que, em relação à solução conceitual, este ponto está resolvido no protótipo atual.

6.3.3 Absorção de choques

Um agravante à falta de rigidez percebido no deslocamento fora de quadra do primeiro protótipo, foi em relação à transmissão dos choques provenientes do deslocamento da roda em terreno duro e irregular. Com a transmissão destes choques, as deformações e deslocamentos dos componentes ficaram mais evidenciadas, piorando a sensação de desconforto na operação durante o deslocamento da máquina.

Uma das sugestões para reprojeto colocadas no trabalho anterior foi a utilização de um sistema de suspensão para absorver os choques provenientes do deslocamento.

No presente protótipo, o desenho do sistema de regulagem de profundidade permite um pequeno movimento relativo entre os braços das rodas. Como consequência deste deslocamento, ocorre uma absorção dos choques provenientes do deslocamento, suavizando a operação da máquina.

Baseando-se na comparação deste aspecto em relação ao protótipo anterior, o desempenho nos testes mostrou maior adequação em relação a este ponto.

6.3.4 Direcionamento

A semeadora SAP-01 apresentou-se satisfatoriamente em relação ao aspecto direcionamento. Desconsiderando-se as dificuldades decorrentes da baixa rigidez e da instabilidade, segundo depoimentos, o direcionamento realizado sobre o apoio de uma roda mostrou-se relativamente fácil para a ação do operador.

No protótipo atual, em decorrência da utilização de duas rodas, o direcionamento pela ação do operador tornou-se inviável. Desta forma, optou-se por desenvolver um sistema de controle de tração que aproveitasse a energia do motor para realizar a mudança de direção.



Figura 6. 5 - Trajetória do protótipo SAP-02 marcada na terra - I.

Novamente o teste foi baseado em avaliações subjetivas a partir da observação do direcionamento. Enquanto o sistema de controle de tração funcionou corretamente, evidenciou-se a possibilidade de variar o raio de giro. Além disso, a sensibilidade de resposta no controle da direção apresentou-se aceitável. Por outro lado, quando impediu-se a desconexão dos acoplamentos em decorrência de problemas ocorridos, discutidos no item 6.3.5 - Manobrabilidade, ficou evidenciada a necessidade de um sistema que permita um direcionamento mais fácil para o

operador. As figuras 6.5 e 6.6 apresentam as marcas deixadas pelo equipamento, quando do funcionamento do sistema de controle de tração.



Figura 6. 6 - Trajetória do protótipo SAP-02 marcada na terra - II.

6.3.5 Deslocamento com o motor desligado

Outra sugestão apresentada nas conclusões a respeito da semeadora anterior foi a mudança do ponto de utilização da embreagem do motor na cadeia de transmissão. A razão desta mudança seria a possibilidade de movimentação da máquina quando o motor estivesse desligado.

Como na nova máquina existe o sistema de controle de tração, este movimento é possibilitado pela simples desconecção dos acoplamentos. A facilidade de operação nestas condições ficou comprovada nos testes de campo.

6.3.6 Desempenho das rodas de apoio

As rodas de apoio apresentaram um acionamento incômodo, além de pouca distância de afastamento entre elas. Após os testes com a primeira semeadora, foram realizadas as alterações sugeridas neste subsistema.

No protótipo atual, apesar da escolha por uma roda de apoio na solução conceitual adotada, foram mantidas as rodas alteradas após os testes da SAP-01, de forma a agilizar a construção do novo protótipo.

A princípio, a utilização de duas rodas de apoio não prejudica em nada a manobra do equipamento, uma vez que, com uma simples ação do operador pode-se suspender estas na mudança de direção. Por outro lado, proporciona grande

estabilidade no deslocamento em linha reta. Além disso, seu acionamento também mostrou-se aceitável, não comprometendo em nada o desempenho da máquina.

6.3.7 Esforço do operador na condução do equipamento

Finalmente, pode-se dizer que houve um consenso por partes das pessoas que tiveram contato com o primeiro protótipo, de que a operação apresentou-se bastante desconfortável exigindo grande esforço do operador para equilibrar a máquina no transporte fora de quadra.

Nos testes preliminares, a semeadora atual apresentou-se relativamente bem neste aspecto. Já nos teste de campo esta maior facilidade ficou bastante comprovada, quando do funcionamento do sistema de controle de tração.

6.4 Testes de campo - dentro da quadra

Os testes de campo foram realizados numa quadra da Estação Experimental da EPAGRI em Itajaí, apresentada na figura abaixo.



Figura 6. 7 - Vista da quadra onde foram realizados os testes com a semeadora SAP-02.

6.4.1 Tração

Como “recomendações para o melhoramento do protótipo”, no trabalho anterior, foi sugerido o aumento da amplitude da faixa de regulagem de profundidade para 300 mm abaixo do nível dos flutuadores. Esta recomendação está diretamente relacionada à dificuldade apresentada pelo protótipo em tracionar-se adequadamente.

Duas rodas e o aumento da faixa de regulagem, além da diminuição do número de flutuadores, foram as modificações no protótipo atual que estão diretamente ligadas à tração.

O desempenho da semeadora SAP-02 em relação à tração foi bastante positivo. Na realização das curvas, com o sistema de controle de tração em funcionamento, verificou-se que a roda tracionada apresenta certo escorregamento em relação ao solo. Este escorregamento, porém, não dificulta a realização da manobra.

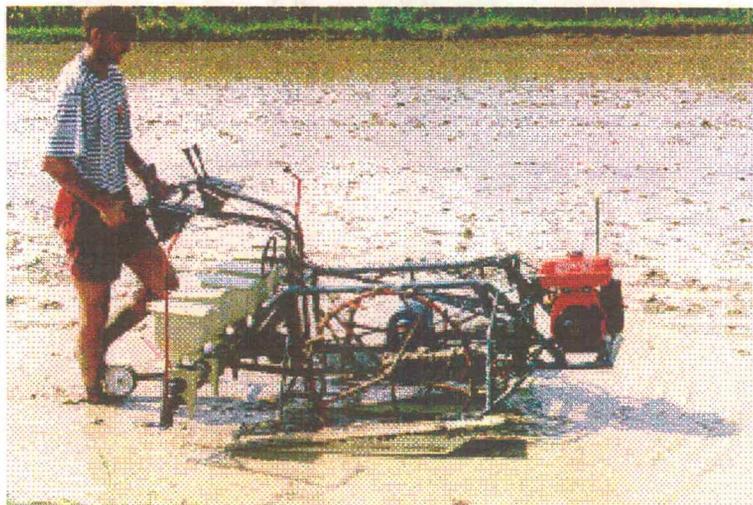


Figura 6. 8 - Vista da máquina em deslocamento no interior da quadra.

6.4.2 Adaptação à profundidade

Além da amplitude da faixa de regulagem de profundidade ser insuficiente, o manuseio do regulador foi considerado bastante desconfortável, uma vez que este comando se situava à frente e para baixo no equipamento anterior.

Devido a estas dificuldades apresentadas no acionamento da regulagem de profundidade, esta foi modificada para um acionamento discreto em um reprojeto isolado. Apesar de não ter havido um teste desta segunda forma de acionamento, por suas características, ela deixaria a desejar em relação à resposta do sistema, a qual não corresponderia exatamente à profundidade necessária em cada ocasião.

Assim, no sistema de regulagem atual, buscou-se resgatar o acionamento contínuo, o qual garante uma adaptação perfeita a cada situação, e o posicionamento do acionador de modo a tornar mais confortável o acionamento do regulador de profundidade.

Os testes de campo comprovaram a adequação deste sistema em relação aos aspectos de faixa de atuação, resposta do sistema e conforto do acionamento. Neste

último aspecto em particular, existe o porém da força de acionamento ser elevada. Como a variação de profundidade mostrou-se pequena e o acionamento é bastante remoto, esta força pode ser considerada aceitável.

6.4.3 Sustentação da máquina

A sustentação da semeadora SAP-01 foi considerada adequada. A não ser pelo acúmulo de lama nos flutuadores, decorrentes da falta de profundidade necessária na roda de tração, o desempenho dos flutuadores foi considerado bastante aceitável no interior da quadra.

Para melhorar o equipamento, principalmente, em relação à rigidez no transporte fora de quadra, no protótipo atual tem-se a fixação dos flutuadores em dois pontos. Além disso, o número de flutuadores foi alterado para três.

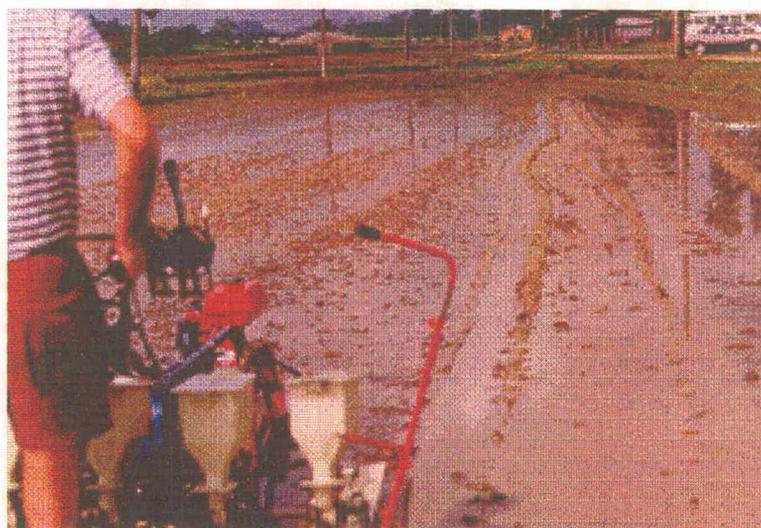


Figura 6. 9- Vista da formação de sulcos pelos flutuadores.

Nos testes realizados nas quadras da EPAGRI-Itajaí, foram salientados aspectos importantes em relação à sustentação do equipamento. O primeiro destes aspectos é a relação existente entre o equilíbrio da máquina e a posição dos flutuadores. A sustentação da máquina apresentou-se mal distribuída nos flutuadores, ocasionando sulcos muito grandes deixados por estes, como pode ser observado na figura 6.9. Esta má distribuição é decorrente da posição dos flutuadores estar um pouco a frente em relação ao centro de gravidade do equipamento, e de o centro de gravidade do equipamento carregado com sementes ter ficado excessivamente recuado, resultando em um peso considerável para a sustentação por parte dos

flutuadores. Além disso, outro fator que contribuiu para o aumento dos sulcos foi a fixação rígida dos flutuadores, que inclinavam juntamente com a máquina, sendo arrastados com a parte posterior mais profunda do que a parte anterior. Ainda, em relação à fixação dos flutuadores, verificou-se a necessidade de conter a rotação destes em torno do eixo no sentido longitudinal, mostrada na figura 6.10, para impedir o contato com a roda.

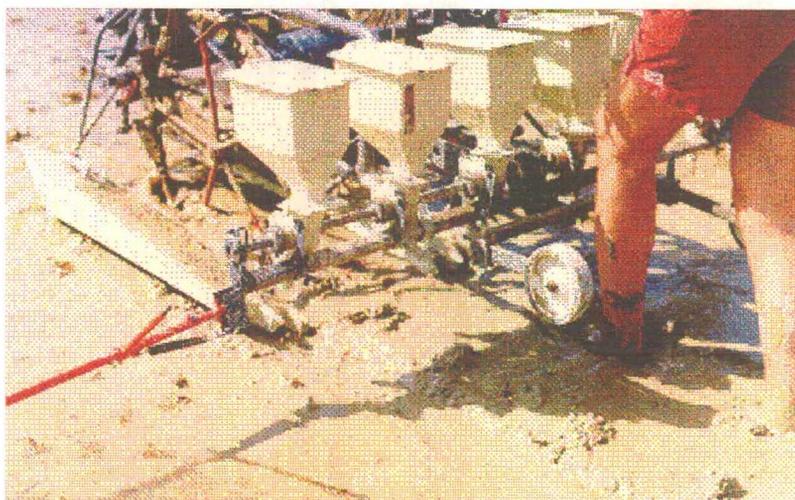


Figura 6. 10 - Vista da inclinação dos flutuadores.

6.4.4 Condições de descarga das sementes

O desempenho do primeiro protótipo em relação às condições de descarga dos dosadores foi relativamente bom, a menos de certos problemas com o entupimento dos dutos de descarga, os quais foram solucionados com cortes em bisel destes.

Na semeadora SAP-02, as modificações realizadas buscando melhorar outros aspectos poderiam influenciar na deposição das sementes. Estas modificações são o maior número de rodas e, em consequência, o menor número de flutuadores com superfícies de contato maiores, além da maior distância dos dutos de descarga ao solo devido à adaptação da estrutura dos dosadores à nova estrutura.

Nos testes de campo foram avaliados a largura de deposição das sementes, a manutenção de linhas retas, o deslocamento de lama por parte dos flutuadores e a ocorrência de entupimento dos dutos de descarga.

A formação dos sulcos por partes dos flutuadores se mostrou, até certo ponto, benéfica para a deposição das sementes, uma vez que, a água existente sobre a

quadra de arroz escoava por estes sulcos sem deslocar as sementes que estavam sendo semeadas. Como os flutuadores estavam colocados entre as linhas de plantio, estes sulcos não influenciavam na deposição das sementes. A largura de deposição das sementes ficou entre 5 e 7 mm e mesmo com a variação da altura de descarga, esta largura não variou significativamente. Também não ocorreram problemas de entupimento com lama dos dutos de descarga, quer com uma maior, quer com uma menor altura de descarga. Em relação à manutenção de linhas retas, o equipamento também foi bem sucedido.

É importante registrar que, com a quadra com maior quantidade de água, as ondas provocadas pela passagem da máquina podem espalhar as sementes já semeadas.

6.4.5 Manobrabilidade

Na avaliação feita na SAP-01, a manobrabilidade nos finais de passada ficou “um pouco prejudicada, devido ao deslizamento lateral dos flutuadores”. Além disso, foi mencionada a dificuldade de acionar todos os comandos necessários nos finais de passada.

No protótipo atual, o número de comandos aumentou e sua disposição foi modificada. Conseqüentemente, o tipo de acionamento para as manobras também modificou-se. Por outro lado, em relação ao deslizamento lateral dos flutuadores, pouca coisa foi implementada além de modificações como número e área dos flutuadores em contato com a lama e pontos de ligação dos flutuadores com a estrutura do protótipo.

A facilidade de acionamento dos comandos nos finais de passada e o deslizamento dos flutuadores devido à consistência da lama apresentaram-se sem muita importância na realização de manobras nos testes de campo do protótipo atual.

O funcionamento do controle de tração no ambiente de trabalho propriamente dito foi o aspecto negativo dos testes. Os acoplamentos não resistiram às forças envolvidas e se desgastaram com extrema rapidez, resultando na impossibilidade de permanecerem acoplados. Durante o tempo em que os acoplamentos funcionaram, ficou comprovada a eficiência do sistema na realização das manobras.

Em relação à presença de lama, a qual poderia interferir nos mecanismos do acoplamento, esta não se mostrou crítica, principalmente na quadra onde a quantidade de água era maior.

Por outro lado, a partir do momento em que impediu-se o desengate das partes do acoplamento, forçando sua ligação permanente, constatou-se uma dificuldade considerável na realização das curvas.

6.4.6 Manutenção da trajetória desejada

Em decorrência da utilização de duas rodas e dos problemas apresentados nos testes preliminares com o controle de tração, existia uma preocupação com a manutenção de uma trajetória desejada no interior da quadra de plantio.

Em relação a este aspecto, chegou-se à constatação de que o controle de tração só é necessário nos finais de passada, pois a manutenção do equipamento andando em linha é possível sem a sua utilização.

6.4.7 Transposição de obstáculos

Como consequência da flexibilidade, da utilização de uma roda e da pequena faixa de regulagem de profundidade, a máquina SAP-01 mostrou-se inadequada para a transposição das taipas existentes para a retenção da água nas quadras de arroz.

Apesar de não se ter detalhado as dimensões das taipas, a utilização de duas rodas, a modificação da forma de união dos flutuadores e a maior faixa de regulagem de profundidade visaram também uma maior adequação da máquina à transposição de obstáculos.

Nos testes, verificou-se a adequação do equipamento à transposição das taipas, onde, mesmo sem o auxílio de um segundo operador, pôde-se passar de uma quadra para outra.

6.4.8 Acúmulo de lama

Devido à inadequação inicial do sistema de regulagem de profundidade e à liberdade de movimento dos flutuadores, nos testes do primeiro equipamento, houve acúmulo de lama sobre os flutuadores mais próximos à roda tratora. Além do mais, os

próprios elementos dos mecanismos que estavam junto às rodas, como, por exemplo, as correntes de transmissão e a embreagem dos dosadores, foram atingidos pela lama que caía da roda tratora.

No presente equipamento, devido ao esforço dirigido para aumentar a rigidez da estrutura, alargando-a o quanto foi possível, aliado à determinação feita à princípio do espaçamento entre linhas, resultou pouco espaço para o deslocamento relativo entre as rodas tratoras, as correntes da transmissão às rodas, os braços das rodas, a estrutura e os flutuadores.

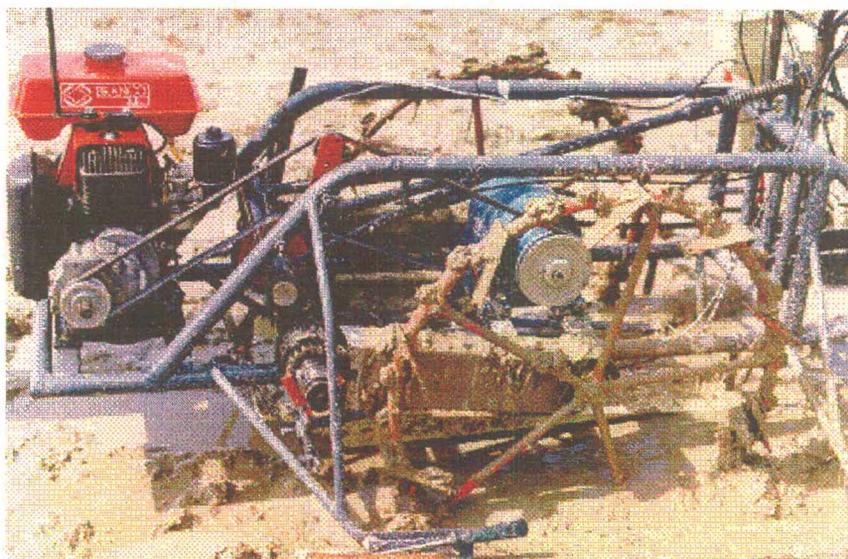


Figura 6. 11 - Aspectos do acúmulo de lama.

Assim, esperava-se problemas em relação ao acúmulo de lama nos componentes citados. Contudo, com a avaliação conduzida nos testes de campo chegou-se à conclusão de que, com um pequeno aumento no espaço entre os componentes citados, o aspecto acúmulo de lama deixa de preocupar. Isto vem do bom funcionamento da máquina mesmo com o espaço reduzido, ocorrendo, por vezes, contato entre os componentes. Com pequenas mudanças isoladas nos sistemas envolvidos, pode-se alcançar um desempenho ótimo. A figura 6.11 mostra uma vista do equipamento apresentando pequeno acúmulo de lama.

6.4.9 Acionamentos

De uma forma geral, os acionamentos no equipamento anterior foram considerados adequados. As forças de acionamento foram medidas e estavam dentro das recomendações ergonômicas.

Na máquina atual foram acrescentados os acionamentos dos acoplamentos para o controle de tração e foram alterados os da embreagem do motor e o regulador de profundidade.

Os testes demonstraram que a disposição dos comandos estava de acordo. O funcionamento de alguns destes controles, porém, deixou a desejar. O comando da embreagem do motor se mostrou ineficiente. A correia continuava a tracionar, mesmo com o seu afrouxamento. Por fim, o cabo deste controle arrebentou, o que evidencia o excesso de força necessária no acionamento. Outro comando que apresentou excesso de força no acionamento foi o de controle da profundidade. Os comandos dos acoplamentos não puderam ser devidamente testados e os comandos dos marcadores de linha apresentaram-se bem.

6.4.10 Desempenho da embreagem dos dosadores

Em consequência do acúmulo de lama, a embreagem dos dosadores, desenhada para o primeiro protótipo, foi alvo de observações e críticas. No primeiro modelo, a embreagem era de discos de atrito, os quais com a presença de lama e respingos de óleo provenientes da corrente de transmissão escorregavam impossibilitando o sincronismo ideal entre o deslocamento da máquina e a deposição de sementes.

Já numa segunda versão, foi adaptada no próprio protótipo inicial uma embreagem por contato. Esta embreagem foi reutilizada no protótipo atual com uma pequena adaptação na haste de acionamento, como referido anteriormente.

Nos testes de Itajaí, o comportamento deste sistema de acoplamento por forma apresentou-se positivamente, em função da facilidade de engate e desengate e da eficiência apresentada pelo sistema.

6.4.11 Facilidade de operação

Em uma visão mais ampla, a primeira versão da semeadora desenvolvida no Laboratório de Projeto da UFSC teve a operação no interior da quadra bastante aceita.

Nos testes de campo da versão mais recente, buscou-se uma comparação através de pessoas que presenciaram os dois testes de forma a estabelecer uma

avaliação mais geral do desempenho do protótipo atual no interior das quadras de arroz.

Assim, esta máquina foi considerada bastante mais adequada à operação do que o protótipo anterior. Somente pela dificuldade decorrente da má distribuição do peso da máquina nos flutuadores e pelo não funcionamento do sistema de controle de tração, é que não se pode dizer que a facilidade de operação chegou ao ponto desejado.

6.4.12 Aspectos gerais

Além dos aspectos comentados, destacaram-se, nos testes, aspectos de menor importância para o funcionamento global da máquina.

Primeiramente, em uma avaliação realizada anteriormente aos testes na quadra, fez-se a contagem da deposição de sementes por metro, com sementes em dois estágios de pré-germinação. Na primeira contagem, com as sementes com um dia a mais de pré-germinação e, conseqüentemente, com as estruturas da radícula e coleóptilo mais desenvolvidas, foi registrado um número inferior ao mínimo exigido para a densidade esperada. Já na contagem das sementes com o prazo correto de pré-germinação, o resultado foi dentro do esperado, confirmando a adequação do sistema de dosagem desenvolvido na primeira versão da semeadora.

Já no interior da quadra, após a união definitiva dos acoplamentos, notou-se uma tendência da máquina em direcionar-se para o lado. Após alguma observação, percebeu-se que o marcador de linhas, quando imerso na lama ficava sujeito à flexão. Ao se suspender o marcador de linhas, a tendência ao giro desapareceu. Daí, conclui-se, que o sistema de marcação de linhas deve conter uma mola que se deforme quando o arraste no terreno se torna elevado a ponto de exercer o papel de pivô para a máquina. Ainda, em relação à marcação de linhas, ficou comprovado que, com uma quantidade excessiva de água na quadra, sua atuação é ineficiente. A figura 6.12 apresentada a semeadora sem a utilização dos marcadores de linha.

Outro aspecto que ficou aparente nos testes foi a necessidade de uma variação um pouco maior na altura da rabiça. Em certo momento, buscou-se diminuir a altura desta, o que foi impedido pela presença do volante que aciona a regulagem

de profundidade. A solução para este problema é a simples modificação do posicionamento das hastes que reforçam a rabiça.

