

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE UMA COLHEDORA ENLEIRADORA
DE FEIJÃO

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

AUGUSTO GUILHERME DE ARAÚJO
FLORIANÓPOLIS , AGOSTO - 1993

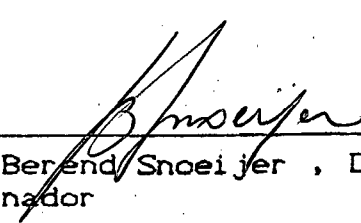
DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE UMA COLHEDORA ENLEIRADORA DE
FEIJÃO

AUGUSTO GUILHERME DE ARAÚJO

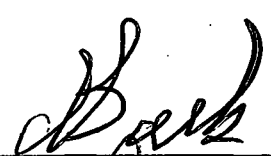
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA


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



Prof. Berend Snoeijs , Dr.-Ing.
Coordenador




Prof. Nelson Back , Ph.D.
Orientador



Prof. Longuinho C.M. Leal , M.Sc.
Co-orientador

BANCA EXAMINADORA :



Prof. Nelson Back , Ph.D.
Presidente



Prof. Longuinho C.M. Leal , M.Sc.



Prof. Osmar Possamai , Dr.Sc.

Dedico à Pul e ao Pedro.

AGRADECIMENTOS

Óbviamente , este trabalho envolveu a participação de muitas pessoas e instituições , as quais contribuíram para o desenvolvimento do mesmo e para realização de seus objetivos.

Gostaria , portanto , de agradecer :

- aos professores Néelson Back e Longuinho Leal pela orientação rigorosa , constante e participativa ao longo de todo o curso ;
- ao professor Osmar Possamai pelas sugestões e revisão cuidadosa do texto que , certamente , enriqueceu-o ;
- aos amigos Roberto , Batista , Pretel , Osney , Junior e Fernando pelo esforço e interesse durante todo o trabalho ;
- ao Renato pela dedicação e colaboração efetiva ;
- ao Jorge e Eucário pelo apoio e amizade durante o curso ;
- ao Biase Faraco Neto pelo interesse e colaboração ;
- aos demais colegas do Laboratório de Projeto ;
- ao prof. Augusto Weiss pela colaboração nos trabalhos de campo.

Finalmente , gostaria de agradecer ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) por possibilitar-me a realização do curso ; à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pela concessão da bolsa de estudos ; à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina (EPAGRI) pelo fornecimento de sementes e à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por proporcionar a realização e conclusão do trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO	1
CAPITULO 2 - MÉTODOS DE COLHEITA DE FEIJÃO E CONCEPÇÕES DE MÁQUINAS EXISTENTES	8
2.1. INTRODUÇÃO	8
2.2. COLHEITA MANUAL	8
2.3. COLHEITA SEMI-MECANIZADA	10
2.4. COLHEITA MECANIZADA	13
2.5. ANÁLISE DAS MÁQUINAS PARA COLHEITA DE FEIJÃO	27
CAPITULO 3 - ESTUDO DOS PARAMETROS E REQUISITOS DE PROJETO DE MÁQUINAS COLHEDORAS DE FEIJÃO	29
3.1. INTRODUÇÃO	29
3.2. PARAMETROS AGRONÔMICOS PARA O PROJETO ..	29
3.3. PARAMETROS MECANICOS	36
3.4. FONTE DE POTENCIA	48
3.5. PARAMETROS ECONÔMICOS	49
3.6. REQUISITOS DE PROJETO	53
CAPITULO 4 - DESENVOLVIMENTO DE CONCEPÇÕES	55
4.1. INTRODUÇÃO	55
4.2. MATRIZ MORFOLÓGICA	55
4.3. SELEÇÃO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS	60
4.4. SELEÇÃO DA SOLUÇÃO	65
4.5. DESCRIÇÃO GERAL DA SOLUÇÃO SELECIONADA ..	65
CAPITULO 5 - PROJETO PRELIMINAR	69
5.1. INTRODUÇÃO	69

5.2. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DO MÓDULO DE COLHEITA	69
5.3. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DO MÓDULO DE COMANDO	81
5.4. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DO MÓDULO DE TRAÇÃO	88
CAPÍTULO 6 - PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	90
6.1. INTRODUÇÃO	90
6.2. PROJETO DETALHADO DO MÓDULO DE COLHEITA	90
6.3. PROJETO DETALHADO DO MÓDULO DE COMANDO	98
6.4. PROJETO DETALHADO DO MÓDULO DE TRAÇÃO ..	104
CAPÍTULO 7 - TESTES DO PROTÓTIPO	108
7.1. INTRODUÇÃO	108
7.2. PRIMEIRA FASE DE TESTES	108
7.3. PRIMEIRO REPROJETO DO PROTÓTIPO	110
7.4. SEGUNDA FASE DE TESTES	112
7.5. SEGUNDO REPROJETO	114
7.6. TERCEIRA FASE DE TESTES	115
7.7. QUARTA FASE DE TESTES	117
7.8. ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS NO PROJETO	122
CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES	126
8.1. INTRODUÇÃO	126
8.2. ANÁLISE DOS REQUISITOS DE PROJETO	126
8.3. CONCLUSÕES	127
8.4. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ...	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
ANEXO	138

RESUMO

A pesquisa aborda o desenvolvimento , construção e testes do protótipo de uma máquina a tração animal para colheita e enleiramento de plantas de feijão (Phaseolus vulgaris , L.) adequada ao pequeno produtor. A máquina realiza as funções de levantamento das plantas e vagens , o corte dos talos próximo à superfície do solo e o enleiramento de duas linhas de plantas , deixando-as para secagem no campo.

O estudo descreve o método tradicional de colheita de feijão e as máquinas disponíveis no mercado e em patentes , com o objetivo de identificar os principais aspectos relacionados com a colheita de feijão. Na fase de desenvolvimento do produto foram empregadas técnicas para geração de soluções para o problema e a escolha da melhor solução foi feita com base na análise do grau de atendimento dos requisitos de projeto previamente estabelecidos pela equipe. Após a seleção da solução procedeu-se ao seu detalhamento , iniciando pela determinação da faixa de valores que as variáveis mais críticas poderiam assumir e pela análise da compatibilidade entre os diversos módulos que constituem a solução. Os parâmetros de velocidade angular dos discos de corte e de geometria dos levantadores de plantas foram analisados experimentalmente.

No detalhamento do projeto foram estabelecidas as dimensões , tolerancias , materiais e processos de fabricação resultando na descrição completa da máquina. Os testes de campo do protótipo mostraram que parte dos requisitos de projeto foram atendidos satisfatoriamente porém , os requisitos relativos ao nível de perdas de grãos e ao custo da máquina , indicam a necessidade de revisões no projeto para adequá-lo às expectativas do consumidor.

ABSTRACT

The research is concerned with the development , construction and testing of a animal traction machine for harvesting and windrowing beans plants (Phaseolus vulgaris , L.), suitable for small farmers.

The prototype realizes the following functions :lifting plants and pods ; cutting stalks close the soil surface and windrowing two lines of plants , leaving them drying on the soil.

The study describes the current method of harvesting beans and the machines available in the market and in the patents with the aim of to identify the main aspects regarding with the bean harvesting problem.

In the product development phase were applied technics for solution generation and the best solution was selected through the attendance degree analysis of the design requirements. Thereafter the solution was detailed beginning by critical parameters analysis and by compatibility analysis among the modulus of the solution. The angular velocity of the cutting discs and the planters lifters geometry were defined experimentally.

The detailed design establishes the dimensions , tolerances , materials and manufacturing process , describing the prototype completely. The prototype tests showed that most of the design requirements were attended , but the requirements related with the grain loss and machine cost indicated the need of a design review.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O feijão é um produto básico da alimentação do brasileiro. Em 1989, representou 3,9% do valor total da produção no Brasil e 9,8% da área cultivada, ficando abaixo apenas da soja e milho [16]. O país é o segundo maior produtor de feijão do mundo, como pode ser observado pela tabela 1.1 [40]. O consumo per capita interno tem variado entre 15 e 18 kg por ano, nas últimas décadas, e a estimativa para o aumento da demanda é de 13% até o ano 2000 [18].

As regiões sul e sudeste do Brasil são as principais produtoras, destacando-se os Estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina, com as respectivas produções na safra 87/88 apresentadas na tabela 1.2. Nesta cultura predomina a participação dos pequenos produtores rurais. No Paraná, por exemplo, as propriedades no extrato de 0 a 50 hectares responderam por cerca de 80% da produção nas últimas duas décadas [59].

Tabela 1.1 - Produção mundial de feijão e principais países produtores em 1985. [40]

País	Produção (1000 ton)	Participação (%)
Índia	2900	19,9
Brasil	2547	17,4
China	1640	11,2
México	1085	7,4
EUA	1010	6,9
outros	5433	37,2
Total	14615	100,0

Tabela 1.2 - Produção brasileira de feijão e principais estados produtores em 1987/88. [40]

Estados	Total (ton)	Participação (%)
Paraná	457.692	15,8
São Paulo	401.416	13,8
Bahia	292.299	10,1
Minas Gerais	284.772	9,8
Santa Catarina	264.521	9,1
Ceará	206.602	7,1
Rio Grande do Sul	140.295	4,8
Total	2.900.754	100,0

Várias são as razões para a produção de feijão concentrar-se nos pequenos produtores, dentre elas podem-se citar:

- os baixos preços praticados pelo mercado durante muitos anos já que , por se tratar de um produto de consumo interno, os médios e grandes produtores afastaram-se , voltando-se à uma agricultura comercial ;
- a falta de tecnologias que viabilizem níveis econômicos de produtividade e ,
- os riscos associados à produção.

No aspecto tecnológico, ao lado da necessidade de criação de variedades e do estudo das condições fitotécnicas e edáficas ideais para estabelecimento da cultura , a carência de máquinas para a operação de colheita é um dos fatores limitantes para viabilizar a produção entre os médios e grandes produtores, bem como , para expansão das áreas cultivadas pelos pequenos produtores. O emprego de colhedoras combinadas de grãos para colheita direta de feijão apresenta limitações devido ao "mau

comportamento" da planta, ou seja, as vagens ficam muito próximas ou mesmo tocam o solo, a planta apresenta um hábito prostrado e a maturação das vagens é desuniforme. Isso determina níveis elevados de perdas de grãos com esse equipamento. O avanço obtido pelo melhoramento genético, aliado ao uso de acessórios nas colhedoras combinadas, vem tornando possível reduzir as perdas a níveis aceitáveis, contudo, os resultados obtidos até agora são experimentais e restritos à pequenas áreas. Pode-se dizer que a pesquisa no Brasil vem dispensando maior atenção no sentido de adequar a planta à máquina (combinada), de modo a viabilizar o uso de um equipamento existente no mercado; porém, esse é um caminho longo e de resultados muitas vezes incerto.

Além da colheita direta com combinadas vêm sendo testadas máquinas para colheita indireta. Com este tipo de equipamento realiza-se a separação da planta do solo, bem como a reunião das linhas de plantas, formando leiras, para permitir a secagem dos grãos no campo. Em seguida, o material é recolhido e trilhado. Esse método, apesar de permitir a trilhagem com maior eficiência, devido à maior uniformidade de secagem das plantas, não pode ainda ser realizado de forma totalmente mecanizada devido, principalmente, aos problemas verificados na operação de separação planta-solo [36].

Outro aspecto a ser mencionado é a inadequação entre o tamanho das máquinas existentes para colheita e o nível tecnológico e econômico dos pequenos produtores. Trabalhando basicamente com a força humana e animal, o pequeno produtor não tem condições econômicas, técnicas e estruturais para usar máquinas autopropelidas ou tracionadas por tratores de média potência como as existentes. Desse modo, resta ao produtor realizar manualmente a colheita, o que requer de 10 a 12

homens-dia/hectare [50] e exige , geralmente , a contratação de mão de obra. Aliada à baixa produtividade da operação , a época da colheita no sul do país coincide com o período de chuvas , o que faz diminuir o número de dias disponíveis para o trabalho e aumentar o risco de perdas na produção. Cabe ressaltar que o feijão apresenta um período apropriado à colheita sendo que antecipações ou atrasos podem ocasionar perdas significativas de qualidade e de quantidade do produto colhido [36].

A colheita manual causa , também , um intenso desgaste ao homem devido à posição desconfortável de operação. A coluna vertebral fica curvada à frente em direção ao solo para permitir o agarramento e arrancamento das plantas , o que deve ocorrer a uma distância de 10 a 20 cm da superfície do solo. Como consequência , o trabalhador apresenta dores lombares o que reduz o rendimento do trabalho humano.

Neste sentido , o presente trabalho está orientado para atender as condições específicas do pequeno produtor de feijão da região centro-Sul do Paraná, que constitui uma das principais regiões produtoras do Estado (ver figura 1.1) , tendo respondido por 41% da produção estadual de feijão na safra 87/88 [44]. Segundo Chang [11], "a principal categoria de produtores de feijão nessa região é a de produtores simples representando 43% do total". Estes produtores cultivam milho e feijão geralmente consorciados, sendo estes produtos responsáveis respectivamente por 25% e 26% do valor bruto da produção regional [45]. Exploram uma área média em torno de 15 ha e a renda média mensal , por produtor , atinge apenas 0,8 salários mínimos. Estes produtores usam , parcialmente , a motomecanização , e de forma alugada , principalmente nas operações de preparo do solo. Contudo , as forças animal e humana são as principais fontes de energia nos

trabalhos agrícolas. Levantamento de campo realizado na região centro-sul mostrou que , no cultivo solteiro de feijão , a demanda de trabalho em todo o ciclo da cultura foi de 248 homens-hora/ha , sendo que apenas a colheita correspondeu a 25% desse total (62 H-h/ha) [1].

O objetivo deste trabalho é desenvolver o protótipo de uma máquina para realizar a colheita de feijão com os objetivos de aumentar a produtividade do trabalho , reduzir o esforço humano na operação e diminuir os riscos de perdas por chuvas, pela necessidade de um menor período de tempo para realizar a colheita. O protótipo deverá realizar as funções de separação planta-solo e enleiramento (reunião) das plantas, que são aquelas

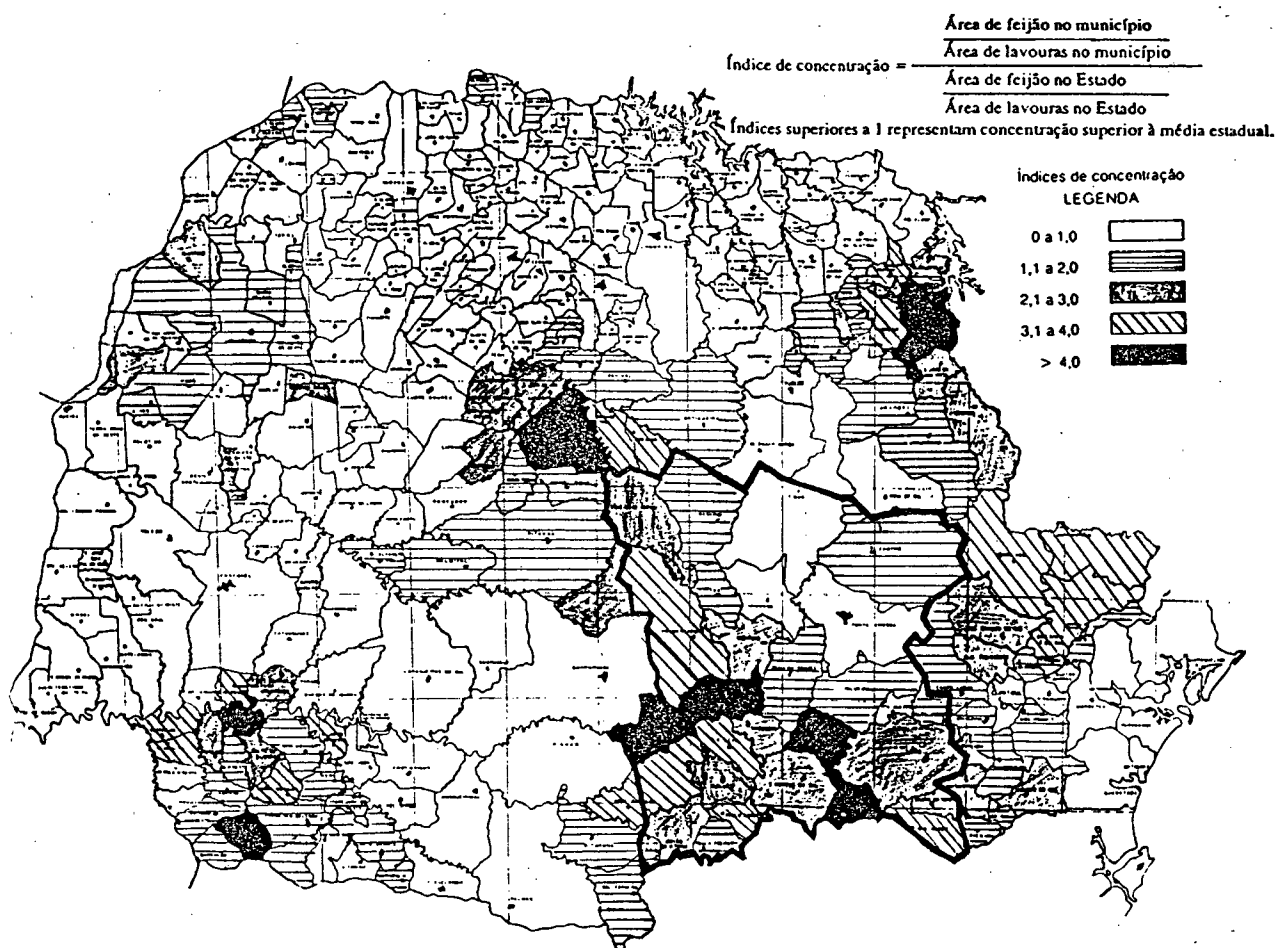


FIGURA 1.1: Produção regional de feijão no Paraná , destacando a região centro - sul. [35]

que mais consomem tempo no processo manual. Suas características operacionais deverão ser compatíveis com as condições dos pequenos agricultores do Centro-Sul do Paraná.

O protótipo deverá , ainda , atender aos seguintes requisitos gerais de projeto:

- apresentar uma produtividade de trabalho próxima a 8 homens-hora/ha, a qual permite a redução de contratação de mão de obra , bem como , a expansão das áreas cultivadas;
- proporcionar ao operador uma posição de trabalho adequada e com menor desgaste físico , quando comparada com a colheita manual;
- atuar em áreas com declividade de até 25% (condição comum na região);
- atuar no sistema solteiro e consorciado de plantio;
- atuar em lavouras plantadas em linhas;
- fazer o enleiramento de , no mínimo , duas linhas de plantas;
- requerer processos de fabricação acessíveis a indústrias de pequeno porte ;
- permitir a manutenção pelo pequeno produtor ;
- ser de fácil manobrabilidade e transporte;
- apresentar custo compatível com a renda do pequeno produtor.

Para o desenvolvimento do protótipo da colhedora e enleiradora de feijão , procedeu-se , inicialmente , a um levantamento bibliográfico em periódicos nacionais e internacionais, livros, relatórios de pesquisa e catálogos de indústrias, além de um levantamento de patentes junto ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) . Com base nessas informações e no contato com pesquisadores da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), foram caracterizados os principais métodos

de colheita de feijão e as concepções de máquinas existentes, o que está apresentado no capítulo II.

No capítulo III, são analisados os principais parâmetros que influenciam o desempenho das colhedoras de feijão, visando a definição , mais detalhada , dos parâmetros e requisitos de projeto.

O desenvolvimento, a avaliação e a seleção das alternativas de solução são descritos no capítulo IV , enquanto que as principais formas, dimensões e princípios de funcionamento da concepção selecionada compõe o capítulo V.

A especificação de componentes, a seleção de materiais e de processos de fabricação, além de informações sobre a construção do protótipo estão contidos no capítulo VI.

Os testes de avaliação do protótipo no campo , seus resultados e recomendações para reprojeto são apresentados no capítulo VII e as conclusões constam no capítulo VIII.

CAPÍTULO 2 - MÉTODOS DE COLHEITA DE FEIJÃO E CONCEPÇÕES DE MÁQUINAS EXISTENTES

2.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo , são descritos os métodos de colheita de feijão e as concepções de máquinas utilizadas nas diferentes operações do processo de colheita , que foram encontradas na literatura , em patentes e em catálogos de fabricantes.

Considera-se como colheita o conjunto de operações que têm como finalidade colher o produto oriundo da exploração agrícola , abrangendo inclusive o processamento no campo para separação das partes indesejáveis ou para proceder a uma limpeza preliminar [62]. A descrição a seguir engloba as máquinas que realizam as operações de colheita das plantas do solo e de reunião das plantas colhidas (enleiramento), que são aquelas que o protótipo deverá desempenhar. O enleiramento das plantas após a colheita facilita o transporte posterior das mesmas para a trilhagem (separação dos grãos da palha).

O processo de colheita pode ser totalmente manual, semi-mecanizado ou , ainda , totalmente mecanizado.

2.2 - COLHEITA MANUAL

Neste caso , todas as operações são realizadas manualmente , sendo este método empregado pela maioria dos produtores de feijão [23,59]. O método consiste em arrancar manualmente as plantas inteiras quando o teor de umidade dos grãos está próximo a 18% [12], agrupar plantas de 2 ou 4 linhas , formando uma leira e deixá-las expostas , por algumas horas no

campo, com as raízes voltadas para cima para secagem natural. Em seguida, são transportadas a um terreiro, ou sobre lonas no campo para execução da trilhagem. Para a trilhagem manual é necessário que as plantas fiquem expostas ao vento e ao sol por mais algumas horas até que as vagens possam ser debulhadas com impactos de baixa intensidade, proporcionados por varas flexíveis [36]. Por fim, realiza-se a limpeza dos grãos e seu ensacamento.

A produtividade do trabalho nesse método é de 10 à 12 dias-homem / hectare [50]. O processo manual ocasiona em geral atrasos na colheita, pois a eficiência da trilhagem manual diminui quanto maior for o teor de umidade das plantas, o que faz com que os agricultores aguardem um período maior com as plantas no campo, antes da colheita, para reduzir o tempo necessário de secagem após a colheita [36]. Esse atraso ocasiona um risco maior de perdas por debulha natural no campo, por condições climáticas (chuvas) ou por ataque de pragas [47]. No sul e sudeste do Brasil, onde a colheita da safra das águas ocorre no período de chuvas, há um grande risco de perdas, devido à umidade, por atrasos na colheita.

Em muitas regiões é comum proceder à construção de medas para secagem no campo, ou seja, amarração das plantas de feijão, após seu arrancamento, ao redor de um mastro central formando um tronco de cone com a base superior coberta com palha, o que permite o armazenamento e a secagem dos grãos no campo. No cultivo consorciado de milho e feijão, pode ser empregada a amarração das plantas de feijão nos pés de milho para promover a secagem no campo.

2.3 - COLHEITA SEMI - MECANIZADA

As operações de separação planta-solo e enleiramento são manuais e a trilhagem é mecanizada. É seguramente o método mais empregado na cultura do feijão no sul do Brasil [36]. Pode ser realizada basicamente de três maneiras:

2.3.1 - ARRANCAMENTO MANUAL E TRILHAGEM MECÂNICA

A separação planta-solo , o transporte e o enleiramento são realizadas manualmente , como descrito no item 2.2 e , após a secagem no campo , as plantas são transportadas formando pequenos montes dispersos no campo ou em grandes montes na sua periferia, de acordo com a finalidade que se pretende dar à palha [36]. A trilhagem é , então , executada com trilhadoras estacionárias acionadas pela tomada de potência do trator ou por motores estacionários. É o método mais comumente empregado.

2.3.2 - ARRANCAMENTO MANUAL E TRILHAGEM MECÂNICA COM AUTOMOTRIZES COMBINADAS.

A diferença em relação ao método anterior é que a trilhagem é realizada pelo sistema de trilha das colhedoras combinadas de grãos. Manualmente , as plantas são depositadas no módulo de alimentação da colhedora , que conduz o material ao módulo de trilhagem e limpeza, fornecendo o material ensacado.

2.3.3 - ARRANCAMENTO MANUAL E TRILHAGEM COM RECOLHEDORAS TRILHADORAS

As recolhedoras-trilhadoras são máquinas tracionadas por trator que recolhem as plantas enleiradas e trilham o material recolhido. São acopladas nos tratores pelo sistema de engate de três pontos ou através da barra de tração e são acionadas pela tomada de potência. Podem operar atrás ou ao lado do trator, sendo o recolhimento feito por um cilindro de pinos metálicos retráteis (1), figura 2.1, que gira no sentido horário e conduz as plantas a uma esteira (2), formada por correias planas e barras com perfil em " L ", a qual transporta as plantas ao módulo de trilhagem (3). A máquina possui, ainda, um

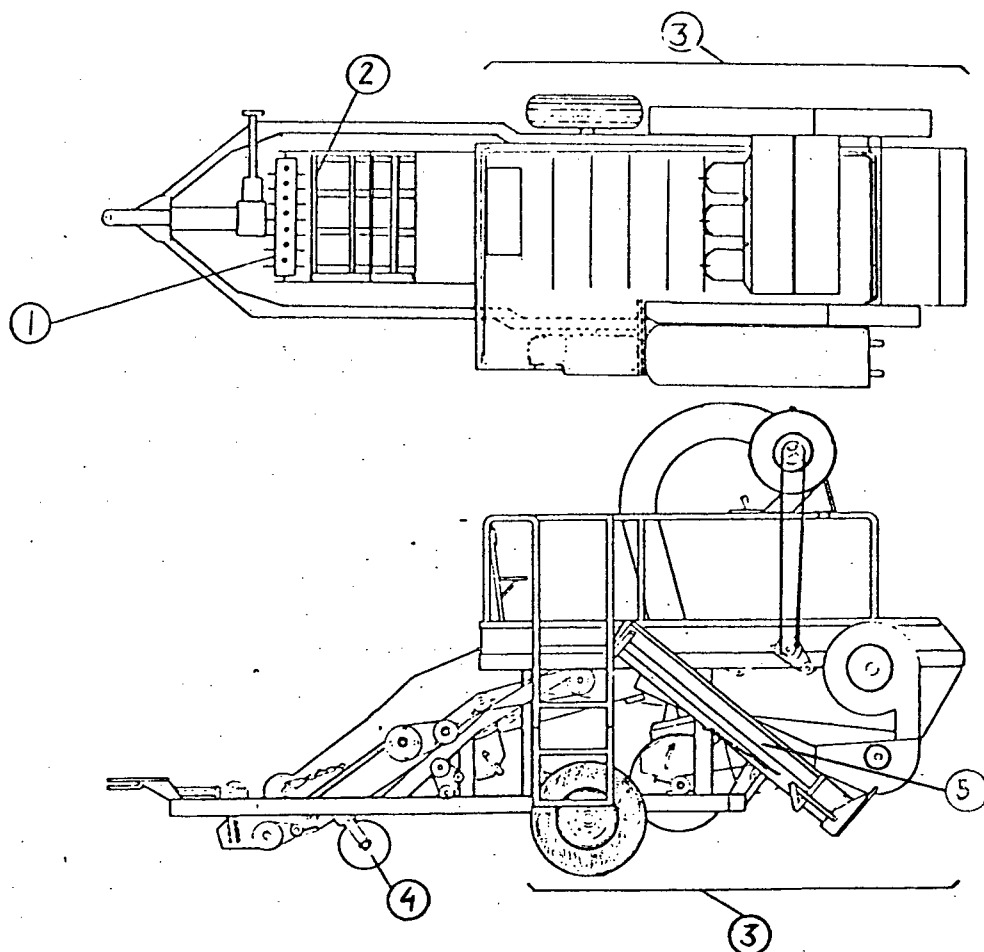


FIGURA 2.1: Recolhedora - trilhadora de feijão.

(Fonte: Catálogo Jumil)

cilindro nivelador (4) que acompanha as irregularidades da superfície do solo e permite que o cilindro recolhedor mantenha uma altura uniforme de operação. Após a trilhagem, os grãos são transportados por meio de uma correia plana com canecas (5), para a parte superior da máquina, onde é feito o ensacamento.

Outra possibilidade nesse método é o uso de um dispositivo de recolhimento acoplável às colhedoras combinadas, em substituição ao molinete e à barra de corte, que recolhe o material enleirado para ser trilhado pela combinada. A figura 2.2 apresenta o referido dispositivo acoplado. Este dispositivo constitui-se de uma correia recolhedora com dentes flexíveis (1), que recolhem as plantas e as conduzem ao módulo de alimentação (2) que as transporta ao módulo de trilhagem da máquina. A largura do recolhedor varia de 1,20 a 2,40 m [57]. A leira pode ser formada por, no máximo, oito linhas de plantas, dependendo da altura do rodado e da bitola do trator que traciona a recolhedora, já que o trator não deve tocar a parte superior da leira durante o seu deslocamento e tão pouco, deslocar-se sobre

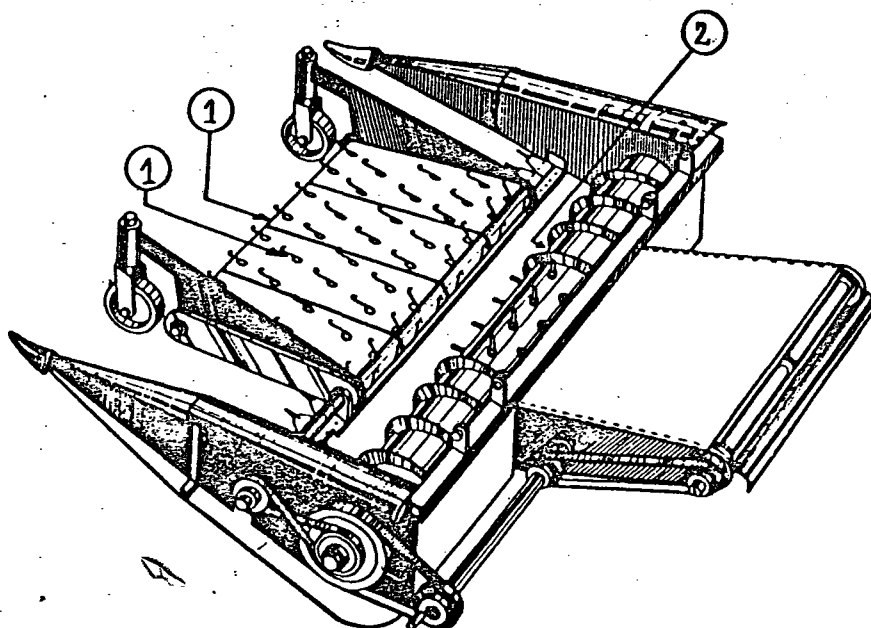


FIGURA 2.2: Dispositivo recolhedor acoplável à combinada. [13]

o material enleirado. Deve-se, portanto, operar com a máxima altura e largura da leira em função das características do trator e da recolhedora, visando reduzir o número total de leiras e a diminuir a necessidade de manobras e de passagens da máquina no campo. O tamanho da leira determina, também, a velocidade de trabalho, devido ao volume de material a ser trilhado.

2.4 - COLHEITA MECANIZADA

A colheita mecanizada pode ser classificada em dois sistemas distintos [58]: sistema direto e indireto.

2.4.1 - SISTEMA DIRETO

O sistema direto utiliza colhedoras automotrizes combinadas para efetuar a separação planta-solo e trilhagem. A colhedora mostrada na figura 2.3 é constituída do molinete (1) com movimento rotativo no sentido anti-horário, inclinando as plantas para trás, em direção à máquina antes da separação

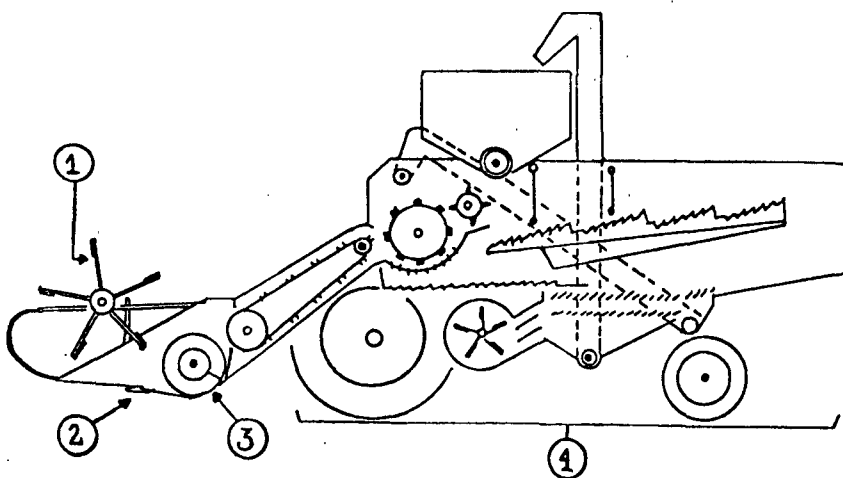
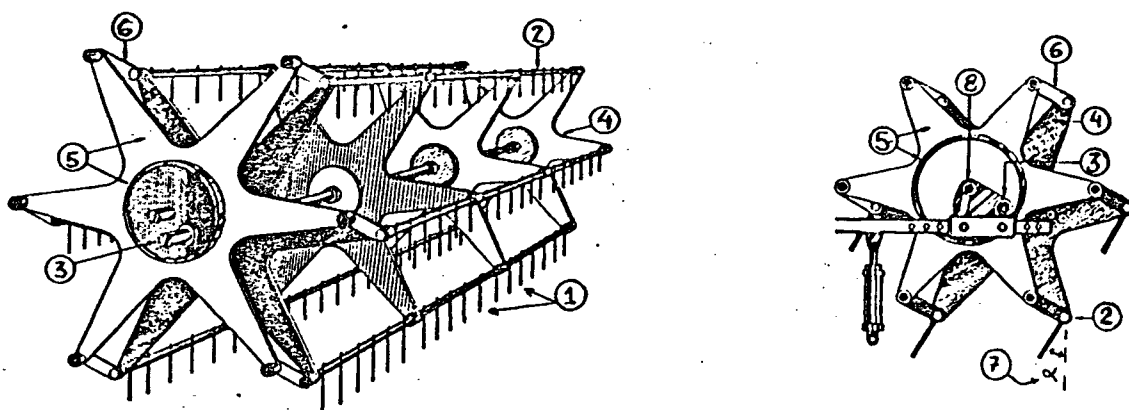


FIGURA 2.3: Colhedora automotriz combinada. [30]

planta-solo. Em seguida, a barra de corte (2) corta os talos das plantas próximo à superfície do solo; estas então caem no módulo de transporte helicoidal (3) que, por sua vez, conduz o material para o módulo de trilhagem e limpeza (4).