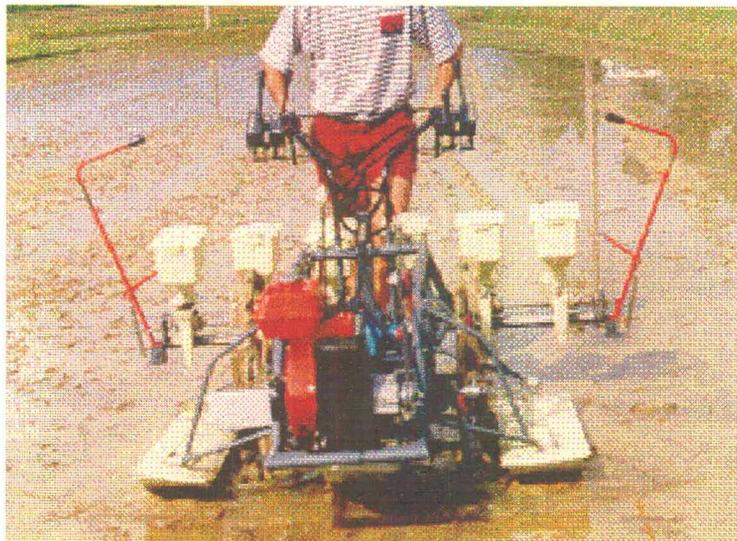


Figura 6. 12 - Vista frontal da semeadora SAP-02.

Por fim, a falta das devidas proteções na correia, nas correntes e nas demais peças móveis foi percebida nos testes. Tais componentes são de extrema importância para a utilização do equipamento sem maiores riscos de acidentes.

6.5 Inspeção final da semeadora SAP-02

Para finalizar este capítulo, será realizada uma inspeção das especificações de projeto não abordadas na descrição dos testes da SAP-02. Assim, a tabela 6.1 apresenta cada requisito com os valores inicialmente estipulados e os resultados obtidos.

Tabela 6. 1- Inspeção final da semeadora SAP-02.

Requisito	Unid	Valor meta	Valor alcançado
Baixo peso.	N	1500	Nos cálculos para a estimativa do centro de gravidade, onde desconsiderou-se somente as rodas de tração, de aproximadamente 3 kg de massa, e os componentes de menor porte, como alavancas de comando e cabos, chegou-se à massa de 1176 N. Dessa forma, pode-se afirmar que o equipamento contém um peso dentro do valor esperado.
Potência da unidade motriz.	c.v.	3,5	O funcionamento do equipamento com o motor disponível evidencia a satisfação deste requisito.
Número de regulagens.	unid	Quantid. mínima suficiente para atender as necessidades.	Houve uma redução no número de regulagem devido a utilização de um espaçamento entre linhas fixo.

Tabela 6.1 - Inspeção final da semeadora SAP-02 - cont.

Requisito	Unid	Valor meta	Valor alcançado
Baixo custo.	U\$	de 4.000,00 a 5.000,00	<p>Numa estimativa superficial tem-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Custo de materiais - em torno de U\$ 500,00; - Custo de peças compradas - em torno de U\$ 1300,00; - Custo de peças usinadas - em torno de <u>U\$ 1200,00.</u> - Total - <u>U\$ 3000,00</u> <p>Considerando-se, ainda, a existência de outros custos, como os custos de pessoal e administrativos, entre outros, estima-se que o custo total está na faixa estipulada.</p>
Nível e frequência de vibração transmitida ao operador.	m/s ² c/s	Valor aceitável para 8 horas de trabalho contínuo.	Os valores obtidos, apesar de não serem medidos, foram considerados equivalentes aos apresentados no protótipo anterior, sendo tomados como aceitáveis para o período de trabalho.
Resistência 8 h/dia/60 dias/cinco anos.	-	Resistir aos carregam. durante o tempo necessário	Na seleção de componentes, como o redutor e os mancais de rolamentos, entre outros e, no dimensionamento dos eixos e principais componentes, foram utilizados coeficientes empíricos recomendados por fabricantes e autores, considerando a intensidade de trabalho e o número de horas a trabalhar.
Número de componentes.	unid	Quantidade mínima suficiente para atender as necessidades.	Houve também a redução no número de componentes em relação ao protótipo anterior. Com a utilização do redutor e com a diminuição no número de flutuadores, por exemplo, pode-se comprovar esta afirmação.
Espaçamento entre os dosadores.	m	0,25	Este espaçamento foi utilizado, sendo aceito pelos pesquisadores da EPAGRI-Itajaí.
Número de dosadores.	unid	8 (oito)	Para garantir a rigidez adequada da máquina, utilizou-se seis dosadores. Com o bom desempenho apresentado, chega-se a conclusão de que este número pode ser aumentado para os oito inicialmente estipulados.
Rendimento da transmissão.	%	Correspondente aos níveis normais.	O rendimento da transmissão é decorrente dos componentes utilizados. Assim, com a opção por correntes, correia e redutor, pode-se garantir a adequação deste requisito.
Distâncias dos comandos ao operador.	m	Valores dentro da faixa aconselhada.	Pode-se dizer que as distâncias entre o operador e os comandos ficaram boas na SAP-02. Em particular, a distância entre o operador e o comando da regulagem de profundidade ficou bastante mais adequada na versão atual.
Resistência à corrosão.	unid	Maior número possível de peças protegidas.	O requisito resistência a corrosão necessita ser melhor satisfeito, uma vez que, na semeadora SAP-02, não foi alvo de maiores cuidados. Assim, componentes como as correntes de transmissão e as peças de engate do controle de tração, apesar de serem protegidas com graxa, apresentaram problemas de oxidação após os testes.
Porcentagem de sementes danificadas.	%	Quantidade mínima possível de sementes danificadas.	Não foram realizadas contagens da quantidade de semente danificadas, em função da utilização do mesmo sistema de dosagem da semeadora SAP-01.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 Introdução

A partir das constatações obtidas nos testes realizados com a semeadora SAP-02, pode-se listar uma série de recomendações para que a semeadora chegue a um estado de desenvolvimento que permita a sua produção e comercialização no mercado nacional de equipamentos. Serão feitas ainda neste capítulo, indicações de aspectos a avaliar em estudos futuros, os quais poderiam evoluir na mecanização da semeadura do arroz pré-germinado em solo saturado.

7.2 Sugestões de modificação da SAP-02

A seguir serão listadas sugestões de modificações para a semeadora SAP-02, resultantes das avaliações feitas nos testes de campo realizados nas quadras da Estação Experimental da EPAGRI, em Itajaí.

7.2.1 Eixos das rodas

Já a partir dos testes preliminares, constatou-se a inadequação dos mancais de rolamento selecionados para apoiar os eixos das rodas. Como consequência desse fato, ocorreu um movimento lateral das rodas que comprometeu os afastamentos estabelecidos no projeto preliminar dos componentes localizados entre a estrutura e os flutuadores. Como exemplo do comprometimento decorrente do deslocamento lateral das rodas, cita-se o contato das rodas com a chapa de proteção das correntes de transmissão, e a inclinação dos flutuadores, que foram afastados para não serem danificados em contatos com as rodas.

Assim, realizou-se novo estudo para determinar os mancais de rolamento adequados a situação apresentada. Primeiramente, estabeleceu-se novo diagrama de forças, apresentado na figura 7.1, o qual resultou um pouco diferente do utilizado a princípio. Esta modificação no diagrama foi em decorrência da utilização de dois

rolamentos de carreiras de esferas de contato angular, os quais são indicados para resistir os momentos fletores existentes na configuração utilizada para os eixos [20]. Além disso, foi considerada a inclinação de 40° do braço das rodas, a qual é a pior situação em termos de combinação de forças a serem suportadas pelos rolamentos.

Em decorrência destas alterações, foram obtidas as forças radiais resultantes em cada rolamento, as quais foram $R_{ap1}=2818\text{ N}$ e $R_{ap2}=10723\text{ N}$. Estas forças foram utilizadas, por sua vez, na determinação das forças axiais resultantes nos rolamentos, decorrentes do contato lateral destes $F_{a1} = 12224\text{ N} = F_{a2}$. Utilizando as expressões contidas nos catálogos de rolamentos, obtém-se a carga em cada rolamento em função da posição de montagem em "O" e da combinação das forças radial e axial. Desta forma, para uma vida de aproximadamente cinco anos, os rolamentos indicados da linha SKF seriam os de referência 7305 B. Para a adoção deste dois rolamentos, necessitar-se-á de adaptações no desenho das caixas dos rolamentos e do eixo das rodas. Tarefa que se soma as demais alterações necessárias a esta versão da semeadora, discutidas a seguir.

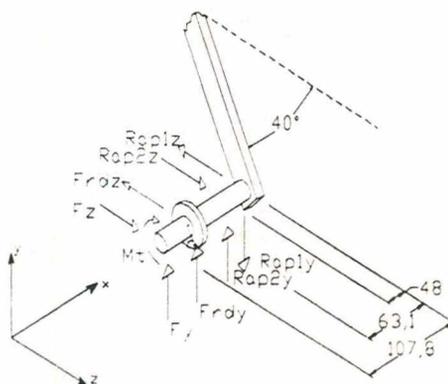


Figura 7. 1- Novo diagrama de forças para a seleção dos rolamentos.

Para que ocorra um pequeno aumento do espaços

existentes entre a estrutura e os flutuadores laterais, necessários ao melhor posicionamento dos componentes ligados aos eixos das rodas, sugere-se que o espaço para o deslocamento do operador da máquina seja aumentado em 10 cm. Isto possibilitaria um deslocamento da roda e dos flutuadores para o exterior da estrutura. Esta adoção aliada a utilização de processos de fabricação mais precisos, garante o espaço necessário ao funcionamento dos componentes envolvidos sem interferências mútuas.

7.2.2 Acoplamentos do controle de tração

Apesar do pouco tempo de funcionamento do sistema de controle de tração, comprovou-se, nos testes realizados, a grande utilidade e eficiência deste sistema. Além disso, a partir do momento em que se utilizou o equipamento sem a possibilidade do controle da tração, ficou comprovada a sua necessidade devido ao grau de dificuldade constatado na realização das manobras.

O pleno funcionamento do sistema de controle de tração será obtido pela combinação de uma série de alterações no projeto do sistema atual. Primeiramente, a utilização de um tratamento térmico para evitar o desgaste e, conseqüentemente, o desengate dos acoplamentos, faz-se necessária. Outra alteração a ser realizada, é a reutilização do acoplamento axialmente móvel deslizando sobre chavetas, sendo estas, porém, em maior número, numa configuração ranhurada. Isto evitaria a movimentação lateral da corrente e melhoraria a utilização dos espaços. Ainda, para promover a diminuição das forças de atrito entre as chavetas e a luva móvel, deve-se aumentar o diâmetro de contato entre estas. Uma forma de alcançar este objetivo é apresentada na figura 7.2. Nesta figura, o eixo principal (01) recebe a caneca ranhurada (02), a qual encaixa-se no acoplamento móvel axialmente (04). A mola de compressão (03) fica no interior deste conjunto e tem a função de promover o engate dos acoplamentos, enquanto que, para desconectá-los, deve-se atuar contra a força da mola.

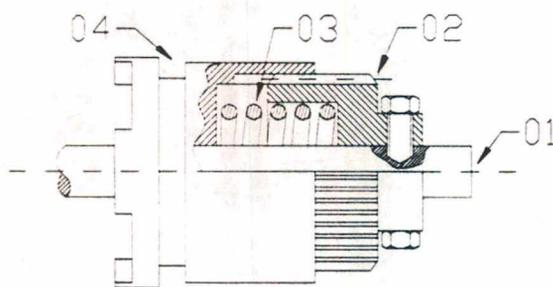


Figura 7. 2 - Sugestão para o aumento do diâmetro de contato entre as ranhuras.

Mesmo com estas alterações, deve-se estudar a possibilidade de promover a inclinação dos dentes do acoplamento de forma a diminuir ainda mais a força necessária ao desengate. Outra forma de diminuir as forças envolvidas é a realização de modificações na relação de transmissão entre as rodas e o eixo dos

acoplamentos, aumentando a velocidade de rotação e diminuindo o torque neste eixo. Esta alteração deve, contudo, preservar uma distância mínima de 300 mm entre o aro da roda e a corrente de transmissão, de forma que esta não afunde na lama. Por outro lado, um sistema de acionamento do acoplamento deve ser desenvolvido, de modo a aumentar a força de acionamento, sem diminuir o curso de deslocamento das luvas axialmente móveis dos acoplamentos. Por fim, a utilização do sistema de controle de tração em um ambiente fechado, tornaria mais confiável o seu funcionamento, apesar de o acúmulo de lama sobre os acoplamentos não ter-se mostrado preocupante. Poder-se-ia, ainda, agregar as correntes de transmissão às rodas neste ambiente fechado, o que protegeria ainda mais estes componentes. Numa representação mais abstrata, duas variações para alcançar o fechamento das transmissões às rodas, são apresentadas nos desenhos a seguir:

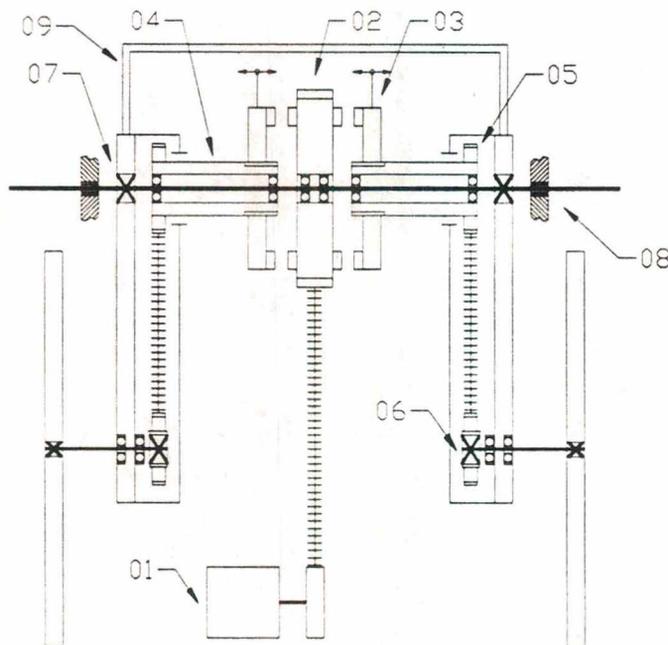


Figura 7. 3 - Esquema de solução para a transmissão com o fechamento do braço das rodas - I.

Na figura 7.3, o redutor (01) transmite movimento através de corrente para a roda dentada (02), a qual gira em relação ao eixo, porém não se movimenta axialmente. Esta roda dentada possui dentes que se acoplam às luvas (03), posicionadas simetricamente em relação a ela. As luvas, por sua vez, tem movimento axial relativo aos eixos (04), e transmitem seu movimento a estes através de ranhuras. Os eixos (04) são ocos e estão apoiados sobre mancais de

rolamento que permitem o seu giro em relação ao eixo principal. Na outra extremidade dos eixos (04), estão montadas as rodas dentadas (05), as quais transmitem movimento, através de correntes, para as rodas dentadas (06), fixadas aos eixos das rodas. Os eixos das rodas são suportados por pares de mancais de rolamento que são montados aos braços das rodas. Estes braços das rodas fixam-se ao eixo principal (07) e giram com este, para a regulação de profundidade. O eixo principal está apoiado na estrutura da máquina sobre mancais deslizantes (08). Finalmente, os braços das rodas, que têm uma capa envolvendo a transmissão dos eixos ocios (04) às rodas, estão ligados entre si através de uma barra em "u" (09), como na configuração utilizada na semeadora SAP-02.

Esta solução tem a vantagem de proporcionar forças menores para o desengate dos acoplamentos, devido aos maiores diâmetros nos pontos de contato entre os dentes. Contudo, ela caracteriza-se por ser mais complexa e, conseqüentemente, mais cara.

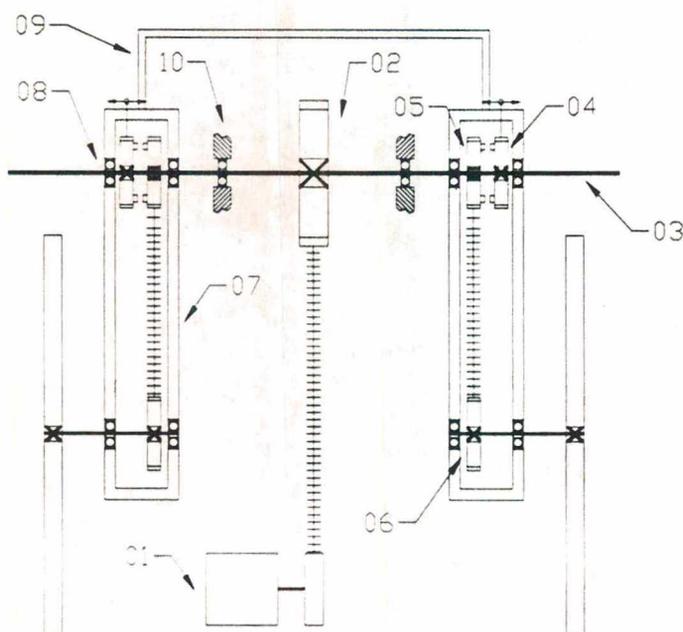


Figura 7. 4 - Esquema de solução para a transmissão com o fechamento do braço das rodas - II.

A segunda solução, apresentada na figura 7.4, tem a forma de transmissão baseada na solução utilizada no equipamento atual. Primeiramente, o redutor (01) transmite movimento para a roda dentada (02), através de corrente. Esta roda dentada transmite através do eixo principal (03), ao qual está fixada. As luvas de

acoplamento (04), também solidárias ao eixo principal (03), tem movimento axial e acoplam-se às luvas de acoplamento (05). Estas, por sua vez, são presas no sentido axial, sendo, porém, livres para girar, já que estão apoiadas sobre mancais deslizantes. A transmissão continua através de correntes para as rodas dentadas (06) que estão ligadas aos eixos das rodas. A carcaça (07) aloja os mancais de rolamento (08), que servem de apoio para os eixos das rodas e para o eixo principal. Da mesma forma que na solução anterior, as estruturas de suporte das rodas, são ligadas entre si com uma estrutura em "u" (09). Por fim, o eixo principal (03) está apoiado em mancais de rolamento, os quais são alojados na estrutura (10).

A maior dificuldade para o fechamento dos acoplamentos, é a adaptação de um sistema de acionamento simples, que permita a aplicação das forças necessárias com o curso adequado. Uma vez obtida esta condição, a máquina estará a nível de comercialização.

7.2.3 Embreagem do motor

A embreagem do motor, apesar de não impedir o funcionamento da máquina pelo seu mau funcionamento, se comportou bastante mal nos testes de campo. Primeiramente, seu acionamento apresentou-se muito difícil, exigindo grande força para realiza-lo. Além disso, quando acionada, não realizou adequadamente sua função, que era liberar a transmissão de movimento do motor.

Como primeira modificação para esta embreagem, deve-se melhorar o ponto de apoio, onde a alavanca gira. A utilização de um rolamento e uma estrutura que impeça a inclinação lateral da alavanca é uma opção para tornar mais fácil o acionamento deste sistema.

Para o funcionamento propriamente dito da embreagem, a utilização de uma alavanca mais comprida, permitindo que a correia fique mais frouxa, quando acionada a embreagem, é a ação necessária. Contudo, pela posição das duas polias, que estão praticamente a mesma altura do solo, é possível que a correia transmita mesmo com a embreagem acionada, se a carga for muito baixa. Neste caso, será necessária uma mudança no princípio de funcionamento da embreagem, afastando, por exemplo, a correia da polia.

7.2.4 Sistema de sustentação

Em relação ao sistema de sustentação, devem ser realizadas modificações no tamanho, nas fixações e nos espaçamentos entre os flutuadores, além de alterações na distribuição de peso.

Os flutuadores devem ser maiores de forma a sustentar mais o equipamento, não necessitando, ainda, suportar todo o peso deste. Eles deveriam ser aumentados no comprimento e na altura, permanecendo a largura na mesma dimensão atual. Com este aumento no comprimento, os flutuadores devem ser posicionados de modo que seu centro de empuxo fique mais recuado e, assim, possibilite uma maior sustentação da máquina, quando esta estiver apoiada no interior da quadra. As fixações devem continuar em número de duas por flutuador, permitindo, porém, a adaptação do flutuador ao solo quando a máquina variar sua inclinação pelo giro em torno do eixo de apoio. Além disso, estas fixações devem impedir o movimento em torno do eixo longitudinal dos flutuadores. Adotando-se o afastamento sugerido para as linhas centrais, os flutuadores devem ficar mais afastados da estrutura, ocorrendo, para isto, uma modificação nas hastes da estrutura que seriam um pouco mais longas.

Em relação à distribuição do peso da máquina, esta também deve ser alterada na semeadora SAP-02. Apesar da distribuição de peso ter-se apresentado bem nos testes preliminares, com o abastecimento dos reservatórios de sementes esta se mostrou inadequada a um trabalho contínuo e prolongado. A solução mais imediata para este problema, é a modificação da posição do redutor para se situar mais a frente na máquina. Como a massa do redutor é bastante significativa (20 kg) e concentrada, um pequeno deslocamento deste deve resolver o problema. Caso esta solução seja insuficiente, poderia-se utilizar um lastro mais a frente para equilibrar melhor o equipamento.

7.3 Aspectos a avaliar em estudos futuros

Em um nível mais avançado, pode-se mencionar alguns pontos que poderiam ser explorados. Estes pontos são apresentados a seguir:

Em primeiro lugar, uma possibilidade de solucionar parte dos problemas com os deslocamentos das luvas de acoplamento, é a reutilização de transmissão por atrito nos acoplamentos. Contudo, esta solução deve ser objeto de um estudo mais profundo, uma vez que as forças envolvidas são, ainda, demasiadas para a sua utilização.

Percebeu-se, nos testes de campo, variação na profundidade da lama numa mesma quadra. Isto é, na quadra onde foram realizados os testes em Itajaí, em uma extremidade a profundidade era maior do que na outra. Como consequência, na extremidade onde a profundidade era maior, ocorreu maior dificuldade de tração, pelo maior arraste dos flutuadores. A amplitude de variação não comprometeu o funcionamento da máquina. Contudo, um aspecto a ser considerado em estudos futuros é a concepção de um sistema que permitisse a variação de profundidade da roda automaticamente em resposta à variação da profundidade da quadra.

Finalmente, outro aspecto que poderia ser considerado, seria o aproveitamento da energia do motor, para o acionamento da regulagem de profundidade. Seria preciso certificar-se, contudo, se a maior facilidade de acionamento justifica o aumento correspondente de complexidade no equipamento.

7.4 Conclusões

A necessidade do mercado, em relação ao desenvolvimento de uma semeadora de arroz pré-germinado, foi confirmada no decorrer dos trabalhos, através do interesse demonstrado por parte dos pesquisadores, extensionistas e proprietários envolvidos com o cultivo de arroz irrigado.

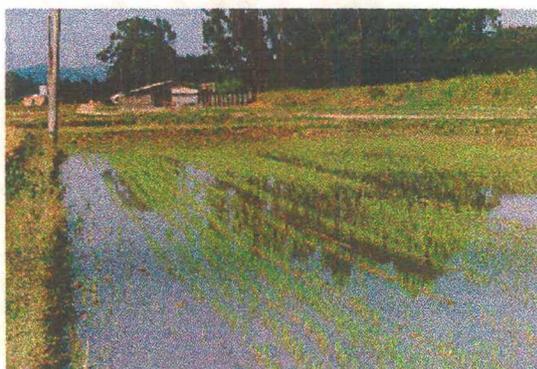


Figura 7. 5 - Vista I do desenvolvimento das plantas na quadra semeada com a semeadora SAP-02.

O trabalho realizado buscou a melhoria dos aspectos falhos apresentados pelo primeiro protótipo desta semeadora, com a permanente preocupação em manter os aspectos positivos observados na primeira versão.

Estes objetivos foram alcançados a partir da utilização do processo de projeto e de uma série de ferramentas metodológicas, as quais proporcionaram uma discussão organizada e uma importante base para a tomada de decisões.

Ficou igualmente confirmada a importância do trabalho em grupo para a obtenção dos resultados esperados, onde o interesse e contribuição de todos os integrantes da equipe de projeto estão diretamente relacionados ao sucesso dos resultados.



Figura 7. 6 - Vista II do desenvolvimento das plantas na quadra semeada com a semeadora SAP-02.

Com a realização do presente reprojeto, deu-se, como não poderia deixar de ser, o segundo grande passo na direção de um equipamento plenamente adequado às necessidades do mercado. A partir do estágio alcançado atualmente, necessita-se de um ajuste fino em termos de soluções de projeto, as quais devem, agora sim, estar mais voltadas aos aspectos de fabricação, uma vez que, do ponto de vista conceitual, chegou-se a um nível bastante satisfatório.

Particularmente, em relação à fabricação, deve-se estabelecer uma linha de produção, à qual o equipamento deverá ser adaptado. Para tanto, a predisposição

de uma empresa em assumir a manufatura da semeadora é de extrema importância. Assim, seria necessário um trabalho de divulgação dos resultados obtidos com o protótipo atual, de forma a motivar o investimento por parte de empresários do setor agrícola.

As imagens contidas no presente tópico apresentam a quadra onde foram realizados os testes, após três semanas. Como pode-se notar, as plantas de arroz estão desenvolvendo-se e apresentam-se, nas linhas onde os dosadores estavam ativados, dentro das especificações. Estas imagens representam o potencial da semeadora, o qual está sendo alcançado através de trabalho sério e contínuo, e servem de incentivo ao prosseguimento desta tarefa de desenvolvimento, que justifica a condição criadora do ser humano.



Figura 7. 7 - Vista III do desenvolvimento das plantas na quadra semeada com a SAP-02.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BACK, Nelson. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1983.
- [2] CAETANO, Reginaldo Rocha. **Plantio pré-germinado**. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, V. 48, nº 423, set./out. 1995.
- [3] COGO, Carlos. **O mercado internacional do arroz no ano 2000**. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, V.46, nº 409, jul./ago.. Expointer. 1993.
- [4] CSILLAG, João Mário. **Análise de Valor: Metodologia do Valor**. Atlas, São Paulo, 1995.
- [5] CZIULIK, Carlos. **Desenvolvimento do Protótipo de uma Semeadora de Arroz Pré-germinado**. Florianópolis, 1990. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- [6] DIA de campo em Torres divulga sistema pré-germinado. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, V. 48, nº 420, mar./abr. 1995.
- [7] DIAGNÓSTICO do complexo arroz dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, no âmbito do mercosul. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, V.46, nº 410, set./out.. 1993.
- [8] EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁREA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA - EPAGRI. Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina (revisão). EPAGRI, Florianópolis, 1992.
- [9] _____. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. EPAGRI, Florianópolis, 1992.

- [10] FAIRES, Virgil Moring. **Elementos Orgânicos de Máquinas**. Ao livro técnico AS, Rio de Janeiro, 1974.
- [11] IIDA, Itiro. **Ergonomia - Projeto e Produção**. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1990.
- [12] INSTITUTO CEPA / SC. Informe Conjuntural, nº 582, período 23.02.96 a 29.02.96, c.c. Florianópolis, 1996.
- [13] INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. Produção de arroz irrigado no Brasil. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, V.46, nº 407, p. 15-17, março/abril. 1993.
- [14] JORNADAS técnicas sobre o sistema pré-germinado. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, V. 47, n. 416, set./out. 1994.
- [15] KING, Bob. **Better Designs in a Half Time**. Goal/QPC, Massachusetts, 1989.
- [16] LOPES, Sérgio Iraçu Gindri, *at al.* **Semeadura aérea de arroz pré-germinado**. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, V. 48, nº 423, set./out. 1995.
- [17] PAHL, B., BEITZ, W. **Engineering Desing: a Sistematic Approach**. The Design Council, London, 1988.
- [18] PRADHAN, S. N.. Drilling Germinated Paddy on Puddled Land - Saves Labour and Yields More. **Indian Farming**, V. 19, nº 10. p. 24-29. 1970.
- [19] RECOMENDAÇÕES de cultivares e qualidade de sementes. Caminhada tecnológica para o campo. Safra Agrícola 92/93.
- [20] SKF, Catálogo geral 4000 PB, 1989.
- [21] SNODGRASS, T. J.; KASI, M. **Function Analysis - The Stepping Stone to Good Value**. University of Wisconsin, 1968.

[22] SOUZA, Maria da Graça Coelho de. Novos equipamentos possibilitam implantação de médias e grandes lavouras. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, 42(388), nov./dez. 1989.

[23] WAHL, A M.. **Mechanical Springs**. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. 1963.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON, E. R. Jr.. **Resistência dos Materiais**. McGrall-Hill, São Paulo, 1989.
- CANĀVATE, Jaime Ortiz. **Las Maquinas Agricolas y su Aplicación**. Ediciones Mundi-Prensa, Madri, 1984.
- CANDELON, Philippe. **Las Maquinas Agricolas**. Ediciones Mundi-Prensa, Madri, 1971.
- DOBROVOLSKY, V. at al.. **Machine Elements**. Peace publishers, Moscou, second printing.
- GRIST, D. H. **Rice**. Logman Group LTD, New York. 1975.
- HASHIM, M. F.; JUSTER, N. P. e De PENNINGTON, A. **A functional Approach to Redesign**. Engineering with Computers 10:125-139 (1994).
- SHIGLEY, Joseph Edward. **Elementos de Máquinas**. Livros técnicos e científicos editora SA. 2 ed.. Rio de Janeiro, 1984.
- YANMAR DO BRASIL S.A.. Av. Dr. Gastão Vidigal, 2001. CEP. 05314-901. Vila Leopoldina, São Paulo, SP. Catálogo das Transplantadoras de Mudás de Arroz Modelos RR650 e RR850.

ANEXO A

LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADE DOS CONSUMIDORES - I
(Questionário realizado com pesquisadores envolvidos com o primeiro protótipo)

- DESEMPENHO GERAL:

- Qual a impressão geral deixada pelo Protótipo SAP-01?
- Quais os aspectos que mais chamam a atenção tanto positiva quanto negativamente?

- DEPOSIÇÃO DAS SEMENTES:

- Existe a necessidade do ajuste entre linhas? Como se mostrou o ajuste desenvolvido?
- É necessário adubar-se simultaneamente ao plantio? É uma medida que melhoraria o plantio em grande dimensão?
- O sistema de dosagem é apropriado? A quantidade é satisfatória?
- A distribuição das sementes é regular? Pode ser melhorada? O que deveria ser feito?
- Qual a real necessidade de utilizar Dosadores canelados helicoidais ou retos?
- A velocidade de deslocamento se mostrou adequada à distribuição das sementes?
- Houve muita quebra de sementes?
- Há necessidade de variar a profundidade de deposição das sementes?

- CONTENÇÃO DAS SEMENTES:

- A quantidade suportada pelos reservatórios é suficiente para as quadras encontradas na região? E em outros locais?
- Pode-se dizer que o descarregamento dos contentores de sementes foi bom? Em quê, tal aspecto poderia ser melhorado?

- SUSTENTAÇÃO DO EQUIPAMENTO:

- Quais as funções dos flutuadores. Podem estes adaptarem-se aos desníveis do solo se forem em nº reduzido (1 ou 2)? Em maior número satisfazem este aspecto?
- Qual a frequência do enterramento dos flutuadores?

- DESEMPENHO ERGONÔMICO:

- O deslocamento do operador no espaço livre entre as linhas centrais é confortável? Seria melhor se a linha ficasse entre as pernas do operador?
- A postura de operação é adequada? Seria de grande importância a "operação embarcada"?

- Em relação ao ruído e vibrações o protótipo é: Muito bom; Bom; Aceitável; Ruim ou Muito Ruim?

- MARCAÇÃO DE LINHAS:

- O sistema de marcação de linhas é eficiente? A linha não fica apagada? E a mira para seguir a linha é adequada? Pode-se seguir com facilidade a linha marcada?

- RELAÇÃO COM O AMBIENTE DE TRABALHO:

- Com relação ao acúmulo de lama, este foi prejudicial? Em quais pontos foi mais intenso? Prejudicou o sistema de transmissão? Sobre os flutuadores, foi a causa do enterramento?
- As rodas tratoras lançaram lama sobre o equipamento? A proteção das rodas foi adequada em relação a este aspecto? Houve entupimento neste componente?
- Em relação à tração propriamente dita, esta foi Muito Boa; Boa; Aceitável; Ruim ou Muito Ruim? Como poderia ser melhorada?
- No deslocamento fora da quadra qual foi o seu desempenho? Como se poderia melhorar este aspecto?
- E a manobra no final de quadra, como se comportou? Onde se localiza o maior problema? como poderia ser corrigido?
- E o deslocamento para o interior da quadra? se mostrou fácil? Quais são as características das quadras? O que poderia ser melhorado?

- DESEMPENHO ESTRUTURAL:

- Como se comportou o protótipo em relação à rigidez? Esta poderia ser melhorada? Como? Quais os aspectos, ou pontos, que mais deixaram a desejar?
- A distribuição dos componentes se mostrou adequada? Houve bom posicionamento do centro de gravidade? Apresentou problemas de equilíbrio?

- DESEMPENHO VISUAL:

- Em relação à estética, como se apresentou o protótipo? Pode ser considerado bonito? Dá a impressão de resistente? Seguro? Equilibrado? Compacto?

- DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO:

- OUTRAS ALTERNATIVAS:

- Seria razoável pensar em adaptar a semeadora a um microtrator Tobata, já que este equipamento é utilizado na maioria das pequenas propriedades para o preparo do terreno?

LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADE DOS CONSUMIDORES - II
(Questionário realizado com extensionistas e produtores não relacionados com o protótipo anterior)

- Existe a necessidade da mecanização da semeadura do arroz pré-germinado?
- Caso exista essa necessidade de mecanização, qual seria a melhor forma?
 - a lanço; com grande alcance;
 - em linhas;
 - outra forma.
- No sistema de plantio a lanço, qual a produtividade média da semeadura, em hectares/hora?
- Qual é o custo do plantio a lanço?
 - semente;
 - mão de obra;
 - preparações de terreno e sementes;
 - outros.
- No caso de uma semeadora em linhas, quais as principais características que esta deveria apresentar?
- Qual o número de linhas adequado?
- Qual o espaçamento entre linhas adequado?
- Existe a necessidade do ajuste entre linhas? Quais?
- É necessário adubar-se simultaneamente ao plantio?
- Qual a quantidade de sementes que tal máquina deveria armazenar?
- Em relação ao ambiente de trabalho, quais as características das quadras? dos percursos que a máquina deveria percorrer? (larguras, alturas dos barrancos para entrar nas quadras)
- Seria importante que tal máquina fosse auto propelida?
- Seria razoável pensar em adaptar a semeadora a um microtrator Tobata, já que este equipamento é utilizado na maioria das pequenas propriedades para o preparo do terreno?

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

ANEXO E

ANEXO F

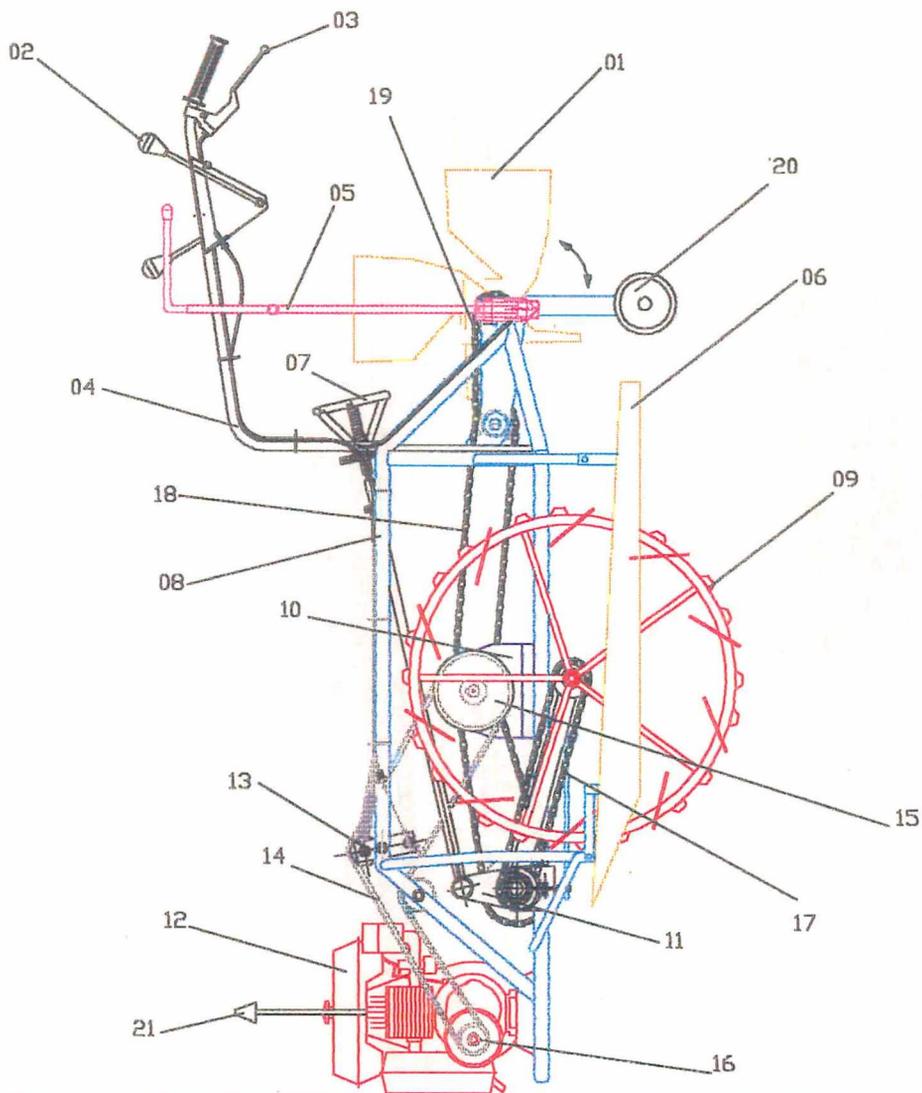
Tabela C.1 - Dados para o cálculo do centro de gravidade da semeadora SAP-02.

Nº	COMPONENTE	POSIÇÃO (x;y)	MASSA (kg)	$m_i \cdot x_i$ (kg•mm)	$m_i \cdot y_i$ (kg•mm)
1.	Motor	(28;135,6)	20,000	560,0	2.712,0
2.	Redutor	(16,807)	20,000	320,0	16.140,0
3.	Polia 1	(-147;75)	0,230	-33,8	17,2
4.	Roda dentada 2	(130;400)	2,250	292,5	900,0
5.	Roda dentada 3	(150;807)	0,470	70,5	379,3
6.	Roda dentada 4	(135;807)	0,470	63,4	379,3
7.	Polia 5	(145;807)	0,430	-62,4	347,0
8.	Roda dentada 6	(150;1.363)	0,470	70,5	640,6
9.	Roda dentada 7	(0;1.363)	0,470	*	640,6
10.	Roda dentada 8	(260;400)	0,250	*	100,0
11.	Roda dentada 9	(-260;400)	0,250	*	100,0
12.	Roda dentada 10	(260;870)	0,250	*	217,5
13.	Roda dentada 11	(-260;870)	0,250	*	217,5
14.	Flutuador 1	(-500;905)	2,500	*	2.262,5
15.	Flutuador 2	(500;905)	2,500	*	2.262,5
16.	Flutuador 3	(0;905)	2,500	*	2.262,5
17.	Dosador 1	(625;1592)	3,800	*	6.049,6
18.	Dosador 2	(-625;1592)	3,800	*	6.049,6
19.	Dosador 3	(375;1592)	3,800	*	6.049,6
20.	Dosador 4	(-375;1592)	3,800	*	6.049,6
21.	Dosador 5	(125;1592)	3,800	*	6.049,6
22.	Dosador 6	(-125;1592)	3,800	*	6.049,6
23.	Rabiça	(0;1363)	3,990	*	5.438,4
24.	Barra sup.+ eixo dosad.	(0;1592)	6,675	*	10.618,6
25.	Eixo da roda 1	(278;870)	0,408	*	356,7
26.	Eixo da roda 2	(-278;870)	0,408	*	356,7
27.	Rolam.- eixo da roda 1	(- ;870)	0,130	*	113,1
28.	Rolam.- eixo da roda 2	(- ;870)	0,130	*	113,1
29.	Rolam.- eixo principal 1	(- ;400)	0,120	*	48,0
30.	Rolam.- eixo principal 2	(- ;400)	0,120	*	48,0
31.	Rolam.- eixo principal 3	(- ;400)	0,120	*	48,0
32.	Rolam.- eixo principal 4	(- ;400)	0,120	*	48,0
33.	Rolam.- eixo principal 5	(- ;400)	0,120	*	48,0
34.	Rolam.- eixo principal 6	(- ;400)	0,120	*	48,0
35.	Acoplamento móvel 1	(289;400)	0,322	*	128,0
36.	Acoplamento móvel 2	(-289;400)	0,322	*	128,0
37.	Acoplamento fixo 1	(266;400)	0,099	*	39,6
38.	Acoplamento fixo 2	(266;400)	0,099	*	39,6
39.	Alavanca 1	(212;370)	0,645	*	238,7
40.	Alavanca 2	(-212;370)	0,645	*	238,7
41.	Mancai 1	(185;400)	0,742	*	296,8
42.	Mancai 2	(185;400)	0,742	*	296,8
43.	Travessa	(0;342)	1,696	*	580,4
44.	Eixo transm. dosadores	(171;1363)	0,445	*	605,2
45.	Braço da roda 1	(233;636)	1,468	*	933,6
46.	Braço da roda 2	(-233;636)	1,468	*	933,6
47.	Estrutura - Barra 01	(0;15)	0,820	*	12,3
48.	Estrutura - Barra 02	(0;50,5)	0,640	*	32,3
49.	Estrutura - Barra 03	(0;237)	0,640	*	151,7
50.	Estrutura - Barra 04	(0;280)	0,180	*	54,4
51.	Estrutura - Barra 05	(0;1289)	0,700	*	902,3
52.	Estrutura - Barra 06	(0;1289)	0,700	*	902,3
53.	Estrutura - Barra 07	(185;1289)	0,610	*	786,3

Nº	COMPONENTE	POSIÇÃO (x;y)	MASSA (kg)	$m_i \cdot x_i$ (kg•mm)	$m_i \cdot y_i$ (kg•mm)
54.	Estrutura - Barra 08	(-185;1289)	0,610	*	786,3
55.	Estrutura - Barra 09	(343;357)	0,160	*	57,1
56.	Estrutura - Barra 10	(343;357)	0,180	*	64,3
57.	Estrutura - Barra 11	(-343;357)	0,160	*	57,1
58.	Estrutura - Barra 12	(-343;357)	0,180	*	64,3
59.	Estrutura - Barra 13	(343;1289)	0,140	*	180,5
60.	Estrutura - Barra 14	(343;1289)	0,170	*	219,1
61.	Estrutura - Barra 15	(-343;1289)	0,140	*	180,5
62.	Estrutura - Barra 13-15	(-343;1289)	0,180	*	232,0
63.	Estrutura - Barra 16	(-343;1289)	0,170	*	219,1
64.	Estrutura - Barra 17	(100;1289)	0,260	*	335,4
65.	Estrutura - Barra 18	(-100;1289)	0,260	*	335,4
66.	Estrutura - Barra 19	(185;645)	2,700	*	1.741,5
67.	Estrutura - Barra 20	(-185;645)	2,700	*	1.741,5
68.	Estrutura - Barra 21	(185;311)	0,900	*	280,0
69.	Estrutura - Barra 22	(-185;311)	0,900	*	280,0
70.	Estrutura - Barra 23	(185;870)	1,730	*	1.505,0
71.	Estrutura - Barra 24	(-185;870)	1,730	*	1.505,0
72.	Estrutura - Barra 25	(216;1440)	0,820	*	1.180,0
73.	Estrutura - Barra 26	(-216;1440)	0,820	*	1.180,0
74.	Estrutura - Barra 27	(216;1440)	0,600	*	864,0
75.	Estrutura - Barra 28	(-216;1440)	0,600	*	864,0
$\sum m_i \cdot d_i$				1.280,2	104.332,0

* Valores nulos ou anulados pela simetria de componentes

ANEXO G



21	Mira	Aço + baquelite	01
20	Rodas para transporte Industrial	Aço + borracha	02
19	Corrente 7.8 passo=12.7-36 elos	Aço	01
18	Corrente 7.8 passo=12.7-135 elos	Aço	01
17	Corrente 7.8 passo=12.7-57 elos	Aço	02
16	Polla em "V" tipo Aj ϕ prim.=180	Alumínio	01
15	Polla em "V" tipo Aj ϕ prim.=75	Alumínio	01
14	Correia trapezoidal tipo "A"-38	Lona + borracha	01
13	Esticador da correia	Aço	01
12	Motor Branco 2 tempos 3.5 CV 3600rpm	_____	01
11	Braço de regulagem de profundidade	Aço	02
10	Redutor Cestari I=25.51 codi020301	_____	01
09	Roda	Aço	02
08	Estrutura	Aço	01
07	Volante de regulagem\profundidade	Aço	01
06	Flutuador	Compósito	03
05	Marcador de linha	Aço	02
04	Rabiça	Aço	01
03	Manete de direcionamento	Antimônio	02
02	Alavanca de comando	Aço + baquelite	04
01	Dosador de sementes	Compósito	06
Peça	Denominação	Material	Des. Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

VISTA LATERAL SAP02

LP

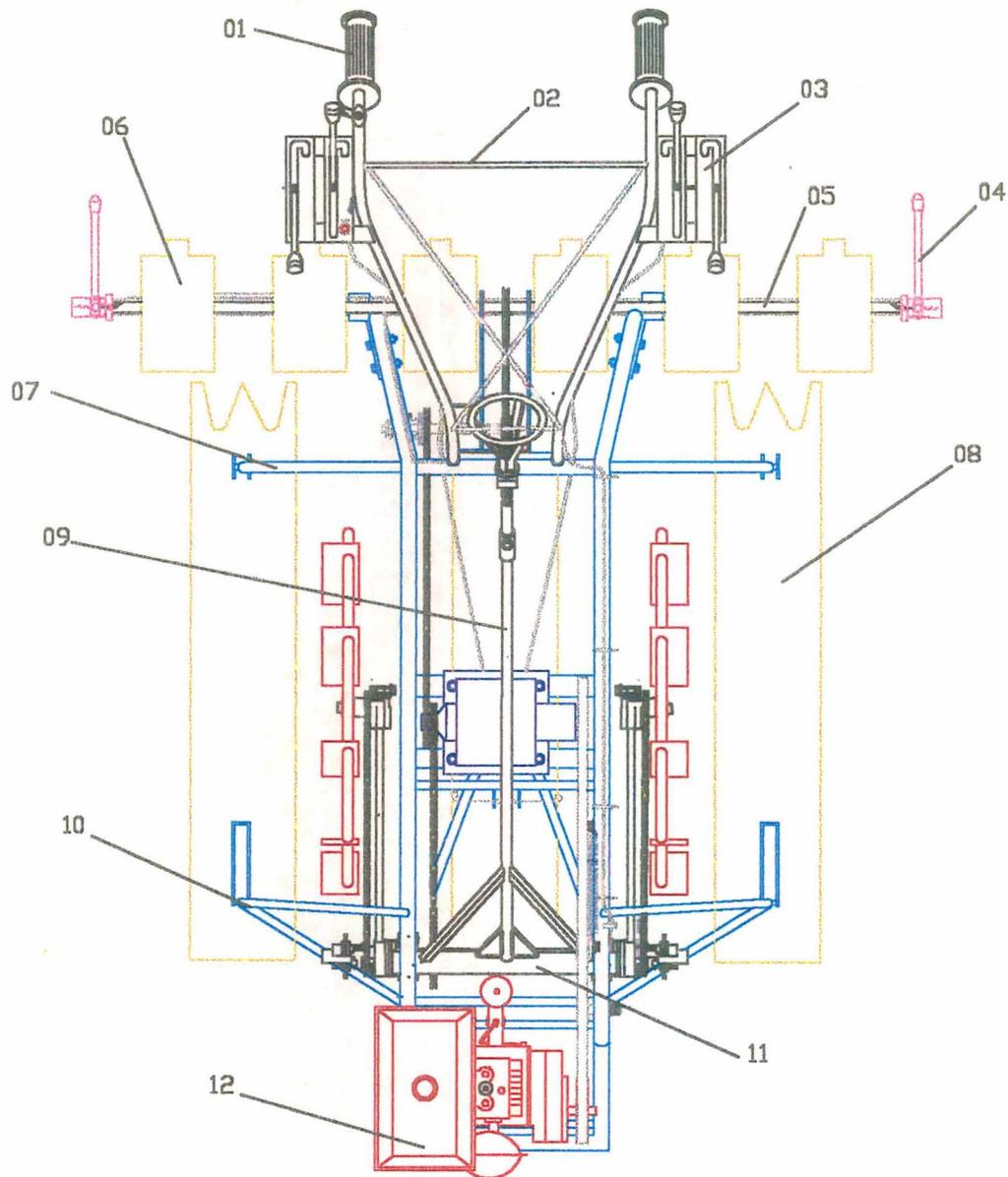
Semeadora de
arroz pré-germinado

Conj/des. 01/01

Escala:

Data: 28/05/97

Des. Marcos



12	Motor Branco 2 tempos 3,5 CV 3500 rpm			01
11	Barra transversal reg\profundidade	Aço		01
10	Barra suporte do flutuador	Aço		04
09	Haste de regulagem\profundidade	Aço		01
08	Flutuador	Compósito		03
07	Barra suporte do flutuador	Aço		02
06	Dosadores	Compósito		06
05	Semi-Eixo de acionamento dos dosadores	Aço		02
04	Marcador de linha	Aço		02
03	Placa guia dos comandos	Aço		04
02	Reforço da rabiça	Aço		03
01	Empunhadura Moto Honda 250	Borracha		02
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECANICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

VISTA SUPERIOR SAP02

LP

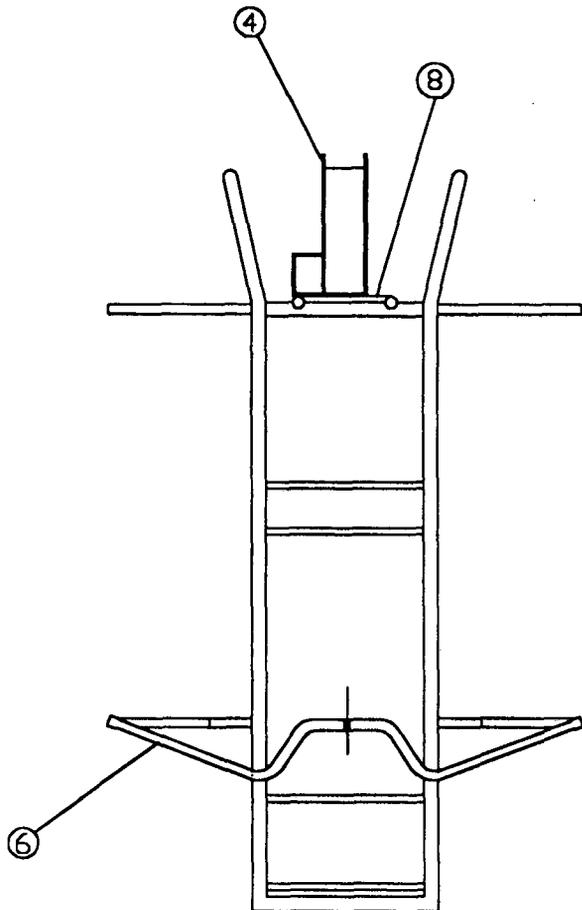
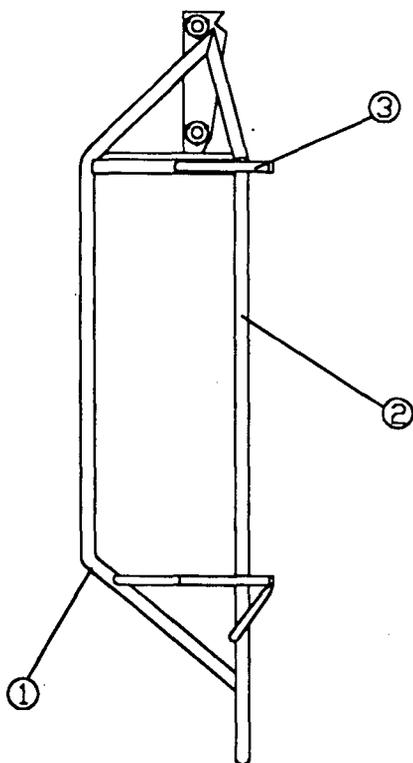
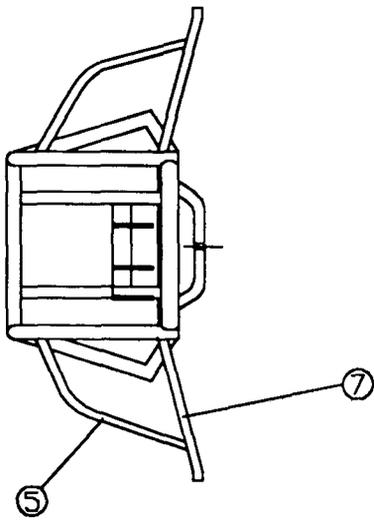
Semeadora de
arroz pré-germinado

Escala:

Conj.\des. 02/01

Data: 28/05/97

Des. Marcos



08	Chapa de apoio	Aco ABNT 1020	-	01
07	Tubo de apoio (post-inf.)	Aco ABNT 1020	04	01
06	Tubo de apoio (frit-inf.)	Aco ABNT 1020	03	01
05	Tubo de apoio (frit-lat.)	Aco ABNT 1020	04	01
04	Chapa de sup. dosadores	Aco ABNT 1020	-	01
03	Tubo de apoio (post-lat.)	Aco ABNT 1020	04	01
02	Tubo principal inferior	Aco ABNT 1020	03	01
01	Tubo principal superior	Aco ABNT 1020	03	01
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECANICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

SUBCONJUNTO
ESTRUTURAL

LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

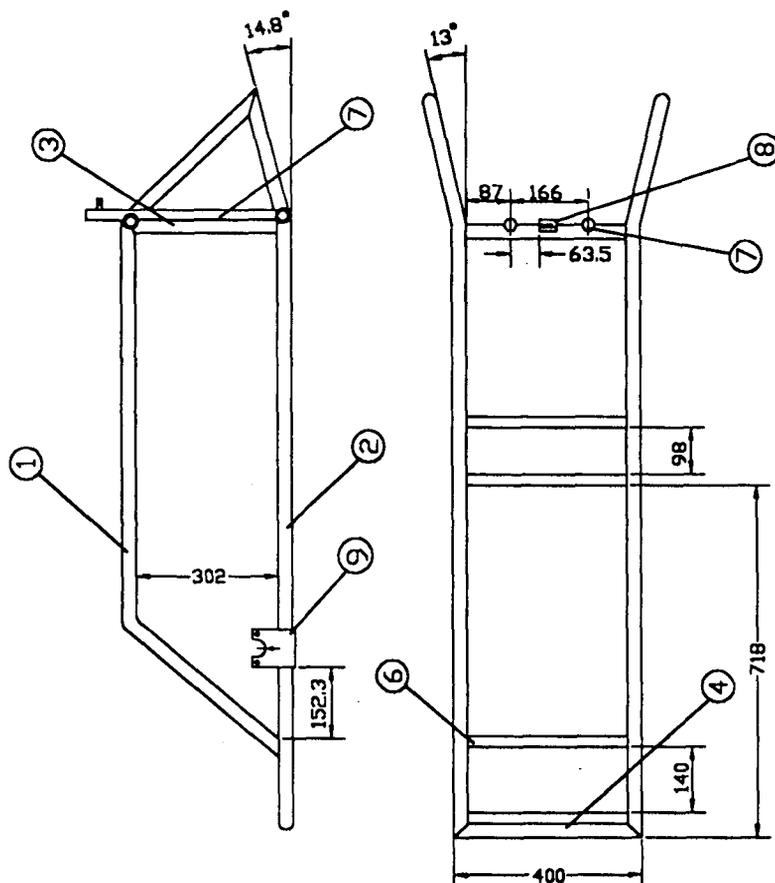
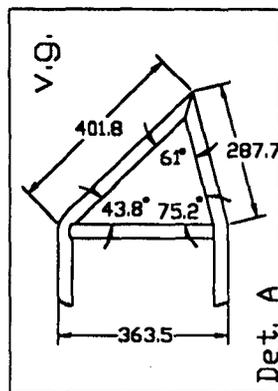
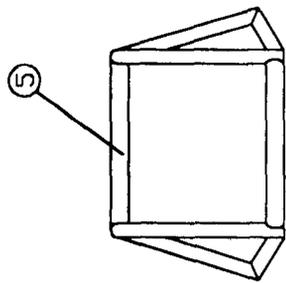
Unidade: mm

Con./Des.: 03/01

Data: 24/04/97

Escala:

Des.: Wolff



09	Suporte do eixo principal	Aço ABNT 1020	05/05	01
08	Barra suporte do fuso	Aço ABNT 1020		01
07	Tubo suporte da rabiça	Aço ABNT 1020	03	02
06	Barras sup. - motor / redutor	Aço ABNT 1020	03	04
05	Tubo transv. superior	Aço ABNT 1020	04	01
04	Tubo transv. Inferior (frontal)	Aço ABNT 1020	04	01
03	Tubo vertical posterior	Aço ABNT 1020	04	02
02	Tubo principal inferior	Aço ABNT 1020	03	02
01	Tubo principal superior	Aço ABNT 1020	03	02
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.

UFSC

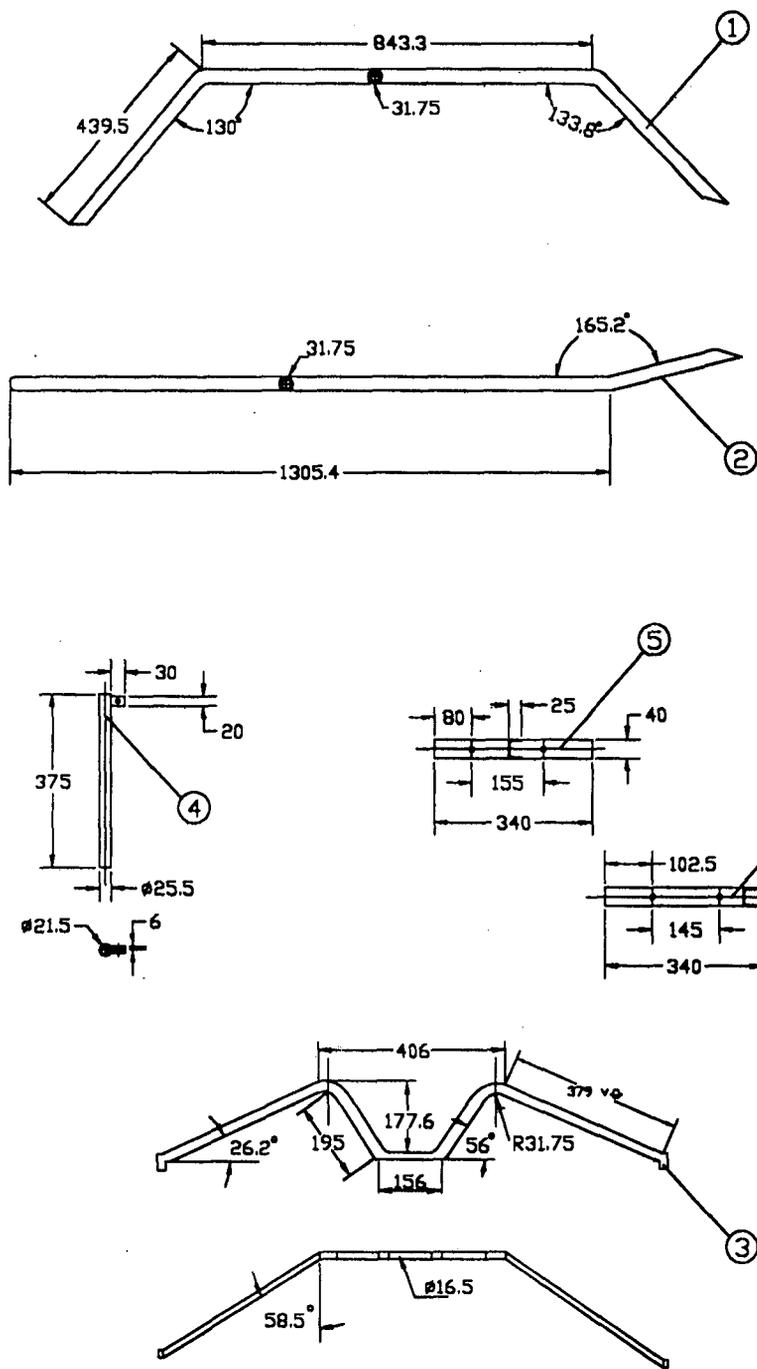
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

SUBCONJUNTO
ESTRUTURAL

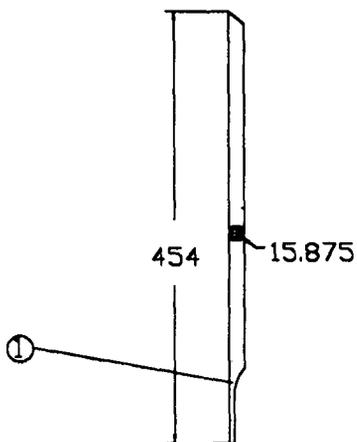
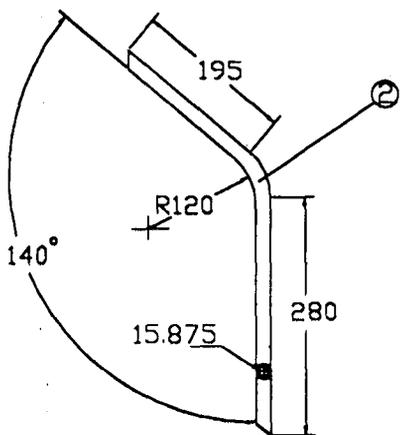
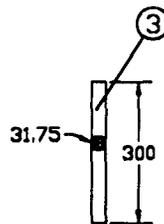
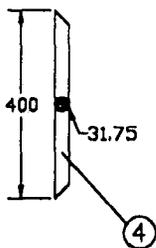
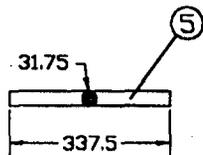
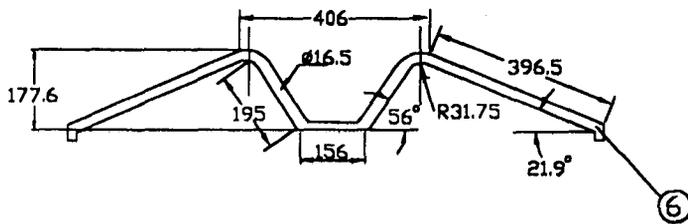
LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

Unidade: mm	Conj./Des: 03/02
Data: 24/04/97	
Escala:	
Des: Wolff	



06	Barra sup. do motor	Aco ABNT 1020	03	02
05	Barra sup. do redutor	Aco ABNT 1020	03	02
04	Tubo suporte de raboça	Aco ABNT 1020	03	02
03	Tubo de apoio (frit-Inf.)	Aco ABNT 1020	03	01
02	Tubo principal inferior	Aco ABNT 1020	03	02
01	Tubo principal superior	Aco ABNT 1020	03	02
Peça	Denominação	Material		Quant.
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO	SUBCONJUNTO ESTRUTURAL		
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Conj./Des.:03/03	
		Data: 24/04/97		
		Escala:		
		Des.: Wolff		



06	Tubo de apoio (post-inf.)	Aco ABNT 1020	04	01
05	Tubo transversal superior	Aco ABNT 1020	04	01
04	Tubo transversal (fnt-inf.)	Aco ABNT 1020	04	01
03	Tubo vertical posterior	Aco ABNT 1020	04	02
02	Tubo de apoio (fnt-lat.)	Aco ABNT 1020	04	02
01	Tubo de apoio (post-lat.)	Aco ABNT 1020	04	02
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

SUBCONJUNTO
ESTRUTURAL

LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

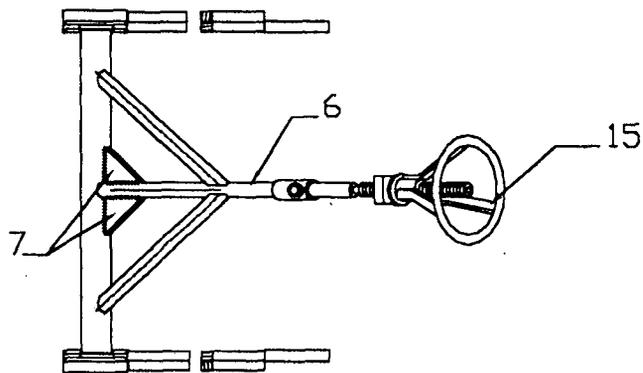
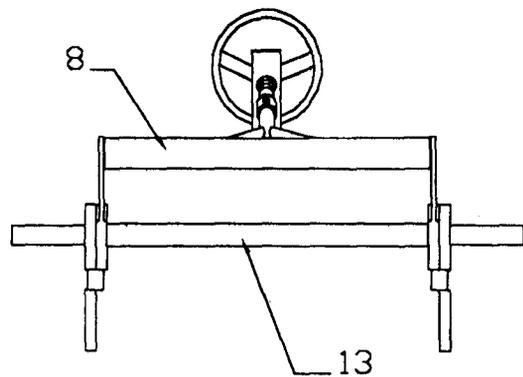
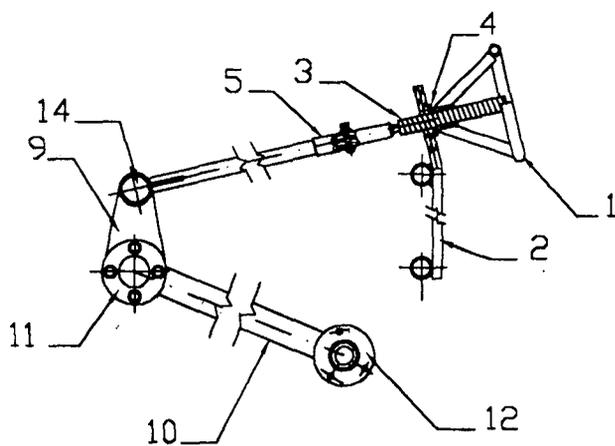
Unidade: mm

Conj./Des.: 03/04

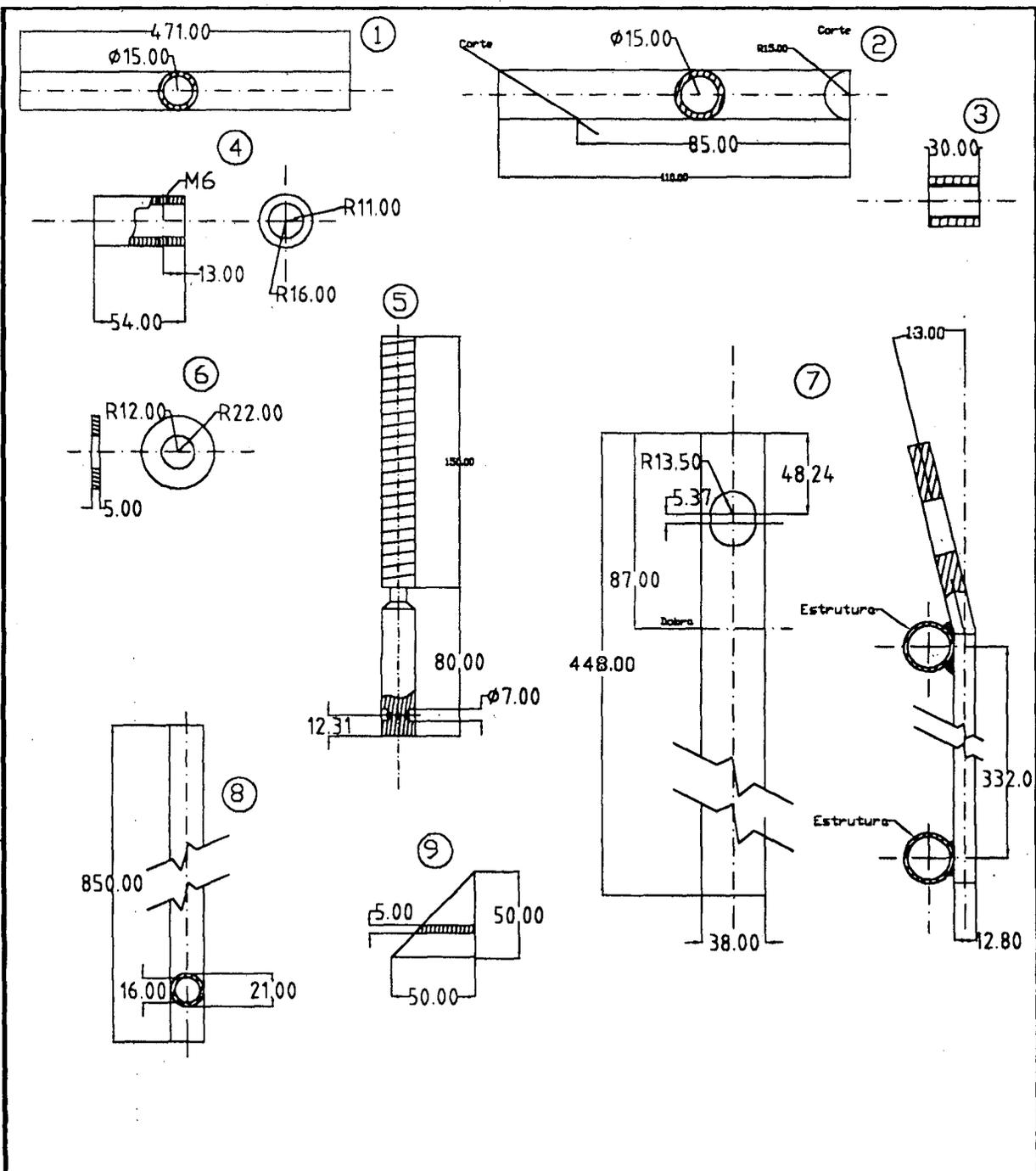
Data: 24/04/97

Escala: 2:1

Des.: Wolff



15	Raio do volante	Aço 1020	02	03
14	Tampão	Aço 1020	03	02
13	Eixo principal	Aço cromo níquel	05/04	01
12	Aloj. do mancal rolam.	Aço 1020	06/02	02
11	Aloj. do mancal rolam.	Aço 1020	05/02	02
10	Braço da roda	Aço 1020	05/02	02
9	Braço de regulagem	Aço 1020	05/03	02
8	Tubo transversal	Aço 1020	03	01
7	Placa de reforço	Aço 1020	02	02
6	Haste de regulagem	Aço 1020	02	01
5	Luva de emenda	Aço 1020	02	01
4	Arruela de encosto	Bronze	02	01
3	Fuso de regulagem	Aço 1020	02	01
2	Barra de suporte	Aço 1020	02	02
1	Aro do volante	Aço 1020	02	01
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO	CONJUNTO DE REGULAGEM DE PROFUNDIDADE		
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Conj./des.:04/01	
		Data: 24/04/94		
		Escala: 1:1		
		Des.: Marcos		