O tipo de molinete usado comumente no Brasil, para colheita de feijão, é o de dentes de molas, mostrado na figura 2.4, que executa o levantamento das plantas acamadas e desloca os talos em direção à barra de corte. Os dentes de molas (1) são fixos nas barras transversais (2), que apresentam movimento de rotação em torno do eixo do molinete (3) através dos rotores porta-eixos (4). Montados excêntricamente em cada extremidade do eixo do molinete, encontram-se dois rotores-guia (5) que são conectados por meio de uma barra (6) aos rotores porta-eixos. Esses rotores-guia giram livres sobre o eixo do molinete e, por sua rotação excêntrica em relação ao eixo, mantem os dentes das barras transversais paralelos entre si. O ângulo de inclinação " α " dos dentes (7), pode ser ajustado, mudando-se a posição do eixo excêntrico (8), de acordo com as condições da lavoura. Esse tipo de molinete pode ser usado para colheita de plantas eretas



a. vista do conjunto

b. vista lateral

FIGURA 2.4: Molinete de dentes de molas. [13]

ou prostradas, mas para plantas baixas ocasiona muitas perdas. Os molinetes geralmente com seis barras transversais, apresentam possibilidade de ajustes na direção vertical e horizontal e a relação entre sua velocidade periférica e a velocidade de deslocamento da combinada deve ser de 1.25 a 1.5 [3].

A barra de corte mostrada na figura 2.5, é constituída pela faca (1), guardas com contra-facas (2), placas de apoio (3), placas de desgaste (4), grampos (5), barra de facas (6) e barra principal (7). A barra de facas possui movimento alternativo através de um sistema biela - manivela e desliza sobre as placas de desgaste e de apoio, sendo o corte realizado por cisalhamento do material entre as bordas afiadas da faca (1) e da contra-faca (2). As guardas servem para direcionar as plantas às facas de corte e os grampos (5) fixam as facas à barra de facas. O movimento alternativo da barra de facas (6) possui uma frequência variável, entre 400 e 550 ciclos por minuto.

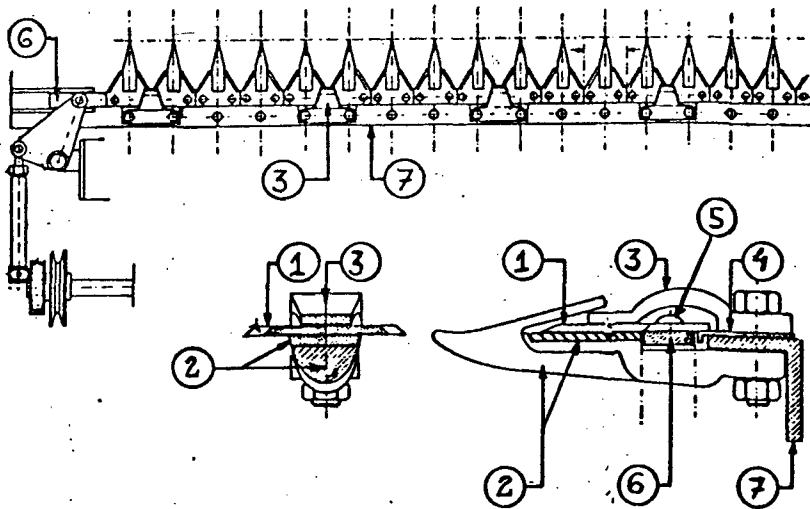


FIGURA 2.5: Elementos da barra de corte. [13]

Para melhorar o desempenho das combinadas, existem no mercado, as barras de corte flexíveis ou flutuantes, que acompanham as irregularidades do solo, reduzindo as perdas por

corte das vagens. Através de um sistema de sapatas que deslizam sobre o solo, a barra de corte atua a uma altura constante em relação ao nível do solo. No entanto, as barras de corte flutuantes apresentam problemas em terrenos irregulares e que possuem tocos, pedras e torrões, pela possibilidade de danos à barra de corte e recolhimento desses materiais [39]. Outro acessório disponível é o levantador de leguminosas para acoplamento na barra de corte, mostrada na figura 2.6. Os levantadores (1) são montados, geralmente, a cada quatro contra-facas (2) da barra de corte e deslizam sobre o solo erguendo ramos e vagens das plantas [13]. Os levantadores citados pela literatura foram desenvolvidos originariamente para ervilha e não apresentaram bom desempenho na cultura do feijão [39].

Os principais problemas da combinada na colheita de feijão são: o corte das vagens mais baixas pela barra de corte e a agitação excessiva das plantas devido ao movimento do molinete e aos impactos da barra de corte, o que causa a abertura das vagens e a queda dos grãos no solo. O nível de perdas de grãos

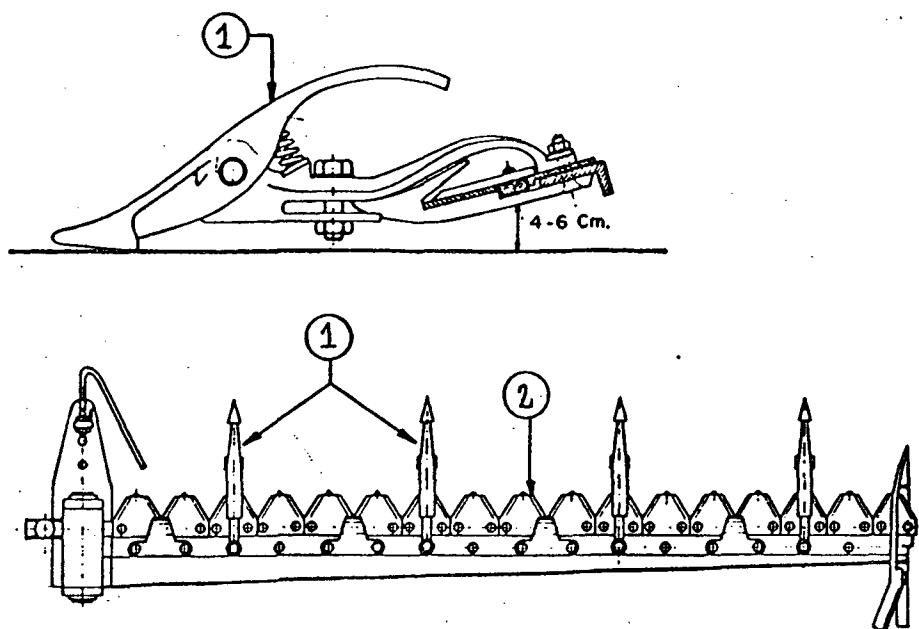


FIGURA 2.6: Levantadores acopláveis à barra de corte. [13]

depende do hábito de crescimento da variedade , das práticas de condução da cultura , da declividade do terreno e da regulagem adequada da máquina. Os resultados obtidos em testes indicam perdas entre 8 e 19% [14,42].

2.4.2 - SISTEMA INDIRETO

Neste sistema todas as operações são mecanizadas porém realizadas por diferentes máquinas, descritas a seguir:

2.4.2.1 CORTADORA-ENLEIRADORA DE LÂMINAS

Consiste de duas a oito lâminas (3) fixas a uma estrutura que é acoplada à frente do trator , figura 2.7, com rodas de apoio (1) para regulagem de profundidade de corte e sistema de elevação hidráulica (2) para transporte da máquina.

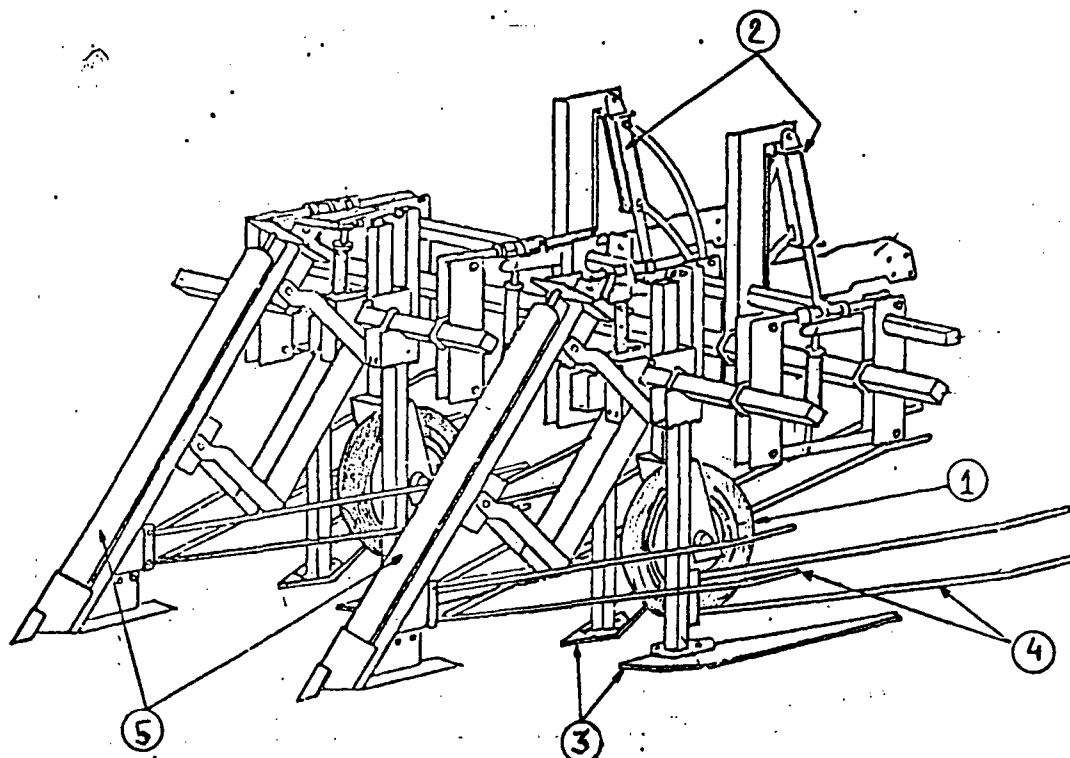


FIGURA 2.7: Cortadora enleiradora de lâminas. [60]

As lâminas (3) são geralmente planas , dispostas a 45° , em relação ao sentido de avanço do trator , e atuam a uma profundidade entre 20 e 40 mm , cortando ou arrancando as raízes de acordo com a resistência ao corte oferecida pelo solo [56]. As lâminas mais comuns possuem um comprimento de 1060 mm e a largura de trabalho variando entre 70 e 140 mm , sendo que cada lâmina atua sobre apenas uma linha de plantas. Sobre as lâminas , encontram-se os enleiradores de plantas (4), que são barras de aço dispostas de modo a conduzir as plantas cortadas de duas linhas para formar uma leira , facilitando o recolhimento posterior e evitando que as rodas do trator trafeguem sobre o material. O enleiramento ocorre logo após a separação planta-solo através das hastes enleiradoras que entram em contato com as plantas , direcionando-as lateralmente.

Um acessório possível de ser empregado é o separador de linhas de plantas (5) que serve para separar plantas de linhas vizinhas que se entrelaçaram , facilitando a operação de corte.

Esta máquina apresenta um desempenho adequado , com perdas em torno de 1% [12], desde que se atenda as seguintes restrições [36]: operação em terrenos planos ; velocidade alta de operação (acima de 4 km/h) para tornar mais eficiente o corte e enleiramento das plantas ; preparo do solo adequado; treinamento do operador ; textura média e baixa umidade do solo; pouca presença de ervas; uso de variedades de feijão de porte ereto e com alta inserção do primeiro nó ; arranquio com plantas cujo teor de umidade está entre 25 e 30% para evitar perdas por debulha das vagens.

Esta máquina deixou de ser produzida no Brasil devido à pouca aceitação pelo mercado.

2.4.2.2 - MODELO IMEP

Desenvolvida , originariamente , para colheita de amendoim , esta máquina (figura 2.8) recebeu algumas modificações para a colheita de feijão. Apresenta duas lâminas (1) dispostas a 75° com o sentido de avanço do trator , que executam o corte das raízes de até 3 linhas de plantas , sendo estas , em seguida , recolhidas por uma esteira (2) com pinos metálicos (3) que transporta o material e executa a separação de pedras e torrões recolhidos. O material é , então , transportado até uma certa altura , e enleirado através de duas placas (4) que direcionam sua queda. A máquina é acoplada no engate de três pontos do trator e a esteira é acionada pela tomada de potência. Há, ainda, duas rodas laterais (5) para regulagem da profundidade de trabalho das lâminas e da altura de recolhimento da esteira.

O trânsito do trator , sobre as plantas em pé , é provavelmente , problemático, pois as plantas são acamadas a sua frente , dificultando o recolhimento.

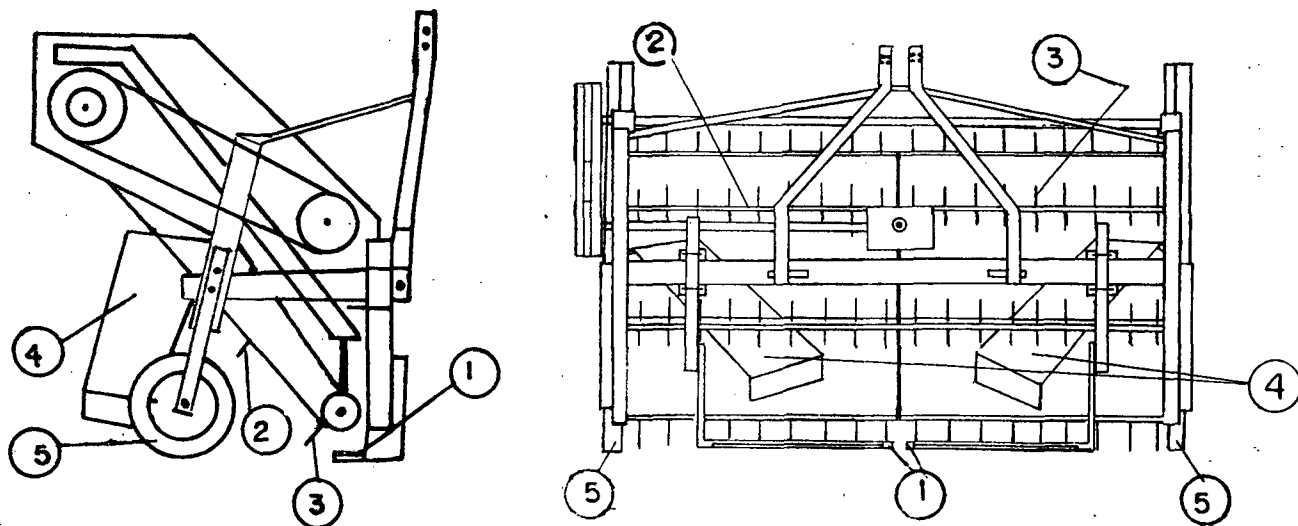


FIGURA 2.8: Cortadora enleiradora modelo IMEP.

Devido à intensa agitação das plantas provocada pela esteira transportadora, deve-se colher o material com alta umidade dos grãos, cerca de 25%, para redução de perdas. Seu desempenho é melhor em solos com textura média e com baixa umidade, o que resulta num corte mais eficiente das plantas. Outro fator fundamental é a seleção da variedade de feijão, que deve ter o porte ereto, para redução das perdas de grãos.

2.4:2.3 -CORTADORA ENLEIRADORA DE DISCOS

Existem três modelos dessa máquina. O primeiro, mostrado na figura 2.9, consiste de dois discos (1), com bordo cortante liso ou recortado, fixos a um chassi (2) que é acoplado na dianteira do trator (4). Os discos são acionados por motores hidráulicos e giram em sentidos, de modo a cortar e enleirar as plantas de duas linhas com ajuda das chapas (3). Cada disco atua sobre uma linha de plantas, pouco abaixo da superfície do solo, cortando as raízes e proporcionando uma menor agitação das plantas do que a cortadora de lâminas [39]. Os discos podem apresentar movimento vertical para acompanhar as irregularidades do solo.

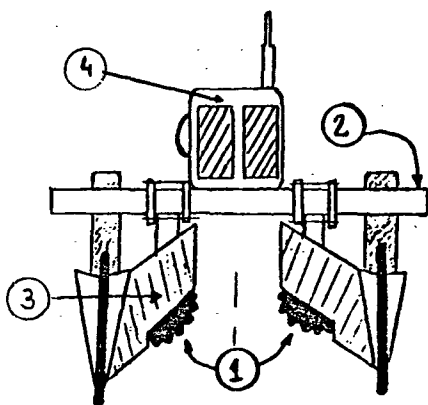


FIGURA 2.9: Cortadora enleiradora de discos de engate frontal.

O segundo modelo , figura 2.10, apresenta o chassi (1) acoplado na traseira do trator , no engate de três pontos , e o corte e enleiramento são realizados por três discos (2) alinhados e posicionados com um ângulo de 45° , em relação à direção de deslocamento do trator [61]. Os discos giram livremente devido ao movimento do trator e a uma pequena inclinação em relação à horizontal. Os discos (2) atuam sobre duas a quatro linhas de plantas e a velocidade de trabalho deve ser alta , para garantir que o material se desloque para trás. Possuem , ainda , duas rodas laterais (3) para regulagem da profundidade de trabalho dos discos.

O terceiro modelo , figura 2.11, apresenta quatro discos de corte (1) suportados por uma barra transversal (2) entre as rodas dianteira e traseira do trator (5). Cada disco é acionado por um motor hidráulico (3) e apresenta regulagem para ajuste da altura de trabalho e ângulo de corte , além de um limpador de disco (4) [19]. Essa máquina não realiza o enleiramento de plantas.

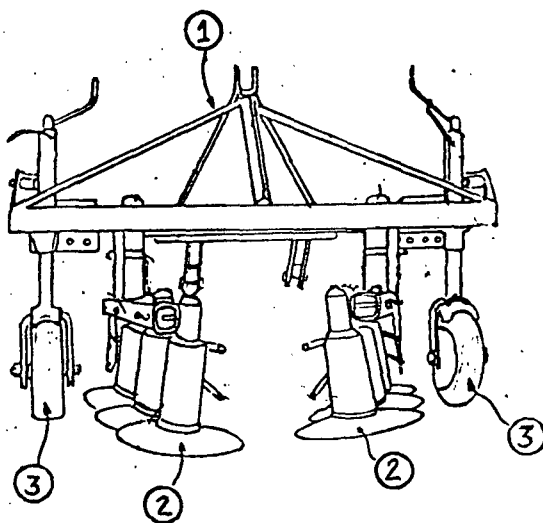


FIGURA 2.10 : Cortadora de discos de engate traseiro. [61]

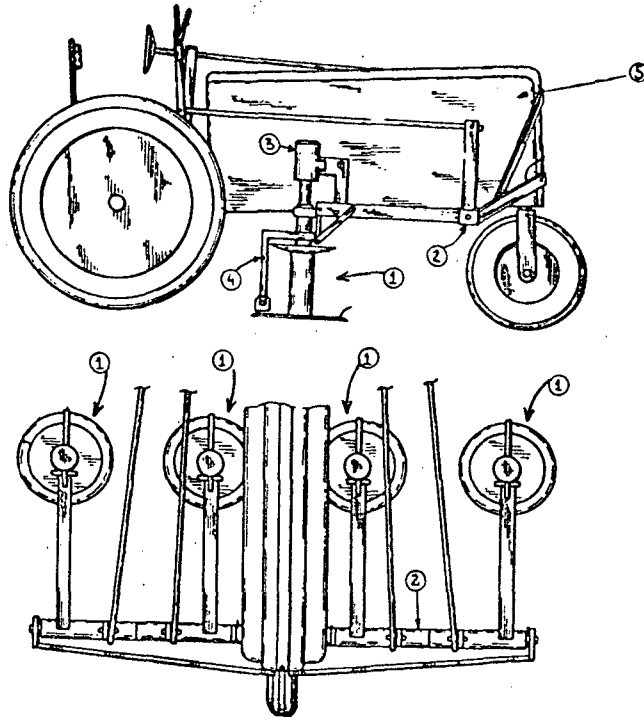


FIGURA 2.11: Cortadora de discos. [20]

Estas máquinas não foram fabricadas no Brasil e portanto tem-se poucas informações a respeito de seu desempenho nas nossas condições. Tal máquina pode operar com plantas mais secas que a cortadora de lâminas (itens 2.4.2.1 e 2.4.2.2), pois proporcionam uma menor agitação das mesmas, contudo as plantas não devem estar excessivamente secas para evitar a debulha.

2.4.2.4 - ARRANCADOR DE CORREIAS

É uma máquina própria para colheita de linho e que foi adaptada para colheita de feijão [39]. Consiste de duas correias planas (1), dispostas paralelamente, que se movimentam em sentidos opostos prendendo as plantas entre si e arrancando-as do solo pela posição inclinada em relação à superfície do solo, como mostra a figura 2.12. As correias transportam as plantas e descarregam-nas em uma carreta ou reservatório (2). Alguns modelos apresentam um sistema de corte das raízes após o

arrancamento e , ainda , um sistema que conduz as plantas para o enleiramento após a liberação das plantas pelas correias. Uma patente norte americana [17], figura 2.13, emprega pinos flexíveis (1) ao longo das correias (2), que elevam as vagens do feijão e prendem as plantas , levando-as aos discos condutores (3) que guiam os talos das plantas e impedem que os mesmos permaneçam presos entre os pinos flexíveis. Discos de corte (4), logo abaixo dos discos condutores , realizam o corte dos talos .

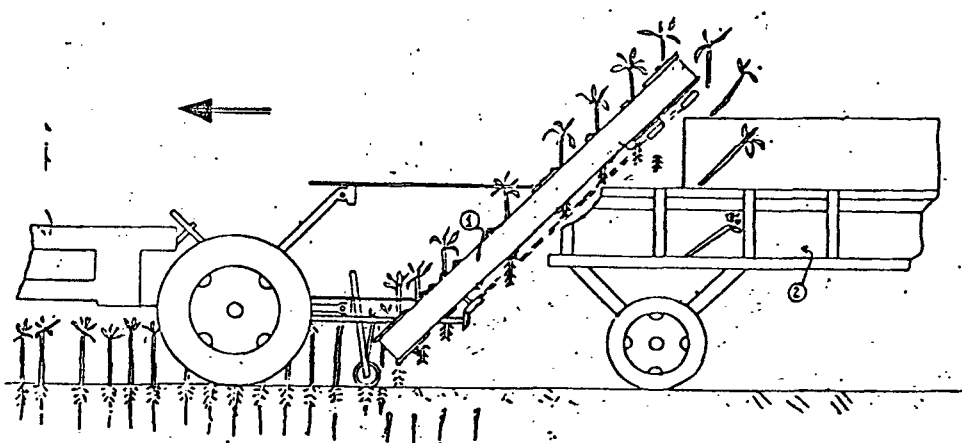


FIGURA 2.12: Arrancador de correias.

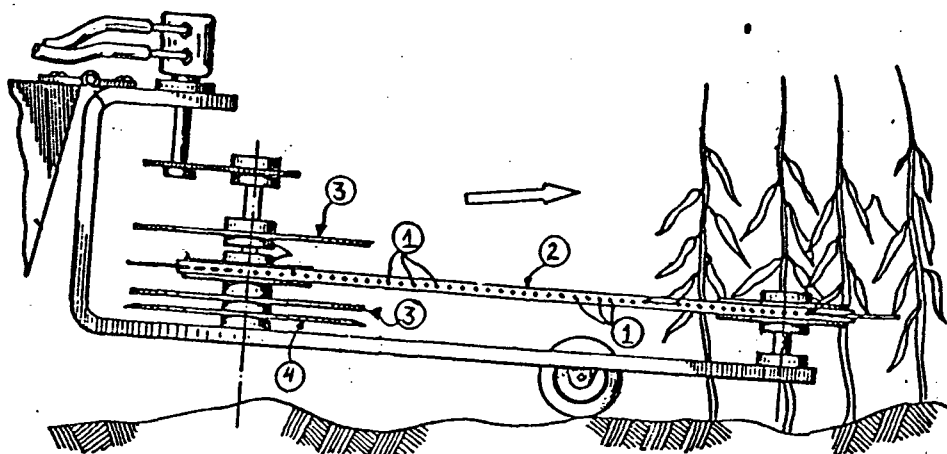


FIGURA 2.13: Arrancador de correias com pinos flexíveis. [17]

permitindo que as plantas sejam liberadas pelos discos condutores para um reservatório.

Outra concepção, mostrada na figura 2.14, utiliza um par de correntes (1), inclinadas para cima e convergentes para trás, que atuam próximas à superfície do solo elevando os ramos e vagens das plantas. À certa altura de elevação, os talos são capturados por outro par de correntes (2) e, logo em seguida, cortados por um disco de corte (3), liberando as plantas para serem conduzidas para trás pelas correntes transportadoras. A máquina é engatada ao lado do trator (4) e acionada pela tomada de potência. As plantas podem ser descarregadas sobre o solo ou, ainda, armazenadas num reservatório [19].

O desempenho de uma máquina de linho é satisfatório no arrancamento de feijão quando as plantas apresentam elevado teor de umidade, pois a compressão das vagens pelas correias pode provocar sua abertura quando secas, com conseqüente perdas de grãos [39]. Segundo Menezes et al o arrancamento sem o corte das raízes traz o inconveniente de retardar a secagem das plantas,

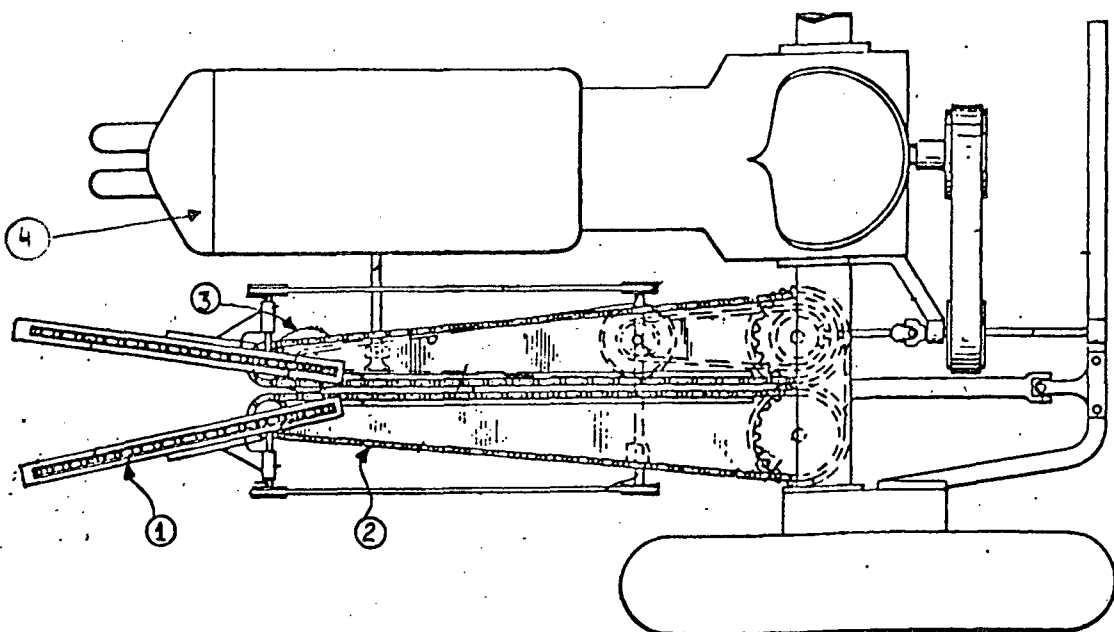


FIGURA 2.14: Arrancador de correntes. [19]

devido à presença de grande parte do sistema radicular [39].

Durante dois anos , realizou-se nos EUA um estudo comparativo entre diversos sistemas de colheita de feijão , por arrancamento , chegando-se a dois sistemas de colheita direta [24]. O primeiro apresentava uma correia "V", com pinos e escovas espirais de nylon , para elevar as vagens e ramas acima da barra de corte e , após o corte, transportar as plantas ao módulo de trilha. O segundo sistema era constituído de duas correias planas, com 45 cm de largura e superfície enrugada , mantidas em contato por molas e rodando em torno de 3 cilindros que , em operação , arrancavam a planta e depositavam-na em um transportador de lonas. As correias foram colocadas à frente de uma colhedora combinada e seu acionamento era feito por motores hidráulicos. O segundo sistema apresentou os melhores resultados sob várias condições de solo e clima , com um protótipo experimental de apenas uma linha; contudo, não se tem notícias sobre a produção comercial de uma máquina com essas características.

2.4.2.5 - ENLEIRADOR DE ROTOR DENTADO

O enleirador descrito a seguir , pode ser utilizado na remoção do material enleirado, para uniformizar sua secagem ou então , na formação de novas leiras , com o objetivo de adequar o material ao transporte consecutivo ou , ainda , para enleirar o material que foi apenas arrancado ou cortado [3].

O enleirador de rotor dentado , mostrado na figura 2.15, é o mais usado no Brasil e apresenta de quatro a seis rotores (1) dispostos paralelamente entre si e ligeiramente deslocados , de modo a se sobreporem (ver detalhe 2 na figura

2.15), além de apresentarem um ângulo em relação ao sentido de deslocamento do trator , ao qual a máquina é acoplada. Os rotores apresentam um diâmetro entre 900 e 1200 mm , são montados em eixos individuais e possuem pinos flexíveis (3) na periferia para absorver impactos no contato com o solo. Os eixos dos rotores (4) são articulados , o que permite acompanhar as irregularidades da superfície do solo. O contato dos pinos flexíveis com o material, devido ao deslocamento do trator , proporciona a rotação dos rotores e o transporte do material numa direção paralela à dos rotores. A leira é formada após o transporte do material por cada um dos rotores sendo que o descarregamento é realizado pelo último [12], como mostra esquematicamente a figura 2.16 . Esse implemento pode embarçar o material movimentado, dificultando as operações posteriores , além do que , a excessiva movimentação pode proporcionar perdas de grãos , se o material estiver com baixa umidade [39].

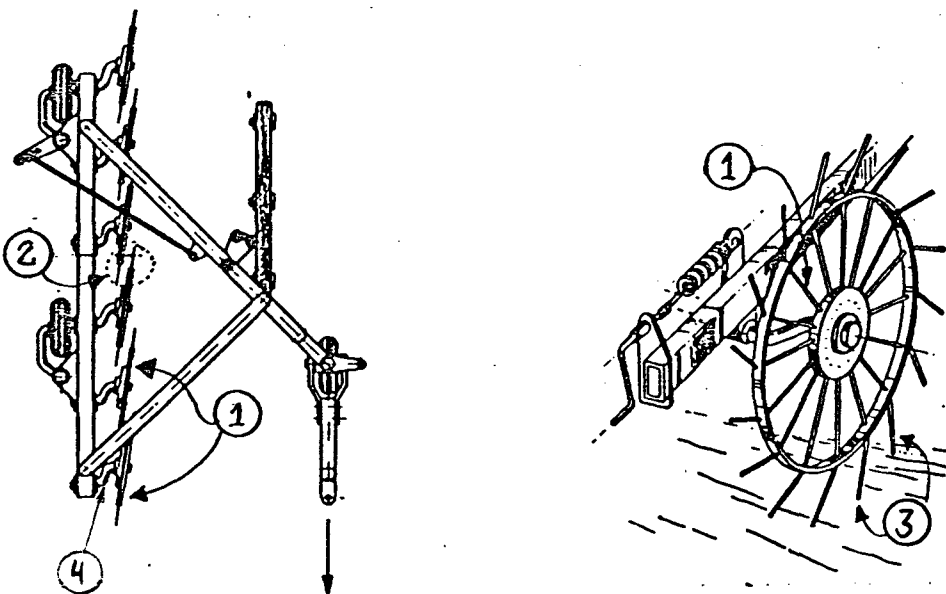


FIGURA 2.15: Enleirador de rotor dentado. [13]

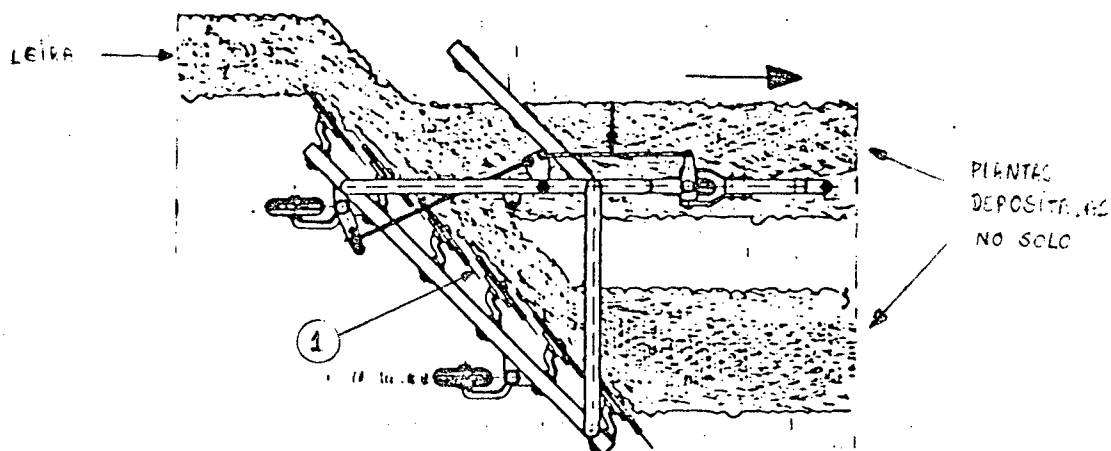


FIGURA 2.16: Formação da leira com rotor dentado. [13]

2.4.2.6 - RECOLHEDORAS TRILHADORAS

Após o enleiramento das plantas procede-se seu recolhimento e trilhagem, quando o teor de umidade dos grãos for adequado (entre 15 e 16%). Empregam-se as recolhedoras trilhadoras descritas no item 2.3.3.

2.5 - ANÁLISE DAS MÁQUINAS PARA COLHEITA DE FEIJÃO

A análise das máquinas para colheita de feijão no sistema direto e indireto mostra que os agricultores não dispõem de opções viáveis do ponto de vista da eficiência técnica. Um conjunto de fatores que caracterizam a exploração da cultura do feijão no Brasil, tais como o tipo de solo, topografia, porte das plantas, práticas agrícolas, etc... dificultam o bom desempenho das máquinas descritas. Estas, apesar de apresentarem resultados muitas vezes satisfatórios sob as condições controladas das estações experimentais, não são eficientes nas condições comuns de produção. Isto determina uma utilização

restrita das máquinas e mesmo sua retirada do mercado , como é o caso da cortadora de lâminas descrita no item 2.4.2.1.

O sistema direto , que emprega a colhedora combinada , é o método mais utilizado na mecanização da colheita de feijão devido à disponibilidade da máquina em algumas regiões produtoras e à possibilidade de redução das perdas a níveis aceitáveis desde que se adote as recomendações do item 2.4.1.