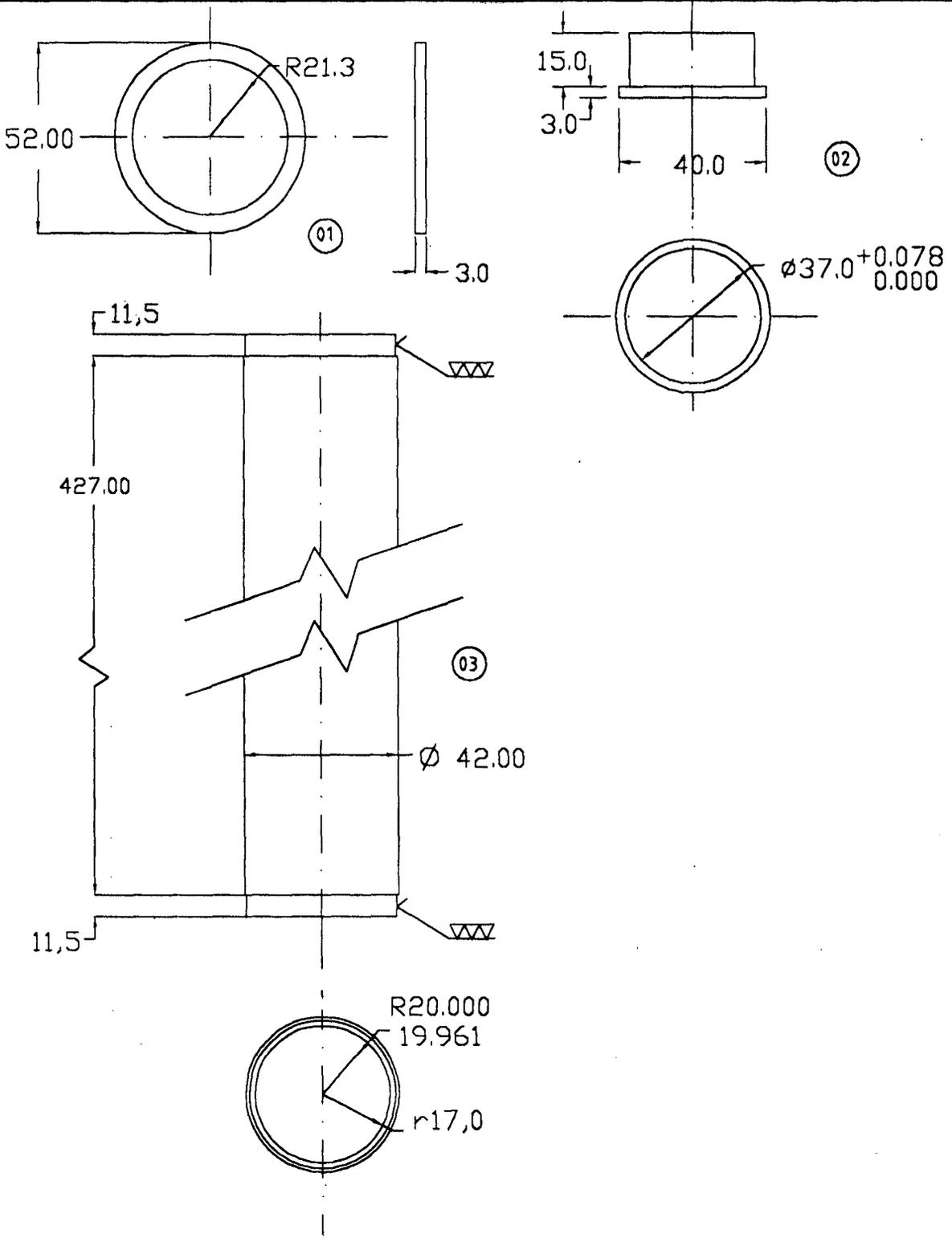


9	Placa de reforço	Aço 1020	02
8	Haste de regulagem	Aço 1020	01
7	Barra de suporte	Aço 1020	01
6	Arruela de encosto	Bronze	01
5	Fuso de regulagem	Aço 1020	01
4	Luva de emenda	Aço 1020	01
3	Porca	Aço 1020	01
2	Raio do volante	Aço 1020	03
1	Aro do volante	Aço 1020	01
Peça	Denominação	Material	Quant.

UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO

LP Semeadora de arroz pré-germinado

Unidade: mm	Conj./des.: 04/02
Escala: 1:1	
Data: 8/04/97	
Des.: Marcos	



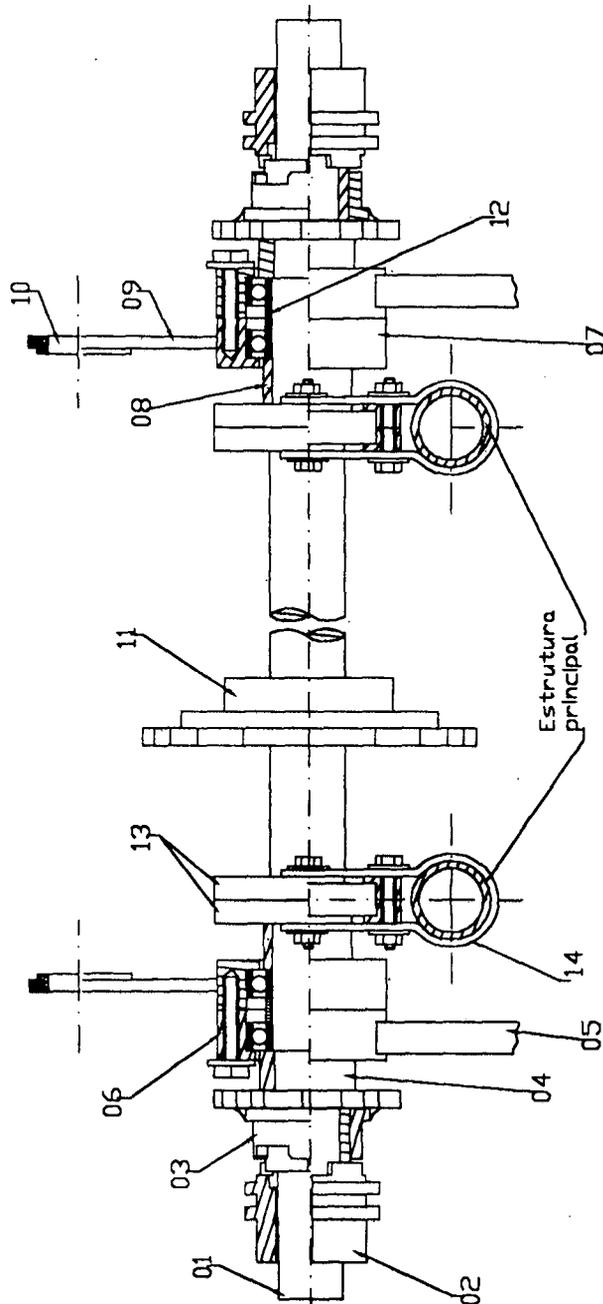
03	Tubo transversal	Aço 1020	01
02	Tampão	Aço 1020	02
01	Arruela de encosto	Aço 1020	02
Peça	Denominação	Material	Quant.

UFSC ENGENHARIA MECÂNICA
 LABORATÓRIO DE PROJETO



Semeadora de
 arroz pré-germinado

Unidade: mm	Conj./des.: 04/03
Escala:	
Data: 8/05/97	
Des.: Marcos	



14	Chapa do mancal	Aço 1020	05	02
13	Casa do rolamento/ Eixo principal	Aço 1020	05	04
12	Espaçador interno / rolamentos	Aço 1020	03	02
11	Engrenagem de acionamento	35 Dentes/passo 1/2"	—	01
10	Bucha do tubo transversal	Bronze	03	02
09	Braço de regulagem	Aço 1020	03	02
08	Espaçador de conjunto	Aço 1020	03	02
07	Casa do rolamento	Aço 1020	02	02
06	Casa do rolamento	Aço 1020	02	02
05	Braço da Roda	Aço 1020	02	02
04	Espaçador da engrenagem	Aço 1020	03	02
03	Acoplamento Fixo	Aço 1020	02	02
02	Acoplamento Móvel	Aço 1020	02	02
01	Eixo Principal	Aço cromo níquel	04	01
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

CONJUNTO EIXO PRINCIPAL

LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

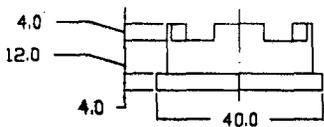
Unidade: mm

Conj./des: 05/01

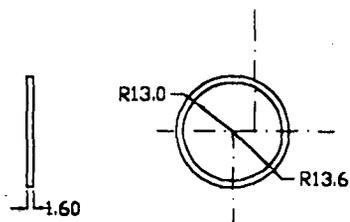
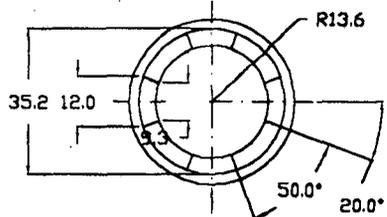
Escala:

Data: 25/04/97

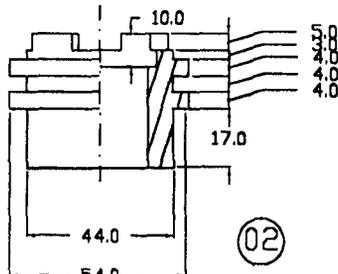
Des. Marcos



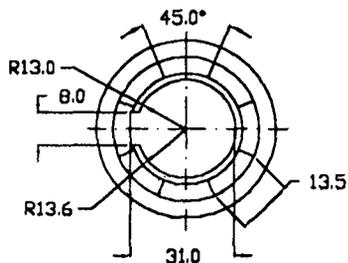
01



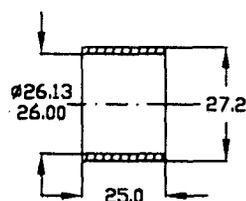
04



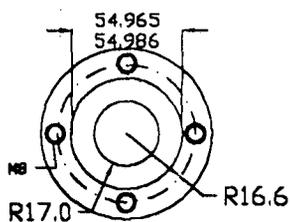
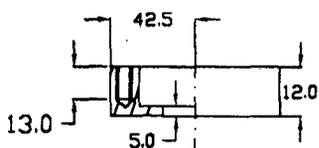
02



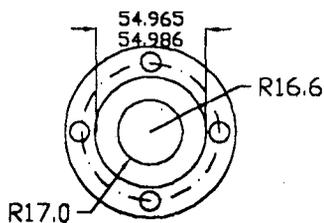
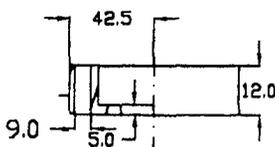
03



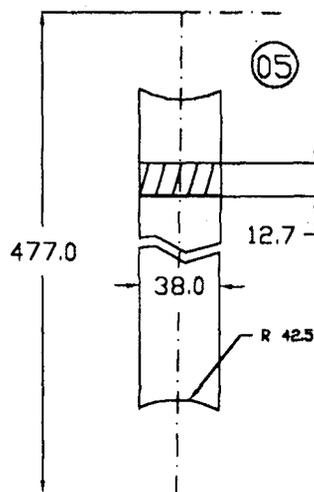
07



06



05



07	Casa do rolamento	Aço 1020	02
06	Casa do rolamento	Aço 1020	02
05	Braço da roda	Aço 1020	02
04	Arruela de encosto	Bronze	02
03	Bucha do acoplamento fixo	Bronze	02
02	Acoplamento móvel	Aço 1045	02
01	Acoplamento fixo	Aço 1045	02
Peça	Denominação	Material	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

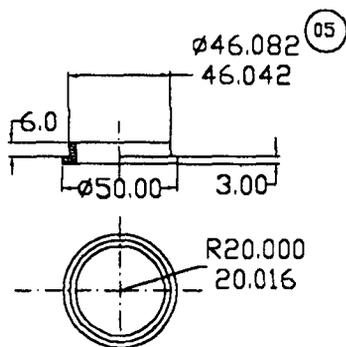
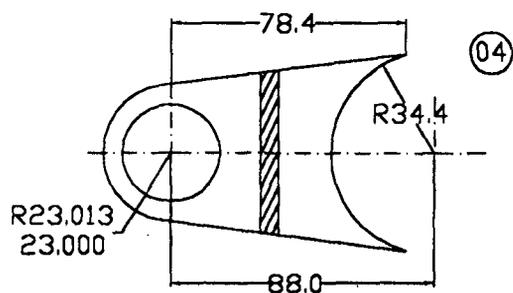
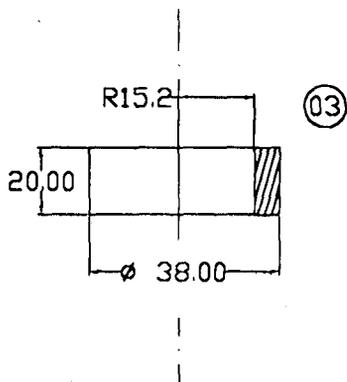
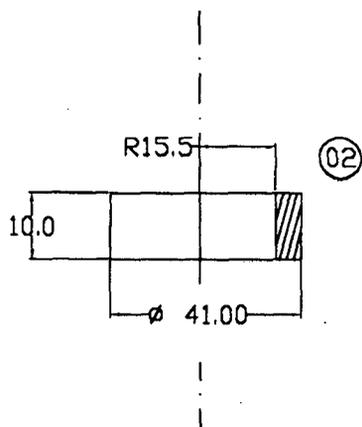
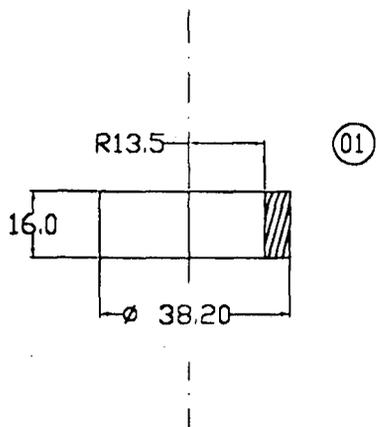
Unidade: mm

Conj./Des: 05/02

Escala:

Data: 04/04/97

Des: Marcos



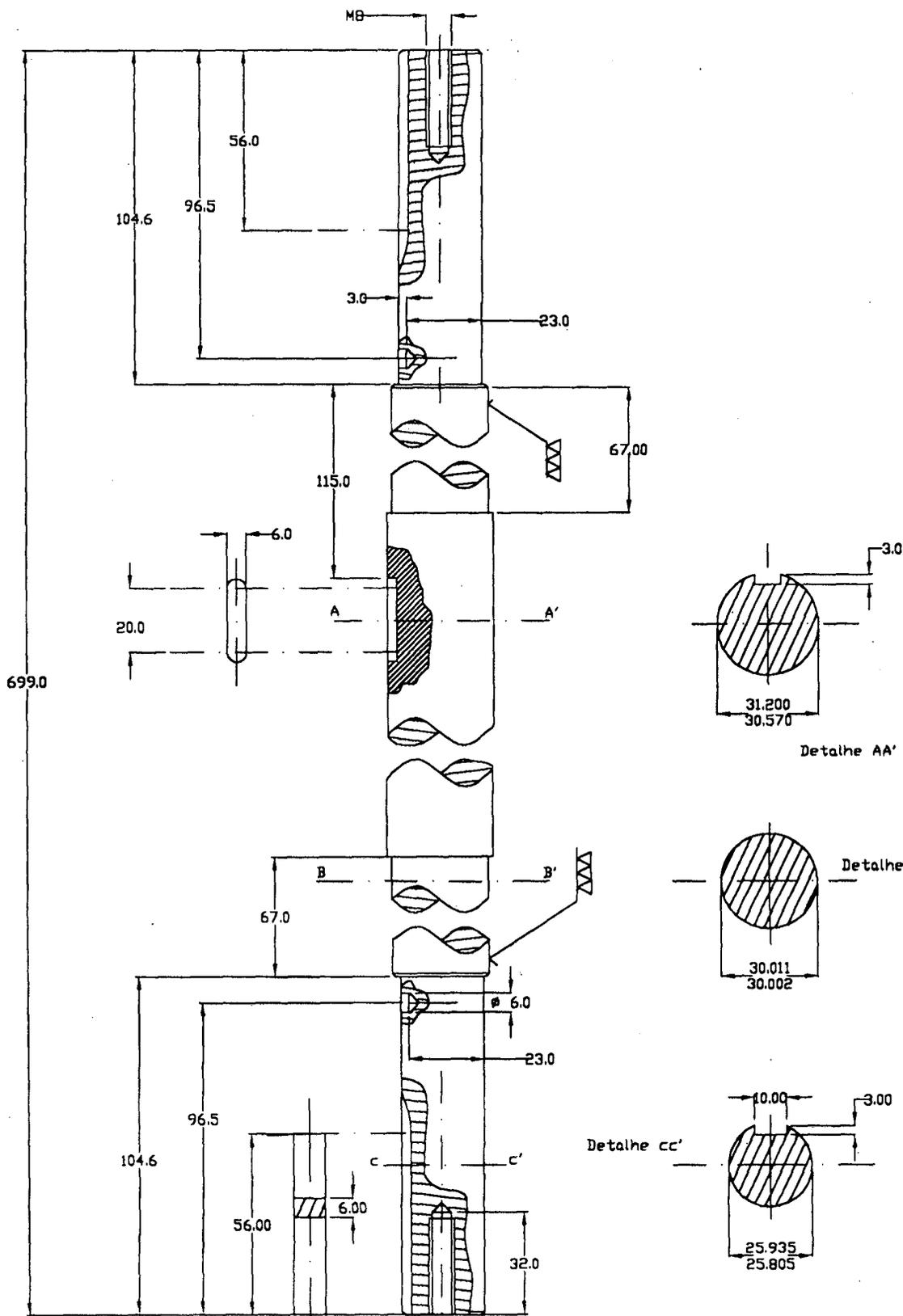
05	Bucha do tubo transcensal	Aço 1020	02
04	Braço de regulagem	Aço 1020	02
03	Espaçador de conjunto	Aço 1020	02
02	Espaçador dos rolamentos	Aço 1020	02
01	Espaçador da engrenagem	Aço 1020	02
Peça	Denominação	Material	Quant.

UFSC ENGENHARIA MECANICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

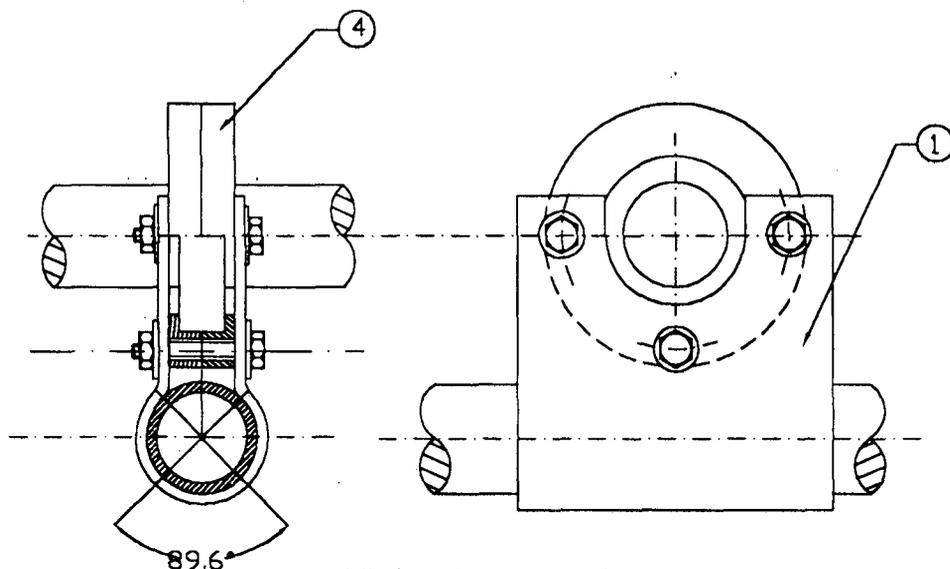
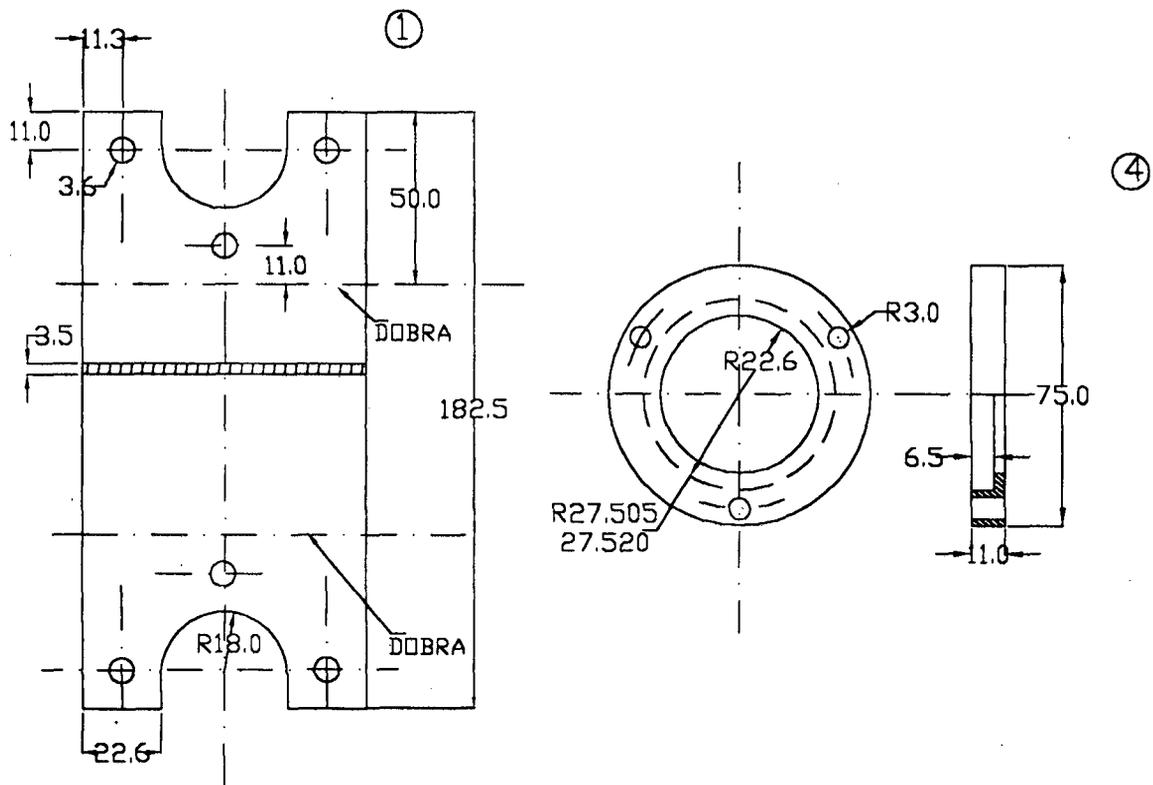
LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