Para o pequeno produtor estas máquinas são inapropriadas também devido ao seu alto custo de aquisição e de operação . Pode-se concluir , portanto que há necessidade de desenvolver o projeto de um equipamento dirigido ao pequeno produtor , com custo acessível e que apresente um desempenho satisfatório em condições normais de cultivo. É essencial que o projeto apresente um princípio mecânico compatível com a arquitetura da planta de feijão , considerando o hábito prostrado e a baixa inserção das ramas.

CAPÍTULO 3 - ESTUDO DOS PARÂMETROS E REQUISITOS DE PROJETO DE MÁQUINAS COLHEADORAS DE FEIJÃO

3.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão analisadas as relações entre as características das plantas e do cultivo de feijão e os parâmetros dimensionais e operacionais das máquinas descritas no capítulo 2. Procura-se, na medida do possível, a quantificação desses parâmetros a partir dos dados encontrados na literatura. A análise engloba, ainda, uma avaliação econômica, considerando a redução da contratação de mão de obra com o uso do equipamento, permitindo uma estimativa de custo do produto para as condições dos pequenos produtores do centro-sul do Paraná. A análise da fonte de tração mais adequada também é realizada.

O estudo dos parâmetros permite a seleção e definição dos requisitos de projeto de forma mais detalhada e rigorosa, além de auxiliar nas decisões na fase de projeto conceitual.

3.2 - PARÂMETROS AGRONÔMICOS PARA O PROJETO

A análise detalhada das condições agronômicas em que o protótipo deverá atuar, ou seja, dos parâmetros agronômicos empregados pelos agricultores na implantação e colheita da cultura de feijão, possibilita estabelecer com precisão os requisitos de projeto, o que facilita a seleção da concepção.

Serão analisados os seguintes parâmetros: tipos de solos de ocorrência da cultura, épocas e sistemas de plantio, formas de preparo do solo e plantio, umidade dos grãos e plantas na colheita, tipos agronômicos das plantas, sistema radicular e

densidade de plantas.

3.2.1 - TIPOS DE SOLOS

Cultura explorada principalmente por pequenos produtores em todo o Brasil, o feijão tem grande parte de sua produção conduzida em áreas consideradas agronomicamente marginais, especialmente quanto à declividade. No sul do Paraná são encontradas grandes extensões de solos cambissolos, que ocorrem na paisagem em relevo ondulado e forte ondulado, com declives variando entre 8 e 45% [64]. As áreas cultivadas com feijão e a tração animal localizam-se principalmente em declividades até 25% (equivalente a 14°). Quanto à textura do solo, o feijão não apresenta limitações, podendo ser cultivado desde solos arenosos até argilosos pesados [37].

3.2.2 - ÉPOCAS E SISTEMAS DE PLANTIO

O sistema consorciado de plantio de feijão, consiste em intercalar a cultura com outras, tais como: milho, café, algodão, etc.... Este sistema é predominante no Brasil pois propicia um melhor uso da terra e da mão de obra, menor risco para o produtor e possibilita a compatibilização de uma produção voltada ao mercado com outra voltada ao consumo [57;21]. Entretanto, este sistema de plantio vem sendo gradativamente substituído pelo sistema solteiro, ou de monocultura, devido à facilidade de mecanização de certas operações, bem como pelo uso crescente de agroquímicos. Essa mudança tecnológica na agricultura também atingiu os pequenos produtores, como conclui um estudo feito para o município de Rio Azul (centro-sul do Paraná), onde o cultivo solteiro já é empregado por mais da

metade dos estabelecimentos rurais [34].

O feijão é plantado em duas épocas: de agosto à novembro, com o início das chuvas (conhecido como "plantio das águas") e de janeiro a março (plantio da "seca"). Mais recentemente, com a irrigação, definiu-se, no Brasil central uma terceira época, no inverno, com plantio de maio à julho [21]. Os sistemas de monoculturas das "águas" e da "seca" não apresentam diferenças substanciais na sua condução, havendo preferência, no sul do Brasil, pelo das "águas".

No sul do Brasil a recomendação para o plantio das "águas" abrange um período de aproximadamente 30 dias, o que leva à concentração da colheita pelo mesmo período. Essa concentração aliada às chuvas no período da colheita (o que reduz o número de dias disponíveis de trabalho) resulta numa grande demanda de mão de obra em um curto período de tempo, o que representa um "gargalo" na distribuição do uso da mão de obra no ciclo da cultura do feijão.

3.2.3 - PREPARO DO SOLO E PLANTIO

O preparo tem como objetivos principais, a incorporação de ervas e restos vegetais, para permitir o plantio, bem como, promover uma "descompactação" das camadas superficiais do solo, de modo a obter o aumento de sua porosidade, com conseqüente melhora na infiltração e retenção de água e desenvolvimento das raízes.

Um parâmetro determinante de um bom preparo do solo é sua umidade. Deve-se realizá-lo sob condições de umidade do solo adequada para evitar, por um lado, a formação de um número excessivo de torrões, característica do preparo com solo seco e,

por outro lado , a compactação excessiva do solo, característica em solos úmidos. A presença de torrões , em quantidade excessiva, provoca um aumento da potência necessária de tração devido à maior rugosidade da superfície do solo, além de estabelecer condições instáveis de tração dos implementos. Nesse caso, o desempenho das plantadoras fica prejudicado pela irregularidade da superfície do solo e pela dificuldade de regulagem do mecanismo de cobrimento das sementes.

O plantio de feijão deve ser feito em linhas paralelas, com espaçamento de 500 mm entre linhas e profundidade de 30 a 50 mm [32]. A uniformidade do plantio é fundamental para se obter uma lavoura com desenvolvimento homogêneo , o que facilita posteriormente a colheita. Nesse caso , os parâmetros relativos à qualidade das sementes , tais como , vigor e poder germinativo ; à regulagem das plantadoras, principalmente , quanto à homogeneidade da profundidade de plantio ; e ao teor da umidade do solo (no momento do plantio até a germinação), são determinantes.

3.2.4 - UMIDADE DOS GRÃOS

A escolha do ponto de colheita é um dos fatores agronômicos que determinam o método de colheita mais adequado, ou seja, aquele onde a ocorrência de perdas é mínima. A umidade dos grãos é o principal parâmetro que caracteriza o ponto de colheita. Ponto de colheita é definido como o estágio ideal em que as plantas apresentam os grãos em sua melhor qualidade e com menor risco de perdas por debulha [5]. Teóricamente , a colheita poderia ser executada a partir da maturidade fisiológica dos grãos, quando sua umidade está entre 38 e 44% [36], o que ocorre

entre 70 e 80 dias após o plantio [5]. A partir dessa fase , as folhas começam gradativamente a secarem e caírem, as vagens vão secando e adquirindo , de forma geral , a cor amarelo-palha. Porém , a colheita nessa fase pode levar ao enrugamento e descoloração dos grãos, devido á secagem prematura, a riscos de deterioração rápida se armazenados, além de ser inviável com colhedoras combinadas , pelo alto teor de umidade dos grãos e , á elevada quantidade de folhas persistentes na planta [36].

Na prática , verifica-se que a colheita é realizada com baixo teor de umidade dos grãos, entre 14 e 16%, pois nessa faixa obtém-se um bom desempenho na trilhagem (após a fase de secagem no campo por algumas horas). Nesta fase , a maioria das folhas já caiu, as remanescentes estão amareladas e as hastes e vagens quase secas com cor amarelada a amarelo-palha [5]. Entretanto, durante esta fase ocorrem problemas quanto ao ataque de insetos, redução da capacidade germinativa, debulha no manuseio das plantas e, se ocorrerem chuvas, inicia a germinação dos grãos no pé [36,5]. Devido á maturação desuniforme dos grãos (característica da planta de feijão) e á deiscência das vagens (abertura das vagens que algumas variedades apresentam) é sempre aconselhável colher o feijão com certa porcentagem de vagens ainda imaturas. Neste caso, se houver espera até a secagem total das vagens, muitas podem se abrir com conseqüente perda de grãos.

A antecipação da colheita em cerca de vinte dias, quando o material apresenta as vagens na mudança de cor verde para verde - palha, as folhas ponteiras ainda verdes e o teor de umidade dos grãos em torno de 20%, seguida do enleiramento e secagem ao sol por três dias , é uma técnica testada com sucesso pela EMBRAPA [57]. Segundo Silva [57], esta é uma prática viável para a terceira época de plantio, entre maio e julho, porém , na

safra das "águas" , corre-se o risco de perdas devido às chuvas durante o período de secagem.

3.2.5 - TIPO AGRONÓMICO DAS PLANTAS

A escolha da variedade de feijão é outro fator que determina o método de colheita a ser empregado. Dependendo do hábito de crescimento da variedade escolhida , tem-se um conjunto de características morfológicas comuns que se relacionam com o método de colheita [15]. Os tipos agronômicos das plantas mostrados na figura 3.1 e classificados em função do hábito de crescimento , são descritos a seguir:

TIPO 1: Determinado arbustivo: plantas de porte baixo, entre 300 e 500 mm de altura, com maturação das vagens uniforme e , em

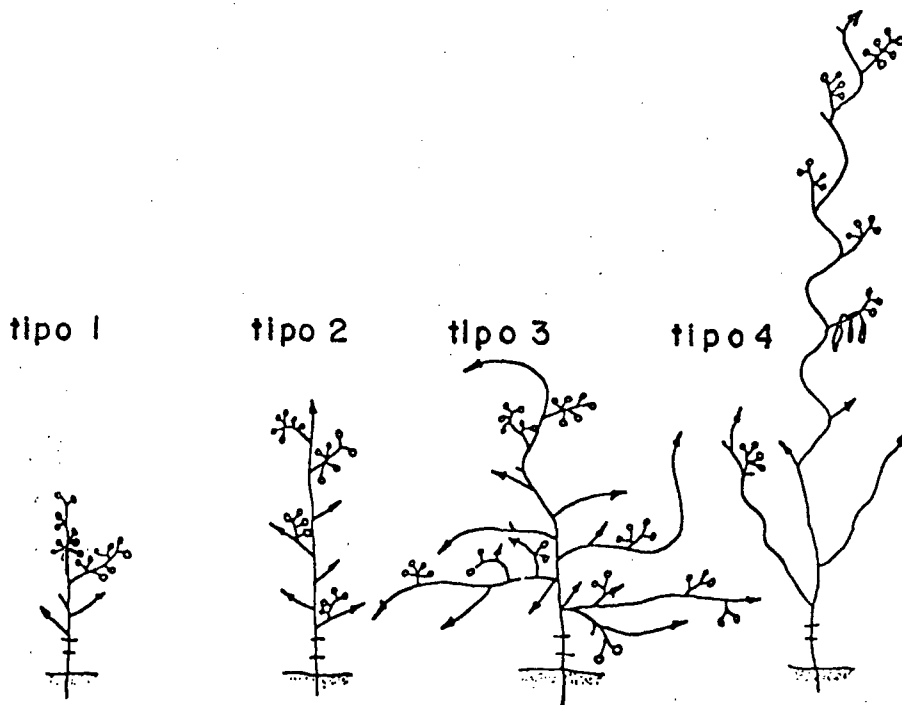


FIGURA 3.1: Esquema dos tipos agronômicos do feijoeiro. [15]

- tipo 1 - crescimento determinado arbustivo
- tipo 2 - crescimento indeterminado arbustivo
- tipo 3 - crescimento indeterminado prostrado
- tipo 4 - crescimento indeterminado trepador

geral, baixa produtividade.

TIPO 2: Indeterminado arbustivo: plantas com caule principal ereto com poucos ramos laterais e curtos. Sua morfologia facilita as operações de capina, tratamento fitossanitário e colheita e as vagens não tocam o solo. A altura média das plantas é de 700 mm e a maturação das vagens é uniforme.

TIPO 3: Indeterminado prostrado: plantas prostradas ou semi-prostradas, com ramas numerosas e bem desenvolvidas, com guias longas, que podem embaraçar-se, fechando muito cedo o espaço entre linhas. A altura das plantas é geralmente acima de 800 mm. As vagens apresentam maturação desuniforme e grande parte delas tocam o solo.

TIPO 4: Indeterminado trepador: variedade trepadora com poucas ramas laterais, porém, a haste principal atinge mais de dois metros de comprimento.

As variedades do tipo 2 e 3 são as que se adaptam melhor à mecanização do processo de colheita.

3.2.6 - SISTEMA RADICULAR

O sistema radicular da planta pode ser entendido como o elemento que promove o engastamento da planta com o solo, daí sua importância para o projeto de colhedoras de feijão.

O volume do sistema radicular do feijoeiro varia consideravelmente sob diferentes condições. As características do solo como estrutura, aeração, porosidade, retenção de umidade, temperatura, etc... são importantes na conformação e volume do sistema radicular [64]. Estudos mostram que de 75,4% a 87,4% do total de raízes situam-se até 100 mm de profundidade e, a quase totalidade delas, 97,4%, encontram-se até 200 mm [64]. Feijoeiros

plantados à 500 mm de espaçamento entre linhas apresentaram raízes laterais até a 250 mm [52].

A partir da maturação fisiológica dos grãos, as raízes iniciam o processo de deterioração, concluído na maioria dos casos ao término da maturação, reduzindo bastante o esforço para arrancamento das plantas [5].

3.2.7 - DENSIDADE DE PLANTAS

O espaçamento entre linhas, entre plantas ou covas dentro da linha e o número de plantas por cova definem a densidade de plantas de uma cultura [32]. Para as condições do Paraná, os espaçamentos entre linhas para feijão podem variar de 400 a 600 mm, com valor ótimo em torno de 500 mm [32]. Quanto à distribuição linear de plantas, não se deve ultrapassar os limites de 10 a 20 plantas por metro linear, sendo o ideal, uma lavoura com 12 a 15 plantas por metro linear, uniformemente distribuídas [22].

3.3 - PARÂMETROS MECÂNICOS

Com base na análise das funções desempenhadas pelas máquinas existentes para colheita de feijão, realizada no capítulo 2, e na análise da tarefa tradicional de colher manualmente, pode-se estabelecer a sequência de funções a serem desempenhadas pela máquina, como indica a figura 3.2. A função de levantamento das plantas e vagens é executada, em algumas máquinas, para elevar as plantas acamadas bem como para afastar as vagens da superfície do solo, permitindo um melhor desempenho dos dispositivos de separação da planta do solo. A função de

enleiramento das plantas , após a separação planta-solo , dispõe as plantas de forma organizada no campo , facilitando o transporte das plantas para trilhagem , após a secagem no campo.

O conjunto de funções que a máquina deve desempenhar atende à demanda dos produtores para o aumento da produtividade do trabalho na tarefa de arrancamento e reunião das plantas sem, entretanto , provocar alterações nas operações posteriores realizadas na colheita manual , o que facilita a adoção da máquina pelo produtor.

A seguir são analisados os principais parâmetros mecânicos das máquinas descritas no capítulo 2 , de acordo com cada função. Esta análise visa facilitar o processo de seleção da concepção.

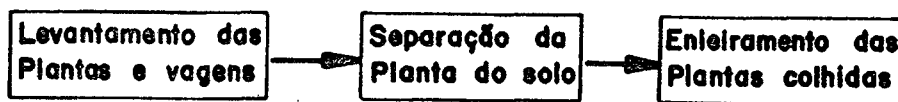


FIGURA 3.2: Fluxograma das funções da máquina.

3.3.1 - LEVANTAMENTO DAS PLANTAS

Devido à morfologia da planta de feijão que apresenta, em geral , porte baixo e grande número de ramas laterais e próximas ao solo , além de vagens que o tocam , a operação de levantamento das plantas apresenta uma grande importância para o bom desempenho geral do processo de colheita mecanizada.

Os levantadores de leguminosas , empregados em colhedoras, têm as funções de levantar o talo das plantas acamadas, separar plantas embaraçadas, guiar as plantas para o corte ou arrancamento e , ainda , elevar as ramas laterais das

plantas de modo que o corte ocorra por baixo e com o mínimo de perdas.

Os levantadores podem ser classificados em passivos e ativos, de acordo com seu princípio de operação. Os passivos constituem-se de barras ou chapas metálicas com formato cônico, posicionados à frente da barra de corte, os quais são fixos por meio de parafusos (ver figura 2.6). Os ativos possuem dentes metálicos fixos ao molinete, têm movimento rotativo e atuam à frente da barra de corte em colhedoras combinadas (ver figura 2.4). Ambos atuam próximos ao solo, porém, os levantadores ativos apresentam vantagens por acompanharem melhor as irregularidades do solo e por conduzirem as plantas ao módulo de transporte em combinadas [31]. Entretanto, os levantadores ativos provocam, em geral, perdas excessivas de grãos pela abertura das vagens em consequência dos impactos com os dentes metálicos [31]. Em condições normais de uma lavoura de feijão, os levantadores devem ser projetados de modo a assegurar um efetivo levantamento das plantas prostradas, das ramas laterais e vagens próximas ao solo em plantas eretas, além de direcionar os talos ao módulo de separação planta-solo, tudo isso com o mínimo de agitação das plantas, permitindo, assim, o corte do talo com perdas reduzidas.

3.3.2 - SEPARAÇÃO PLANTA - SOLO

A separação da planta do solo deve ser realizada compatibilizando-se os seguintes aspectos:

- as plantas devem permanecer o maior tempo possível no campo após a separação planta-solo, para diminuir o período de secagem;
- a separação não deve ocorrer com baixo teor de umidade dos

grãos para evitar a abertura das vagens e, portanto, reduzir as perdas por debulha prematura.

Dois princípios são usados na operação: o corte e o arrancamento. O corte pode ser realizado com lâminas de movimento alternativo, mostrada na figura 2.5, por lâminas fixas (sem movimento em relação à estrutura da máquina), figuras 2.7 e 2.8 ou por discos rotativos, figuras 2.9, 2.10 e 2.11.

As lâminas fixas atuam pouco abaixo do solo cortando o talo ou as raízes da planta. Seu desempenho é influenciado pelos seguintes parâmetros: velocidade de deslocamento, manutenção dos bordos de corte, regulagens de profundidade e ângulos de trabalho. As lâminas, em geral, são planas do tipo face única, com apenas uma face entrando em contato direto com o solo e formando um ângulo α com a horizontal, figura 3.3. O ângulo θ determina a capacidade da lâmina em cortar as raízes. Para reduzir o embaraçamento das raízes nas lâminas, θ deve variar entre 30° e 45° , dependendo da textura do solo, adotando-se mais comumente 35° [31]. O corte e arrancamento das raízes ocorre de forma mais homogênea à medida que aumenta a velocidade de operação, obtendo-se bons resultados para velocidades acima de 2,2 m/s (8 km/h) [31].

As recomendações de projeto para os ângulos de trabalho da lâmina de corte, mostrados na figura 3.3, são:

α = ângulo de corte: 18° a 30° ;

i = ângulo de afiação: 12° a 15°

A força de tração é afetada pelo ângulo de corte α , e pelo coeficiente de atrito entre o solo e a lâmina. A recomendação para α satisfaz os requisitos de habilidade de corte e de baixo esforço de tração [31].

Considera-se melhor o afiamento por cima da lâmina,

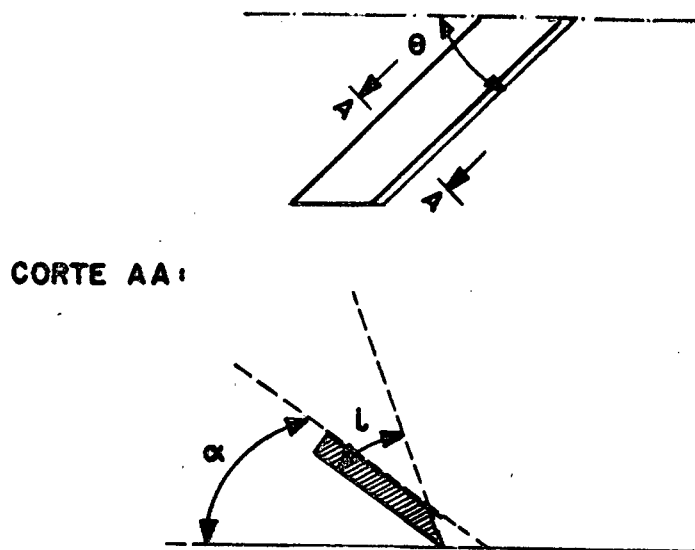


FIGURA 3.3: Vistas da lâmina de corte destacando os ângulos.

pois esta não se torna "cega" rapidamente. Por outro lado, tal afiamento possui uma menor capacidade de corte das raízes em relação ao afiamento por baixo [3]. A manutenção do ângulo de afiação da lâmina dentro da faixa de recomendação favorece o corte das raízes e a tração da lâmina. O teor de umidade dos grãos deve estar entre 25 e 30% para se obter um baixo nível de perdas com os equipamentos com lâminas fixas porém, nas condições normais de colheita no sul do país, quando a umidade está próxima à 18%, as perdas são excessivas para os equipamentos testados [36].

A barra de corte apresenta uma boa confiabilidade de corte, pois o talo da planta é suportado por dois bordos durante o corte, como mostra a figura 3.4. A potência requerida varia entre 1,2 e 2 CV por metro de largura de corte [68]. A velocidade de avanço da máquina e a manutenção da afiação das lâminas de corte são os principais parâmetros determinantes do bom desempenho da barra de corte.

Em colhedoras combinadas, a velocidade de avanço é

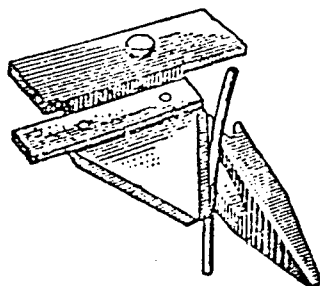


FIGURA 3.4: Suporte da planta no corte com a barra de corte. [31]

determinada pela capacidade de operação dos módulos de alimentação e de trilhagem, sendo que, com o aumento da velocidade de avanço, deve-se aumentar, também, a frequência de deslocamento lateral da barra, podendo variar entre 400 e 550 ciclos por minuto [3]. A manutenção das lâminas com afiação adequada, representa uma redução no consumo de potência que pode chegar à 50%.

De forma geral, a barra de corte apresenta um desgaste rápido devido às vibrações proporcionadas pelo mecanismo biela-manivela e às condições de trabalho muito próximas ao solo, o que determina uma manutenção rigorosa principalmente dos mancais, das placas de desgaste e da afiação das lâminas [68].

Devido às características morfológicas da planta de feijão, a barra de corte, associada ao molinete, empregadas pelas colhedoras combinadas, apresenta ainda as seguintes limitações [39,58]:

- a) a barra de corte atua próximo à superfície do solo cortando muitas vagens;
- b) a agitação das plantas provocada pelo molinete e pela barra de corte, ocasiona perdas de grãos, principalmente quando as plantas estão com baixo teor de umidade.

Em consequência desses fatores, vários trabalhos mostram que os baixos níveis de perdas obtidos na colheita de soja e trigo não ocorrem para o feijão. Os primeiros estudos, realizados nos EUA, indicam índices de 9,4% a 23,7% de perdas para colheita de plantas com grãos úmidos e secos, respectivamente, sendo a barra de corte e molinete responsáveis por mais de 96% do total das perdas [38]. Resultados experimentais em Cuba confirmam esses dados [33]. Os testes com colhedoras combinadas, realizados pela EMBRAPA no Brasil, indicam que, de modo geral, o feijoeiro não apresenta características adequadas ao equipamento devido, ao alto nível de perdas que inviabiliza o processo [59,43].

A barra de corte, isoladamente, representa 80% das perdas na parte dianteira das combinadas no caso da soja [26], o que tem levado muitos pesquisadores a desenvolverem novos princípios de corte que reduzam o nível de vibrações transmitidas às plantas. Ao mesmo tempo as pesquisas de melhoramento genético, visando variedades com porte ereto e alta inserção da primeira vagem, têm gerado resultados satisfatórios, contudo ainda limitados às estações experimentais.

A ação de corte com discos rotativos na posição horizontal, mostrada nas figuras 2.9, 2.10 e 2.11, pode ser realizada por um ou dois discos atuando em cada linha de plantas. No primeiro caso, as plantas não têm um suporte durante o corte, ou seja, sua flexão é restringida apenas pela rigidez e inércia da própria planta e pelas demais plantas adjacentes e, conseqüentemente, a velocidade tangencial do disco tem grande influência na eficiência do corte. Equipamentos testados nos EUA mostraram que, entre velocidades tangenciais de 1,3 m/s (4,8 Km/h) e 1,8 m/s (6,4 Km/h), as plantas de feijão foram cortadas

eficientemente e com pouca agitação, ocorrendo perdas por debulha apenas quando as plantas estavam excessivamente secas [38]. Essa máquina trabalhava abaixo da superfície do solo e apresentou grande desgaste dos discos em solos pedregosos. No segundo caso, dois discos planos são instalados com uma leve superposição dos bordos cortantes e giram em sentidos opostos, de modo que as plantas são comprimidas entre os dois discos e cortadas. Nesse caso, pode-se trabalhar a velocidades tangenciais mais baixas, sendo importante para o bom desempenho do corte, a espessura, o diâmetro, a afiação e o tipo de bordo cortante do disco. Equipamentos com dois discos desenvolvidos para soja [26], açafrão [56] e tabaco [27] apresentaram bom desempenho de corte. No caso do açafrão, cujo talo possui um diâmetro médio de 15mm e razoável resistência ao corte, dois discos de corte, com 180mm de diâmetro, bordos serrilhados e velocidade tangencial de cerca de 4 m/s, apresentou uma satisfatória habilidade de corte.

O segundo princípio empregado na separação planta-solo é o arrancamento das plantas simulando a operação manual e só é possível pela considerável resistência da região inferior do talo do feijoeiro, que é superior à força requerida para arrancar as raízes do solo. Como já foi dito, essas máquinas foram desenvolvidas para colheita de linho e seu funcionamento consiste na condução das plantas em direção às correias arrancadoras, que estão pressionadas entre si através de molas, seguido do agarramento das plantas pelas correias, seu arrancamento e transporte. As correias são geralmente de borracha, dispostas em um ângulo de 40° a 50° em relação à horizontal, e deslocam-se em sentido contrário ao de deslocamento da máquina, figura 3.5 [31].

A relação das velocidades de deslocamento da máquina (v) e tangencial das correias (u) determina a intensidade de

deflexão das plantas à frente , antes do agarramento. Recomenda-se para o linho, $u/v \geq 0,9$, para se obter pequeno deslizamento entre as plantas e correias [31]. A captura das plantas pelas correias depende dos parâmetros dimensionais e operacionais das correias e das propriedades mecânicas, físicas e dimensionais das plantas.

A velocidade das correias (u) pode atingir até 3m/s , para colheita de plantas fibrosas [29]. As máquinas de linho testadas para feijão, no Brasil , mostraram um desempenho satisfatório quando as plantas apresentavam elevado teor de umidade, pois a debulha das vagens nesse caso foi reduzida [39].

Um protótipo desenvolvido para feijão , nos EUA , emprega duas correias planas com 450 mm de largura e dispostas a 20° em relação à superfície do solo, sendo que os melhores resultados observados foram para velocidades da máquina entre $0,4$ e $0,8\text{ m/s}$ ($1,6$ e $3,2\text{ km/h}$) e , das correias , entre $1,25$ e $1,5\text{ m/s}$ [24]. Cabe observar que, nos testes , os grãos que se soltavam das vagens comprimidas entre as correias eram capturados pelas lonas da combinada. A potência consumida no arrancamento

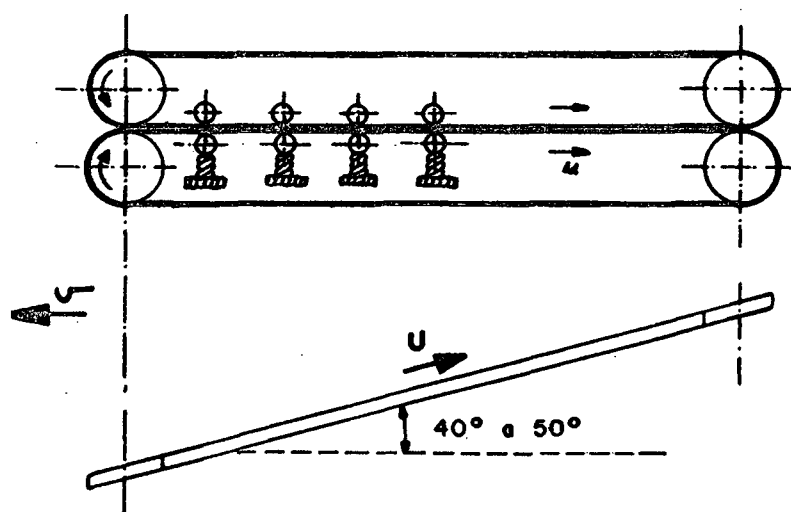


FIGURA 3.5: Disposição das correias arrancadoras.

foi de 220 W (0,3 CV) e , para acionamento das correias, foi de 883 W (1,2 CV), sob condições normais. A força de arrancamento das plantas foi bastante variável , de acordo com as condições da lavoura, ficando os valores mínimos e máximos , registrados em dois anos de testes , entre 31,4 e 191,1 N (3,2 e 19,5 kgf).

3.3.3 - ENLEIRAMENTO

O módulo de enleiramento tem como função reunir duas ou mais linhas de plantas , após a separação planta-solo , de modo a facilitar o processo posterior de recolhimento das plantas para trilhagem. O enleiramento pode ser realizado logo em seguida à separação planta-solo e pela mesma máquina , ou então, após o corte das plantas , por outra máquina que executa a operação de enleiramento separadamente.

Os principais fatores a serem observados para avaliar o desempenho do módulo de enleiramento são: perdas de grãos por debulha das vagens, quantidade de materiais estranhos (pedras, torrões, etc...) capturados, uniformidade e continuidade da leira e posicionamento das plantas na leira, sendo , em geral recomendável que as folhas fiquem para o lado interno da leira e os talos para o externo , para acelerar a secagem [30].

Em algumas máquinas , o módulo de enleiramento é constituído apenas por uma chapa metálica ou por barras metálicas de secção circular , dispostas paralelamente , que guiam as plantas na sua trajetória de queda em direção ao solo. Os cortadores de discos descritos no item 2.4.2.3 empregam chapas metálicas dispostas a 30° em relação ao sentido de avanço do trator , e na posição próxima da vertical. As barras metálicas , empregadas nas cortadoras de lâminas (ver item 2.4.2.1), são

horizontais e dispostas em um ângulo próximo de 45° em relação ao sentido de avanço do trator. O cortador de lâminas, descrito no item 2.4.2.2, emprega uma esteira transportadora para elevar o material a uma altura de 1 metro, onde em seguida, o material cai em direção ao solo, sendo guiado por duas placas metálicas inclinadas a 45° em relação à horizontal. A esteira tem por função agitar o material de modo a retirar o solo agregado às raízes das plantas. O enleiramento é realizado com as plantas em posição totalmente aleatória.

Os enleiradores do tipo rotor dentado, figura 2.15, possuem uma série de rotores dispostos na vertical e com um ângulo α (figura 3.6), em relação à direção de deslocamento do trator. Os rotores se sobrepõem e cada um deles tem sua altura ajustada independentemente, através de molas, que determinam o contato dos pinos flexíveis, colocados nas extremidades dos rotores, com o solo. Devido à disposição dos rotores em relação a direção de deslocamento, existe uma componente de velocidade, perpendicular ao plano de cada rotor (V_t), em adição à componente que causa a rotação (V_{tr}), resultando no arraste dos pinos, numa direção, aproximadamente, paralela ao eixo dos rotores [30], figura 3.6. Para forragens recém cortadas, recomenda-se que o ângulo α não exceda 35° a 40° , o que, para a velocidade de 3,3 m/s (12 km/h) do trator, resulta na formação de uma leira uniforme, sem danos ao material e com altura e largura adequadas à secagem [31]. A velocidade tangencial dos pinos (V_{tr}) em contato com o material é dada pela seguinte expressão (figura 3.6):

$$V_{tr} = V_f \cdot \left[\frac{R - Y}{R} \right] \cdot \cos \alpha \quad (3.1)$$

onde: V_f = velocidade de deslocamento do trator;

R = raio externo do rotor;

Y = altura dos pinos que atuam sobre a leira, em relação ao solo.

α = ângulo entre a direção de deslocamento do trator e os rotores

A equação 3.1 permite selecionar adequadamente os parâmetros para operação do enleirador de rotor dentado, de acordo com as condições do material colhido.

Com o aumento do ângulo α , aumenta o patinamento dos rotores, que também depende da pressão exercida pelos mesmos contra o material, a qual pode ser regulada por molas existentes em cada um dos rotores. Pressão insuficiente proporciona uma desintegração e dispersão do material; por outro lado, pressão excessiva resulta em contato excessivo com o solo sujando o material.

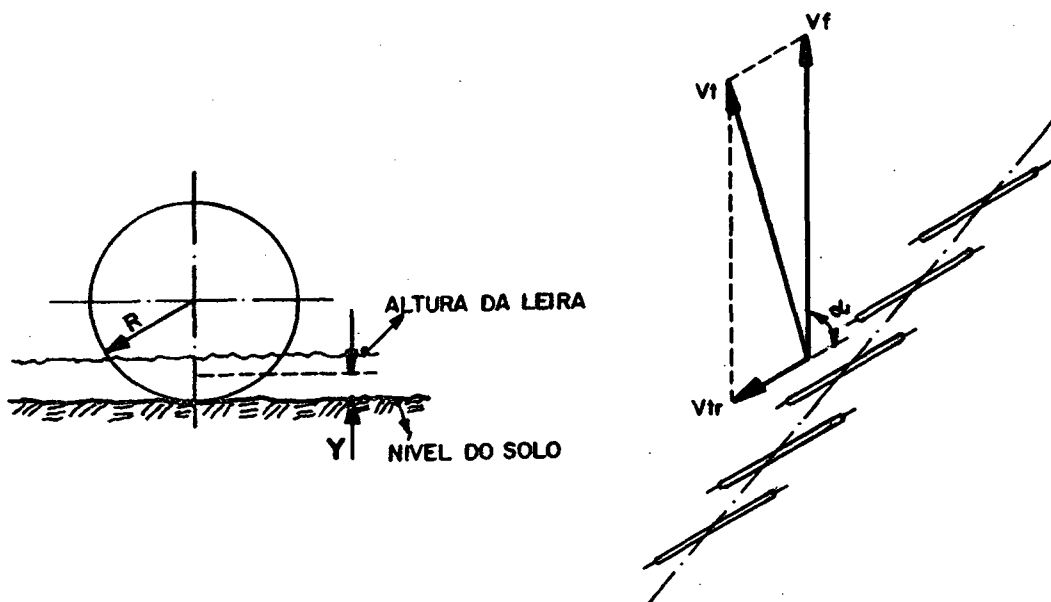


FIGURA 3.6: Velocidades relativas para o enleirador de rotor dentado. [30]

3.4 - FONTE DE POTÊNCIA

De acordo com os requisitos gerais de projeto estabelecidos no capítulo 1, a máquina deverá demandar baixa potência de acionamento o que leva à seleção de uma dentre as seguintes fontes de potência: tração animal, microtrator, trator de quatro rodas ou ainda auto propulsão.

A opção por microtratores não é adequada, já que seu uso não é comum entre os produtores de feijão sendo, em geral, utilizado em lavouras intensivas tais como arroz irrigado e hortaliças.

O emprego de tratores de quatro rodas apresenta limitações técnicas e econômicas. As limitações técnicas referem-se à necessidade da máquina ser acoplada à frente ou ao lado do trator, para que este não trafegue por cima das plantas, o que aumenta os custos da máquina devido às adaptações no sistema de transmissão. Os projetos de tratores mais comuns possuem a tomada de potência na parte traseira. Já os fatores econômicos dizem respeito ao alto custo dos tratores, proibitivo portanto, para os pequenos produtores.

A opção de auto-propulsão pode ser adequada, pois muitos agricultores possuem pequenos motores estacionários para vários fins nas propriedades. Entretanto, atualmente o custo de motores de baixa potência é alto para os pequenos agricultores. Além disso, o custo da máquina tornar-se-ia maior pela necessidade de utilização de redutores de rotação, pois os motores de baixa potência (3 a 5 CV) disponíveis no mercado apresentam, em geral, rotação nominal elevada (3600 rpm) na faixa de potência máxima.

Por exclusão, e também por ser disponível dentre os pequenos produtores da região centro-Sul do Paraná, a tração

animal é a fonte de potência mais apropriada para ser empregada na máquina.

3.5 - PARÂMETROS ECONÔMICOS

Na fase inicial do projeto é fundamental identificar quanto o consumidor está disposto a pagar pela máquina. O desenvolvimento das demais etapas do projeto deve ser orientado para que o produto atinja no máximo o valor estabelecido inicialmente. Contudo, a análise do valor da máquina para o consumidor é complexa e envolve fatores de difícil quantificação e que se relacionam diretamente com o interesse pela aquisição da máquina. Os principais fatores a considerar são: a disponibilidade de dinheiro do agricultor e sua disposição em adquirir a máquina.

A disposição em adquirir a máquina está relacionada a fatores tais como: interesse pela redução do desgaste físico humano; interesse pela redução das perdas na produção devido às chuvas; interesse pela disponibilidade de tempo para outras atividades; interesse em adquirir a máquina em conjunto com vizinhos; etc.... Tais fatores, atuando de forma conjunta ou não, é que vão determinar o valor da máquina para o agricultor.

Em virtude da dificuldade em analisar estes fatores, optou-se por estabelecer o preço da máquina através da avaliação da economia obtida pelo agricultor com a mudança do processo tradicional de colheita manual para o de colheita com uma máquina a tração animal. O objetivo é verificar, para diferentes valores do preço final da máquina, quanto o agricultor economizaria com a introdução da máquina e em quantas safras o investimento seria amortizado, e ainda, qual o aumento da área necessária para

amortizar o investimento em apenas uma safra.

3.4.1 - Cálculo do custo da colheita manual:

São considerados os seguintes parâmetros:;

- produtividade da colheita manual (arrancamento e reunião das plantas) : 62 Homens-hora/hectare;
- 45 dias disponíveis para colheita na safra das "águas" (60 dias no total menos 15 dias de chuvas)
- área plantada com feijão por um agricultor: 10 ha (área média no centro-Sul do Paraná);
- jornada de trabalho diária: 8 horas.

Conclui-se que são necessárias 620 homens-hora para colheita de 10 ha e como são disponíveis 360 horas no período de 45 dias, necessita-se de 1,7 homens para a colheita manual.

Considerando ainda:

- salário mínimo mensal de US\$100,00;
- semana de seis dias de trabalho;
- não considerando os encargos sociais.

Tem-se que o custo de 1,7 homens trabalhando 45 dias é de US\$318,75 para uma propriedade com 10 ha de área plantada com feijão.

3.4.2 - Cálculo do custo da colheita com tração animal

O custo da colheita à tração animal é composta pelos seguintes fatores: custos de mão-de-obra , custos com manutenção dos animais e custos com manutenção e depreciação da máquina .

Considerando os seguintes parâmetros para o custo da mão-de-obra:

- produtividade da colheita com tração animal: 8 Homens-hora/hectare (requisito de projeto);
- mesmas condições para os parâmetros de dias disponíveis, área

plantada por agricultor e de jornada diária.

Baseado nestes parâmetros , conclui-se que são necessários 10 dias de trabalho de 1 homem para colher dez hectares de feijão. Considerando os mesmos valores para o salário mínimo mensal, jornada semanal de trabalho e , não considerando os encargos sociais , pode-se calcular que o custo da colheita à tração animal é de US\$41,7. Entretanto , devem ser aqui considerados os custos do animal de tração que incluem custos de alimentação, dos tratos sanitários, depreciação das instalações, taxa de juros sobre o capital investido no animal, etc.... Esses custos porém, são de difícil avaliação, pois os animais de tração são usados para vários fins na propriedade e dividem alguns custos com outros animais como bovinos. Além disso a contabilidade dos custos com alimentação é complexa, já que grande parte dela é produzida na propriedade. Desse modo, considerar-se-á um fator de 20% sobre os custos de mão-de-obra para abranger os custos dos animais de tração.

A depreciação da máquina é determinada pelo método linear ou das cotas fixas , onde a taxa anual de amortização é calculada simplesmente dividindo-se o preço inicial da máquina pelo número de anos de duração provável. Adotou-se 10 anos como duração média da máquina e seu valor de venda , ao final da vida útil , como nulo. Quanto aos custos de manutenção , adotar-se-á por simplificação , que o custo anual corresponde a 5% do preço de aquisição da máquina.

É possível , então , estimar o custo da colheita a tração animal para alguns valores do preço da máquina , como mostra a tabela 3.1, considerando uma área colhida de 10 ha por safra e uma safra por ano.

TABELA 3.1 : Custo da colheita a tração animal em função do preço da máquina; economia em relação à colheita manual e número de safras para amortização.

Preço máquina (US\$)	Custo colheita (US\$)	Economia (US\$)	Número safras
300	95	224	3
400	110	209	7
500	125	194	10
1000	200	119	22

* considerando taxa de juros de 10% a.a.

Observando-se a tabela 3.1, conclui-se que quanto maior o preço da máquina, maior será o custo da colheita e, menor a economia do agricultor com a mudança do processo. Nessas condições, para um menor preço da máquina, maior a economia e menor o número de safras necessário para amortização do investimento. Pode-se concluir, pela tabela 3.1, que o preço deveria estar em torno de US\$ 400 para um prazo razoável de amortização. Por outro lado, um aumento da área cultivada viabiliza a amortização em apenas uma safra como pode ser constatado pela análise da tabela 3.2..

TABELA 3.2: Preço e área plantada para amortização em uma safra.

Preço máquina (US\$)	Área (ha)
300	13
400	17
500	22
1000	44

Esses dados auxiliam a discussão a respeito do público a que a máquina se destina , pois pode-se ter uma idéia do preço adequado para determinado tipo de agricultor , ou então , quais as alterações necessárias no processo produtivo para viabilizar sua aquisição.

3.6 - REQUISITOS DE PROJETO

A partir das informações e parâmetros analisados neste capítulo , é possível detalhar os requisitos de projeto que o protótipo deverá atender. São eles:

- empregar a tração animal como fonte de potência;
- atuar em áreas com até 25% de declividade;
- colher duas linhas de plantas simultaneamente;
- formar cada leira com duas linhas de plantas;
- atuar sobre linhas de plantas espaçadas de 500 mm e com 12 a 15 plantas por metro linear uniformemente distribuídas;
- colher plantas dos tipos agronômicos 2 e 3;
- atuar no sistema solteiro de plantio e no consorciado com milho desde que , entre as linhas de milho , exista um número par de linhas de feijão;
- apresentar uma produtividade de trabalho equivalente a 8 Homens-hora/ha
- proporcionar uma posição de trabalho sentada ao operador e adequada visualização da máquina operando ;
- apresentar peso máximo de 1960 N (200 kgf) que é compatível com a tração animal ;
- os processos de fabricação e de montagem e os materiais empregados devem ser acessíveis às indústrias de pequeno porte;
- as atividades de manutenção requeridas devem ser realizadas no

campo pelo produtor ;

- a máquina deve requerer , no máximo , 10 m² para manobras;
- apresentar um custo de aquisição de até US\$ 400 para o consumidor ;
- apresentar nível de perdas na colheita igual ou menor que 3%.

CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO DE CONCEPÇÕES

4.1 - INTRODUÇÃO

A análise das máquinas existentes para colheita de feijão e dos seus parâmetros dimensionais e operacionais permite estabelecer um conjunto de soluções para as funções que o protótipo deverá desempenhar. No intuito de facilitar o processo de concepção, utilizar-se-á o método morfológico [2] para o desenvolvimento de concepções alternativas, a partir de soluções básicas já empregadas em máquinas existentes e de outras que foram geradas em seções de "brainstorming".

O método morfológico permite a visualização de novas combinações de soluções que podem resultar em uma nova concepção alternativa.

4.2 - MATRIZ MORFOLÓGICA

A máquina deve desempenhar as seguintes funções: levantamento das plantas, separação planta - solo e enleiramento de plantas. Para cada função, procurou-se identificar os aspectos relevantes a serem considerados no projeto. A listagem seguinte apresenta as várias concepções, conhecidas ou propostas, para os diferentes aspectos que, em conjunto, preenchem uma função. A combinação adequada dessas concepções resulta numa solução possível para a máquina.

a. LEVANTAMENTO DAS PLANTAS

a.1. Tipos de dispositivos

a.1.1. molinete de barras transversais

- a.1.2. molinete de barras verticais
- a.1.3. rosca sem fim
- a.1.4. molinete de dentes retráteis
- a.1.5. correias inclinadas com pinos
- a.1.6. levantador piramidal
- a.1.7. levantador de hastes
- a.1.8. levantador cônico
- a.1.9. levantador articulado
- a.1.10. levantador articulado com telescópio
- a.2. Sentido de levantamento
 - a.2.1. para frente
 - a.2.2. para trás
- b. SEPARAÇÃO PLANTA-SOLO
 - b.1. Princípio de ação
 - b.1.1. corte
 - b.1.2. arrancamento
 - b.2. Tipos de dispositivos de corte
 - b.2.1. barra de corte
 - b.2.2. lâmina fixa
 - b.2.3. disco simples
 - b.2.4. disco duplo
 - b.3. Tipos de dispositivos de arrancamento
 - b.3.1. correias planas
 - b.3.2. correias "V"
 - b.3.3. correias "V" com pinos
 - b.3.4. correntes
 - b.4. Altura de ação na planta
 - b.4.1. parte aérea da planta, próximo à superfície do solo
 - b.4.2. altura média da parte aérea da planta

b.4.3. região das raízes, abaixo do solo

b.5. Acionamento do dispositivo de separação

b.5.1. correias

b.5.2. correntes

b.5.3. engrenagens

c. ENLEIRAMENTO

c.1. Tipos de dispositivos

c.1.1. esteira de correias planas com placas enleiradoras

c.1.2. esteira de hastes com dentes e placas enleiradoras

c.1.3. rotor dentado

c.1.4. correia de descarga lateral

c.1.5. correias paralelas

c.1.6. hastes enleiradoras

c.1.7. placas enleiradoras

c.2. Posição do enleiramento

c.2.1. lateral externo nas 2 linhas

c.2.2. lateral interno em 1 linha e para trás na outra linha

c.2.3. para trás nas 2 linhas

c.2.4. lateral interno nas 2 linhas

c.2.5. as 2 linhas para o lado esquerdo

c.3. Acionamento do dispositivo de enleiramento

c.3.1. correias "V"

c.3.2. correntes

c.3.3. engrenagens

d. COMANDO E TRAÇÃO

d.1. Posição do operador e animal (em relação aos dispositivos de colheita)

d.1.1. operador acima do dispositivo de colheita

d.1.2. operador à frente do dispositivo de colheita

d.1.3. operador atrás do dispositivo de colheita

A seguir , foi construída a matriz morfológica, com a representação gráfica das concepções , no intuito de facilitar a visualização das soluções possíveis. Como exemplo da técnica empregada considere-se a função de separação planta-solo onde nas figuras 4.1 e 4.2 são mostrados respectivamente , os tipos de dispositivos de corte e a altura de ação dos mesmos nas plantas.

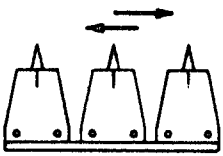
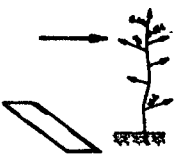
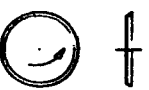
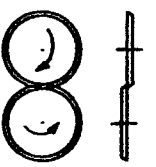
b.2.1.		Barra de Corte
b.2.2.		Lâmina Fixa
b.2.3.		Disco Simples
b.2.4.		Disco Duplo

FIGURA 4.1: Dispositivos de corte para separação planta - solo.

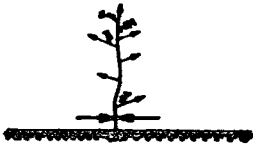
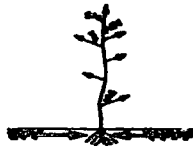
b.3.1.		Região Aérea da Planta Próximo ao solo
b.3.3.		Região das Raízes Abaixo do Solo

FIGURA 4.2: Altura de ação dos dispositivos de corte.

Na figura 4.3 , são mostradas as possíveis combinações dos itens considerados nas figuras 4.1 e 4.2 e que podem ser soluções para a função analisada. Como exemplo , tem-se na primeira linha a combinação da barra de corte atuando apenas na parte aérea da planta , já que não é recomendável sua ação abaixo da superfície do solo. Na segunda linha da figura 4.3 , são mostradas as duas possibilidades de corte com a lâmina fixa , ou seja , acima e abaixo da superfície do solo.

A matriz morfológica para o conjunto das funções é apresentada na figura 4.4, onde cada linha da matriz apresenta as concepções escolhidas para cada aspecto analisado. A matriz permite a reconstrução das máquinas já existentes e a construção de novas soluções , simplesmente pela combinação das concepções , desde que haja coerência construtiva entre elas. Amplia-se assim o número de soluções disponíveis ao projetista.

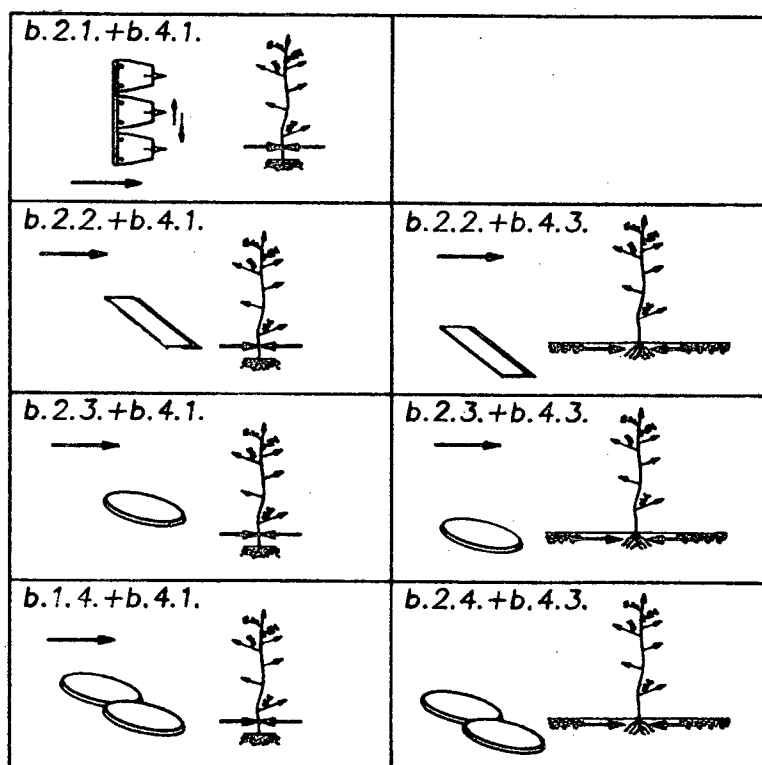


FIGURA 4.3: Soluções alternativas para a separação planta - solo.

4.3 - SELEÇÃO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

Uma vez construída a matriz morfológica , figura 4.4, pode-se conceber inúmeras soluções alternativas , das quais são apresentadas três soluções selecionadas com base nos seguintes critérios:

- compatibilidade com as funções que a máquina deve desempenhar ;
- adequação com os requisitos de projeto estabelecidos.

A primeira solução , figura 4.5 , possui um molinete de barras transversais com dentes de molas para levantamento das plantas no sentido oposto ao deslocamento da máquina. O corte , próximo ao solo , é feito por meio da barra de corte tradicional que é acionada por engrenagens. O material cortado cai , então , sobre uma correia disposta transversalmente e é conduzido para a lateral da máquina. Atrás da esteira transversal localiza-se o assento de operador.

A figura 4.6 mostra os elementos da segunda solução , a qual possui levantadores do tipo piramidal, que atuam lateralmente aos talos das plantas, elevando-as à medida que se deslocam para frente , devido ao formato de suas faces internas. O corte das plantas é realizado por dois discos que apresentam uma pequena superposição e giram em sentidos opostos , promovendo um corte progressivo dos talos das plantas. Duas placas metálicas efetuam , finalmente o enleiramento das duas linhas de plantas, dispondo-as juntas na entrelinha das linhas colhidas. O homem situa-se acima dos dispositivos de colheita.

A terceira solução , figura 4.7 , apresenta levantadores articulados que acompanham as irregularidades do solo e elevam lateralmente as plantas à medida que se deslocam. Quando as plantas estão eretas, um par de correias com perfil "V"

a. LEVANTAMENTO DAS PLANTAS	a.1 Tipos de Dispositivos	a.1.1.		a.1.2.		a.1.3.		a.1.4.		a.1.5.	
		a.1.6.		a.1.7.		a.1.8.		a.1.9.		a.1.10.	
	a.2. Sentido de Levantamento	a.2.1.		a.2.2.							
	b. SEPARAÇÃO PLANTA - SOLO	b.1. Princípio de Ação	b.1.1.		b.1.2.						
		b.2. Tipos de Dispositivos de Corte	b.2.1.		b.2.2.		b.2.3.		b.2.4.		
		b.3. Tipos de Dispositivos de Arrancamento	b.3.1.		b.3.2.		b.3.3.		b.3.4.		
		b.4. Altura de Ação na Planta	b.4.1.		b.4.2.		b.4.3.				
		b.5. Acionamento do Dispositivo de Separação	b.5.1.		b.5.2.		b.5.3.				
	c. ENLEIRAMENTO	c.1. Tipos de Dispositivos	c.1.1.		c.1.2.		c.1.3.		c.1.4.		c.1.5.
c.1.6.				c.1.7.							
c.2. POSIÇÃO DO ENLEIRAMENTO		c.2.1.		c.2.2.		c.2.3.		c.2.4.		c.2.5.	
		c.2.1.		c.2.2.		c.2.3.		c.2.4.		c.2.5.	
c.3. Acionamento do Dispositivo		c.3.1.		c.3.2.		c.3.3.					
d. COMANDO E TRACÇÃO	d.1. Posição do Operador e Animal	d.1.1.		d.1.2.		d.1.3.					

FIGURA 4.4: Matriz morfológica das soluções.

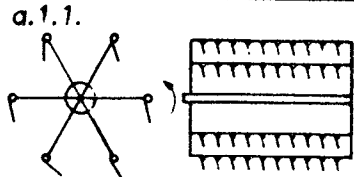
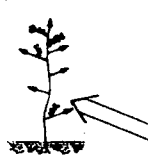

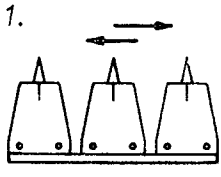
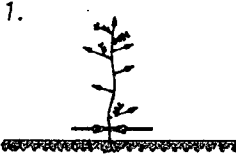
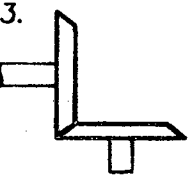
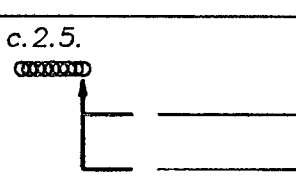
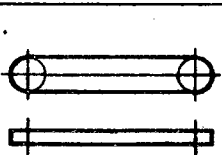
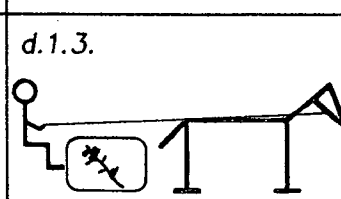
a. LEVANTAMENTO DAS PLANTAS	a.1 Tipos de Dispositivos	a.1.1. 
	a.2. Sentido de Levantamento	a.2.2. 
b. SEPARAÇÃO PLANTA – SOLO	b.1. Princípio de Ação	b.1.1. 
	b.2. Tipos de Dispositivos de Corte	b.2.1. 
	b.4. Altura de Ação na Planta	b.4.1. 
	b.5. Acionamento do Dispositivo	b.5.3. 
	c. ENLEIRAMENTO	c.1. Tipos de Dispositivos
c.2. Posição do Enleiramento		c.2.5. 
c.3. Acionamento do Dispositivo		c.3.1. 
d. COMANDO E TRACÇÃO	d.1 Posição do Operador e Animal	d.1.3. 

FIGURA 4.5: Primeira solução alternativa.

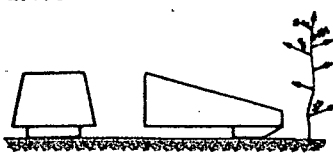
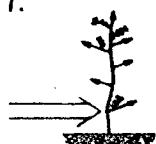

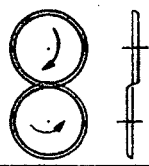
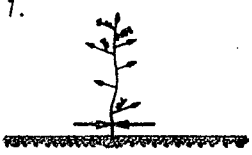
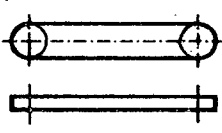
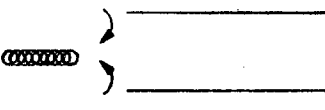
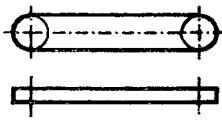
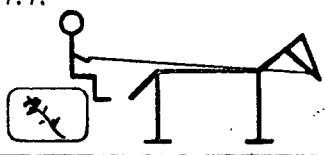
a. LEVANTAMENTO DAS PLANTAS	a.1 Tipos de Dispositivos	a.1.6. 
	a.2. Sentido de Levantamento	a.2.1. 
b. SEPARAÇÃO PLANTA - SOLO	b.1. Princípio de Ação	b.1.1. 
	b.2. Tipos de Dispositivos de Corte	b.2.4. 
	b.4. Altura de Ação na Planta	b.4.1. 
	b.5. Acionamento do Dispositivo	b.5.1. 
	c. ENLEIRAMENTO	c.1. Tipos de Dispositivos
c.2. POSIÇÃO DO ENLEIRAMENTO		c.2.4. 
c.3. Acionamento do Dispositivo		c.3.1. 
d. COMANDO E TRAÇÃO	d.1 Posição do Operador e Animal	d.1.1. 

FIGURA 4.6: Segunda solução alternativa.

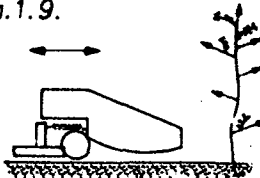


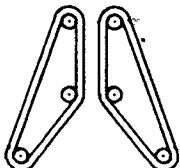
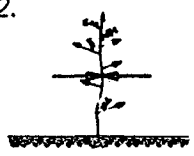
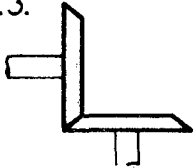
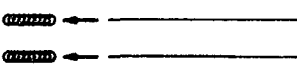
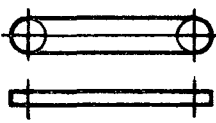
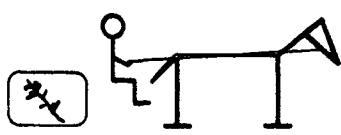
a. LEVANTAMENTO DAS PLANTAS	a.1 Tipos de Dispositivos	a.1.9. 
	a.2. Sentido de Levantamento	a.2.1. 
b. SEPARAÇÃO PLANTA - SOLO	b.1. Princípio de Ação	b.1.2. 
	b.3. Tipos de Dispositivos de Arrancamento	b.3.2. 
	b.4. Altura de Ação na Planta	b.4.2. 
	b.5. Acionamento do Dispositivo de Separação	b.5.3. 
	c. ENLEIRAMENTO	c.1. Tipos de Dispositivos
c.2. POSIÇÃO DO ENLEIRAMENTO		c.2.3. 
c.3. Acionamento do Dispositivo		c.3.1. 
d. COMANDO E TRAÇÃO	d.1 Posição do Operador e Animal	d.1.2. 

FIGURA 4.7: Terceira solução alternativa.

pressionadas entre si e inclinadas em relação à direção de deslocamento, agarram os talos a uma altura de 300 mm do nível do solo e, devido ao movimento das correias no sentido ascendente, puxam as plantas para cima, arrancando-as do solo e conduzindo-as para trás, até serem liberadas sobre o solo. O operador nesse caso situa-se à frente do conjunto.

4.4 - SELEÇÃO DA SOLUÇÃO

Nesta etapa procede-se à seleção de uma entre as três soluções alternativas descritas. Os requisitos de projeto descritos no capítulo 3 são utilizados como critérios para seleção da solução. A técnica empregada na seleção atribui um peso para cada critério, que corresponde ao grau de importância do mesmo em relação aos demais critérios, de acordo com a avaliação do autor e considerando as opiniões dos produtores. O grau de atendimento de cada critério por cada uma das três soluções selecionadas, também é quantificado e, o produto desse valor pelo peso do critério resulta num valor que somado ao dos demais critérios, permite a comparação entre as três soluções e a escolha da melhor. A tabela 4.1 apresenta a aplicação da técnica descrita e os resultados obtidos pelas três soluções.

Com base nestes critérios, a segunda solução alternativa foi selecionada pois apresentou o maior número de pontos (560) na avaliação global, correspondendo a 81% do total.

4.5 - DESCRIÇÃO GERAL DA SOLUÇÃO SELECIONADA

A solução selecionada corresponde à da figura 4.6 e a figura 4.8 apresenta um esquema da concepção. Os levantadores

TABELA 4.1: Análise comparativa entre as três soluções alternativas com base nos requisitos de projeto.

critério	peso	1ª solução		2ª solução		3ª solução	
	A ¹	B ²	AxB	B ²	AxB	B ²	AxB
1. Demanda de potência	10	7	70	9	90	8	80
2. Ergonomia	7	8	56	7	49	7	49
3. Peso	8	6	48	8	64	8	64
4. Fabricação	8	6	48	9	72	7	56
5. Manutenibilidade	7	6	42	9	63	7	49
6. Confiabilidade	9	9	81	8	72	7	63
7. Perdas	10	7	70	7	70	8	80
8. Custo	10	7	70	8	80	8	80
Total		(70%) 485		(81%) 560		(75%) 521	

1- grau de importância do critério :

(1- não é importante ; 10- muito importante)

2- grau de atendimento do critério :

(1- não atende ; 10- atende bem)

indicados na figura 4.8 são fabricados de chapa de aço dobrada e soldada , facilitando sua construção. Os levantadores atuam aos pares em cada linha de plantas e , sendo suas faces internas convergentes a partir dos bicos , proporcionam a condução das plantas para a região de ação dos discos de corte , juntamente com o levantamento das mesmas. As faces inferiores dos levantadores arrastam-se sobre o solo , o que permite à máquina acompanhar suas irregularidades , e as faces que entram em contato com as plantas possuem um acabamento liso , de modo a se obter um baixo coeficiente de atrito entre planta e levantador.

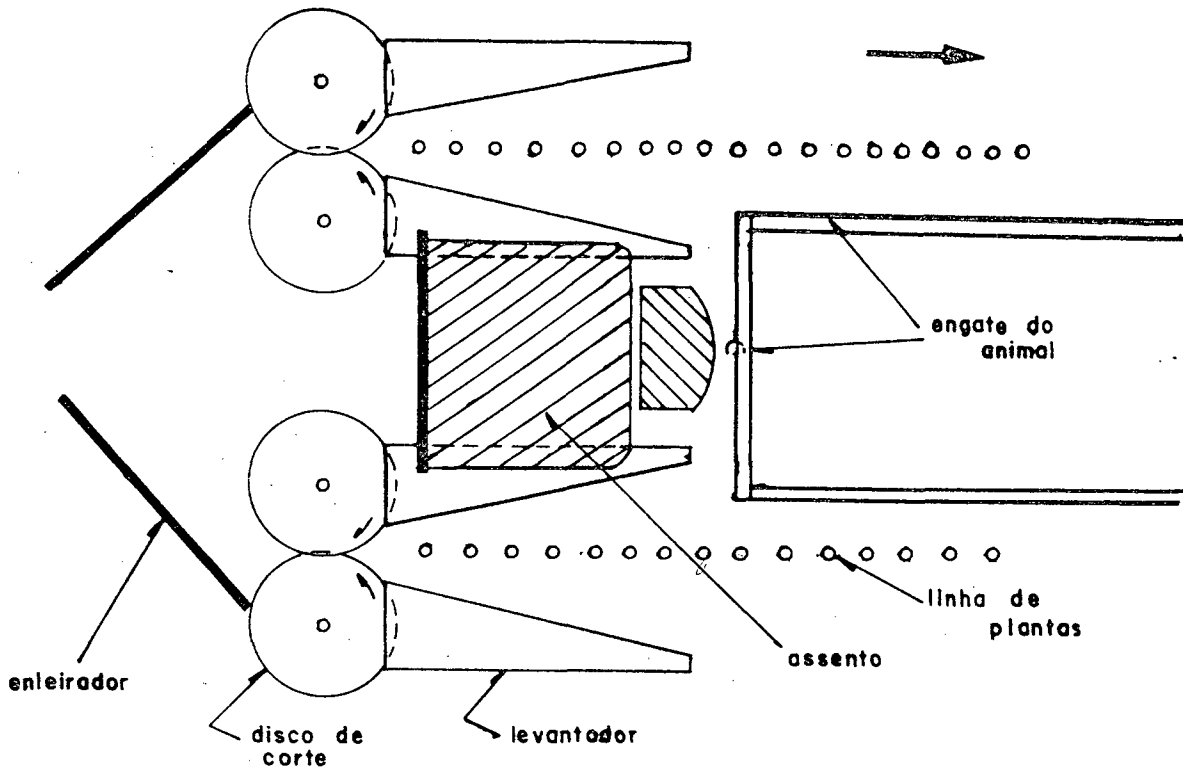
Como a velocidade de operação é a do animal, a agitação transmitida às plantas , pelos levantadores , é baixa e conseqüentemente reduzem-se as perdas de grãos.

Como pode ser observado na figura 4.8 , a região de

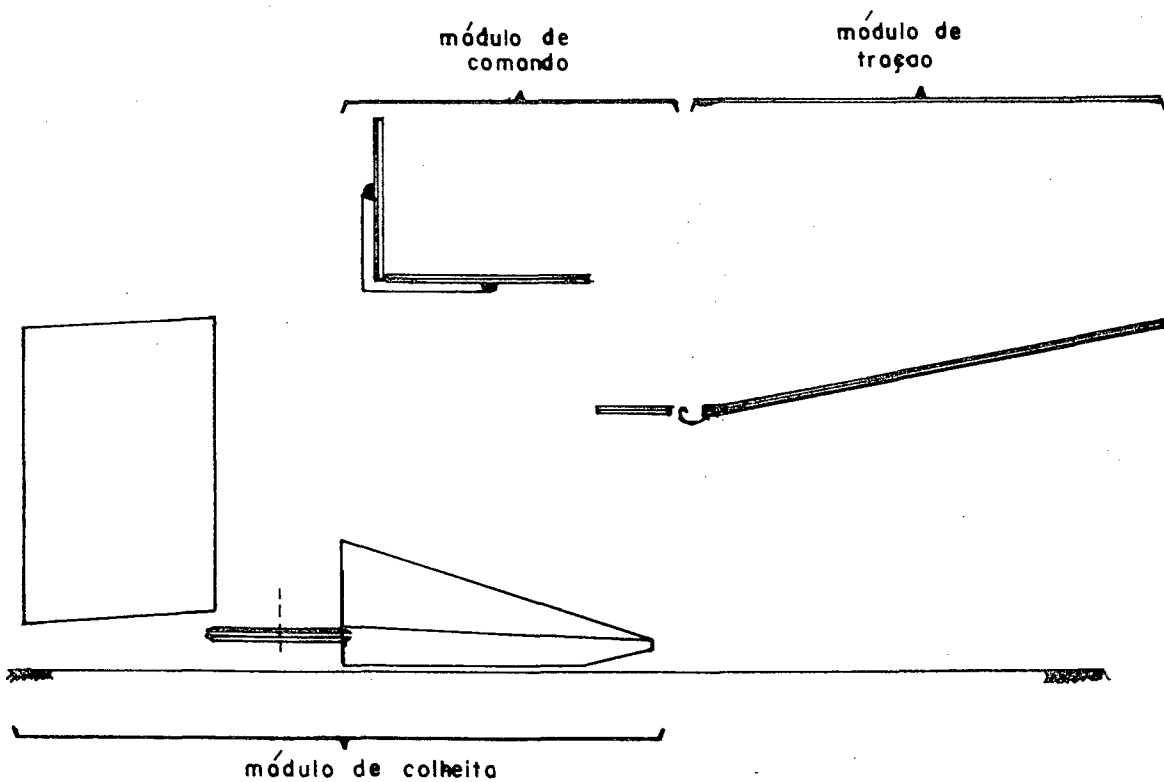
corte situa-se na parte traseira dos levantadores , que também servem como proteção dos discos de corte contra impactos, já que os mesmos atuam próximos ao solo. Cada par de discos atua sobre uma linha de plantas , cortando os talos de modo progressivo e sem promover impactos nas plantas.

O acionamento dos discos demanda, também, uma potência muito menor que a barra de corte. O sentido de rotação dos discos assegura a condução das plantas para o corte , que ocorre por cisalhamento do talo , já que este é comprimido entre duas superfícies cortantes. Após o corte , as plantas são direcionadas para trás , em sua queda , pelos próprios discos de corte e pelas demais plantas que estão chegando para serem cortadas. O fluxo de material é então direcionado pelas duas placas enleiradoras , mostradas na figura 4.8 , uma para cada linha de plantas , que, dispostas de forma oblíqua ao sentido de deslocamento , direcionam as plantas para a entrelinha das linhas cortadas. A posição selecionada para o enleiramento de plantas , não apresenta o risco da máquina passar sobre o material enleirado , nas passadas posteriores. A posição do operador permite uma redução no comprimento da máquina em relação às demais alternativas.