Unidade: mm	Conj./Des.: 05/03
Escala:	
Data: 4/04/97	
Des.: Marcos	

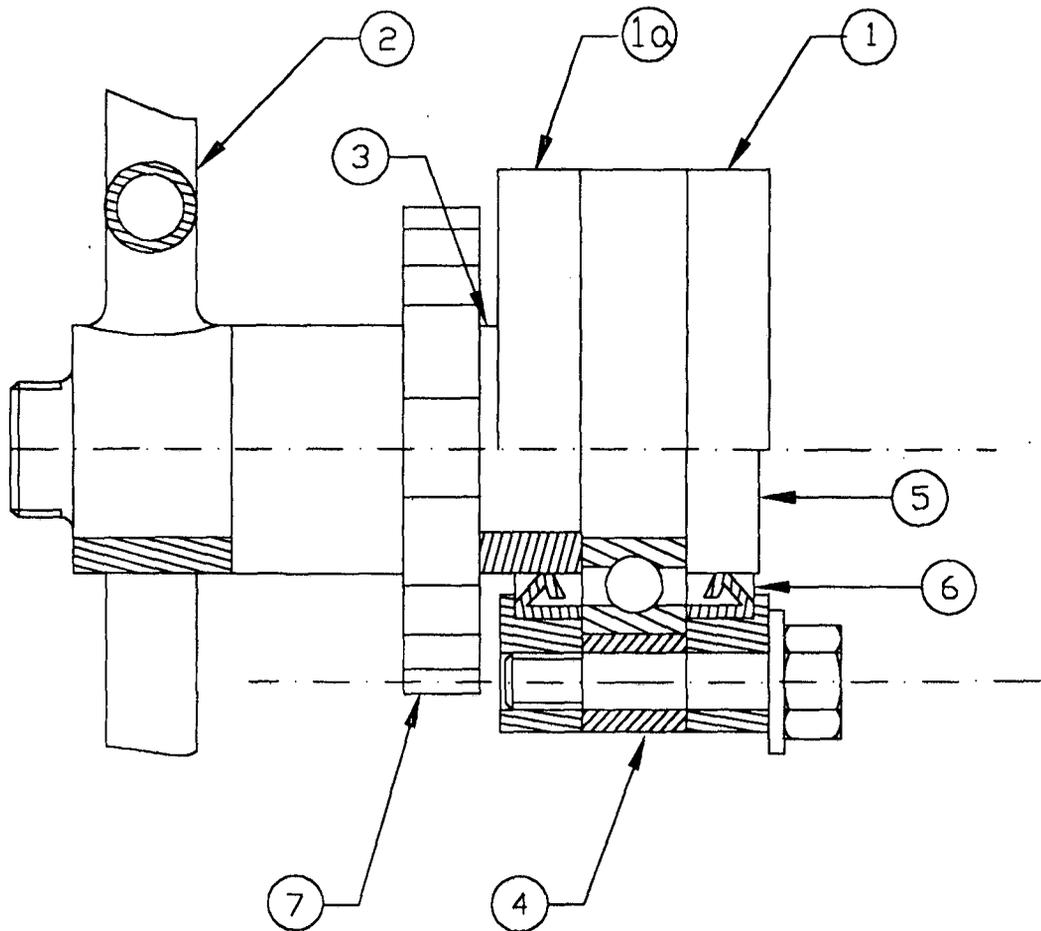


Peça	Eixo principal	Aço cromo níquel	01
	Denominação	Material	Quant.
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO		
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Conj./Des.:05/04
		Escala:	
		Data:11/01/97	
		Des.:Marcos	

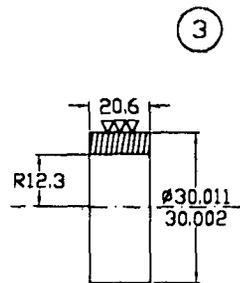
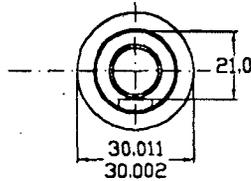
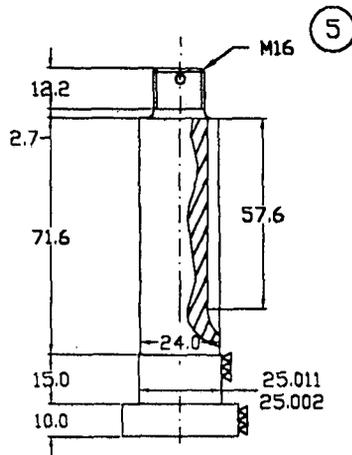
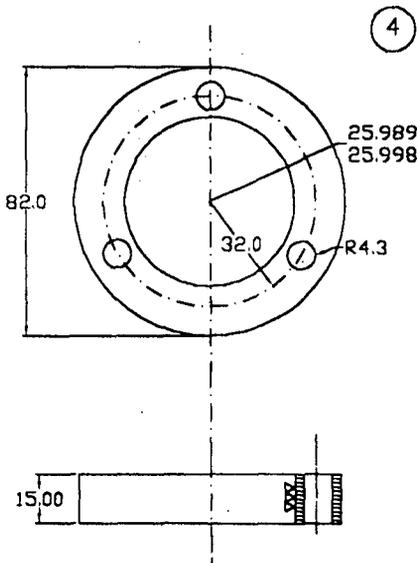
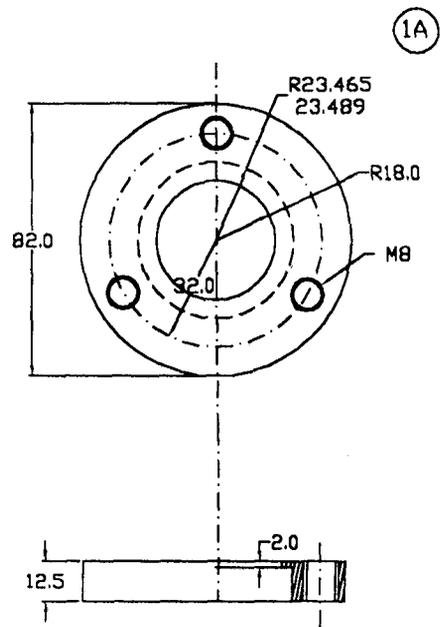
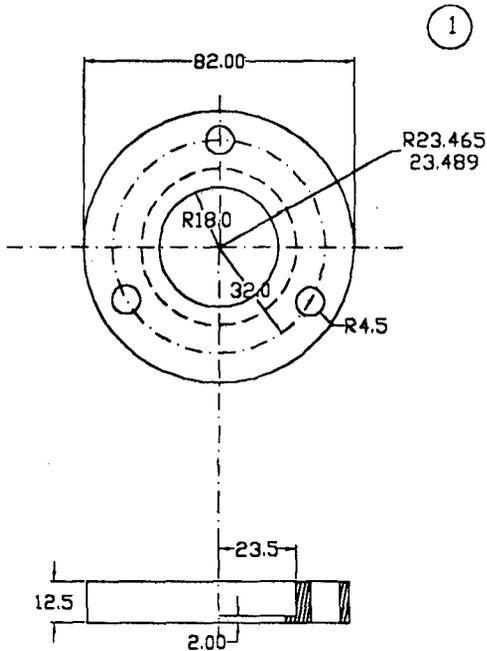


Vista de conjunto

1	Chapa do mancal	Aço 1020	02
4	Casa do rolamento	Aço 1020	04
Peça	Denominação	Material	Quant.
UFSC		ENGENHARIA MECANICA LABORATÓRIO DE PROJETO	
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Conj/Des:05/05
		Escala:	
		Data:25/04/97	
		Des.: Marcos	



7	Roda dentada	17dentes/passo 1/2"	02	2
6	Retentor	Polímero	02	4
5	Eixo da roda	Aço cromo níquel	02	2
4	Casa do rolamento	Aço 1020	02	2
3	Espaçador	Aço 1020	02	2
2	Cubo da roda	Aço 1020	02	2
1	Tampas laterais	Aço 1020	02	4
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.
UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO	CONJUNTO MANCAL DA RODA	
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Conj/Des.:06/01	
		Escala:		
		Data: 09/1/97		
		Des.: Marcos		



5	Eixo da roda	Aço cromo níquel ABNT 8640	02
4	Espaçador	Aço 1020	02
3	Casa do rolamento	Aço 1020	02
1A	Tampa interna do rolamento	Aço 1020	02
1	Tampa externa do rolamento	Aço 1020	02
Peça	Denominação	Material	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

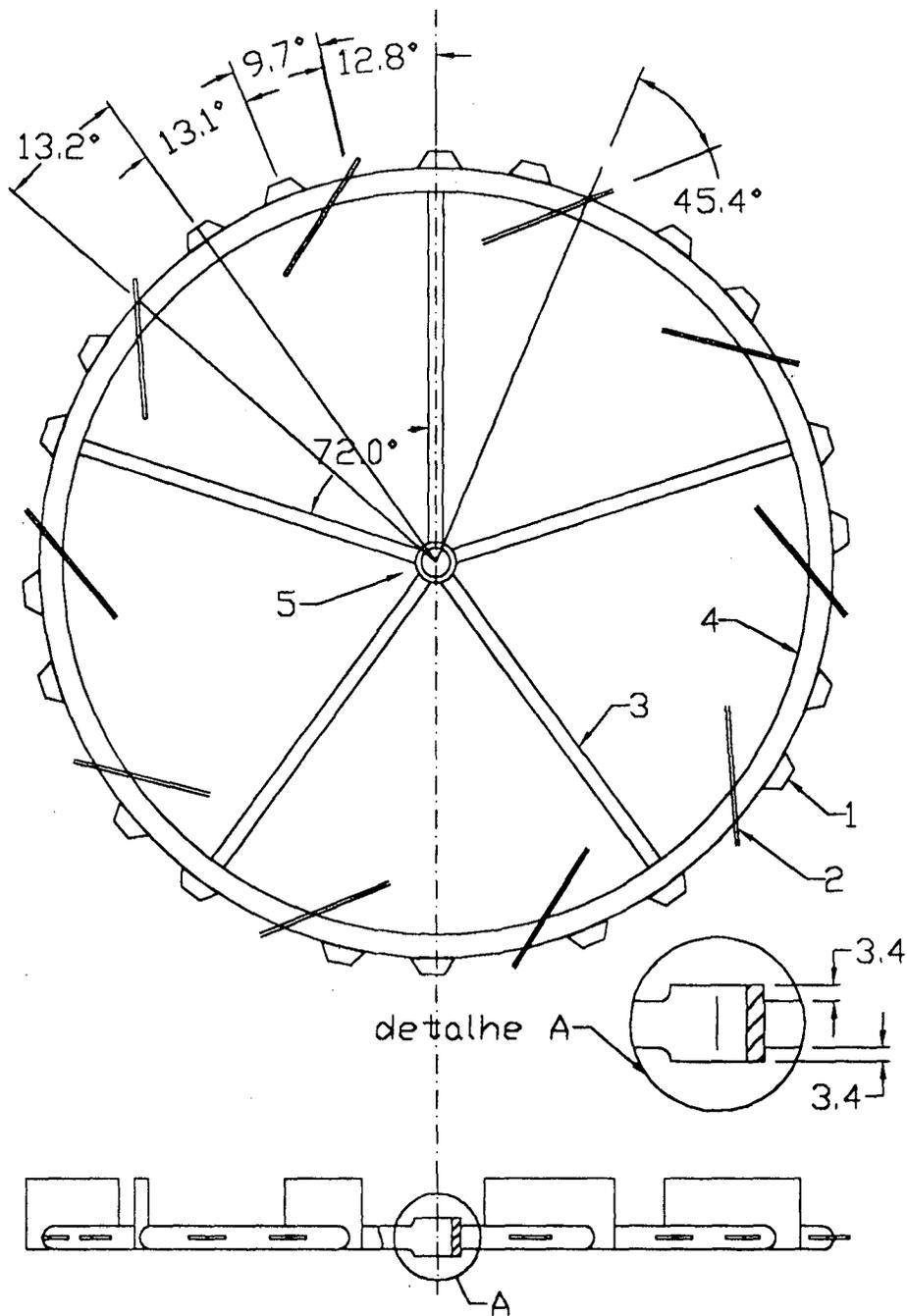
Unidade: mm

Conj./Des.:06/02

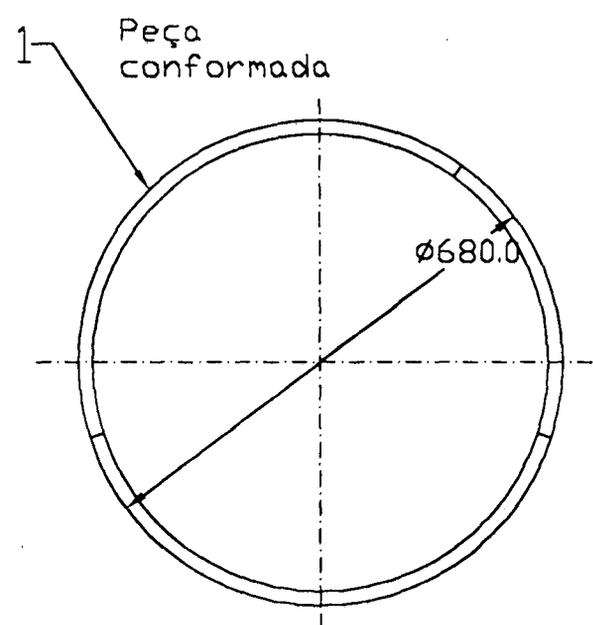
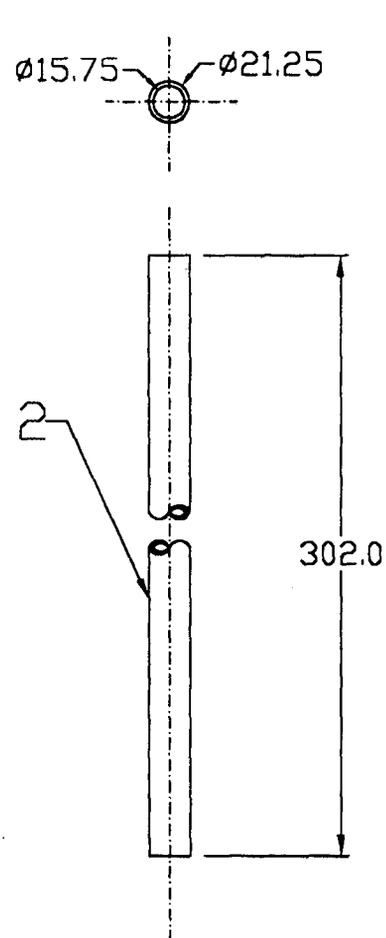
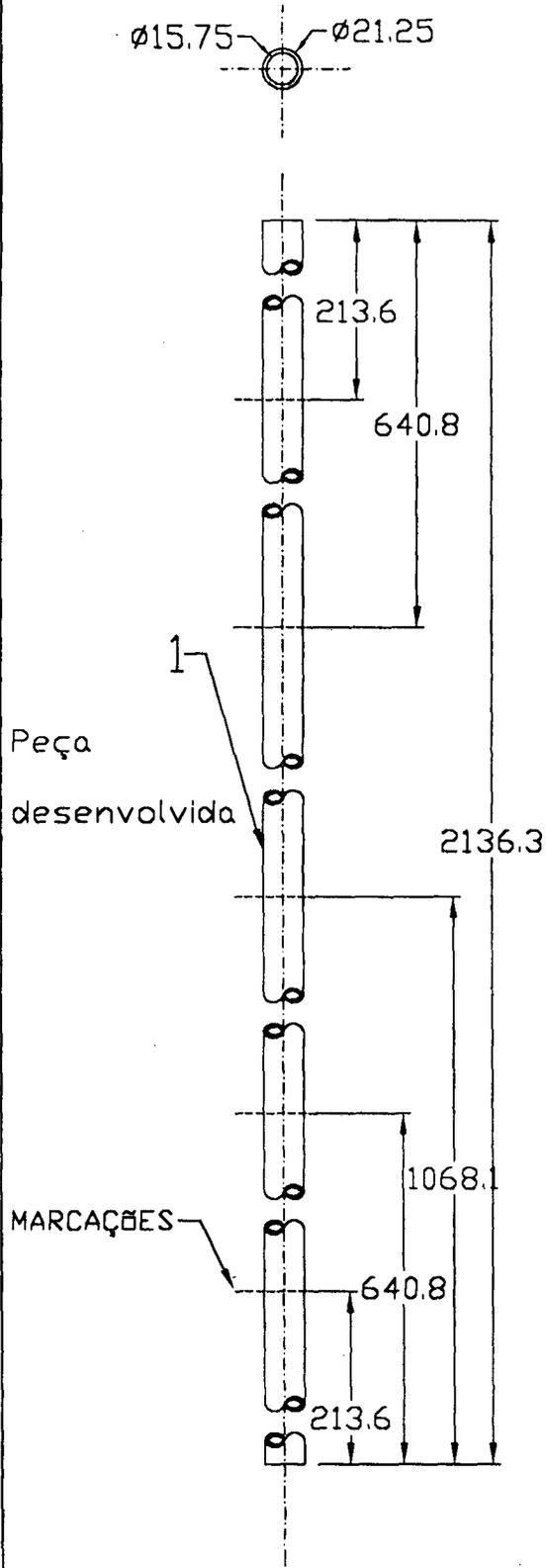
Escala:

Data:24/04/97

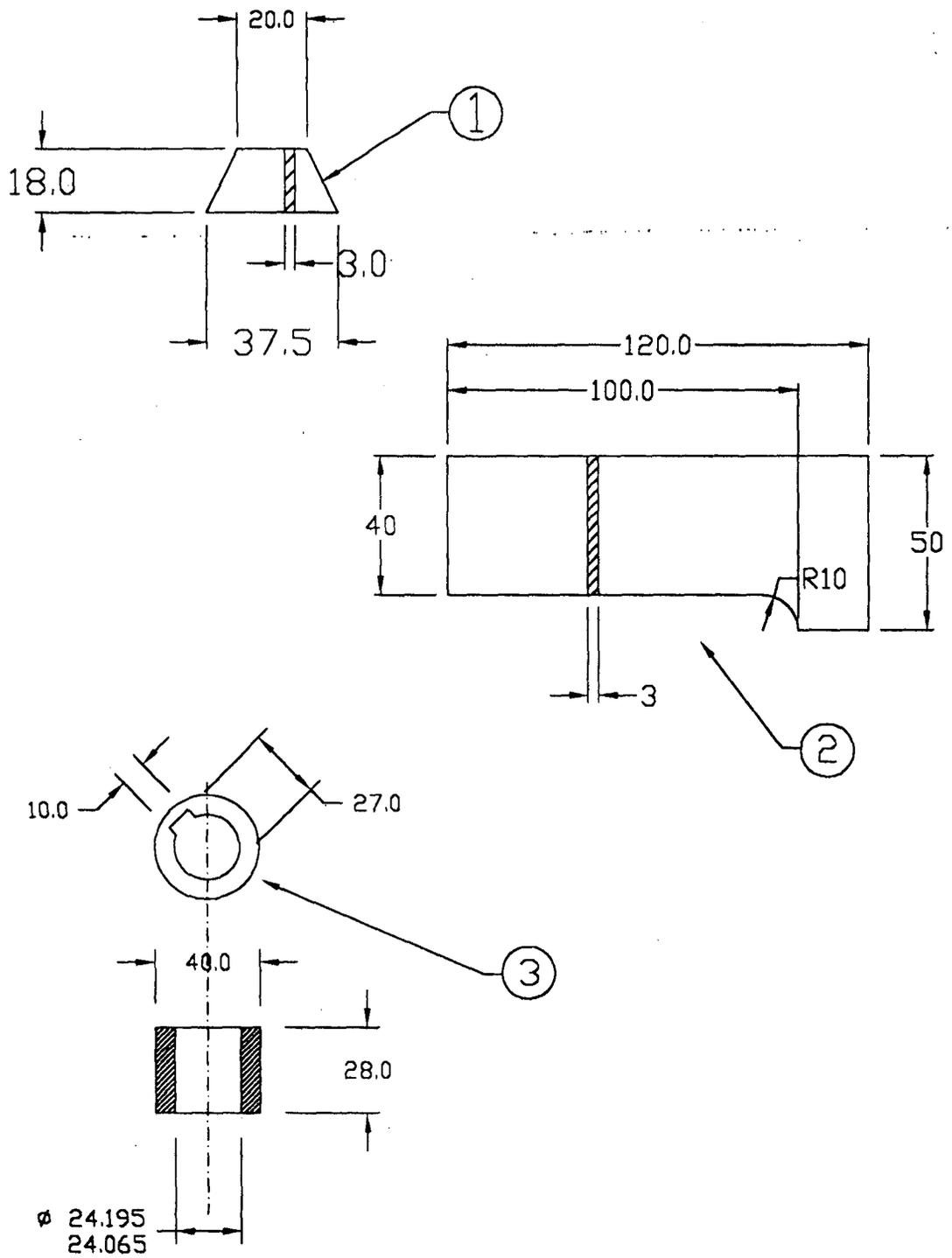
Des.: Marcos



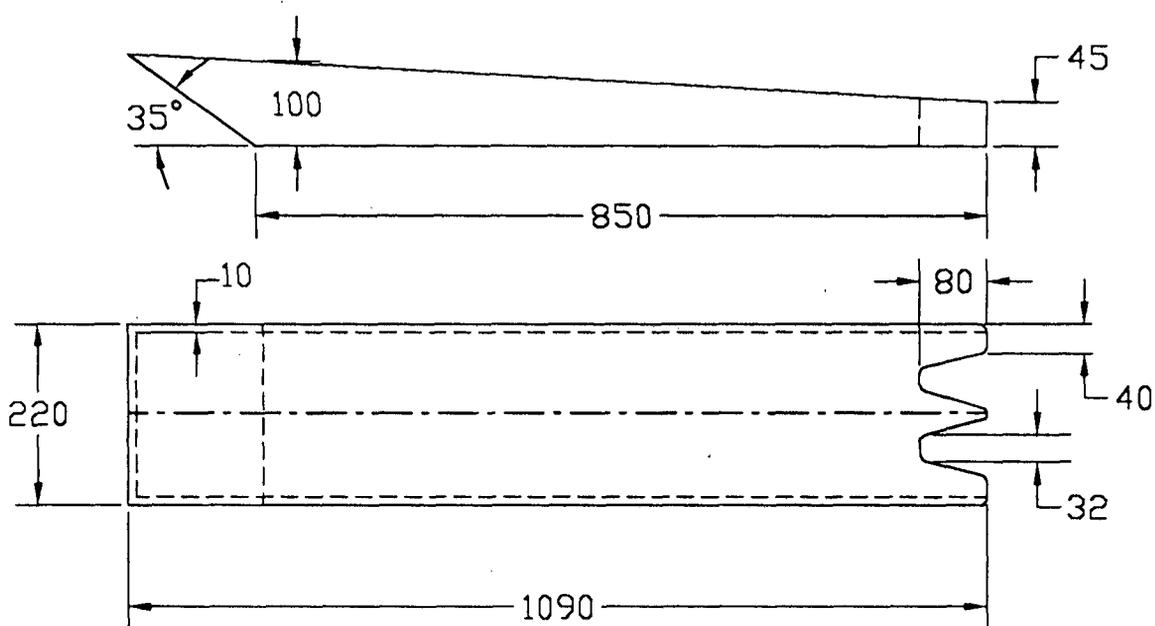
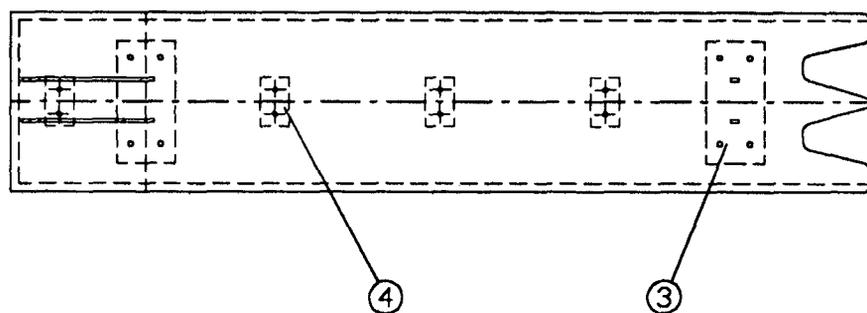
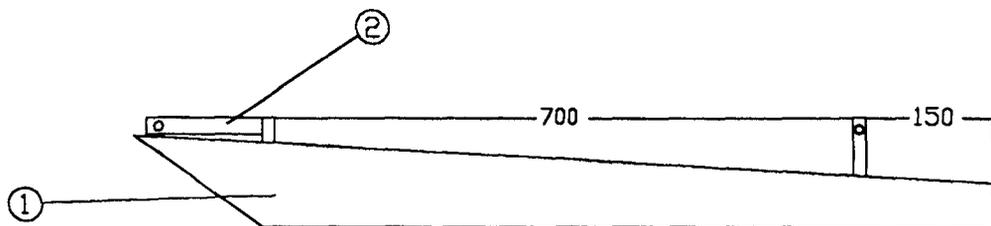
05	Cubo da roda	Aço 1020	02	02
04	aro da roda	Aço 1020	02	02
03	raio da roda	Aço 1020	02	10
02	Placa de tração	Aço 1020	03	20
01	Placa de apoio	Aço 1020	03	40
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO	MONTAGEM DA RODA		
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Conj/Des: 07/01	
		Escala:		
		Data: 08/05/97		
		Des.: Eurico		