A figura 4.8 apresenta uma vista lateral da solução , indicando os módulos que compõe a máquina.



A. VISTA SUPERIOR



B. VISTA LATERAL

Figura 4.8: Esquema da solução selecionada.

CAPÍTULO 5 : PROJETO PRELIMINAR

5.1- INTRODUÇÃO

Os estudos realizados para viabilizar física e economicamente a solução selecionada são aqui descritos. São analisados os principais parâmetros construtivos e dimensionados e selecionados os componentes da máquina. No intuito de facilitar a compreensão, a apresentação considera os três módulos que constituem o protótipo: módulo de colheita (inclui os dispositivos de levantamento, separação planta-solo e enleiramento de plantas), módulo de comando (assento e transmissões) e módulo de tração, como está representado na figura 4.8.b.

5.2 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DO MÓDULO DE COLHEITA

Dentro desse item, são analisados os parâmetros construtivos dos dispositivos selecionados no capítulo 4.

5.2.1 - PARÂMETROS DOS LEVANTADORES

No levantamento de plantas analisar-se-á os seguintes parâmetros: forma dos levantadores, dimensões e regulagens.

Para se obter mais informações sobre o desempenho dos levantadores piramidais, foi realizado um teste em campo com três diferentes tipos de levantadores, sob condições de intenso acamamento das plantas, buscando caracterizar o efeito de cada tipo de levantador na função de levantar e deslocar os talos e

vagens do feijoeiro. Para tanto , foi construído uma estrutura com rodas, figura 5.1, empurrada manualmente , que possibilitava fixar o par de levantadores e regular a distância entre eles.

A forma geométrica dos levantadores foi definida analisando-se as funções que cada uma de suas faces deveria desempenhar quando em contato com as plantas e com o solo ; em seguida , algumas configurações de faces que poderiam desempenhar tais funções foram selecionadas. Os levantadores testados são mostrados nas figuras 5.2 a,b,c. As dimensões selecionadas foram baseadas nos dados da planta de feijão e na experiência do autor.

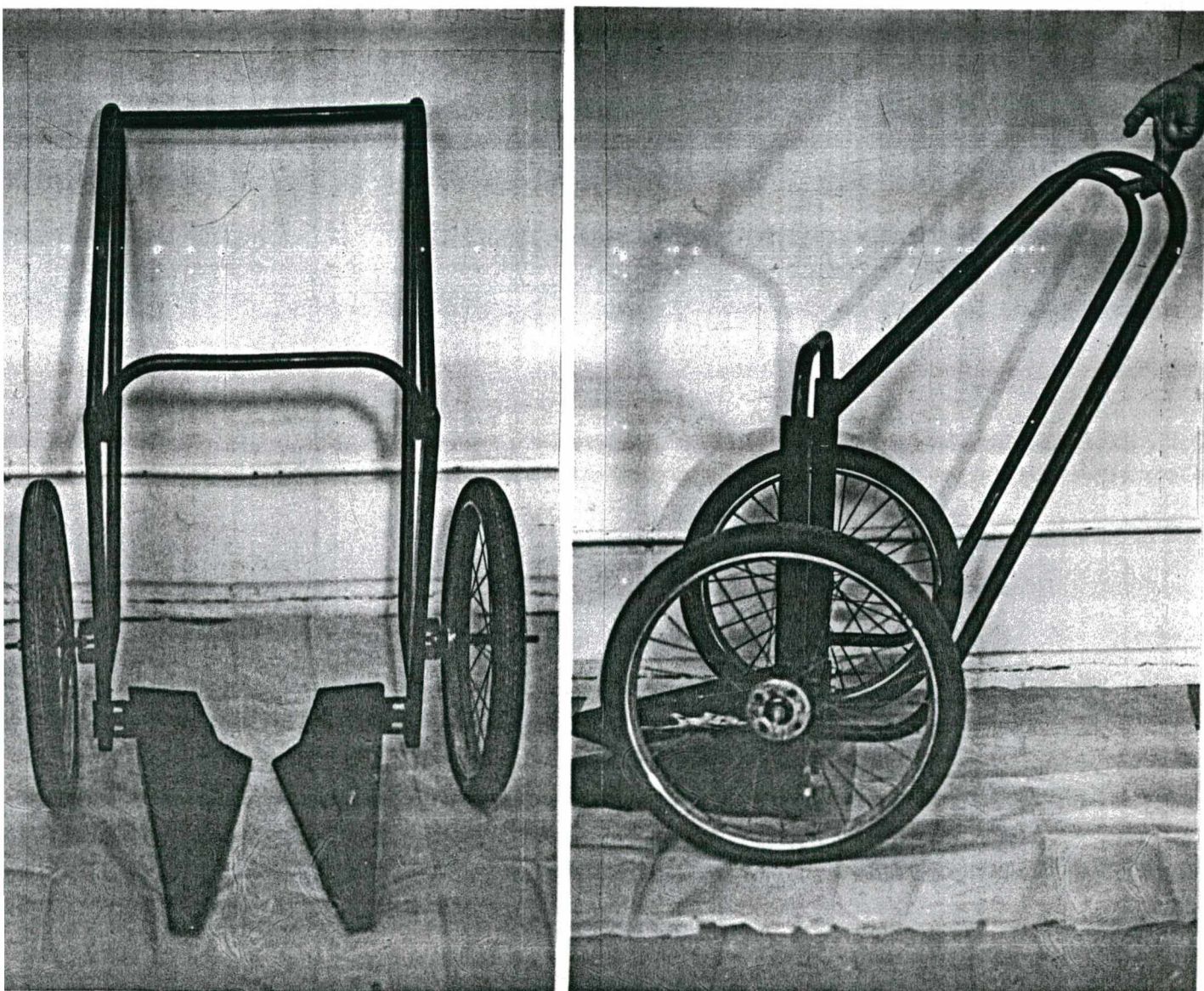


FIGURA 5.1 : Vistas da estrutura de fixação dos levantadores.

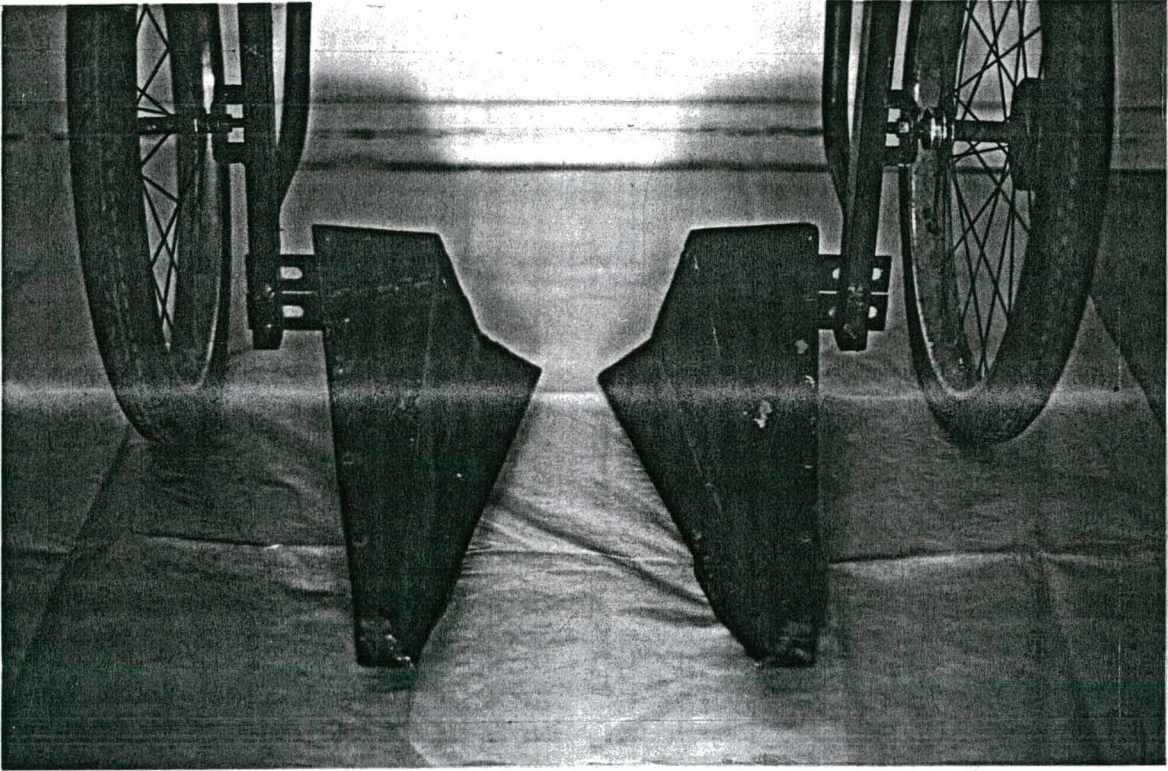


Figura 5.2.a: Levantador com 5 faces.

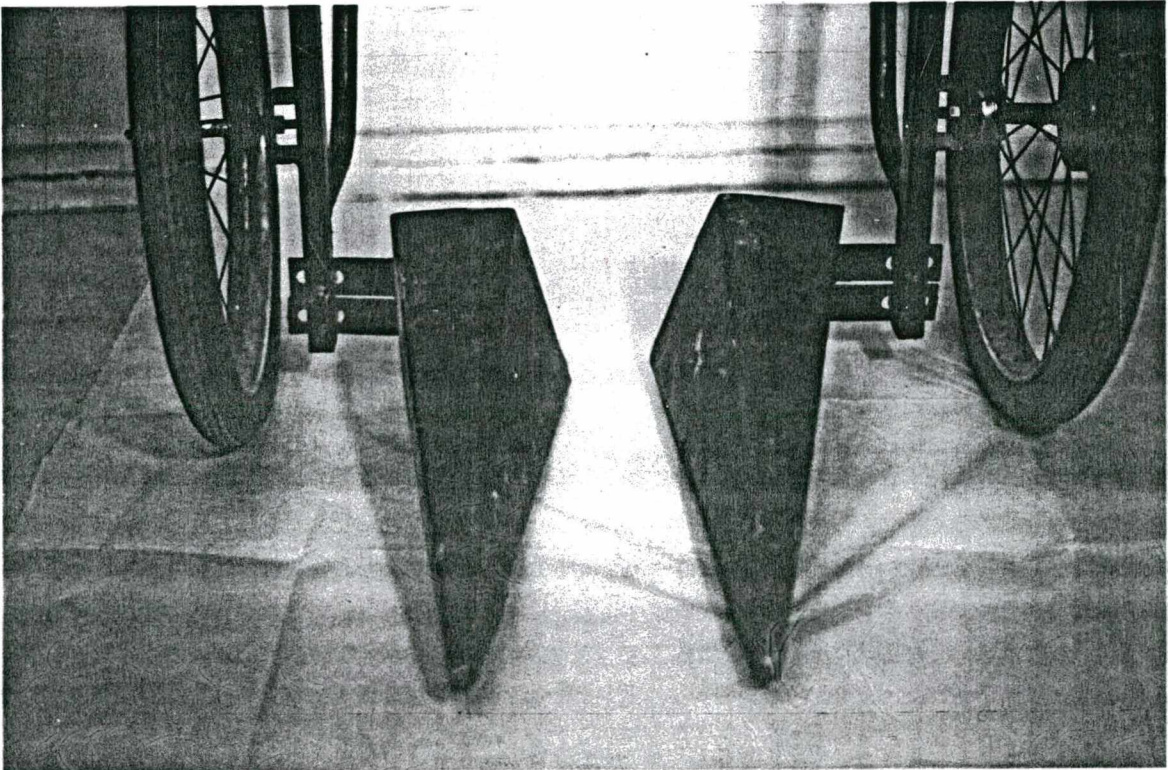


FIGURA 5.2.b: Levantador com 3 faces e face interna a 70° .

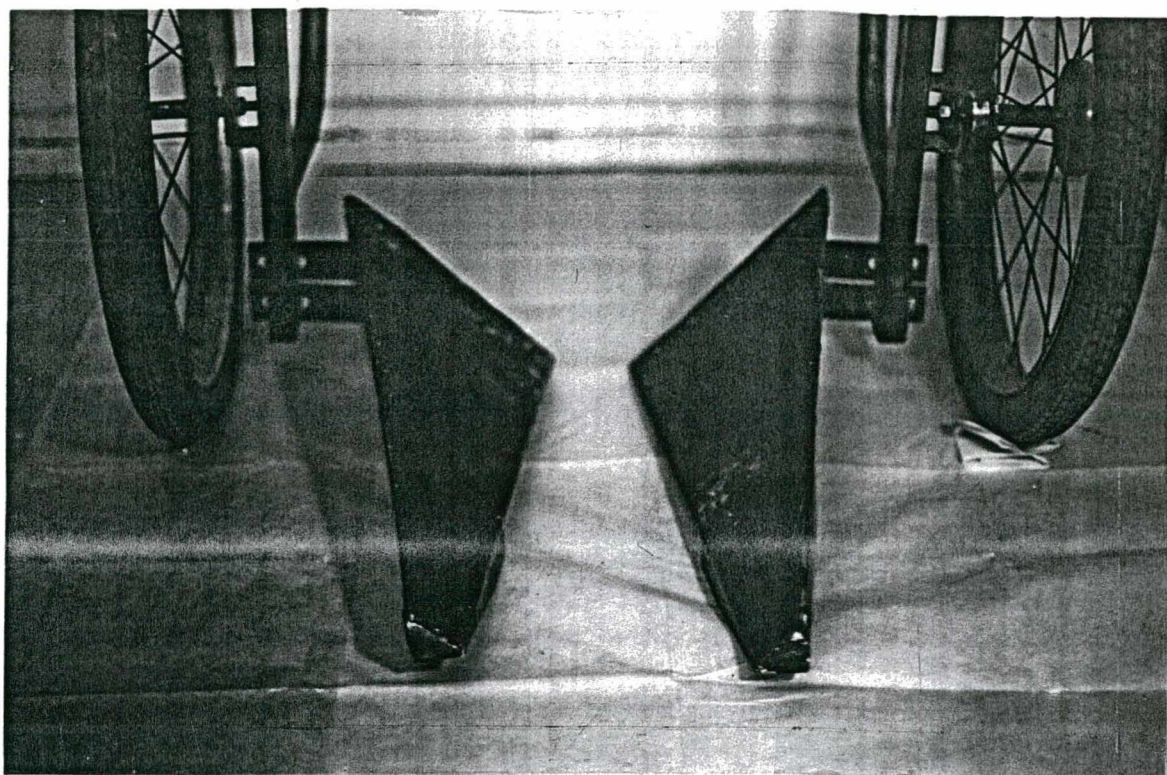


FIGURA 5.2.c: Levantador com 3 faces e face interna a 45° .

Os parâmetros descritos a seguir estão representados na figura 5.3. Os resultados obtidos nos testes mostraram que a distância de 200 mm entre as faces internas nas pontas dos levantadores é adequada, pois permite que plantas que estejam até 100 mm deslocadas lateralmente, em relação à linha de plantio, sejam capturadas pelos levantadores. As variações de posicionamento lateral de sementes, obtidas com os métodos mais comuns de plantio de feijão (a matraca e a plantadeira de tração animal), estão dentro da faixa de 100 mm de cada lado de uma linha central como foi considerado. Essa disposição permite, também, que a máquina atue em situações em que o espaçamento entre linhas apresente variações devido ao não paralelismo das linhas. Nesse caso, os levantadores poderão atuar nos limites de 300 mm até 700 mm de espaçamento entre linhas. Por outro lado, a distância interna mínima entre faces na parte traseira dos

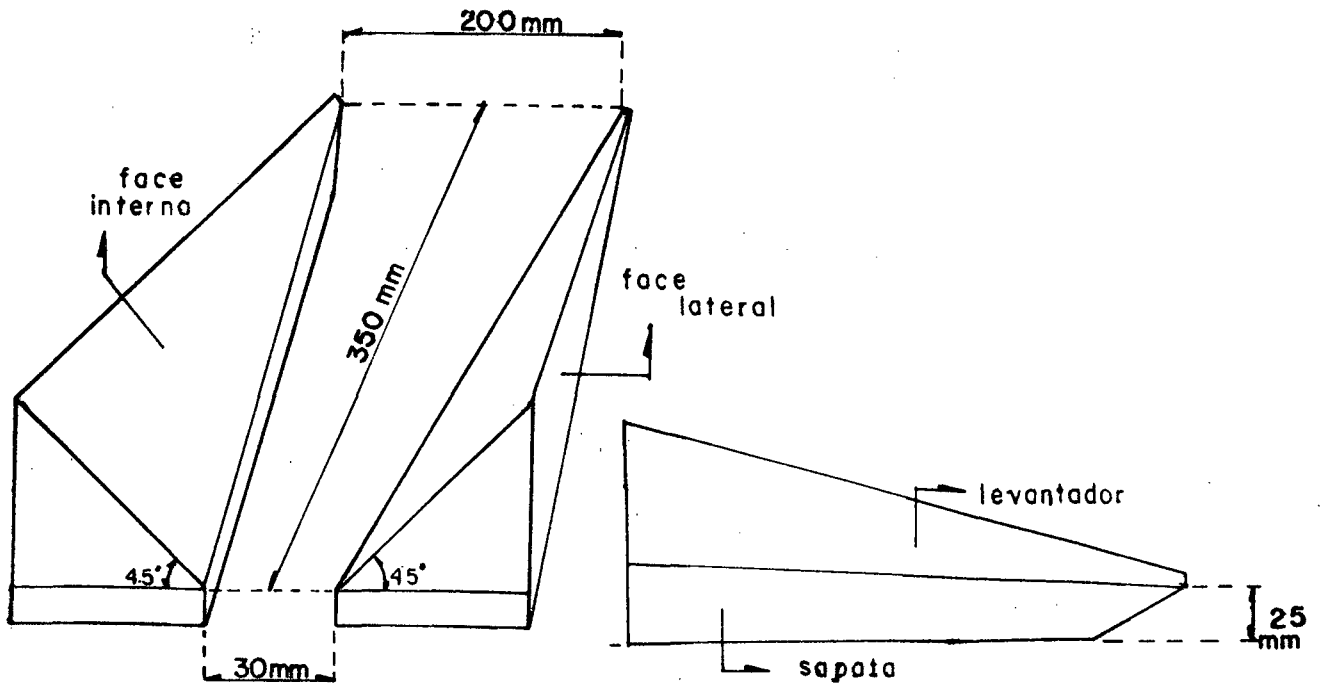


FIGURA 5.3: Parâmetros dos levantadores.

levantadores é de 30 mm , para permitir uma ação de deslocamento das vagens e ramas mais baixas para frente sem , entretanto , provocar uma compressão excessiva das vagens entre as faces.

A distância entre as pontas dos levantadores e a região de corte deve proporcionar uma ação suave de deslocamento dos talos e de erguimento de plantas e vagens e, ao mesmo tempo, não deve ser excessiva para não aumentar demasiadamente o peso dos levantadores. Com base nesses aspectos , adotou-se um comprimento longitudinal de 350 mm entre o início do corte até a linha que une as duas pontas do par de levantadores (figura 5.3).

A forma escolhida do levantador possui três faces formando , na seção transversal , um triângulo retângulo, com a face interna inclinada a 45° em relação à horizontal, (figuras 5.2.c. e 5.3). Esse levantador apresentou desempenho adequado e sua fabricação é simples. Outro aspecto importante evidenciado pelo teste é a necessidade dos levantadores atuarem próximo ao solo, muitas vezes arrastando-se sobre o mesmo, porém sem exercerem uma pressão excessiva , o que aumentaria o atrito e

dificultaria a tração. Portanto, o módulo de levantamento deve possuir um sistema de rodados que permita a regulagem da altura de trabalho dos levantadores, para que estes possam atuar com um leve arraste sobre o solo e, também, um sistema articulado que permita que os mesmos acompanhem as irregularidades da superfície do solo. A ponta dos levantadores deve estar bem próxima ao solo para melhor desempenho, principalmente no erguimento das plantas acamadas; faz-se, porém, necessário manter uma distância entre a ponta e o solo para evitar que a mesma penetre no solo, dificultando a tração. A distância de 25 mm estabelecida no teste mostrou-se adequada. A ponta deve ser tão pontiaguda quanto possível, dentro dos limites dos processos de fabricação disponíveis, para favorecer a ação de erguimento.

A face inferior dos levantadores constitui uma sapata com a função de atuar como superfície de apoio sobre o solo, garantindo, assim, a efetiva ação do módulo de levantamento, bem como preservando os discos do impacto com tocos, pedras e torrões, que poderiam danificá-los. A sapata deve apresentar uma largura suficiente para evitar a penetração excessiva no solo.

A face lateral externa dos levantadores tem duas funções: estrutural, para dar maior rigidez à peça, e de fixação, pois através dela os levantadores são unidos à estrutura da máquina.

A face interna inicia a ação de levantamento das plantas e ramas laterais e de deslocamento lateral dos talos já nas pontas. A medida que a máquina se desloca, as ramas vão deslizando sobre as faces e defletindo-se para frente e para cima; as plantas acamadas vão deslizando também e elevando-se, enquanto os talos vão defletindo lateralmente, seguindo a inclinação da aresta inferior dos levantadores. Na região de

corte , as vagens e ramas mais baixas estão deslocadas para frente, deixando o talo livre para o corte ; as plantas acamadas estão com os talos levantados e ramas deslocadas à frente , em condições para o corte , e , finalmente , as plantas deslocadas já estão no máximo de sua deflexão lateral e na posição de corte.

5.2.2 - PARÂMETROS DOS DISCOS DE CORTE

Os parâmetros analisados na função de separação planta-solo são: rotação dos discos de corte, tipo de bordo cortante, diâmetro dos discos, sobreposição horizontal dos discos, folga vertical entre os discos e altura de corte dos talos das plantas.

A altura de corte foi definida considerando dois aspectos, ou seja, o corte dos talos deve ser realizado o mais próximo possível do solo , para minimizar o corte das vagens, e os discos devem tocar o solo apenas eventualmente , para evitar danos.

A partir das informações da literatura [49] , sabe-se que o hipocótilo do feijoeiro (que é a primeira parte do talo e compreende a distância entre a inserção das raízes e o primeiro nó das folhas) varia entre 30 e 80 mm , dependendo da variedade. Com base nisso , estabeleceu-se uma altura de corte de 50 mm, garantindo que grande parte das variedades de feijoeiros sejam cortadas adequadamente e, também , que os discos fiquem a uma distância razoável da superfície do solo. Do mesmo modo que os levantadores, os discos devem possuir movimento vertical para acompanhar as irregularidades da superfície do solo e manter uniforme a altura de corte.

O diâmetro dos discos foi selecionado, preliminarmente,

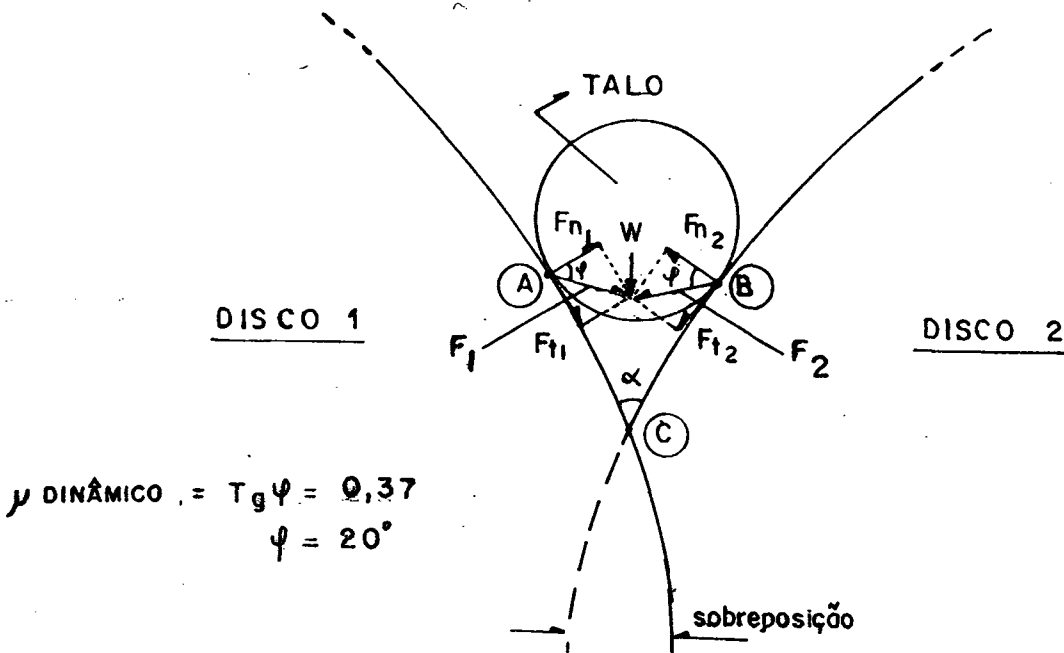


FIGURA 5.4: Forças envolvidas no corte , onde:

F_1 ; F_2 = forças de corte ;

F_{n1} ; F_{n2} = componentes normais ;

F_{t1} ; F_{t2} = componentes tangenciais ;

φ = ângulo de atrito entre o grão e o aço ;

W = resultante das forças F_1 e F_2 .

a partir de considerações teóricas sobre o momento de início da ação das forças de corte sobre o talo das plantas.

A figura 5.4 apresenta o sentido das forças de corte F_1 e F_2 e suas componentes F_{n1} , F_{n2} , F_{t1} e F_{t2} , respectivamente, forças normal e tangencial à superfície dos discos. As direções das forças F_1 e F_2 , são dadas pelo ângulo φ entre elas e as respectivas normais e sua tangente representa o coeficiente de atrito dinâmico ($\mu_{\text{dinâmico}}$) entre grãos de feijão e o aço, obtido experimentalmente [29]. Cabe ressaltar que não foram considerados os efeitos das velocidades tangenciais dos discos e de deslocamento da máquina na análise, de modo a simplificá-la.

Como o objetivo era realizar uma seleção preliminar do

diâmetro dos discos de corte , considerou-se que os coeficientes de atrito entre grão e aço e talo e aço fossem os mesmos , já que apenas o primeiro é disponível. A sobreposição dos discos foi selecionada com o objetivo de minimizar as falhas no corte, devido à flexão lateral dos eixos dos discos, porém, a mesma não deve ser excessiva para facilitar a ação de corte. Adotou-se uma sobreposição de 6 mm que é igual ao diâmetro médio dos talos de feijão [49].

Com base nessas premissas e , ainda , considerando as linhas AC e BC , na figura 5.4 , como retas, já que o diâmetro do talo é muito menor que o dos discos, pode-se analisar , a partir das relações geométricas conhecidas , qual o diâmetro a ser adotado para que se tenha uma força "W", resultante das forças F_1 e F_2 , com sentido favorável ao corte do talo pelos discos. Assim, para vários diâmetros de discos, foram calculados os ângulos de abertura α e comparados com ϕ , chegando-se aos valores da tabela 5.1. A situação favorável ocorre quando $\alpha < 2\phi = 40^\circ$.

Verifica-se , portanto , que discos com diâmetros maiores que 150 mm estabelecem uma condição favorável ao corte , porém , para uma ação mais efetiva adotar-se-á um diâmetro preliminar de 200 mm.

Tabela 5.1 - Relação entre ângulo de abertura e diâmetro.

Diâmetro (mm)	α
100	46,9°
150	38,1°
160	37,6°
180	35,4°
200	33,8°

A seleção da rotação dos discos e do tipo de bordo cortante foi realizada através de um dispositivo experimental esquematizado na figura 5.5, onde as variáveis avaliadas foram:

- Rotações: 100, 200, 300 e 400 rpm;
- Bordo cortante: liso com bisel a 45° ; serrilhado com dente comum com bisel a 45° ; serrilhado e estriado. (Ver figura 5.6);
- Acionamento: 1 disco acionado e outro livre; 2 discos acionados
- Material vegetal: feijão e guanxuma ;
- Diâmetros: 150 e 200 mm.

Embora tenha sido selecionado o diâmetro de 200 mm para os testes, foi necessário empregar discos com 150 mm , pois eram os únicos serrilhados comuns disponíveis naquele momento. Quanto à folga vertical entre os discos , procurou-se mantê-la nula apesar dos discos não serem perfeitamente planos, o que fez com que a folga variasse na prática. Outra limitação verificada nos testes foi uma razoável flexibilidade da estrutura de fixação dos eixos dos discos, proporcionando alterações das posições relativas entre eles.

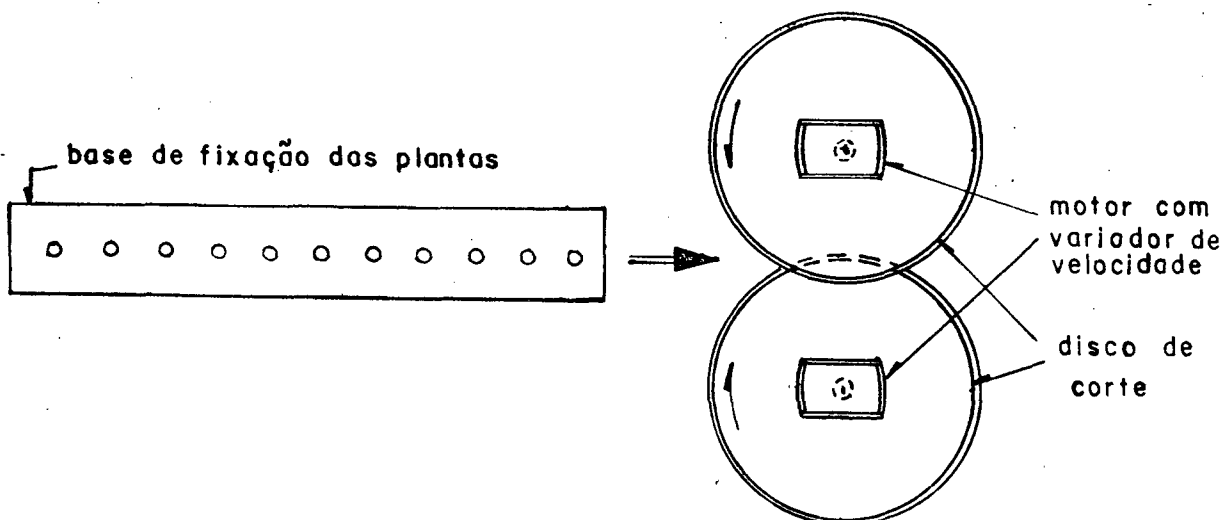


FIGURA 5.5: Dispositivo experimental de corte.

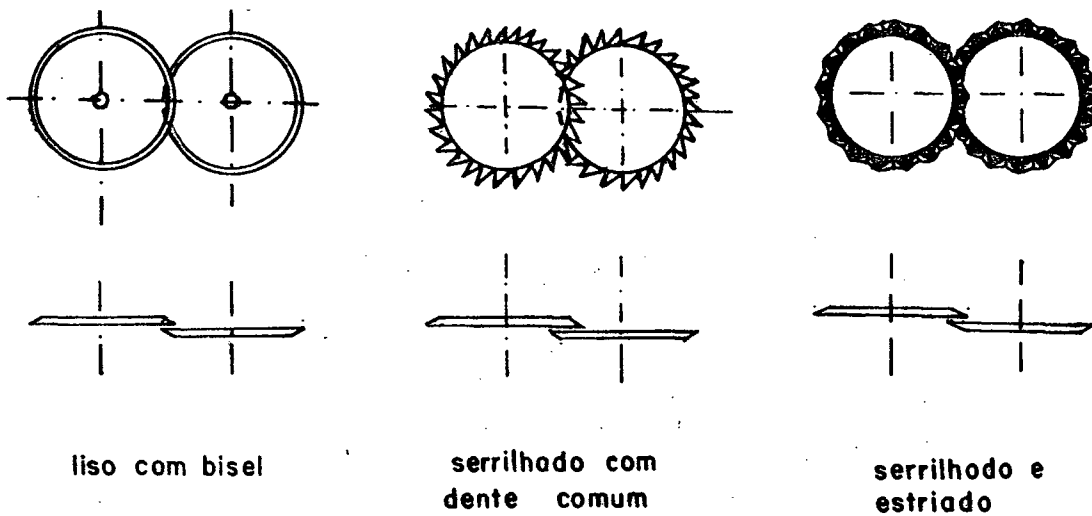


FIGURA 5.6: Tipos de bordos cortantes testados.

As avaliações feitas quanto às vibrações transmitidas às plantas (que poderiam causar perdas de grãos) e considerando as limitações experimentais, permitiram observar que:

- de modo geral, a partir de 200 rpm o corte é eficiente, ocorrendo de forma progressiva e com poucos impactos transmitidos às plantas ;
- os bordos estriados e serrilhados comuns proporcionam menores impactos nas plantas em relação ao bordo liso;
- o corte com dois discos acionados ocorre com menor número de falhas (plantas parcialmente cortadas) do que com um disco acionado e outro livre;
- verificou-se , também , uma maior habilidade de corte para discos com 200 mm de diâmetro em relação aos de 150 mm.

O acionamento dos dois discos , para aumentar a eficiência do corte , requer que a transmissão de potência seja feita através de eixos na posição vertical com comprimento superior à altura das plantas, de modo a permitir a passagem das mesmas entre os discos. Para tanto , optou-se por discos com diâmetro de 250 mm para facilitar a passagem das plantas entre eles. Mantendo-se a mesma velocidade tangencial obtida nos testes

com discos de 200 mm à 300 rpm, chega-se à seleção dos seguintes parâmetros:

- Rotação dos discos de corte: 237 rpm;
- Diâmetro dos discos de corte: 250 mm;
- Tipo de bordo cortante: serrilhado comum com bisel;
- Velocidade tangencial dos discos : 3,1 m/s ;
- Potência consumida pelo motor : 40 Watts.

5.2.3 - PARÂMETROS DOS ENLEIRADORES

Os parâmetros do dispositivo de enleiramento são descritos a seguir. Como já foi dito , os enleiradores são constituídos por duas placas metálicas dispostas atrás dos discos de corte e formando um ângulo com o sentido de avanço da máquina que varia entre 30° e 45° nas máquinas existentes , figura 5.7 .

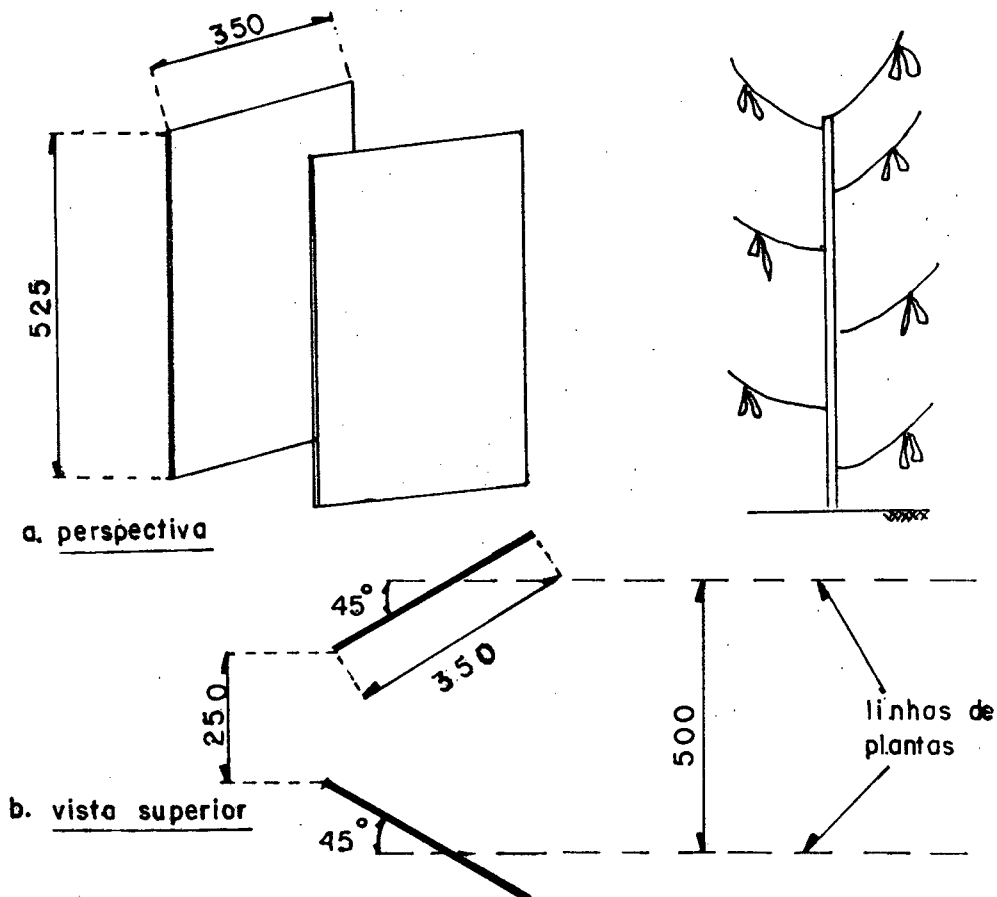


FIGURA 5.7: Parâmetros dos levantadores.

Em virtude do baixo nível de informações a respeito da melhor disposição das placas , torna-se necessário que os enleiradores apresentem uma grande amplitude de regulagem do ângulo de abertura , para se determinar experimentalmente a melhor posição.

A altura das placas deve permitir que as mesmas atuem sobre uma região considerável da planta, ao longo de sua altura, que em média é de 700 mm. Os enleiradores seleccionados possuem uma altura de 525 mm e comprimento de 350 mm , figura 5.7 , o que assegura um espaço adequado entre as placas para a deposição das plantas após o corte, para um ângulo de abertura de 45° .

5.3 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DO MÓDULO DE COMANDO

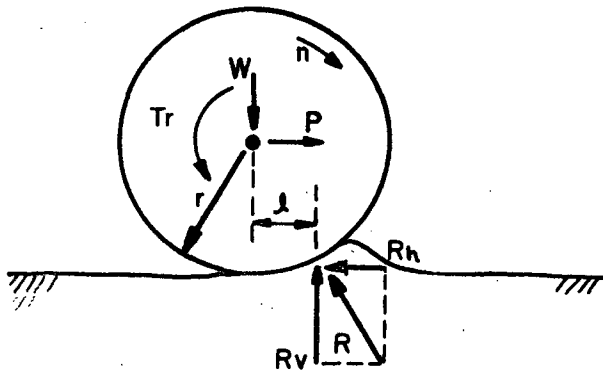
Os parâmetros relativos ao módulo de comando , o qual inclui o assento do operador, rodados e sistema de transmissão de potência , são analisados neste item. A posição do operador acima do módulo de colheita aliada à necessidade de redução da altura do centro de gravidade da máquina e aos requisitos ergonômicos do operador , levaram à seleção dos seguintes parâmetros :

- altura do assento do operador : 850 mm ;
- posição do operador : sobre a entrelinha das linhas colhidas
- largura do assento do operador: 420 mm [69] ;

A máquina possui duas rodas laterais que têm as funções de sustentação dos módulos de colheita e comando e de acionamento do sistema de transmissão de potência. Portanto , seu dimensionamento é fundamental para a estabilidade do conjunto e funcionamento dos discos de corte.

A distância entre rodados seleccionada é de 1000 mm, ou

seja, os rodados se deslocam sobre as entrelinhas externas às linhas colhidas. Optou-se por utilizar rodas metálicas por serem mais baratas e requererem menos manutenção que pneumáticos. Na parte interna da roda são colocadas pequenas chapas metálicas com o intuito de aumentar a aderência dos rodados, pela sua penetração no solo, e permitir o deslocamento em terrenos compactados sem que haja impactos. A largura dos rodados escolhida é de 50 mm, a qual proporciona uma penetração adequada em solos de lavoura trabalhados garantindo a aderência.



P = força de tração (N)

W = carga dinâmica (N)

n = velocidade angular (rad/s)

T_r = torque resistente (N.m)

R = reação do solo na roda (N)

R_h = componente hor. de R (N)

R_v = componente vert. de R (N)

r = raio da roda (m)

l = distância entre o centro da roda e R_v (m).

FIGURA 5.8: Forças atuantes na roda de tração.

A distribuição das forças atuantes na roda é mostrada na figura 5.8, onde a energia de translação da máquina é convertida em energia de rotação das rodas. A força horizontal de tração do animal (P) atua no eixo da roda e as cargas resultantes da interação roda - solo atuam ao longo da superfície de contato. A resultante (R) pode ser decomposta nas componentes horizontal (R_h) e vertical (R_v).

A força de tração do animal (P) deve ser igual à componente horizontal (R_h) para que a máquina se desloque. A

componente horizontal (R_h) é constituída por forças de duas naturezas , ou seja , força de resistência ao rolamento da roda (R_r) e força de atrito entre a roda e o solo (F_n). A força (F_n) gera um torque no eixo da roda que deve ser igual ou maior que o torque resistente para acionamento do sistema de transmissão de potência (T_r). Portanto , na direção horizontal tem-se que:

$$P = R_h = R_r + F_n \quad (5.1)$$

A força de tração média que o animal pode desenvolver ao longo da jornada de um dia de trabalho é aproximadamente 685 N estimada para a velocidade do animal de 1m/s e sua potência disponível , nessas condições , é de 685 W [10].

Para calcular o torque resistente no eixo da roda (T_r) considerou-se que a potência necessária no eixo do disco de corte é de 40 W , que foi a potência consumida pelo motor na bancada experimental , descrita no item 5.2.2, e medida através de um wattímetro. Considerando uma eficiência de 96% na transmissão com correias "V" e de 72% na correia meio cruzada [53], pode-se calcular a potência requerida nos dois eixos da roda (N) como:

$$N = \left[\left[\frac{40 + \frac{40}{0,96}}{a} \right] \cdot \frac{1}{b} \cdot \frac{1}{c} \right] \cdot 2 = 236 \text{ W} \quad (5.2)$$

a
b
c
d

onde :

- a. potência requerida nos eixos dos discos de corte (polias 15 e 17 da figura 5.9)
- b. eficiência de transmissão da correia meio cruzada (eixo 7 da figura 5.9) ;
- c. eficiência de transmissão da correia da roda (polia 1 da

figura 5.9)

d. cálculo para os dois eixos (rodas 1 e 2 da figura 5.9).

O torque requerido no eixo é calculado dividindo-se a potência no eixo pela rotação. A força de atrito entre a roda e o solo (F_n), que gera o torque requerido no eixo, pode, então, ser obtida dividindo-se o torque (T_r) pelo raio da roda (r), porém, considerando constante a potência requerida no corte, a potência correspondente nos eixos das rodas (N) também o será:

$$N = T_r \cdot n = F_n \cdot v = \text{constante} \quad (5.3)$$

onde: v = velocidade do animal;

F_n = força de atrito entre a roda e o solo.

Considerando a velocidade do animal (v) constante tem-se que (F_n) também será constante, ou seja, os valores da força de atrito exigidas para acionamento da transmissão são iguais independentemente do diâmetro adotado.

Como, $F_n \cdot v = F_n \cdot \frac{n}{\pi D} = \text{constante}$, ao variar D varia-se n .

Para a velocidade do animal (v) de 1 m/s pode-se calcular pela equação 5.3 que a força de atrito (F_n) é de 236 N. Pela equação 5.1 obtém-se que a resistência ao rolamento (R_r) deve atingir no máximo 449 N para que o animal possa tracionar a máquina. De forma simplificada, pode-se determinar a resistência ao rolamento (R_r) em função do peso da máquina, diâmetro da roda e do tipo e preparo do solo no qual a máquina atua.

A seleção do diâmetro da roda deve compatibilizar dois aspectos: a roda deve apresentar uma baixa resistência ao

rolamento (R_r) e uma alta velocidade angular (n), para minimizar as ampliações necessárias na transmissão com correias. Além disso a roda deve ter um diâmetro suficiente para ultrapassar com facilidade os obstáculos existentes no campo.

A relação entre a carga dinâmica da máquina sobre as rodas (W) e a resistência ao rolamento (R_r) é dada pela equação 5.4. O coeficiente de resistência ao rolamento (C_R) para pneus de borracha em solo arado e gradeado foi determinado experimentalmente [4], sendo calculado pela equação 5.5 :

$$R_r = C_R \cdot W \quad (5.4)$$

$$C_R = 1.6 \cdot D^{-0.7} \quad (5.5)$$

onde:

R_r = resistência ao rolamento [N] ;

C_R = coeficiente de resistência ao rolamento ;

W = carga dinâmica sobre as rodas [N] ;

D = diâmetro das rodas [pol]

Considerando uma carga dinâmica (W) de 1960 N (200 kgf), que é razoável para uma máquina onde o operador vai sentado e é tracionada por um equíno, e, ainda, que a resistência ao rolamento de rodas metálicas é 28% maior que pneus de borracha [4], pode-se determinar o diâmetro das rodas para uma resistência ao rolamento de 449 N, utilizando-se as equações 5.4 e 5.5.

Conclui-se, com base nos cálculos, que um diâmetro de 580 mm permitiria a tração da máquina e o acionamento da transmissão pelo animal. Entretanto, para que o animal trabalhe sob condições menos rigorosas, selecionou-se um diâmetro de 600

mm para as rodas. Com um diâmetro de 600 mm e velocidade tangencial de 1 m/s, a velocidade angular das rodas será de 32 rpm.

A tomada de potência para acionamento dos eixos dos discos de corte é feita através das rodas, que giram com velocidade angular de 3,35 rad/s (32 rpm), que deve ser ampliada para 237 rpm, ou seja, 7,4 vezes. A figura 5.9 mostra o esquema do sistema de transmissão proposto para a máquina. No eixo de cada roda, são montadas as polias (1) e (2) com 300 mm de diâmetro, que transmitem a potência às polias (3) e (4), com diâmetros de 100 mm, através das correias (5) e (6) respectivamente. Os eixos (7) e (8) giram a uma velocidade angular de 96 rpm e acionam as polias (9) e (10) com diâmetros de 200 mm. Essas polias transmitem potência às polias (11) e (12) através das correias meio cruzadas (13) e (14), alterando portanto, a direção do eixo de rotação em 90° . As polias (11) e

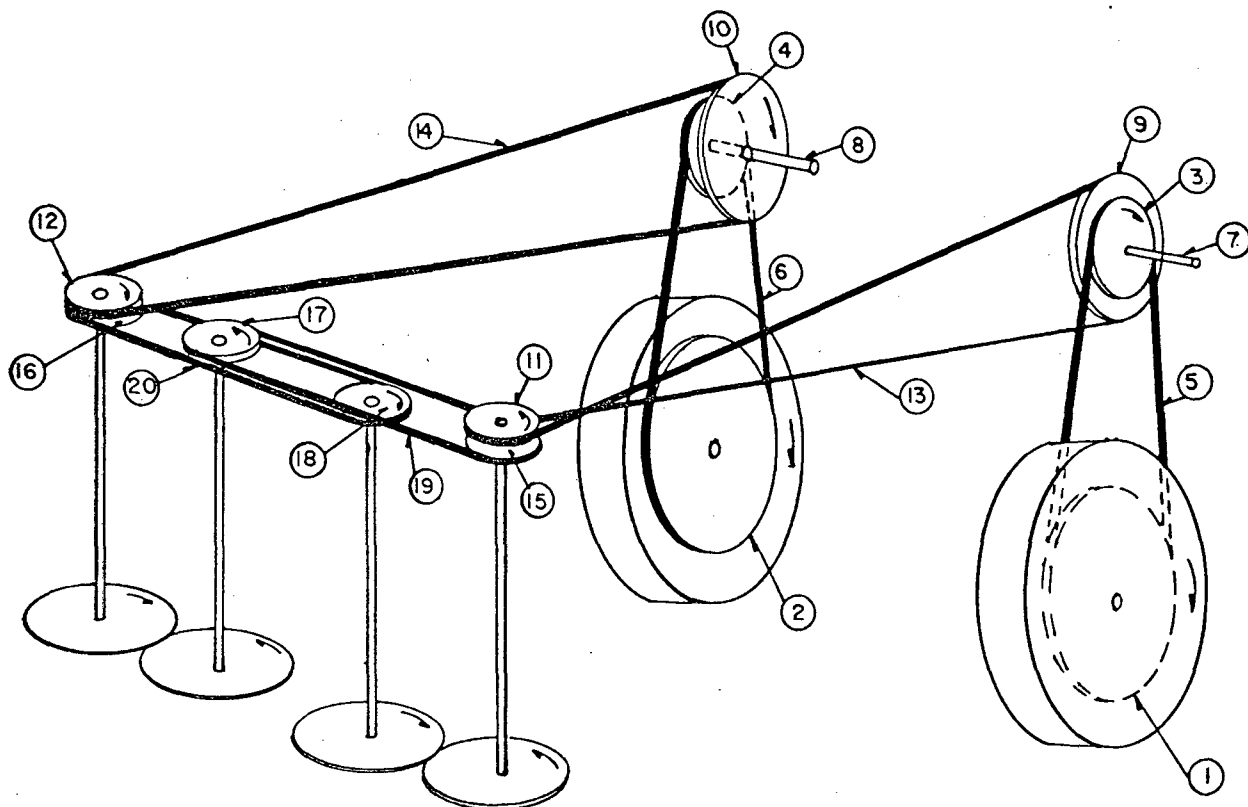


FIGURA 5.9: Sistema de transmissão de potência.

(12) com diâmetros de 75 mm , determinam uma velocidade angular dos eixos dos discos de 256 rpm. A polia (15) transmite para a polia (17) , com 75 mm de diâmetro , através da correia (19) e do mesmo modo , a polia (16) transmite potência para a polia (18) também com 75 mm de diâmetro , através da correia (20), determinando os sentidos de rotação requeridos nos discos. Cada uma das polias dos pares (11) e (12), (15) e (17) e (16) e (18) localizam-se à mesma altura nos eixos. Todas as correias utilizadas são do tipo "A" com perfil "V" e todas as polias são de alumínio, com perfil "V", disponíveis no mercado. Para o perfeito funcionamento das correias meio cruzadas , é necessário que os pares de polias (9) , (11) e (10) , (12) sejam dispostas de modo que a saída da correia de cada polia esteja no plano médio da polia oposta [52] , figura 5.10 , e , além disso, devido às tensões adicionais de estrangulamento das correias, a distância entre centros "a", o diâmetro da polia maior "d" e a

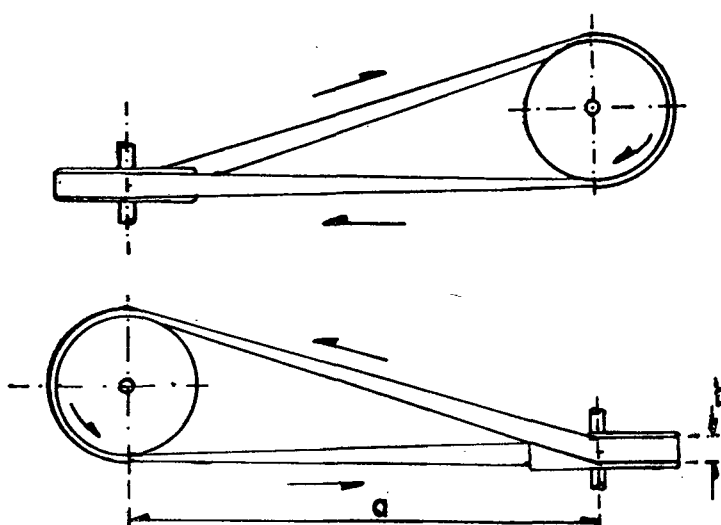


FIGURA 5.10: Posição das polias na transmissão meio cruzada. [53]

largura da correia "b", devem se relacionar obedecendo às desigualdades 5.6 e 5.7, desenvolvidas para correias planas [40]:

$$a > 2 \cdot d \quad (5.6)$$

$$a^2 > 200 \cdot b \cdot d \quad (5.7)$$

A disposição das polias e correias mostrada na figura 5.10 permite uma fácil retirada e colocação desses componentes.

5.4 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DO MÓDULO DE TRAÇÃO

O módulo de tração permite o engate do animal à máquina de modo adequado ao deslocamento da máquina e do animal. Como a máquina é tracionada por um equino, empregou-se o sistema tradicional de engate utilizado em carroças no sul do Brasil, ou seja, o cambão duplo, que é preso ao animal em duas posições. A tração propriamente dita se dá através de duas correntes que unem a coalheira do animal ao balancim, que é preso ao cambão, e a sustentação vertical do cambão bem como as manobras da máquina, são possíveis pela união do mesmo à barrigueira do animal. A figura 5.11 representa esses componentes. O módulo de tração é construído de madeira leve e com boa resistência à tração e é fixado ao módulo de comando através de abraçadeiras com porcas. O comprimento total do cambão duplo, a partir do ponto de engate do balancim, é de 2000 mm e a menor distância entre as barras laterais do cambão se dá na altura da cernelha do animal e deve ser de 600 mm, figura 5.11. As pontas das barras do cambão precisam ser arredondadas para evitar ferimentos no animal, principalmente nas manobras. A altura do cambão, na cernelha do

animal , deve ser de 1000 mm. Os cambões devem ser engatados ao módulo de comando a uma altura superior à das plantas.

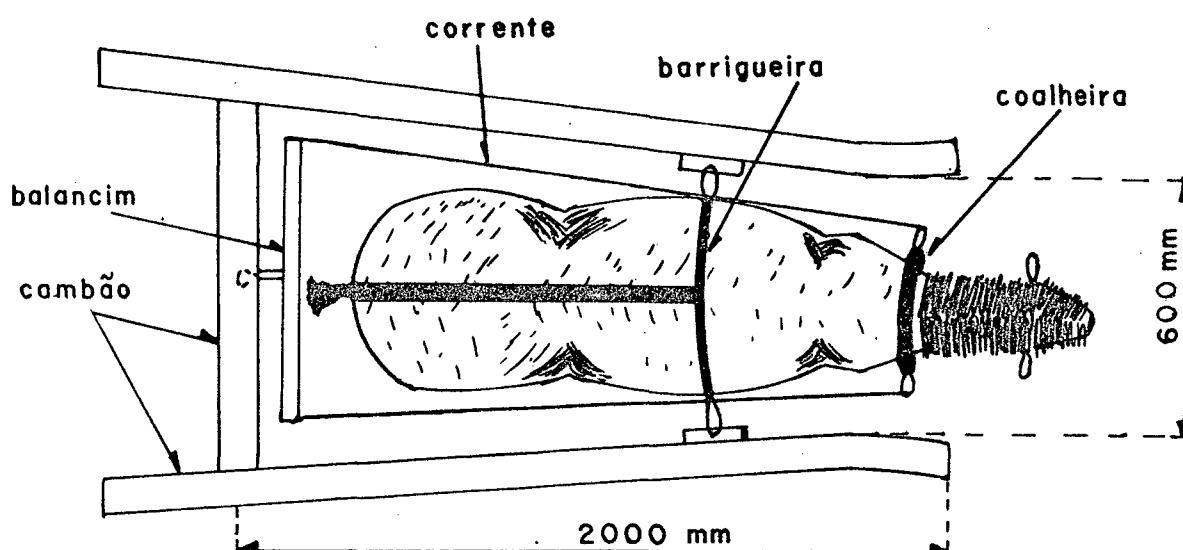


FIGURA 5.11: Componentes do módulo de tração.

CAPÍTULO 6 : PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

6.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo , são detalhados os vários componentes dos três módulos que compõe a máquina, a saber, módulos de colheita, de comando e de tração. O detalhamento inclui as seleções de materiais e dos processos de fabricação , o dimensionamento dos componentes e a definição das disposições dos mesmos.

O principal critério utilizado foi a redução de custo do protótipo. Para tanto , procurou-se :

- utilizar processos de fabricação simples e convencionais ;
- adotar componentes padronizados e disponíveis no mercado ;
- reduzir a quantidade de material e ,
- utilizar , ao máximo , a estrutura de recursos disponível no Laboratório de Projeto do Depto. de Eng. Mecânica da UFSC.

A descrição será feita de acordo com os três módulos citados e os desenhos técnicos das peças , subconjuntos e conjuntos são mostrados no anexo 1.

6.2 - PROJETO DETALHADO DO MÓDULO DE COLHEITA

O módulo de colheita é composto por uma estrutura metálica , na qual são fixos os levantadores , os discos de corte e os enleiradores , como pode ser observado na figura 6.1 .

6.2.1 - DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DO MÓDULO DE COLHEITA

A estrutura , mostrada na figura 6.2 , é formada por

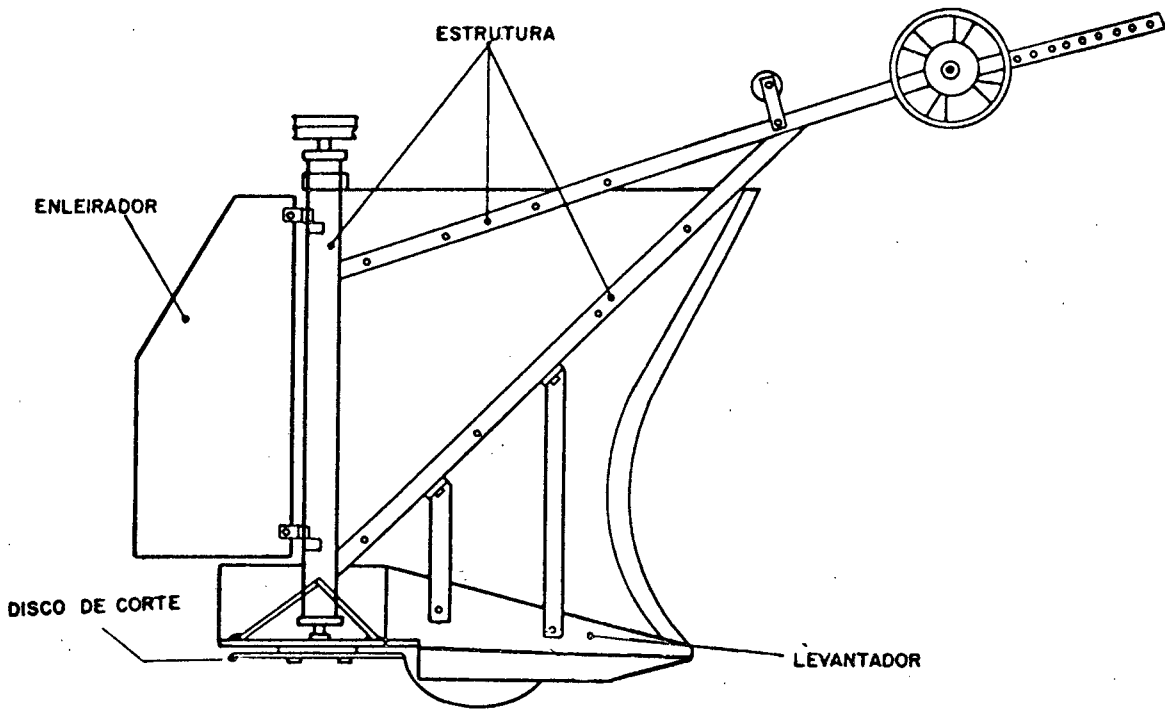


FIGURA 6.1: Vista lateral do módulo de colheita.

nove tubos de aço de seção quadrada e 30 mm de lado (1) , sendo oito dispostos na posição longitudinal e um na transversal , em relação à direção de deslocamento da máquina ; quatro tubos de seção circular (2) com diâmetro externo de 45 mm, interno de 40 mm e 625 mm de comprimento, dispostos na vertical por onde passam os eixos dos discos de corte, e um tubo transversal de seção retangular, com 70x30 mm (3). Esses elementos e subconjuntos estão detalhados nos desenhos 3, 4 e 5 do anexo.

Os tubos quadrados (1) são soldados aos pares e dispostos em "V" , sendo as duas extremidades , de cada par , soldadas em um tubo circular com a função de suportar este último na posição vertical. Um tubo quadrado é disposto transversalmente aos quatro pares em "V" , unindo-os. Próximo às extremidades superiores dos tubos redondos (2), soldou-se o tubo de seção retangular (3), para aumentar a rigidez da estrutura. O tubo retangular é colocado à 580 mm da extremidade inferior dos tubos redondos , permitindo a passagem das plantas por baixo.

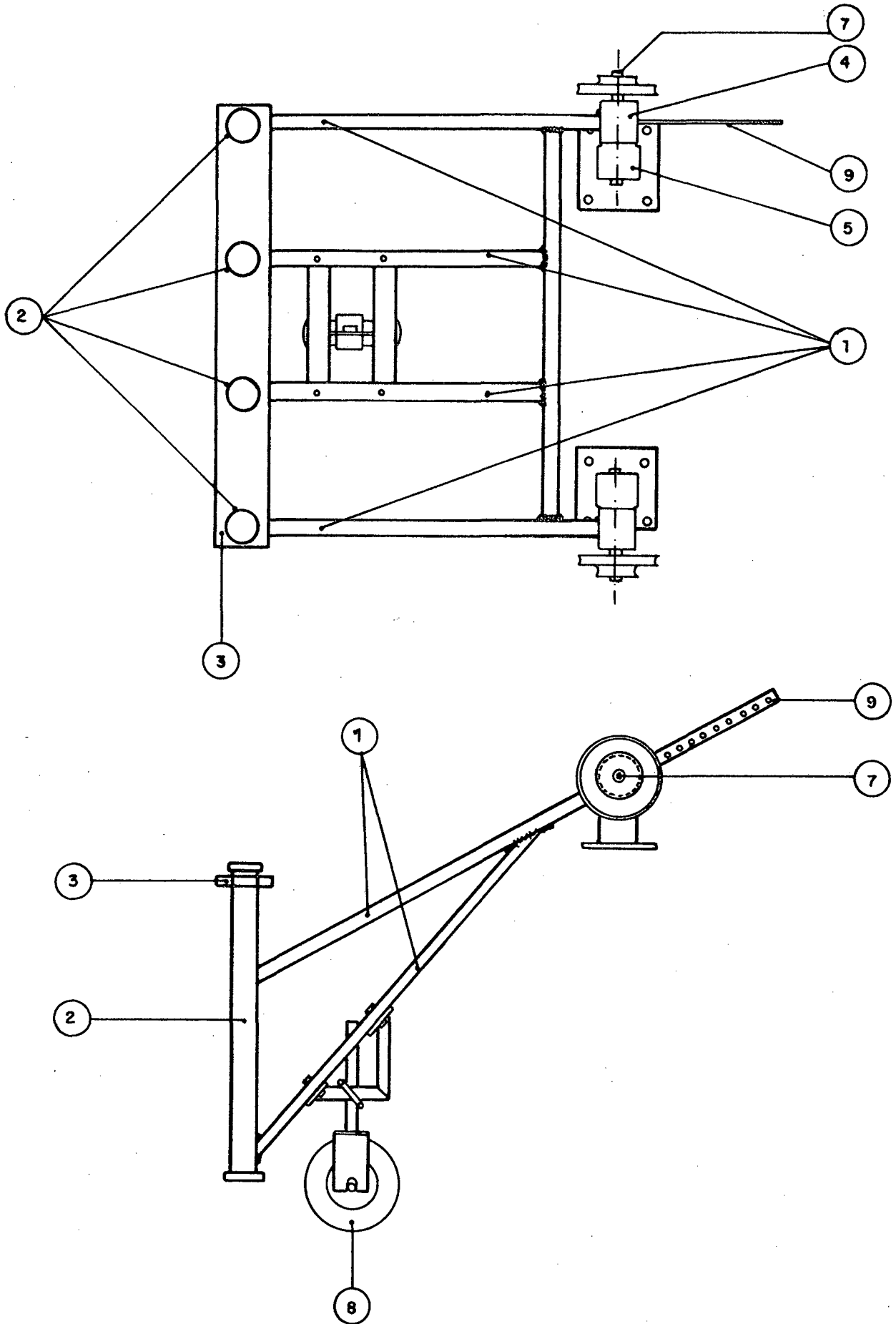


FIGURA 6.2: Vistas superior e lateral da estrutura do módulo de colheita

Nas extremidades dos tubos quadrados superiores , dos pares externos , é soldado um tubo circular (4) , usinado , que é encaixado em outro tubo (5), possibilitando que a estrutura seja articulada em torno do tubo (5). Assim , o módulo apresenta liberdade de movimento na vertical , acompanhando a superfície do solo. O tubo (5) aloja internamente dois rolamentos (6) que suportam o eixo intermediário (7) do sistema de transmissão , como mostra a figura 6.3 e os desenhos 6 e 7 do anexo. Tal eixo é acionado pela correia que retira sua potência da polia fixada à roda de tração e transmite potência , através da correia meio cruzada , para a polia do eixo do disco de corte. A distância entre o eixo intermediário (7) e o eixo de acionamento do disco que se aloja no tubo (4) é de 738 mm. A articulação do módulo de colheita em torno do eixo (7) garante que , independentemente da posição vertical do módulo , as posições relativas das polias , na transmissão meio cruzada , se mantenham.

O apoio do módulo sobre o solo se dá por meio de uma roda (8) , com 254 mm de diâmetro , acoplada na estrutura através de uma abraçadeira com porcas , que permite regulagem da altura de trabalho dos discos de corte em relação ao solo.

Os tubos circulares (2) têm três funções : estrutural , de suporte dos rolamentos dos eixos dos discos de corte e de proteção destes eixos , evitando que as plantas se embaracem devido à rotação dos mesmos.

Uma barra (9), figura 6.2, com furos de 6 mm de diâmetro e espaçados a 25 mm , é soldada na estrutura com a função de fixar a extremidade de uma mola de tração , que suporta parte do peso do módulo de colheita , facilitando seu levantamento , pelo operador , durante o transporte da máquina. Os furos permitem a regulagem da tensão na mola , de modo a

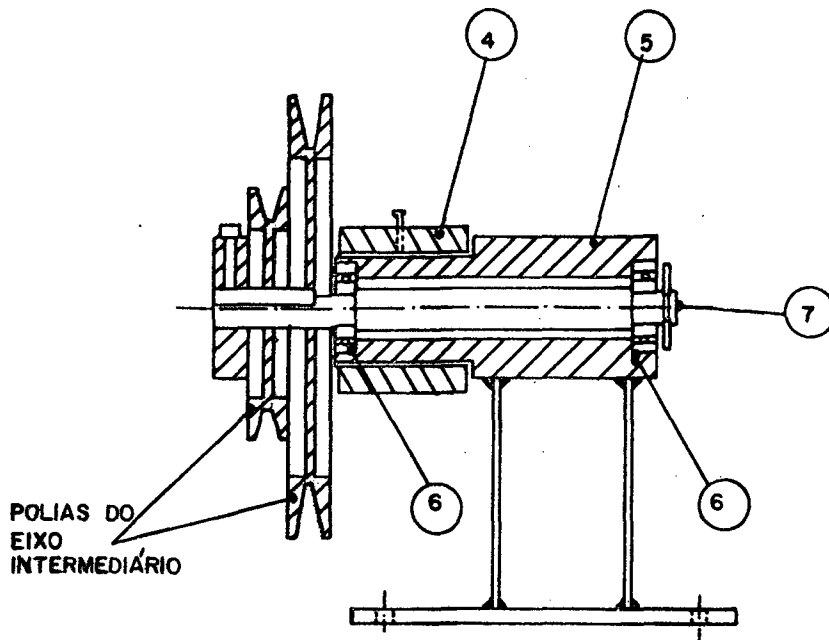


FIGURA 6.3: Vista frontal em corte do tubo de articulação.

adequar a força do operador à força necessária para levantar o módulo. As peças e conjuntos que formam a estrutura do módulo de colheita estão detalhados nos desenhos 2,3,4,5,6,7,8,9 e 10.

6.2.2 - DESCRIÇÃO DOS LEVANTADORES DE PLANTAS

Cada um dos quatro levantadores é construído unindo-se, com solda, duas chapas de aço com 2 mm de espessura, cortadas e dobradas de modo a estabelecer a forma mostrada na figura 6.4. Após o corte, a primeira chapa é dobrada ao longo de três linhas, formando uma pirâmide com quatro faces, indicadas na figura 6.4: uma face interna (1) inclinada a 45° com a função de levantar as plantas; uma face vertical (2), também interna, onde é rebitada a segunda chapa; uma face externa (3) e na vertical, com as funções de aumentar a rigidez do levantador, de fixá-lo na estrutura e de fixar a segunda chapa e uma quarta face (4).

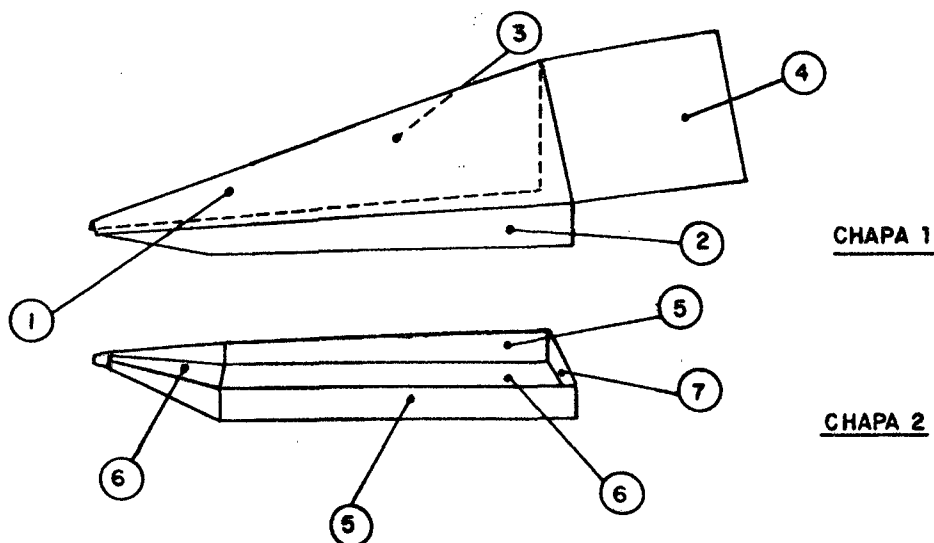


FIGURA 6.4: Chapas metálicas que constituem o levantador.

interna e a 45° , disposta sobre o disco de corte e com as arestas paralelas às linhas de plantas nos levantadores externos.