02	Raio da roda	Aço 1020	10
01	Aro da roda	Aço 1020	02
Peça	Denominação	Material	Quant.
UFSC		ENGENHARIA MECANICA LABORATÓRIO DE PROJETO	
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade:mm	Conj/Des:07/02
		Escala:	
		Data:08/05/97	
		Des.:Eurico	



2	Placa de tração	Aço 1020	20
1	Placa de apoio	Aço 1020	40
3.	Cubo da roda	Aço 1020	02
Peça	Denominação	Material	Quant.
UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO	
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade:mm	Conj/Des:07/03
		Escala:	
		Data:08/05/97	
		Des.:Eurico	



04	Placas de junção do flutuador	Aço ABNT 1020	2	12
03	Suporte posterior do flutuador	Aço ABNT 1020	2	3
02	Suporte frontal do flutuador	Aço ABNT 1020	3	2
01	Flutuador	Resina / Fibra	1	1
Peça	Denominação	Material	Des	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECANICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

SUBCONJUNTO
FLUTUADOR

LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

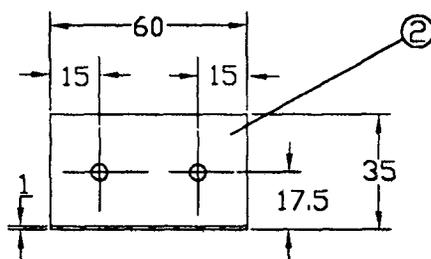
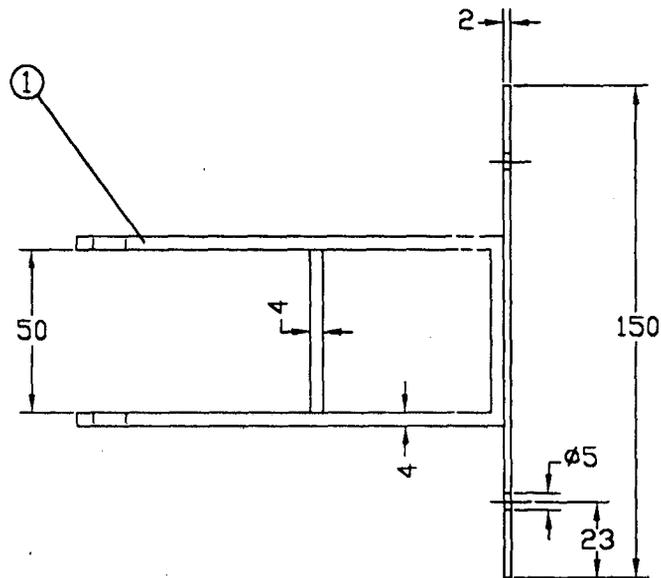
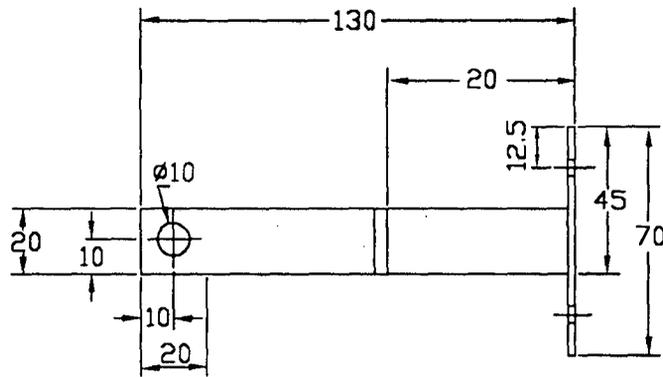
Unidade: mm

Conj./Des.: 08/01

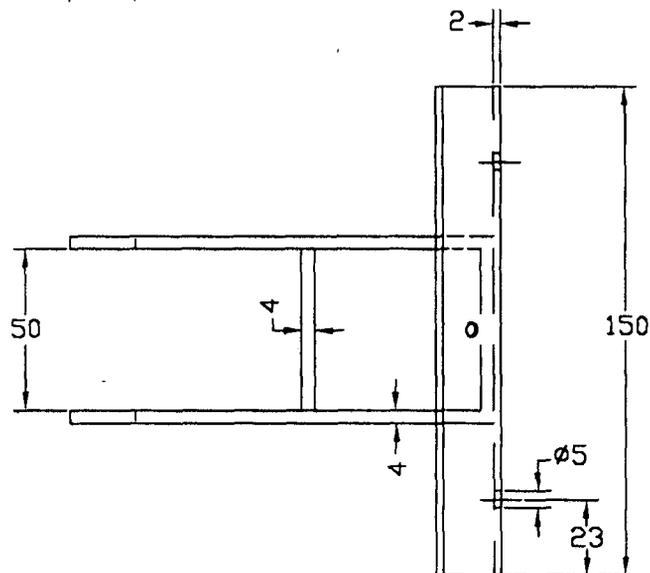
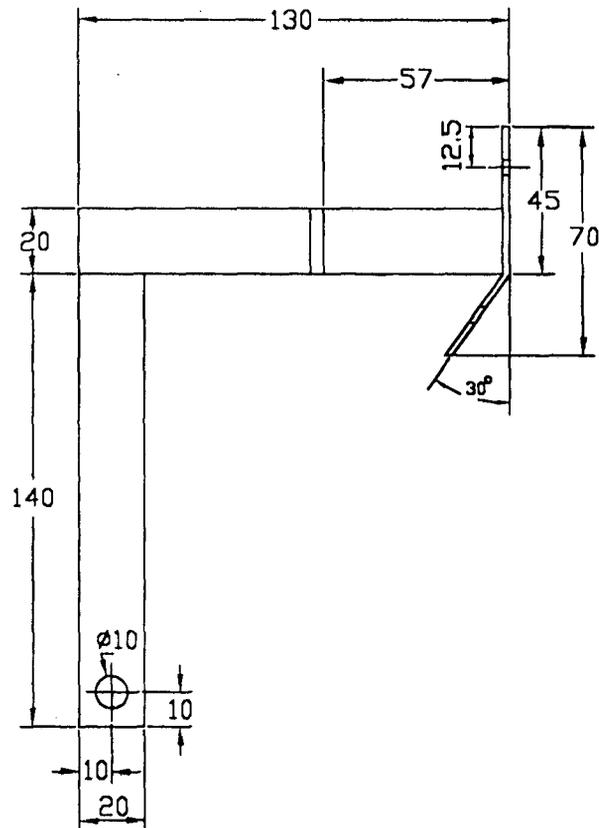
Data: 13/05/97

Escala:

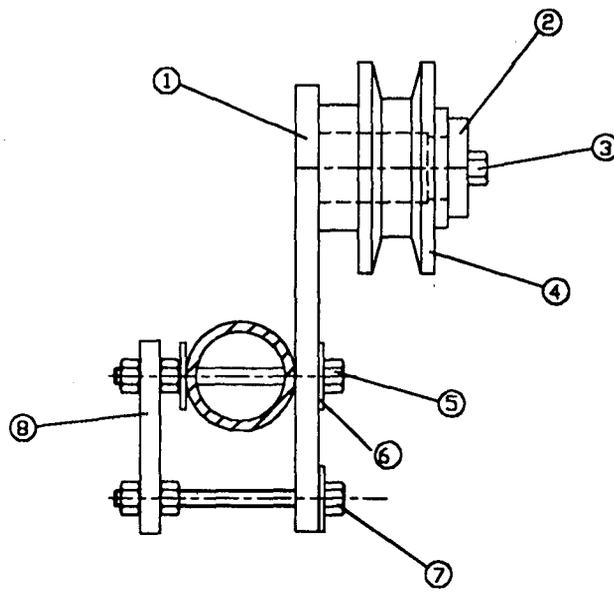
Des.: Wolff



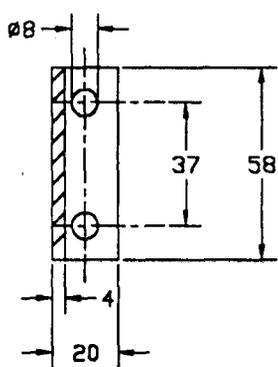
02	Placas de junção do flutuador	Aço ABNT 1020	02	12
01	Suporte posterior do flutuador	Aço ABNT 1020	02	03
Peça	Denominação	Material	Des	Quant.
UFSC		SUBCONJUNTO		
ENGENHARIA MECÂNICA		FLUTUADOR		
LABORATÓRIO DE PROJETO				
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Conj./Des.: 08/02	
		Data: 13/05/97		
		Escala:		
		Des.: Wolff		



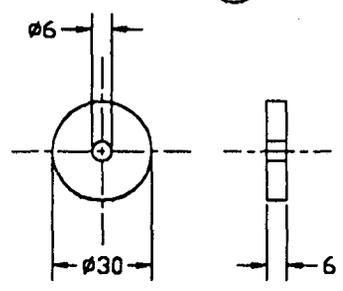
01	Suporte frontal do flutuador	Aço ABNT 1020	03	02
Peça	Denominação	Material	Des	Quant.
UFSC		SUBCONJUNTO FLUTUADOR		
ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO				
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Con./Des.: 08/03	
		Data: 13/05/97		
		Escala:		
		Des.: Wolff		



08



06



08	Barra de reforço	Aco ABNT 1020	01	01
07	Parafuso sextavado M8x40	Aco ABNT 1020		01
06	Arruela de encosto	Aco ABNT 1020	01	01
05	Parafuso sextavado M8x75	Aco ABNT 1020		01
04	Rolete principal	Aluminio	02	01
03	Parafuso sextavado M2x20	Aco ABNT 1020		01
02	Arruela de encosto	Aco ABNT 1020		01
01	Suporte principal	Aco ABNT 1020	02	01
Peça	Denominação	Material	Des	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECANICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

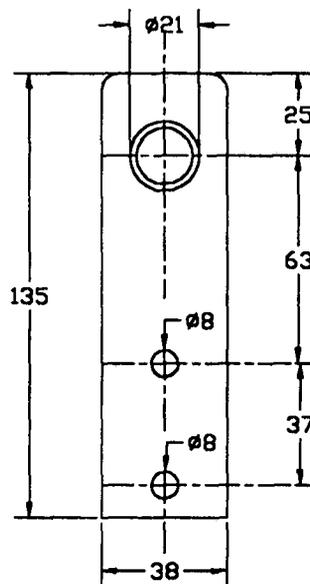
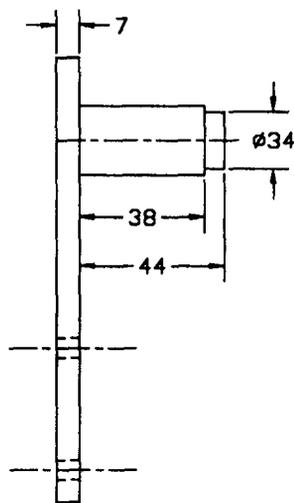
SUBCONJUNTO
EMBREGEM MOTOR

LP

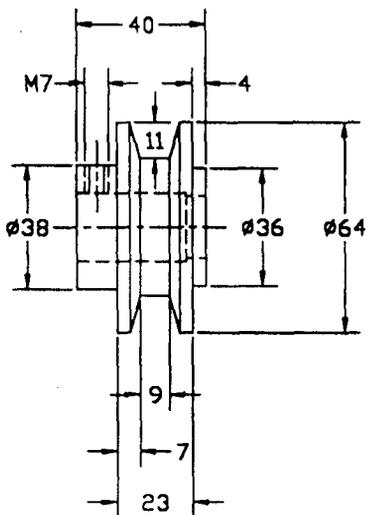
Semeadora de
arroz pré-germinado

Unidade: mm	Conj./Des: 09/01
Data: 07/05/97	
Escala:	
Des: Wolff	

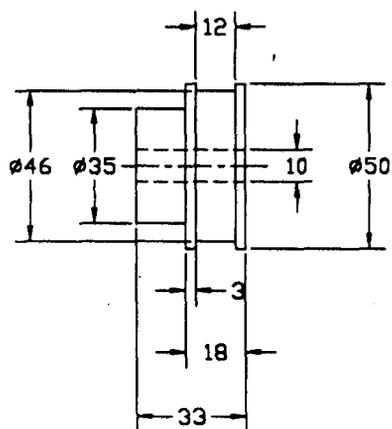
01



02



03



03	Rolete de arraste	Aluminio	02	01
02	Rolete principal	Aluminio	02	01
01	Suporte principal	Aco ABNT 1020	02	01
Peça	Denominação	Material	Des	Quant.

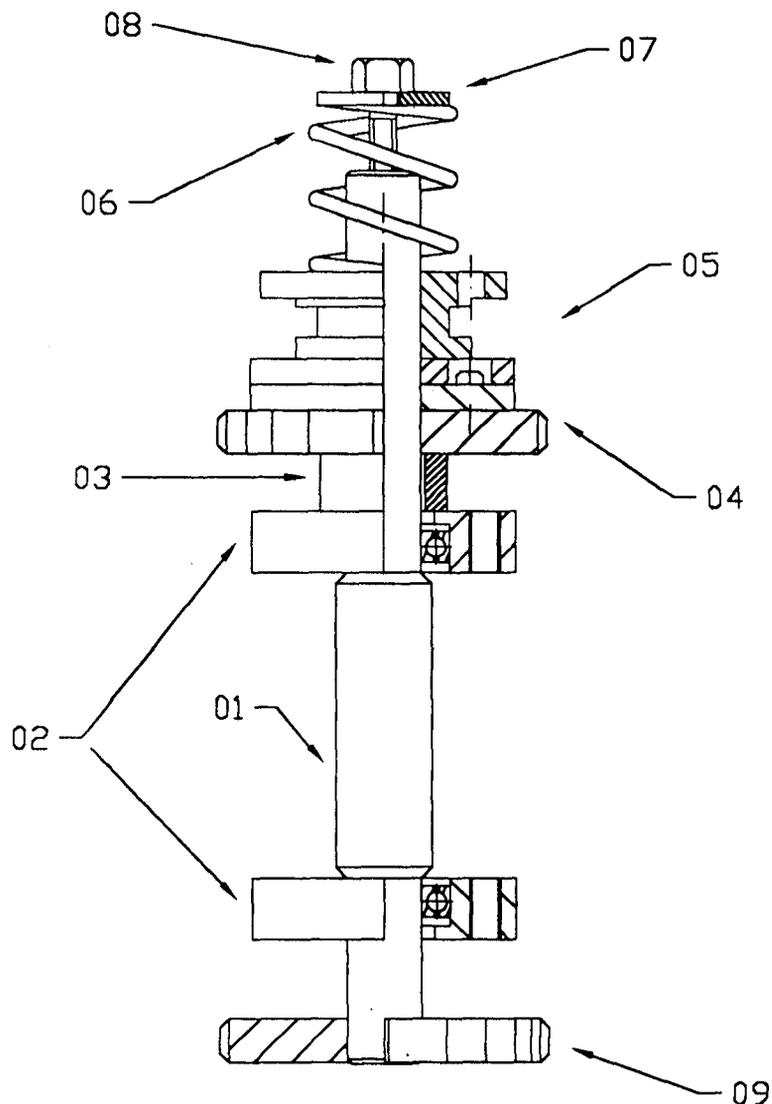
UFSC ENGENHARIA MECANICA LABORATÓRIO DE PROJETO

SUBCONJUNTO EMBREAGEM MOTOR

LP

Semeadora de arroz pré-germinado

Unidade: mm	Conj./Des: 09/02
Data: 07/05/97	
Escala:	
Des: Wolff	



09	Engrenagem	Aço 1020	@	01
08	Parafuso	Aço 1020	@	01
07	Arruela	Aço 1020	@	01
06	Mola	Aço 1020	@	01
05	Acoplamento móvel	Aço 1020	@	01
04	Acoplamento fixo	Aço 1020	@	01
03	Espaçador	Aço 1020	@	01
02	Casa do rolamento	Aço 1020	@	02
01	Eixo p/ dosadores	Aço 1020	02	01
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.

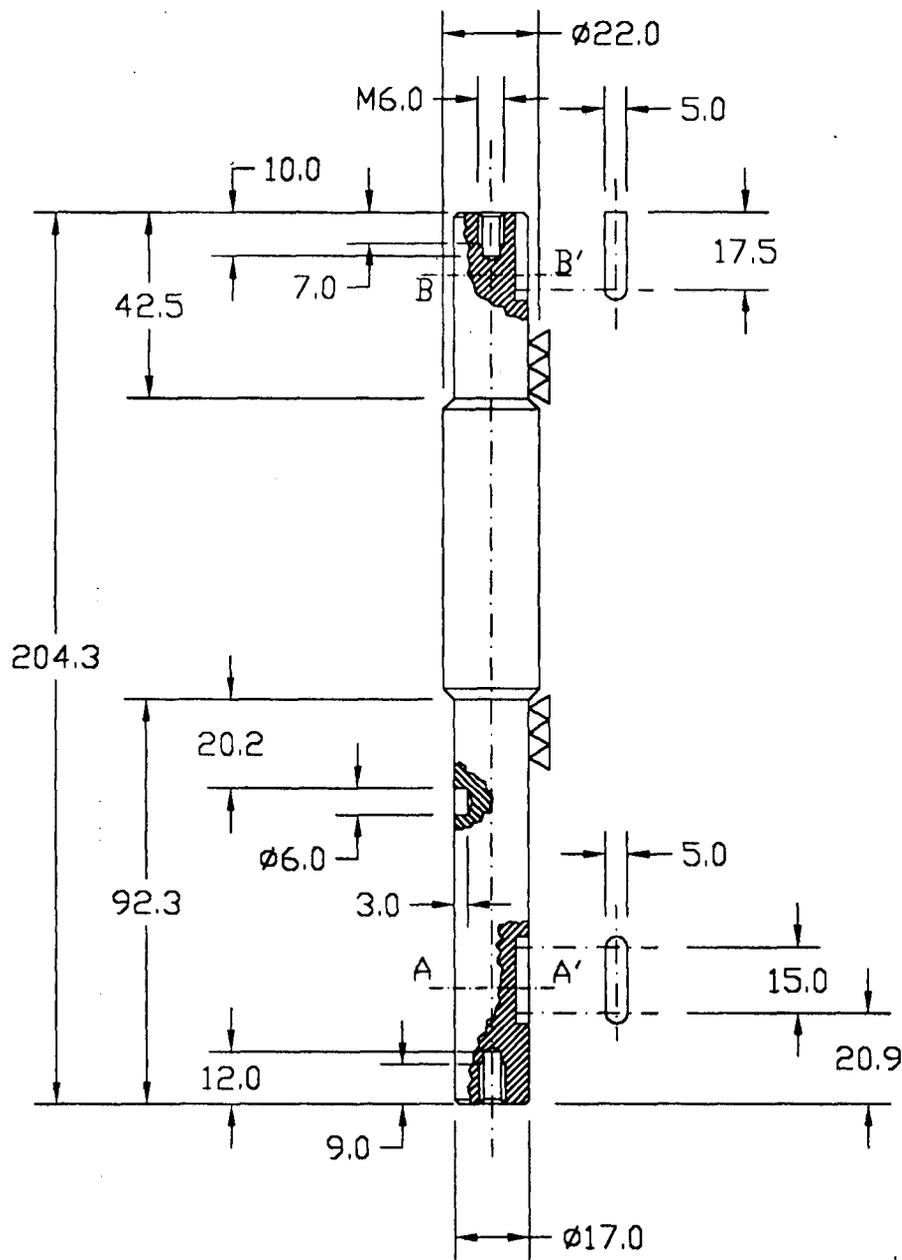
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

EIXO DE ACIONAMENTO
DOS DOSADORES

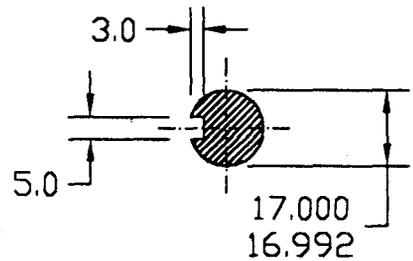
LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

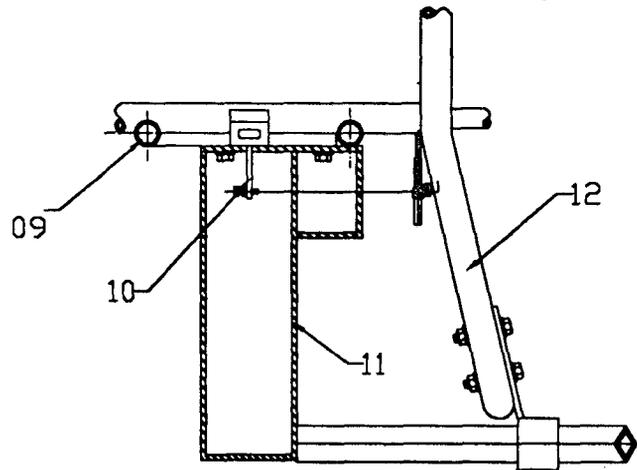
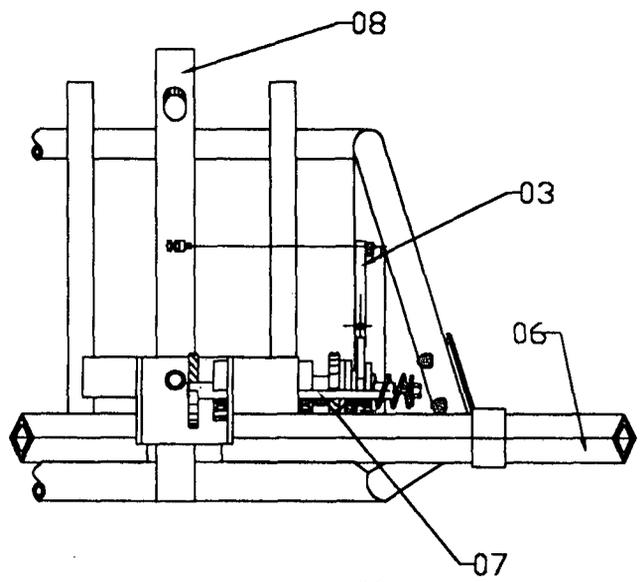
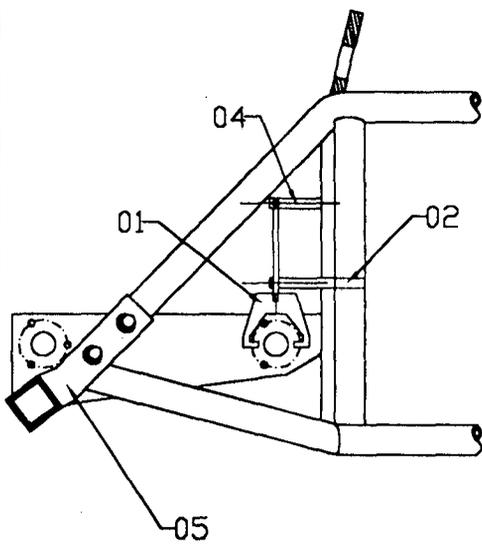
Unidade: mm	Conj./Des.: 10/01
Escala:	OBS: @=Peça SAP01
Data: 08/05/97	
Des.: Marcos	