Esta face, nos levantadores internos, apresenta arestas curvas, para evitar embuchamento de plantas nos eixos dos discos.

A segunda chapa é dobrada ao longo de quatro linhas, formando cinco faces mostradas na figura 6.4, onde duas das quais têm a função de fixação das duas chapas (5), as outras duas constituem a base do levantador (6), sendo que uma se apóia sobre o solo e a outra é inclinada, facilitando a passagem sobre obstáculos, e, finalmente, a quinta face tem uma função estrutural.

A fixação dos levantadores na estrutura é feita por meio de uma barra com parafusos, como mostra a figura 6.5.

Com o objetivo de evitar que as ramas das plantas se embaracem na estrutura do módulo de colheita, quatro chapas de aço são rebitadas na estrutura, acima dos levantadores e paralelamente entre si, constituindo um "corredor" para passagem das plantas, figura 6.5.

À frente de cada chapa é soldado um tubo de seção

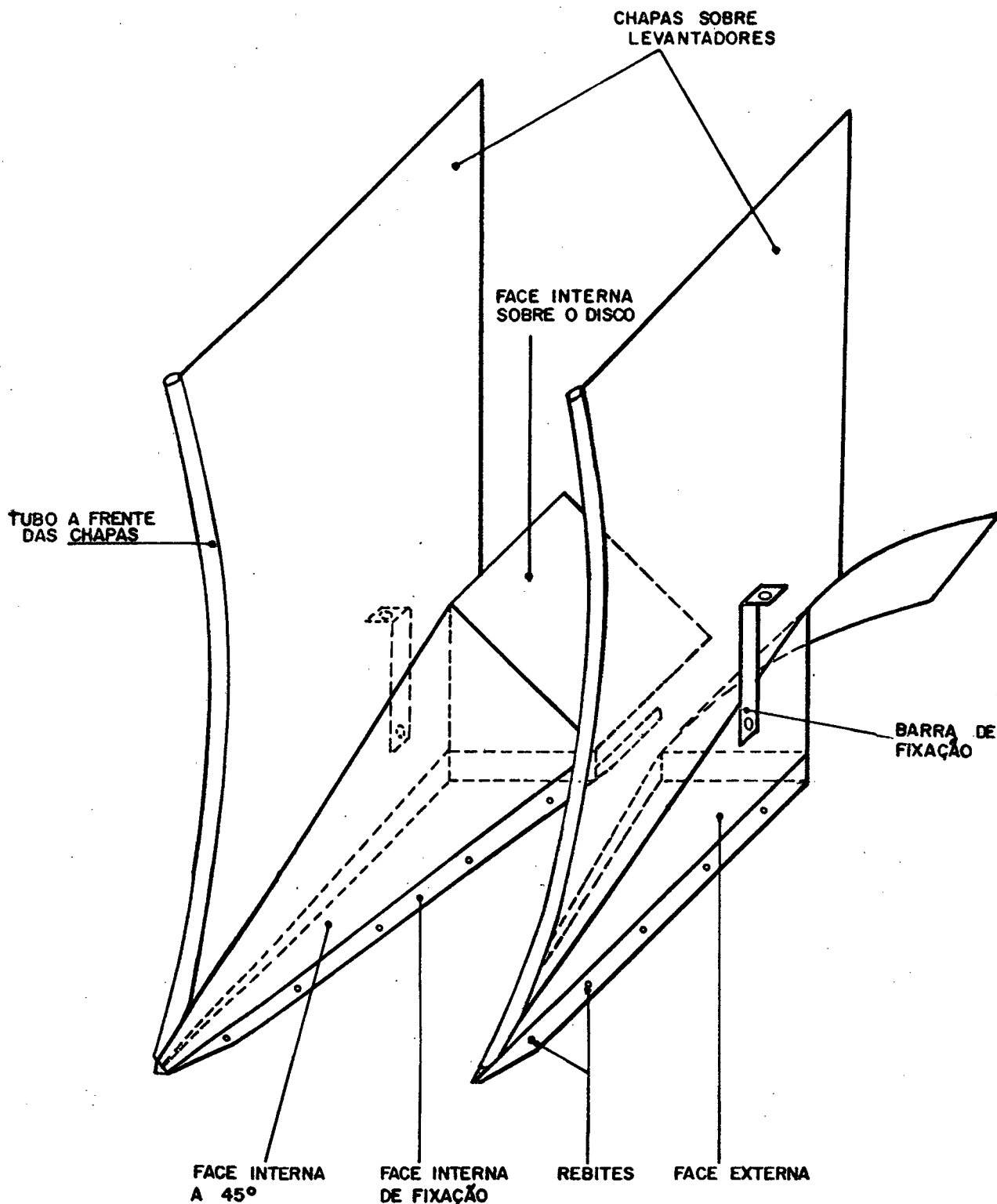


FIGURA 6.5: Vista em perspectiva do par de levantadores.

circular , dobrado de forma a facilitar o levantamento e a passagem das plantas pelo módulo de colheita .

A ponta inferior do tubo é soldada na ponta do

levantador , fixando-o à estrutura. Os desenhos 11 , 12 , 13 e 14 do anexo mostram os detalhes dos elementos descritos.

6.2.3 - DESCRIÇÃO DOS DISCOS DE CORTE

Na parte de trás dos levantadores localizam-se os discos de corte , com 250 mm de diâmetro cada , sendo o corte realizado por dois discos sobrepostos 6 mm e com uma folga vertical de 2 mm entre eles. O disco é detalhado no desenho 14. Como mostra a figura 6.6, cada um dos quatro discos (1) é acoplado a um flange (2) , através de quatro parafusos , e este é fixo ao eixo vertical de transmissão (3) por meio de um pino elástico com 4 mm de diâmetro. Cada eixo é suportado por dois rolamentos (4) , dispostos próximos às extremidades e a uma distância de 633 mm. O diâmetro do eixo é de 19 mm. Os eixos estão detalhados no desenho 16 do anexo.

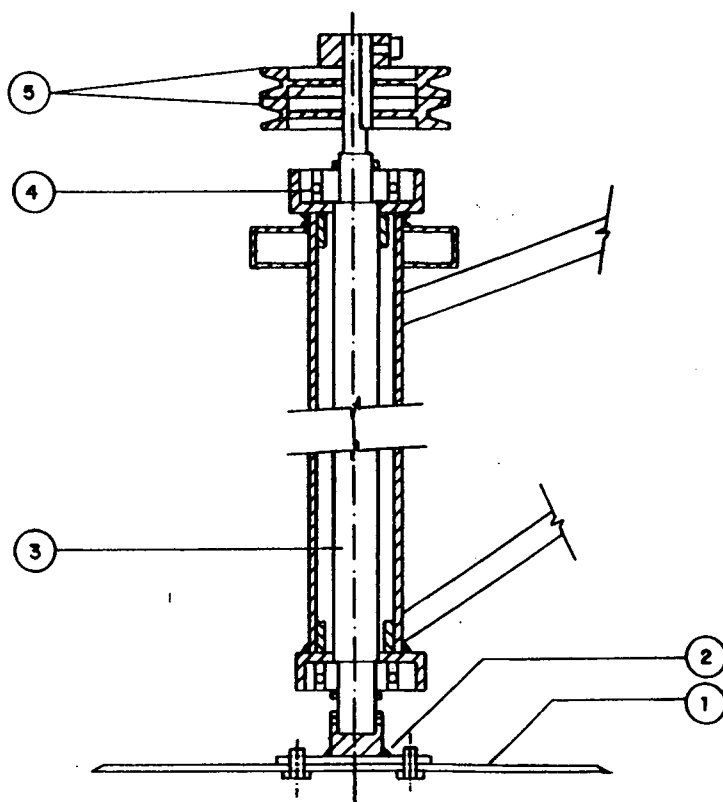


FIGURA 6.6: Vista em corte do conjunto do eixo do disco de corte.

A parte superior dos eixos , acima dos rolamentos , apresenta comprimentos diferenciados devido às diferentes alturas das polias (6) na cadeia de transmissão.

Em torno dos discos de corte externos , é colocada uma barra de aço circular , soldada nos levantadores e nos tubos circulares , com o objetivo de isolar os discos , reduzindo os riscos de acidentes. Os desenhos 15 , 16 e 17 do anexo detalham as peças descritas.

6.2.4 - DESCRIÇÃO DOS ENLEIRADORES

Os enleiradores são construídos com chapas de aço de 2 mm de espessura e fixos , por parafusos , à dobradiças soldadas nos tubos circulares que envolvem os eixos dos discos de corte externos , como mostra a figura 6.1 . O ângulo de abertura dos enleiradores pode ser regulado afrouxando-se os parafusos das dobradiças. As peças estão detalhadas no desenho 13 do anexo 1.

6.3 - PROJETO DETALHADO DO MÓDULO DE COMANDO

O módulo de comando é constituído por uma estrutura de suporte do operador , da roda tratora e seus elementos e do sistema de levantamento do módulo de colheita. A figura 6.7 representa estes componentes e o desenho 20 detalha o módulo.

6.3.1 - DESCRIÇÃO DA RODA TRATORA E SEUS ELEMENTOS

A tomada de potência para acionamento dos discos de corte ocorre pelas duas rodas tratoras que movimentam os eixos e as polias. A roda é constituída de uma superfície metálica (1) de

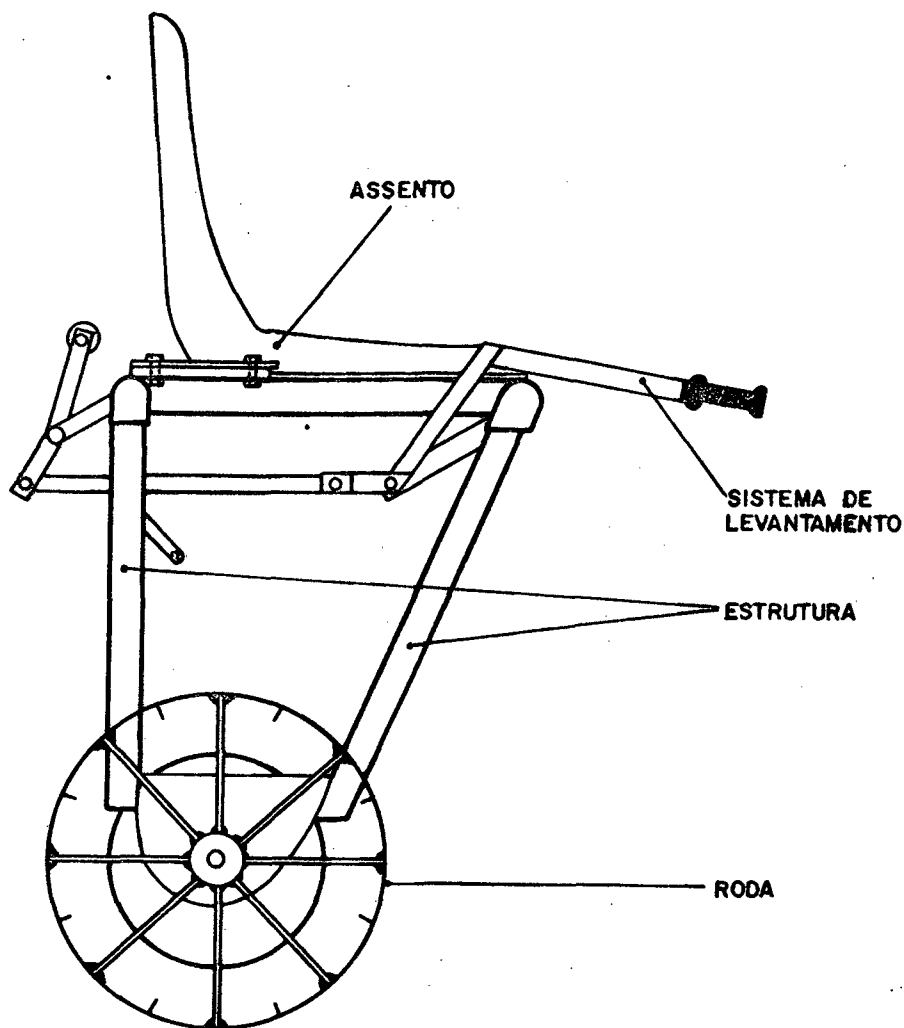


FIGURA 6.7: Vista lateral do módulo de comando.

contato com o solo , figura 6.8. um cubo (2) , raios (3) e aletas de aderência (4). A superfície (1) é construída com uma barra de aço de 50 mm de largura e 5 mm de espessura , dobrada na calandra de modo a obter um diâmetro externo de 600 mm.

O cubo da roda (2) possui 55 mm de diâmetro externo e interno de 19 mm , onde se encaixa o eixo de transmissão (5). Os oito raios (3) de cada roda são soldados no cubo e na superfície circular , e constituem-se de barras de aço com 25,4 mm de largura e 267,5 mm de comprimento. Internamente à superfície circular de cada roda são soldadas doze aletas (4) com 80 mm de

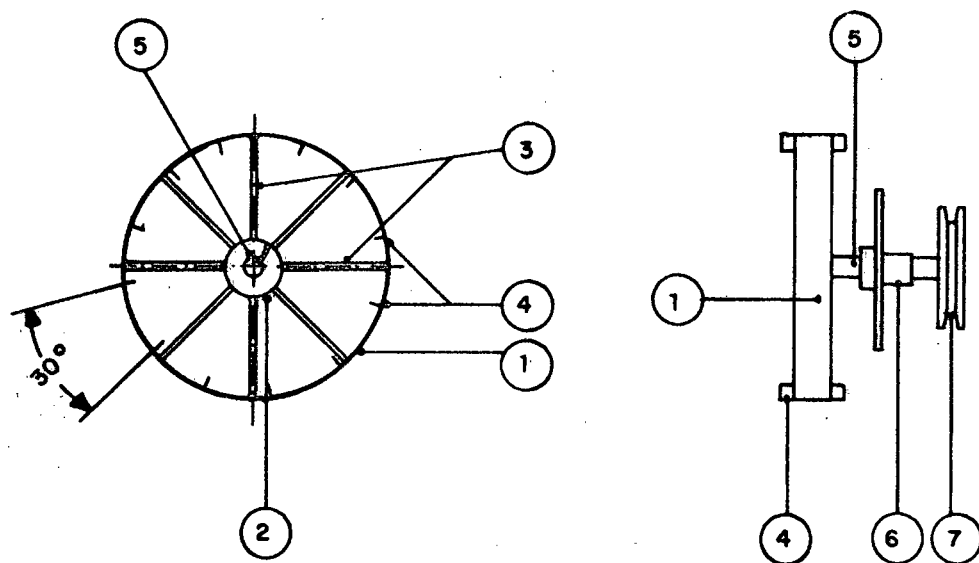


FIGURA 6.8: Vistas lateral e frontal da roda tratora.

comprimento e 20 mm de largura , espaçadas a 30° , de modo a assegurar uma maior aderência das rodas no solo.

O eixo (5) é fixo ao cubo (2), em uma das extremidades, através de chaveta e parafuso. O eixo possui um mancal de escorregamento (6) , apoiado na estrutura do módulo de colheita , constituído de duas buchas de bronze e com um canal interno , para lubrificação através de graxeira. A polia (7) de 300 mm de diâmetro é colocada no extremo oposto do eixo e fixa com chaveta.

A distância entre rodas é de 1100 mm.

As peças e o conjunto descrito estão detalhados nos desenhos 21 e 22 do anexo.

6.3.2 - DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DO MÓDULO DE COMANDO

A estrutura do módulo de comando tem as funções de suportar o operador , de suportar o módulo de colheita e de

permitir o engate do módulo de tração. A estrutura, mostrada na figura 6.9, possui dois conjuntos na forma de "U" constituídos de tubos de seção circular (1), com 45 mm de diâmetro externo, soldados a curvas de 90° (2). Os conjuntos são unidos por três tubos, também circulares e de mesmo diâmetro, na parte superior e por uma chapa (3), com 6 mm de espessura, na parte inferior. A parte superior da estrutura está a 780 mm do solo e o vão interno é de 1000 mm, o que permite a passagem das duas linhas de plantas.

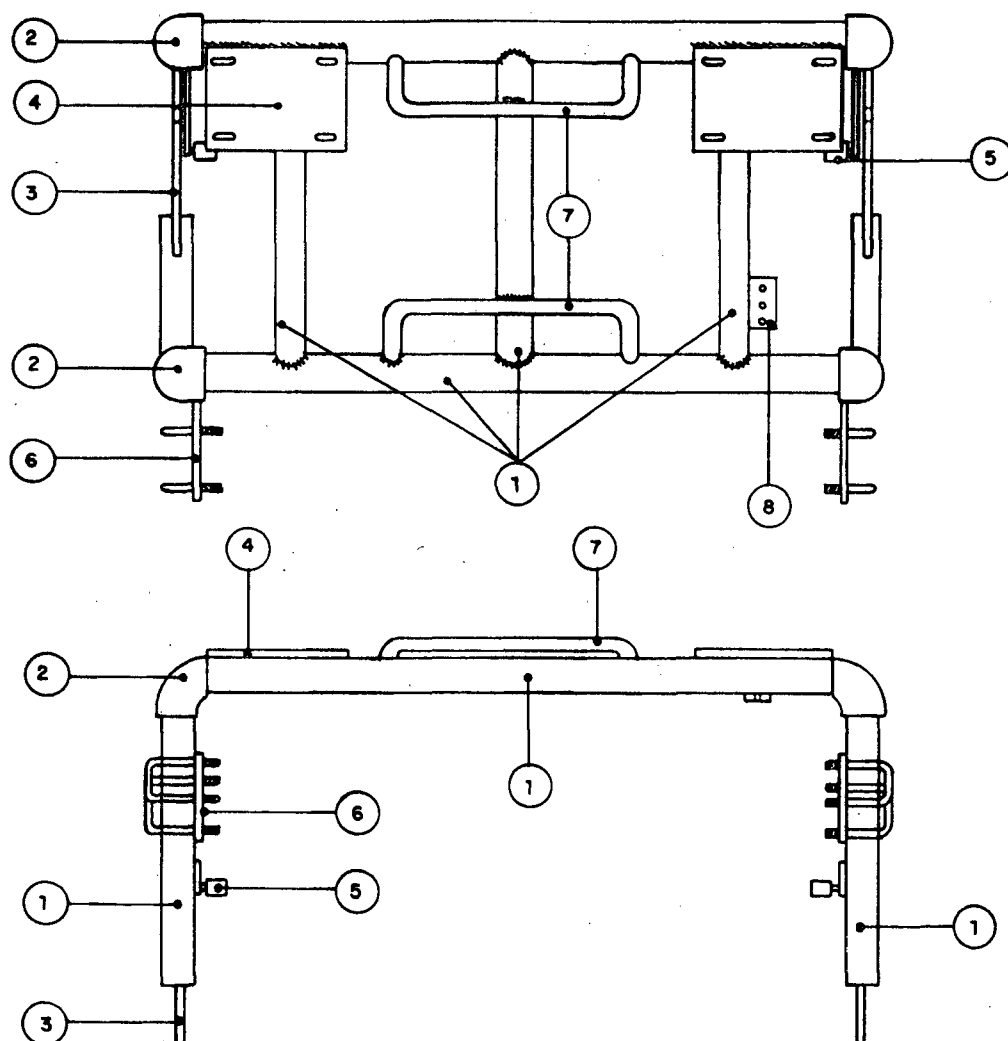


FIGURA 6.9: Vistas frontal e superior da estrutura do módulo de comando.

Na parte superior da estrutura é soldada uma chapa (4) de 5 mm de espessura com quatro rasgos de 8 mm de comprimento, onde são fixas, por parafusos, as chapas que suportam o mancal do eixo intermediário. Na parte lateral da estrutura existem, em ambos os lados, duas barras com roletes de nylon nas extremidades (5) com a função de promover o esticamento da correia entre a polia da roda tratora e do eixo intermediário. Na parte frontal, e de ambos os lados da estrutura, é soldada uma chapa (6), com 6 mm de espessura, para fixação do módulo de tração, através de duas abraçadeiras com porcas em cada lado. O assento do operador é de plástico e encaixado em dois tubos de seção circular (7), com 20 mm de diâmetro externo, soldados na parte superior da estrutura. No lado esquerdo do assento, existe uma chapa (8), soldada na estrutura, onde é engatada uma das extremidades da mola de tração que auxilia o levantamento do módulo de colheita. Os detalhes das peças e conjuntos são mostrados nos desenhos 23, 24, 25, 26 e 27 no anexo.

6.3.3 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE LEVANTAMENTO DO MÓDULO DE COLHEITA

O sistema de levantamento do módulo de colheita consiste de um mecanismo articulado de quatro barras que, ao ser acionado, gira um eixo onde estão acoplados dois roletes de aço que deslizam sob a estrutura do módulo, elevando-o ou abaixando-o. Para suportar parte do peso do módulo, existe uma mola unindo as estruturas dos módulos de colheita e de comando, de modo que o operador, ao exercer uma força de aproximadamente 150 N na barra, consiga elevar o módulo de colheita a 200 mm do solo.

O mecanismo de levantamento, mostrado na figura 6.10, é formado por uma barra de aço, com um manipulador (1) na extremidade, que gira em torno de um parafuso (2), fixo à estrutura do módulo de comando. Essa barra é articulada, por meio de um parafuso, à outra barra (3) que, por sua vez, também é articulada no eixo (4) do sistema, onde estão fixos os roletes de apoio (5). O eixo (4) é apoiado em dois mancais de escorregamento (6), apoiados na estrutura do módulo de comando.

A posição dos roletes de apoio (5) foi escolhida de tal forma que, durante a elevação ou abaixamento do módulo de colheita, a força exercida pelo operador seja praticamente constante. No caso da elevação, ao ser acionado para cima o manipulador, inicia-se o levantamento da estrutura e a mola, que estava na máxima distensão e, portanto, exercendo a máxima força,

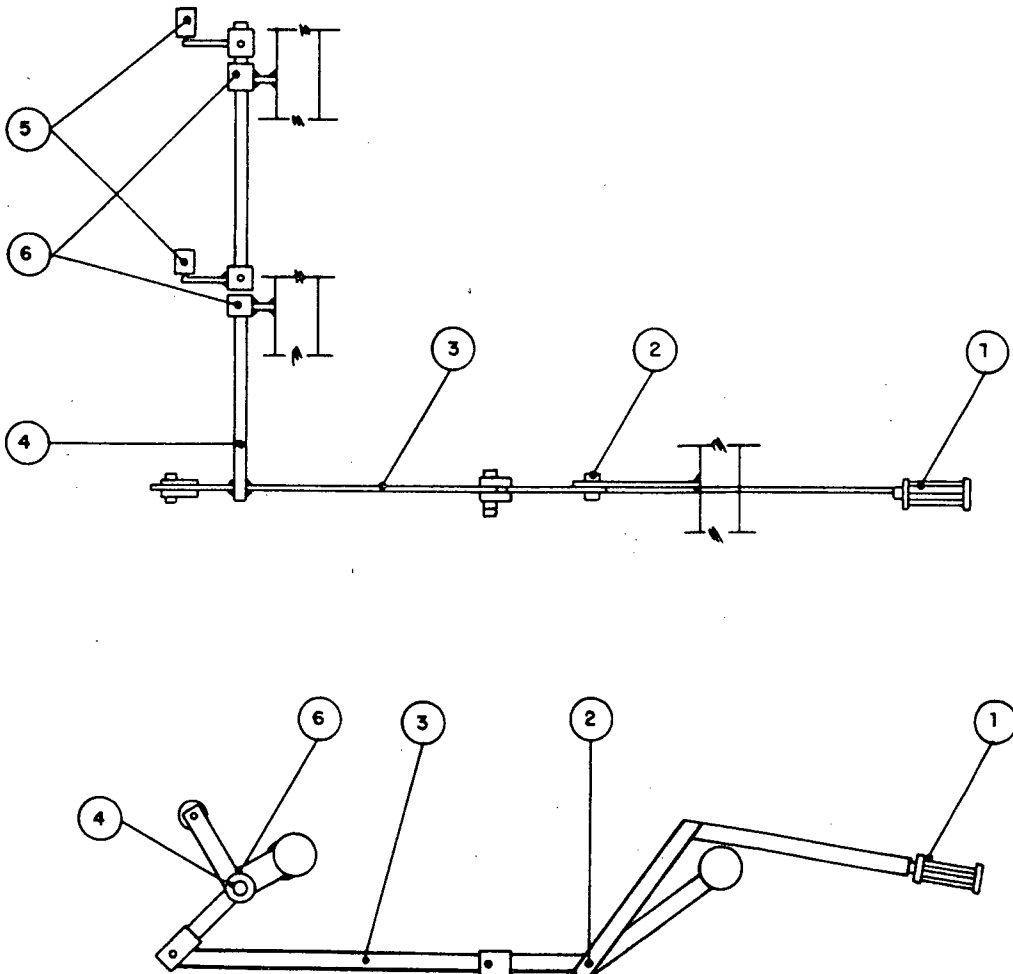


FIGURA 6.10: Vistas lateral e superior do sistema de levantamento

começa a retornar para a posição sem carga. A força do operador porém, não aumenta durante o curso da barra, devido à posição da barra dos roletes, que se aproxima da vertical e, conseqüentemente, o peso do módulo de colheita passa a ser totalmente suportado pela estrutura do módulo de comando, onde o eixo está apoiado.

As peças e conjuntos estão detalhados nos desenhos 28, 29, 30 e 31 do anexo.

6.4 - PROJETO DETALHADO DO MÓDULO DE TRACÇÃO

O módulo de tração é uma estrutura de madeira que possibilita o engate do animal à máquina por meio do arreamento tradicionalmente usado em equinos no sul do Brasil. O conjunto é mostrado na figura 6.11. As duas barras laterais de madeira (1) são encaixadas e fixas por abraçadeiras ao módulo de comando e são unidas entre si, através de uma barra transversal (2) de madeira, de duas chapas metálicas dobradas em "U" (3) e de duas barras com parafusos (4) na diagonal. As duas barras laterais (1) têm uma seção transversal de 65x55 mm, próximo ao encaixe no módulo de comando, sendo gradualmente reduzida para 45x50 mm na outra extremidade, o que torna mais leve a estrutura. Onde a chapa "U" é colocada, existe um rebaixo de 5 mm nas barras laterais (1), para manter sua posição. À frente das barras laterais é colocado um suporte metálico (5), fixo por abraçadeiras, com a função de amarrar as tiras de couro do arreamento e permitir o deslocamento da máquina junto com o animal. Um gancho (6) é fixo por porcas na região inferior da barra transversal (2), para engate do balancim do arreamento do animal proporcionando assim a tração da máquina.

Os desenhos 32 , 33 , 34 e 35 no anexo , mostram os detalhes das peças e do conjunto descrito. A figura 6.12 apresenta a máquina com os três módulos montados e na figura 6.13, tem-se a máquina após sua construção.

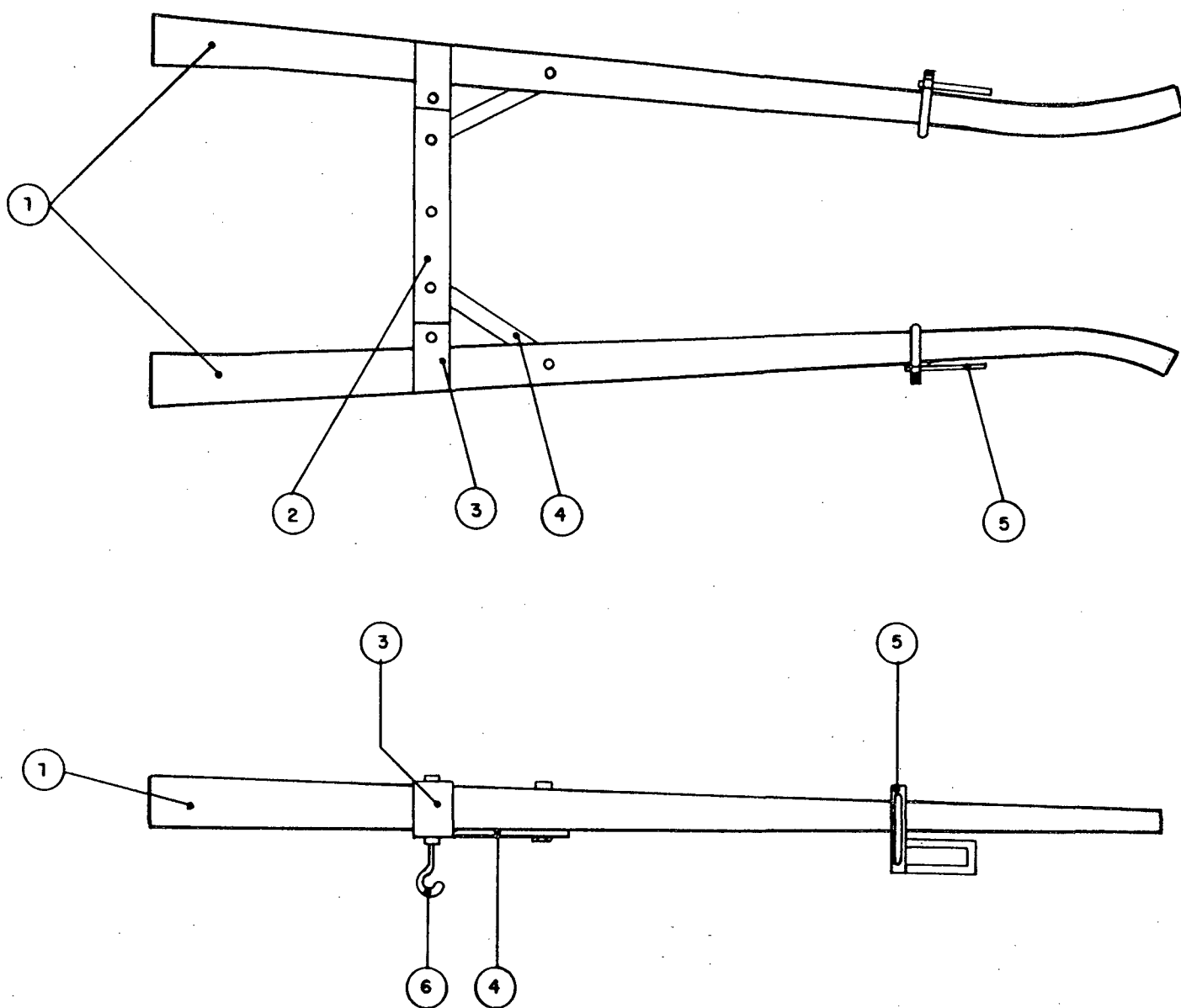


FIGURA 6.11: Vistas lateral e superior do módulo de tração.

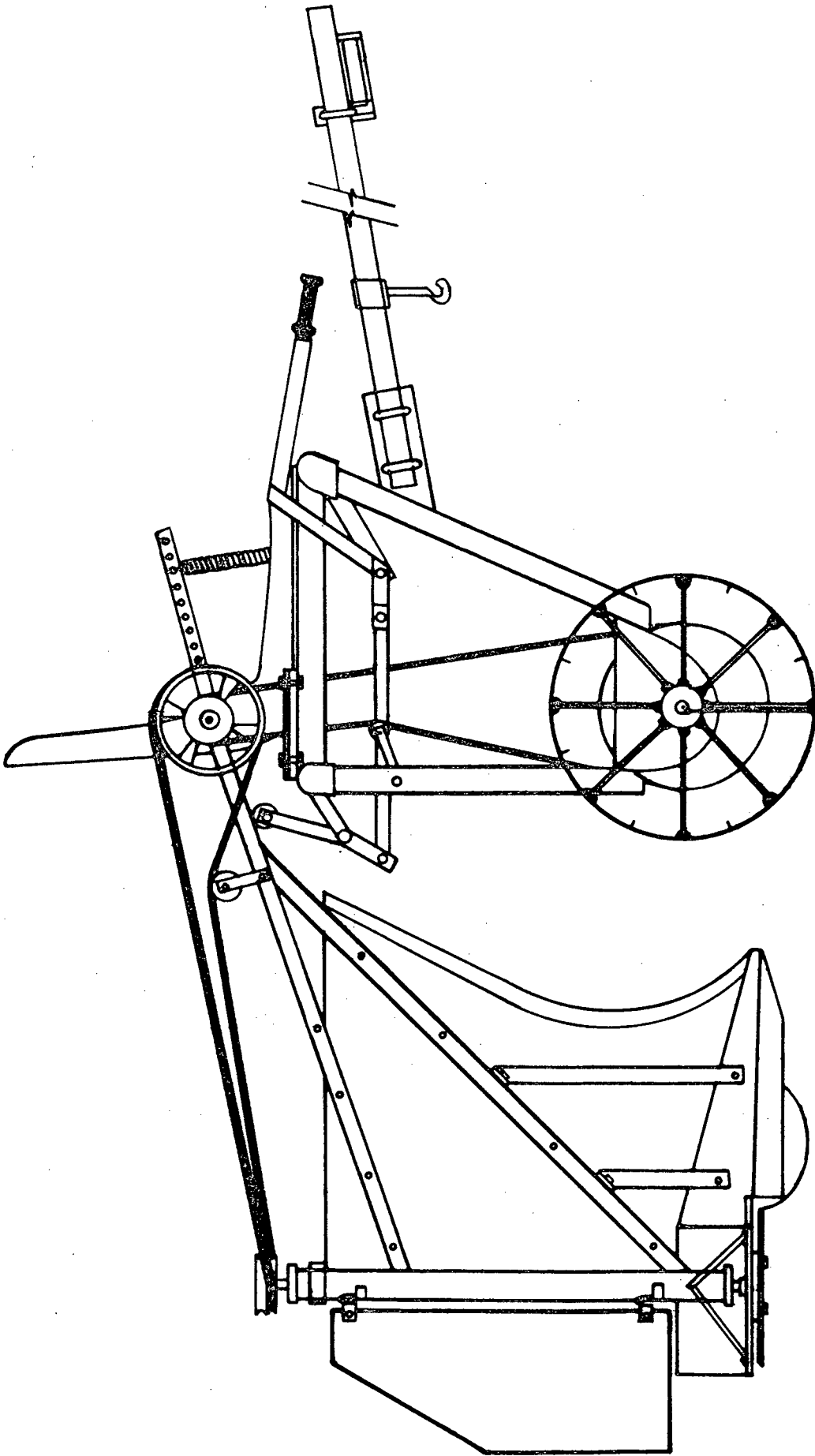


FIGURA 6.12: Vista lateral da máquina.