Detalhe AA'
Detalhe BB'



01	Eixo p/ dosadores	Aço 1020	01
Peça	Denominação	Material	Quant.
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO		
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade:mm	Conj/Des:10/02
		Escala:	
		Data:08/05/97	
		Des:Marcos	



12	Estrutura	Aço 1020	03/01	—
11	Estrutura dos dosadores	Aço 1020	e	01
10	Cabo de acionamento	Aço 1020	—	—
09	Tubo de fixação da rablça	Aço 1020	03/03	02
08	Barra suporte do regulador	Aço 1020	04/02	01
07	Conj. embreagem dos dosadores	Aço 1020	10/01	—
06	Barra de fixação dos dosadores	Aço 1020	e	01
05	Sup. de fix. / barra dos dosad.	Aço 1020	e	02
04	Suporte do cabo	Aço 1020	02	04
03	Alavanca do garfo	Aço 1020	02	01
02	Suporte de articulação do garfo	Aço 1020	02	01
01	Garfo acion. embr. dos dosadores	Aço 1020	02	01
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

VISTA DE MONTAGEM DO GARFO DE
ACIONAMENTO DO EIXO DOS DOSADORES

LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

Unidade: mm

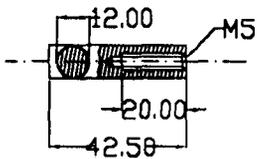
Conj./Des.: 11/01

Escala:

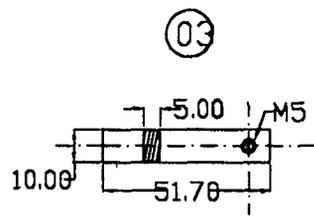
DBS: e = peça SAP 01

Data: 14/04/97

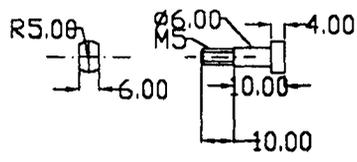
Des.: Marcos



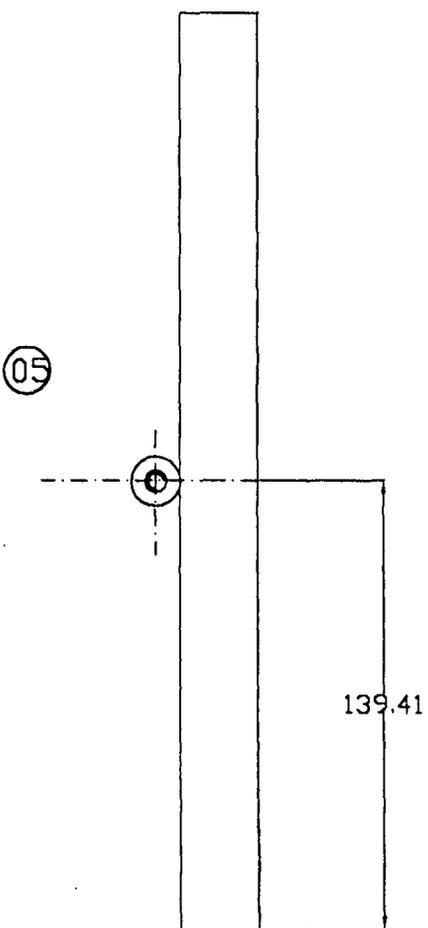
01



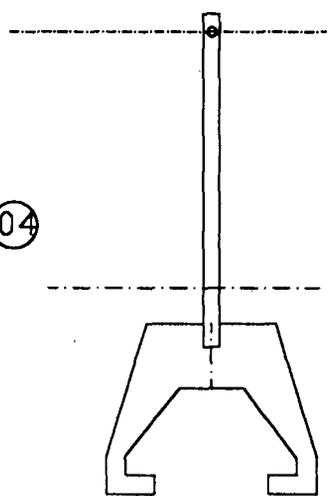
03



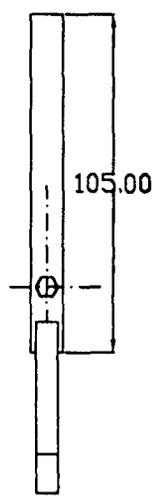
02



05



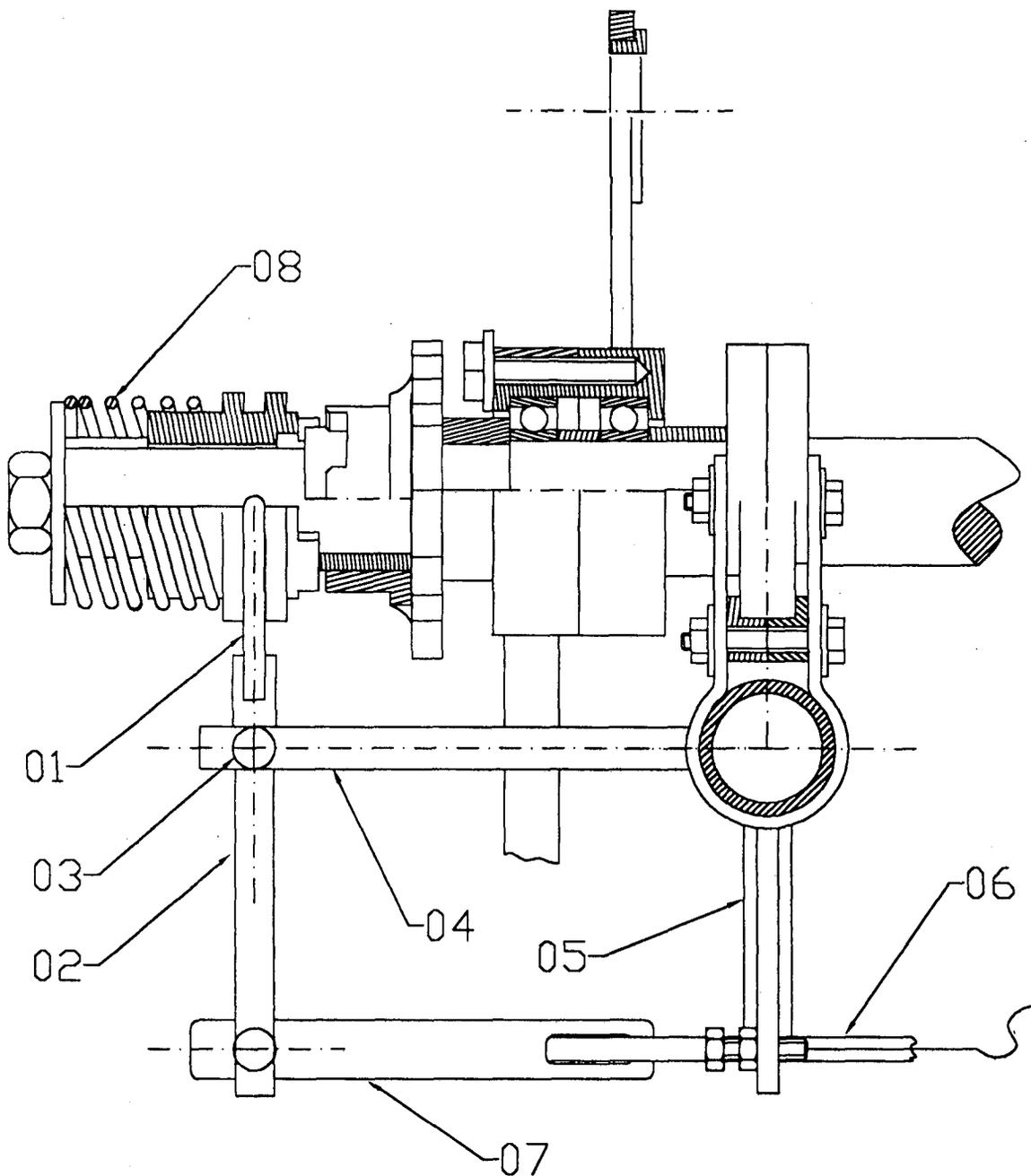
04



05	Tubo vert. direito / Montagem do suporte de articulação na estr.		
04	Conjunto do garfo	Aço 1020	01
03	Sup. do cabo de acionamento	Aço 1020	04
02	Parafuso pivô	Aço 1020	01
01	Sup. de articulação do garfo	Aço 1020	01
Peça	Denominação	Material	Quant.

UFSC ENGENHARIA MECANICA LABORATÓRIO DE PROJETO

LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade:mm	Conj./des.:11/02
		Escala:	
		Data:14/04/97	
		Des.:Marcos	



08	Mola ($d=3.5$, $D=50.0$, $n=3$, $H=39.5$, $h=14.0$)		02	02
07	Alavanca intermediária	Aço 1020	02	02
06	Alavanca de acionamento	Aço 1020	02	02
05	Suporte da alavanca	Aço 1020	02	02
04	Suporte do garfo	Aço 1020	02	02
03	Pivô da alavanca	Aço 1020	02	02
02	Alavanca de articulação	Aço 1020	02	02
01	Garfo	Aço 1020	02	02
Peça	Denominação	Material	Des.	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

MONTAGEM DO GARFO

LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

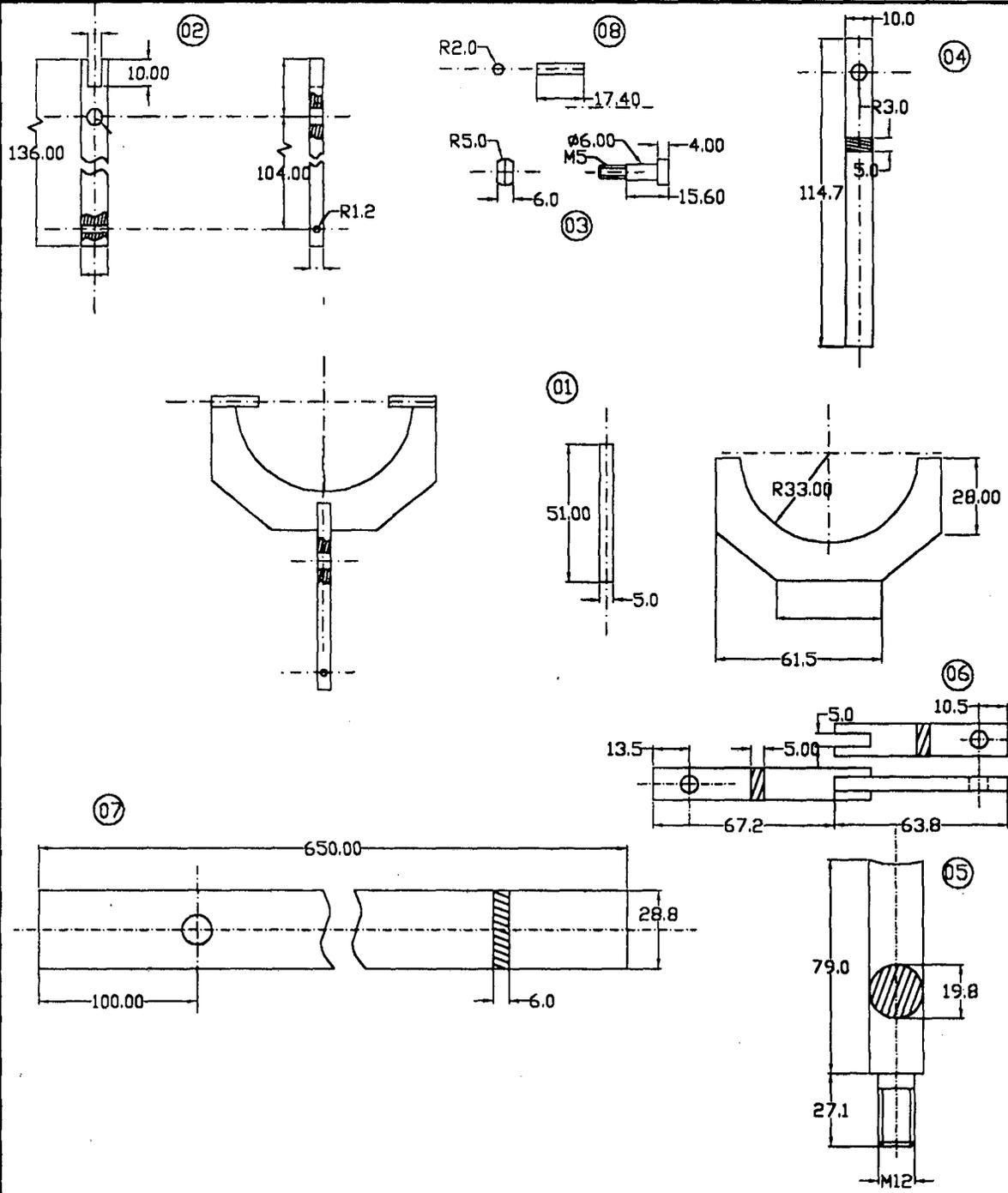
Unidade: mm

Des./Conj.: 12/01

Escala:

Data: 15/04/97

Des.: Marcos



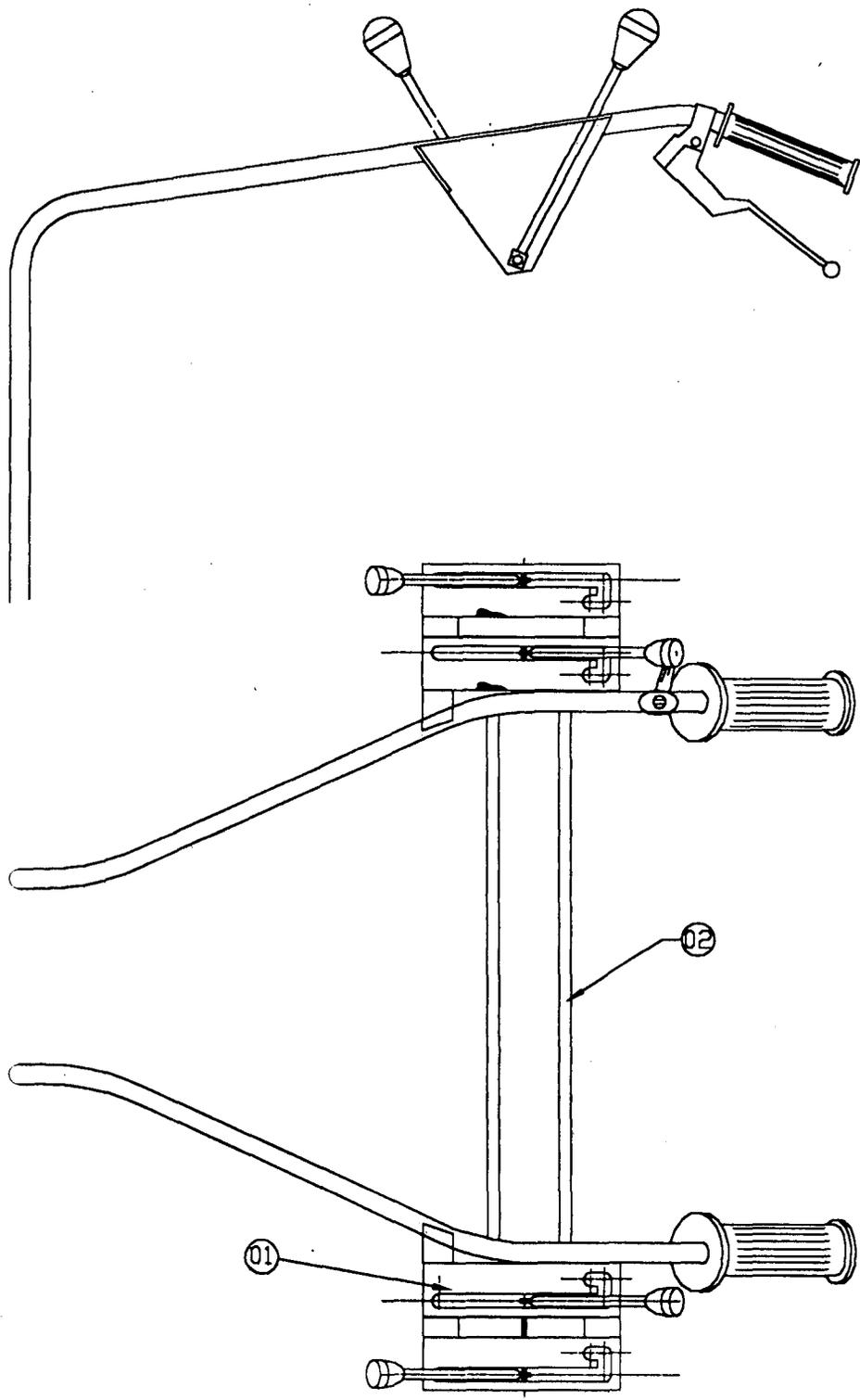
08	Pino guia	Aço 1020	02
07	Alavanca de acionamento	Aço 1020	02
06	Alavanca intermediária	Aço 1020	02
05	Suporte da alavanca	Aço 1020	02
04	Suporte do garfo	Aço 1020	02
03	Pivô	Aço 1020	02
02	Alavanca de articulação	Aço 1020	02
01	Garfo desacoplador	Aço 1020	02
Peça	Denominação	Material	Quant.

UFSC ENGENHARIA MECANICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

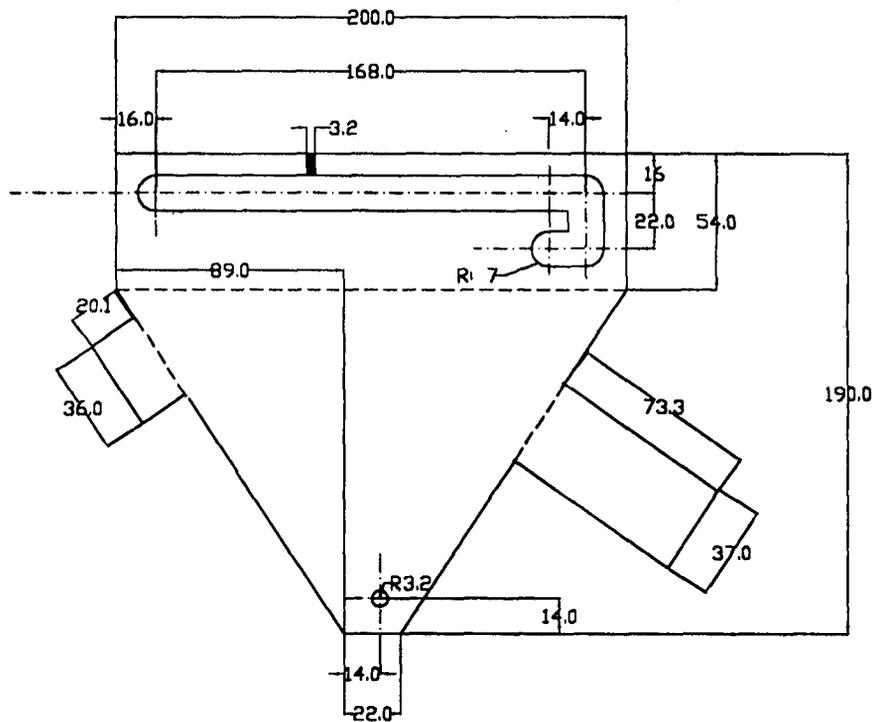
LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

Unidade: mm	Conj./des.: 12/02
Escala:	
Data: 15/04/97	
Des.: Marcos	



02	Estrutura da rablça	Aço 1020	e	01
01	Placa guia do comando	Aço 1020	13/02	02
Peça	Denominação	Material	Desenho	Quant.
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATÓRIO DE PROJETO	VISTA DE MONTAGEM DOS COMANDOS		
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Conj/des: 13/01	
		Escala:	Obs: e - peça SAP-01	
		Data: 14/04/97		
		Des: Marcos		

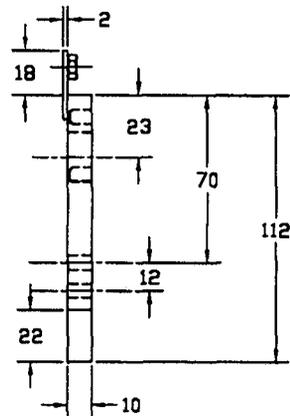
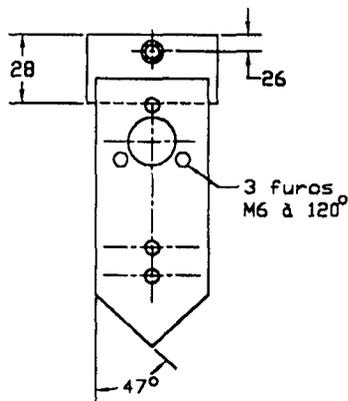
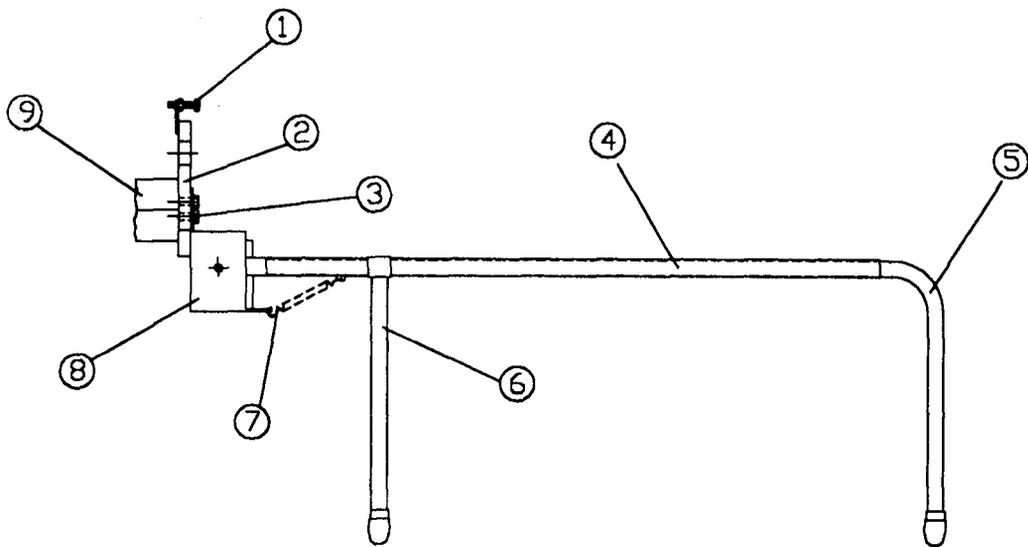


①



peça conformada

01	Placa guia do comando	Aço 1020	02
Peça	Denominação	Material	Quant.
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO		
LP	Semeadora de arroz pré-germinado	Unidade: mm	Conj./des.: 13/02
		Escala:	
		Data: 14/04/97	
		Des.: Marcos	



09	Barra suporte dos dosadores	-	@	01
08	caixa de suporte	-	@	02
07	Mola	-	@	02
06	Marcador 2	-	@	02
05	Marcador 1	-	@	02
04	Haste Gula	-	@	02
03	Parafuso sextavado M6x1	-	@	04
02	Braço de suporte	Aço 1020	01	02
01	Suporte do cabo	Aço 1020	01	02
Peça	Denominação	Material	Des	Quant.

UFSC

ENGENHARIA MECANICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

SUBCONJUNTO
MARCADOR LINHAS

LP

Semeadora de
arroz pré-germinado

Unidade: mm Conj./Des.: 14/01
Data: 16/05/97
Escala:
Des.: Wolff