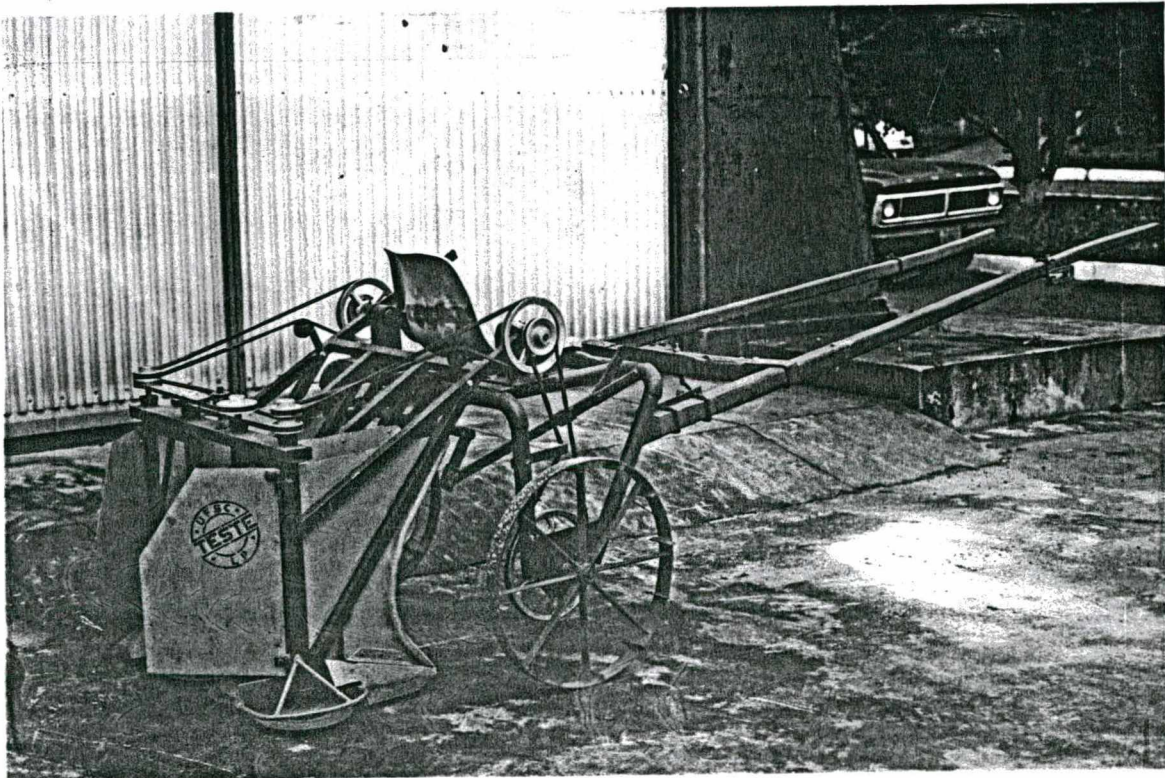
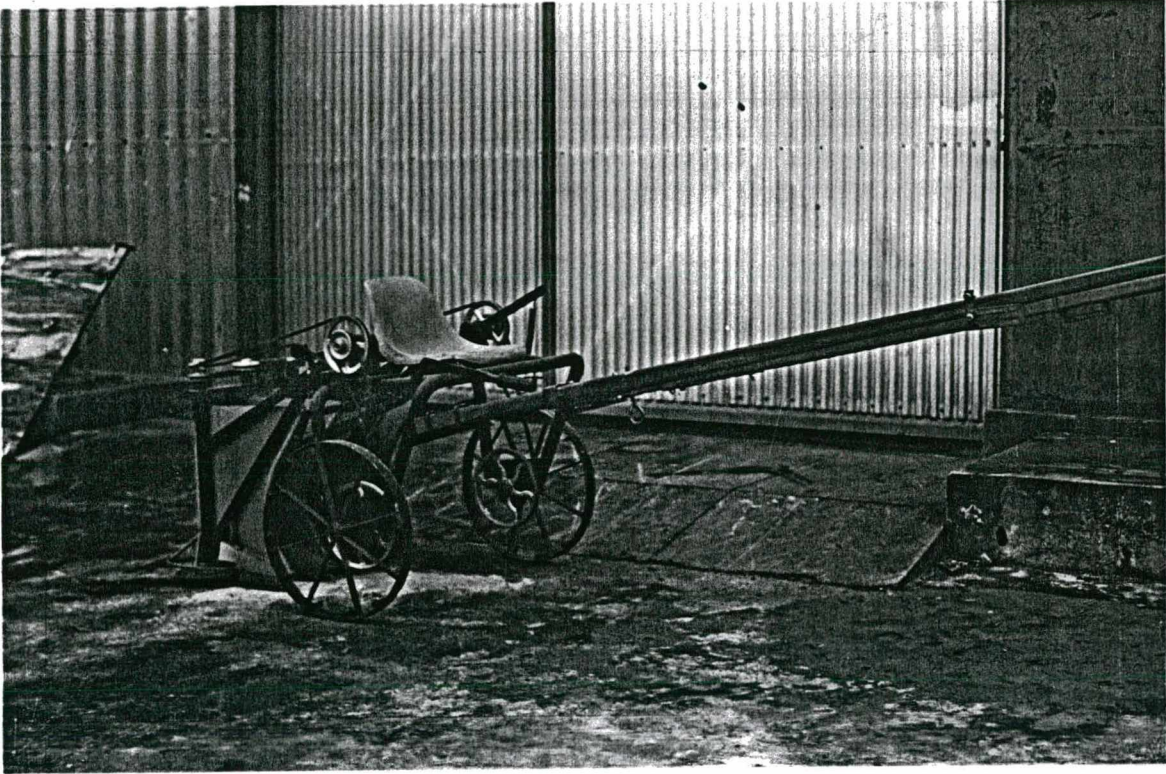


FIGURA 6.13: Vista geral do protótipo pronto.



Figura 7.1: Aspecto da área experimental.

A figura 7.1 mostra uma vista geral da área do teste.

O espaçamento entre linhas de plantas era muito variável devido ao pouco treinamento do animal e do operador no plantio com semeadora de tração animal. Após os testes iniciais, optou-se por operar com a roda reguladora da altura do módulo de colheita de modo que a sapata dos levantadores se arrastassem levemente sobre o solo.

As principais observações foram:

- a. ocorreram problemas com a vibração excessiva da estrutura do módulo de corte, principalmente dos tubos que envolvem os eixos externos dos discos. Tal vibração provocou um corte irregular, pois, a sobreposição e a folga vertical dos discos variava com o deslocamento da máquina, inclusive, por várias vezes, as posições dos discos, na sobreposição, alteravam-se;
- b. houve um embaraçamento excessivo das plantas em torno dos elementos rotativos, ou seja, nas pontas dos eixos (entre os flanges e os rolamentos) e nos eixos das rodas (entre a polia e

- a chapa de suporte do cubo da roda);
- c. a grande quantidade de tócos existentes na área ocasionou frequentes interrupções na operação , devido ao travamento dos discos de corte. A presença de tócos se deve ao fato da área ter sido destocada recentemente;
 - d. os levantadores de plantas não puderam ser avaliados adequadamente , pois o acamamento das plantas não era significativo ;
 - e. as placas enleiradoras não puderam ser avaliadas devido à irregularidade no corte das plantas ;
 - f. a máquina apresentou esforço de tração adequado a um equino , bem como as dimensões do módulo de tração foram adequadas. As rodas não apresentaram problemas de patinamento e acionaram adequadamente o sistema de transmissão , quando o operador apresentava um peso de 600 N ou mais ;
 - g. a variação no espaçamento entre linhas , acima dos limites de operação da máquina , prejudicou seu desempenho , bem como , dificultou a orientação do animal de tração.

7.3 - PRIMEIRO REPROJETO DO PROTÓTIPO

Visando solucionar os problemas detectados , foram feitas modificações no projeto, descritas a seguir. Para aumentar a rigidez dos tubos circulares que envolvem os eixos externos da estrutura do módulo de colheita , optou-se por soldar uma barra com 7,56 mm de espessura e 200 mm de comprimento, unindo os tubos circulares externo , interno e o tubo retangular , na sua face inferior , como mostra a figura 7.2 .

De modo a aumentar a rigidez na região inferior dos tubos circulares externos e não prejudicar a passagem das plantas

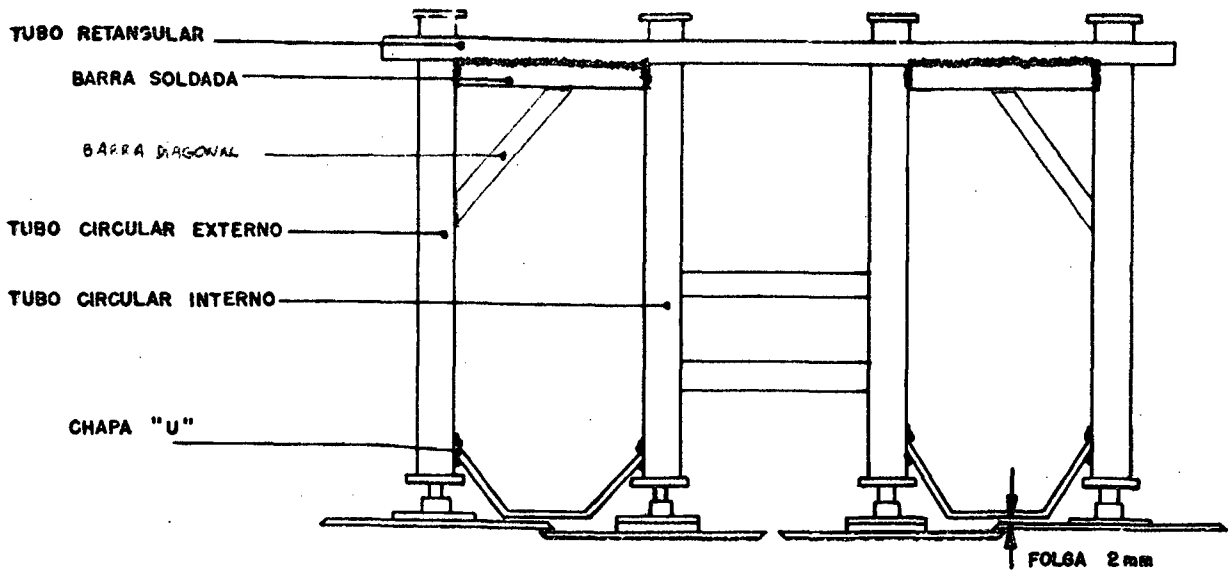


FIGURA 7.2: Reforços na estrutura do módulo de colheita.

foi soldada, nos tubos circulares, uma chapa com 4 mm de espessura e 40 mm de largura, dobrada na forma de "U", com as abas laterais a 45° . A base do "U" é disposta transversalmente à passagem das plantas e próxima ao início da sobreposição dos discos de corte, apresentando, também, uma folga vertical de 2 mm dos discos, como destacado nas figuras 7.2 e 7.3. A face da base do "U" que entra em contato com as plantas é afiada para ajudar no corte das mesmas.

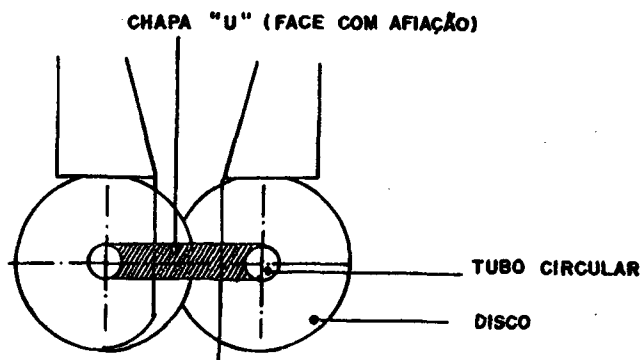


Figura 7.3: Vista superior da posição da chapa "U".

O teste foi prejudicado pelo comportamento atípico das plantas que , apesar de apresentarem as vagens secas , ainda continuavam com seu desenvolvimento vegetativo , restando cerca de 70% das folhas na colheita. Essa situação foi consequência da semeadura fora da época recomendada para a região. Havia , também , uma grande infestação de ervas na área.

As observações realizadas foram:

- a. ocorreu embuchamento excessivo de plantas de feijão e ervas entre os discos e a chapa "U" que une os tubos circulares. Os talos das plantas , após o corte , ficaram aprisionadas no espaço entre os discos e a chapa, dificultando tanto a entrada das plantas que estão chegando para serem cortadas , bem como a rotação dos discos de corte. Optou-se por retirar as chapas "U" para continuação do teste ;
- b. a grande quantidade de massa vegetal das plantas e ervas dificultou o fluxo de material entre as chapas que formam o "corredor" do módulo de colheita. Isso fez com que , após o corte , as plantas ficassem retidas acima dos discos até que atingissem certo volume , que era liberado de forma descontínua pela máquina , como pode ser visto na figura 7.4. Essa massa vegetal dificultava a entrada das plantas , derrubando-as para frente e prejudicando o corte ;
- c. não foi possível avaliar o desempenho das placas enleiradoras devido ao fluxo descontínuo das plantas no módulo de colheita ;
- d. ocorreu a entrada de material (folhas e talos de ervas) entre as chapas dos levantadores e os discos , proporcionando o travamento da rotação dos discos e o arraste da máquina.



FIGURA 7.4: Acúmulo de plantas acima dos discos de corte.

7.5 - SEGUNDO REPROJETO

Retirou-se a chapa "U" para assegurar a rigidez dos tubos que envolvem os eixos dos discos , foram soldadas duas barras ,na posição diagonal (figura 7.2), unindo o tubo circular externo e o tubo retangular. Estas barras foram colocadas de modo a não prejudicar a passagem das plantas.

Para evitar a entrada de material entre a chapa dos levantadores e os discos , colocou-se uma chapa de nylon , rebitada na parte interna dos levantadores , e apoiada no disco de corte , como mostra a figura 7.5. Outra mudança foi a troca das polias dos eixos dos discos de corte internos , de 75 mm para

100 mm de diâmetro. Espera-se que , assim , o corte seja facilitado , já que os discos terão velocidades tangenciais diferentes e um deles possa fazer o papel de uma contra-faca para a ação do outro.

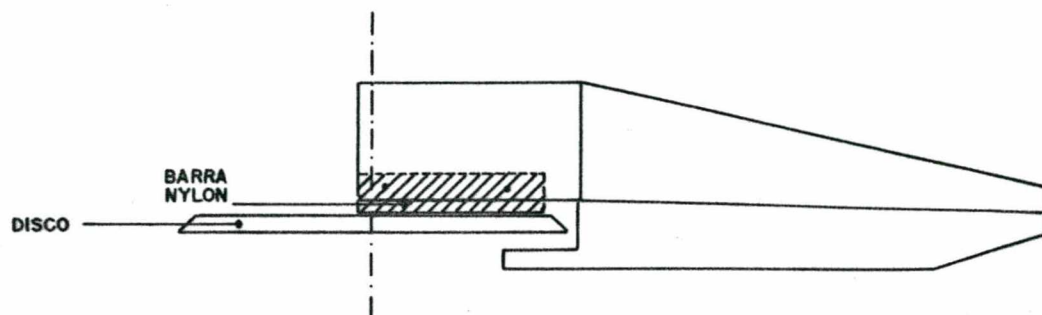


FIGURA 7.5: Posição da chapa de nylon.

7.6 - TERCEIRA FASE DE TESTES

Os testes foram realizados em Londrina , na estação experimental do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR , em 10/05/93. As variedades de feijão eram do tipo 3 , de hábito prostrado. A cultura apresentava um porte baixo e baixa produtividade de grãos , o que prejudicou a avaliação das perdas após a operação da máquina. Havia a presença de grande quantidade de ervas infestantes na área do teste.

Na colheita , as plantas apresentavam as seguintes características:

- 93 dias após o plantio (18 a 20% de umidade dos grãos);
- altura média de plantas: 290 mm ;
- número médio de plantas por metro linear: 15,4
- espaçamento médio entre linhas: 475 mm
- diâmetro médio do caule: 3,5 mm

- pouco acamamento de plantas.

A máquina foi regulada para trabalhar com a sapata dos levantadores arrastando-se levemente sobre o solo.

As principais observações foram:

- a. a máquina apresentou um desempenho geral satisfatório , conseguindo deslocar-se ao longo da área sem a necessidade de interrupções provocadas por embuchamento de plantas , travamento dos discos ou por falhas frequentes no corte das plantas ;
- b. ocorreu embaraçamento de plantas e ervas em torno do disco de corte e acima dos flanges , sem entretanto , comprometer o deslocamento da máquina ;
- c. as placas enleiradoras apresentaram um bom desempenho no direcionamento de plantas após o corte , para um ângulo de abertura de 40° , conforme referência da figura 5.7 .
- d. o sistema de elevação do módulo de colheita para transporte da máquina foi acionado sem dificuldades , pelo operador , durante as manobras ;
- e. quando a máquina saía da posição adequada em relação às linhas de plantas , devido ao afastamento do animal do centro da entre linha , observou-se que os levantadores defletiam as plantas para frente e passavam por cima das mesmas. Supõe-se que isto ocorra devido ao porte baixo das plantas , o que facilitou seu tombamento. São necessários , portanto , novos testes para avaliar o desempenho dos levantadores nessa situação.

O patinamento médio das rodas , medido pelo número de voltas dado pelas rodas num comprimento de 10 metros lineares , para cinco repetições, foi de 7,5% e a velocidade média do animal foi de 1,7 m/s , acima do valor teórico utilizado no projeto. A

altura média de corte do talo , medida a partir da superfície do solo , foi de 5,8 cm e na média de três observações , em cinco metros lineares , 6% das plantas não foram cortadas.

Não foram feitas modificações na máquina , apenas decidiu-se realizar novos testes em áreas mais representativas em termos de produtividade e porte de plantas.

7.7 - QUARTA FASE DE TESTES

Foi escolhida uma área de um pequeno produtor de feijão no município de Wenceslau Brás , região nordeste do Paraná , para realização do teste. O teste se deu no dia 21/05/93 , em uma área com a variedade IAPAR 14 (tipo 3), de hábito prostrado, com , aproximadamente , 80% de desfolha e baixa infestação de ervas.

As principais características da cultura eram:

- 90 dias após o plantio (20 a 25% de umidade);
- altura média de plantas: 340 mm ;
- número médio de plantas por metro linear: 15,7 ;
- espaçamento médio entre linhas de plantas: 436 mm ;
- pouco acamamento de plantas.

A regulagem da máquina com os levantadores arrastando-se levemente sobre a superfície do solo , apresentou os melhores resultados. Durante os testes foram feitas as seguintes observações:

- a. quando a máquina posicionava-se adequadamente na entre linha de plantas , ou seja , quando as rodas de tração estavam equidistantes das duas linhas, o desempenho geral da máquina foi satisfatório. O corte e enleiramento das plantas ocorreu de forma contínua , sem interrupções e as plantas foram enleiradas adequadamente , como pode ser visto na figura

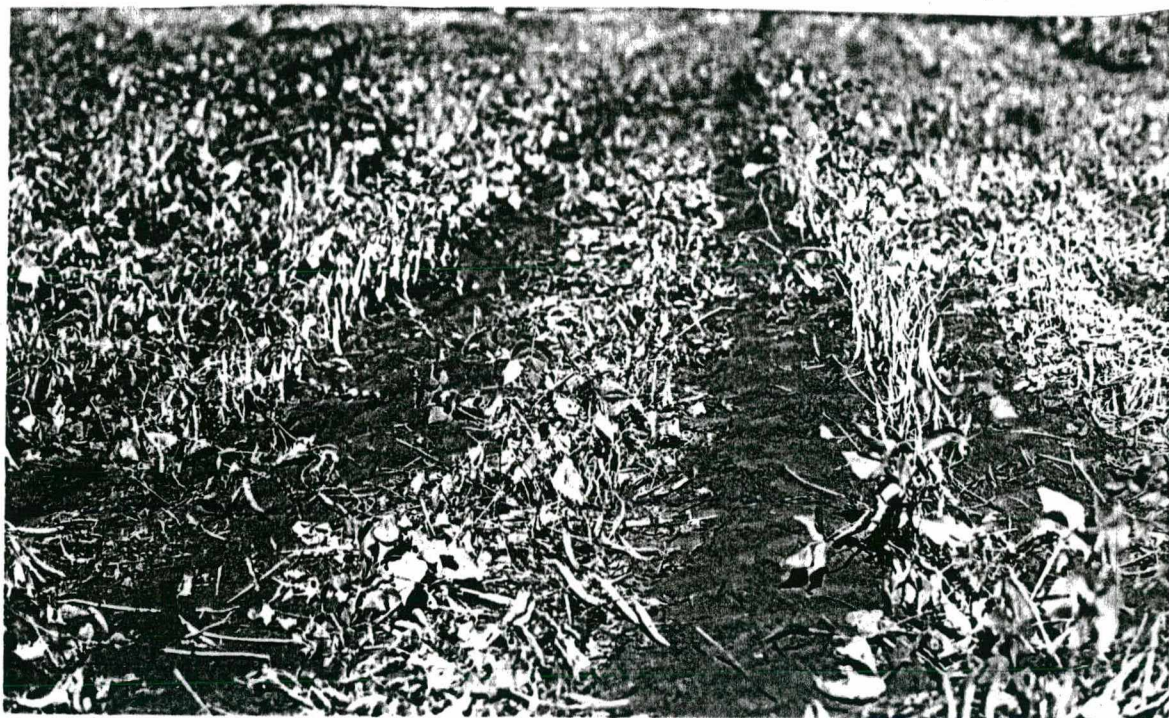


Figura 7.6: Aspecto das plantas enleiradas após a colheita.

7.6 . Em virtude do espaçamento entre linhas ser menor que 50 cm , os levantadores defletiam lateralmente os talos das plantas , de pelo menos uma das linhas. Como consequência , ocorreu com frequência o corte das primeiras ramas laterais das plantas , bem como o corte das vagens que encontravam-se próximas à superfície do solo, conforme esta representado na figura 7.7 ;

b. quando a máquina se afastava lateralmente em direção a uma das duas linhas de plantas , devido ao caminhar do animal fora da posição central , na entre linha de plantas , observou-se uma maior ocorrência de acamamento das plantas pelos levantadores. Neste teste isto ocorreu com maior intensidade , pois o espaçamento entre linhas era menor que o recomendado e ,

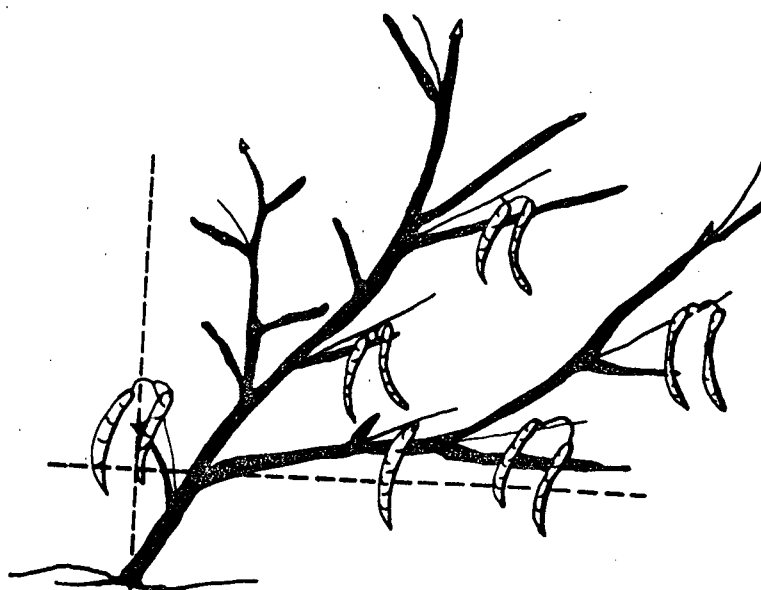


Figura 7.7: Deflexão lateral das plantas e altura de corte.

portanto, pequenas alterações na posição da máquina resultavam no tombamento das plantas e na passagem dos levantadores por cima do material, sem realizar o corte.

- c. o ângulo de abertura das placas enleiradoras entre 30° e 45° (ver figura 5.7) apresentou bons resultados, pois as plantas das duas linhas foram enleiradas de forma ordenada, ocupando de 30 a 40 cm de largura, figura 7.6. Aberturas maiores que 45° resultaram num fluxo descontínuo do material, ou seja, o material era cortado e ficava retido entre as placas enleiradoras e a estrutura do módulo de colheita, acumulando-se até cair em montes sobre o solo.
- d. que o deslocamento do animal na entre linha das plantas não ocasiona danos às mesmas, quando o animal caminha na posição correta;
- e. na opinião dos agricultores, a máquina vem ao encontro de seus

anseios de redução de custos de contratação de mão de obra para colheita. Foram identificadas pelos produtores as seguintes questões : a necessidade de adequar o espaçamento da cultura à colheita com máquina ; a necessidade de realizar o corte mais próximo à superfície do solo para minimizar as perdas e que o manejo das plantas para transporte , sem as raízes , requer mais trabalho , pois , as raízes ao se embaraçarem facilitam o transporte do material. Em relação à última questão , sabe-se que , por outro lado , o período de secagem das plantas , após o corte das raízes , é menor , representando um menor risco de perdas devidas às chuvas ;

f. ocorreu um pequeno acidente com a rédea do animal que ficou presa na correia meio cruzada.

A altura média de corte dos talos das plantas foi de 6,9 cm , superior ao terceiro teste. Provavelmente , essa diferença é consequência da presença de torrões e restos vegetais na superfície do solo , que provocou o levantamento mais frequente do módulo de colheita durante o deslocamento.

Devido ao tombamento das plantas pelos levantadores , 16% das plantas deixaram de ser cortadas pela máquina , o que representa um resultado inadequado.

A avaliação das perdas de grãos foram realizadas em uma área de um metro de comprimento e na largura de ação da máquina (0,7 m) , em cinco repetições. A tabela 7.1. apresenta as quantidades de ramas cortadas , vagens e grãos soltos além da porcentagem de perdas na produção , calculadas como a relação entre o peso dos grãos perdidos e a produção total da parcela avaliada , para a umidade de 15% dos grãos.

TABELA 7.1.: Dados da avaliação de perdas no teste.

Repetição	Número Grãos	Número vagens	Número ramas	Perdas (%)
1	4	18	0	15,4
2	5	41	2	27,9
3	13	5	4	11,9
4	12	20	3	22,0
5	7	22	1	16,9
média				18,8

A porcentagem média de perdas de grãos obtida (18,8%) está acima do recomendado (3%), indicando a necessidade de alterações no projeto.

Portanto, neste teste, o desempenho da máquina não foi satisfatório devido às perdas resultantes do corte das vagens e ramas inferiores e às falhas no corte das plantas. O corte das vagens e ramas inferiores ocorreu devido à deflexão lateral das plantas, pelos levantadores, como consequência do menor espaçamento das linhas de plantas, em relação ao espaçamento para o qual a máquina foi projetada. Os levantadores utilizados não foram capazes de levantar as ramas e vagens inferiores determinando, assim, o nível inadequado de perdas atingido.

Outro fator determinante do nível de perdas foi o tipo agronômico das plantas empregadas no teste, o qual apresenta uma maior quantidade de vagens que tocam o solo.

As falhas no corte das plantas resultam do posicionamento inadequado da máquina em relação às linhas de plantas, o que provocou o tombamento das plantas sem a realização do corte das mesmas. Conclui-se que as alterações

no posicionamento dos levantadores , somado ao espaçamento inadequado das linhas de plantas e ao tipo agronômico das plantas constituem os principais fatores que prejudicaram o desempenho da máquina.

7.8 - ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS NO PROJETO

Após a realização de quatro fases de testes foi possível identificar as limitações da máquina e seu desempenho em situações distintas. De forma geral o desempenho não foi satisfatório , porém em nenhuma das áreas experimentais foram reunidas as condições de operação previstas no projeto da máquina, em função de dificuldades e imprevistos ocorridos na condução das culturas. Recomenda-se , portanto , a realização de novos testes considerando as restrições e as recomendações descritas a seguir.

Os testes de campo demonstraram que o desempenho da máquina apresenta melhores resultados , desde que se atenda às seguintes restrições: terrenos sem tócos , pedras , restos vegetais de corte difícil e sem "chegamento" de terra ou sulcos nas linhas de plantas ; espaçamento entre linhas de plantas uniforme e com 50 cm ; treinamento do animal para caminhar corretamente na entre linha de plantas.

Nestas condições , sugere-se a continuidade do trabalho com as seguintes alterações:

1. reprojeter os levantadores de plantas de forma a facilitar o levantamento e direcionamento das plantas para os discos de corte. O novo desenho do levantador deve possuir os bicos mais abertos e atuando próximo à superfície do solo. Os levantadores devem , ao entrarem em contato com as plantas , desloca-las

lateralmente e de forma suave , direcionando-as para a região de corte e evitando que as plantas sejam acamadas para frente. A figura 7.8 apresenta uma proposta de alteração ;

2. abaixar 25 mm os discos de corte para reduzir a altura de corte dos talos das plantas , reduzindo o corte das ramas e vagens. Desse modo os discos atuarão mais próximos ao solo ;

3. reprojeter a estrutura do módulo de colheita , tornando-a mais leve e curta , para redução de peso e custo. A estrutura pode ter seu comprimento diminuído em até 200 mm , já que a distância entre centros para a correia meio cruzada parece ter sido super dimensionada , pois não foram verificados sinais de desgaste na correia e nem fuga da correia das polias em operação. A estrutura porém , deve ser reforçada com a utilização de um

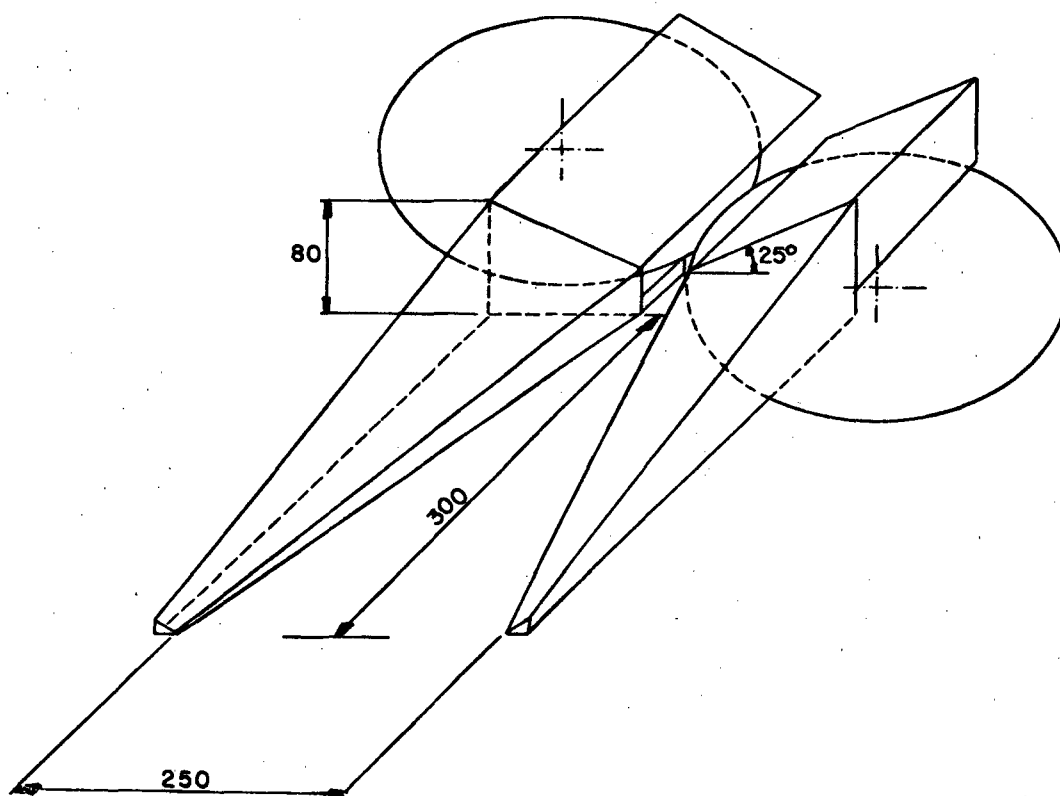


FIGURA 7.8: Proposta para reprojeto dos levantadores de plantas.

perfil retangular de espessura maior , para fixação dos tubos de alojamento dos eixos de corte ;

4. a roda de regulagem da altura de trabalho do módulo de colheita deve ser fixada na estrutura por meio de uma barra na posição vertical , com furos onde são colocados parafusos , em substituição à abraçadeira. Os furos permitem a regulagem da altura de trabalho da roda e os parafusos devem ser colocados a uma altura que facilite o acesso e seu aperto , como mostra a figura 7.9 ;

5. para evitar o embaraçamento do material vegetal acima dos flanges deve-se colocar suportes nos tubos protetores dos quatro eixos dos discos de corte , onde possam ser fixadas chapas que isolem os flanges do contato com o material , como mostra a figura 7.10 ;

6. avaliar o efeito da diferença de rotação dos discos de corte que atuam em conjunto , visando a recomendação da melhor

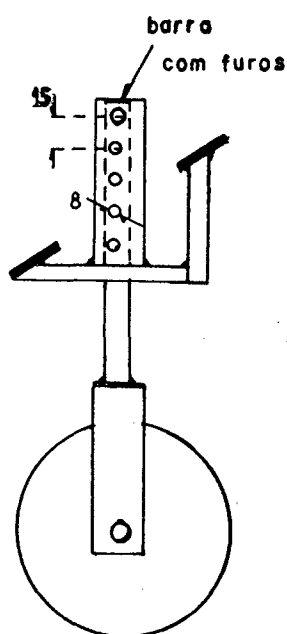


FIGURA 7.9: Proposta para fixação da roda de regulagem do módulo de colheita.

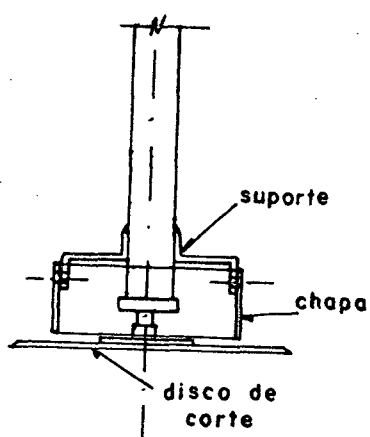


FIGURA 7.10: Proposta para fixação da proteção dos discos de corte.

7. avaliar a força adequada que deve ser suportada pela mola , para que o módulo de colheita não fique demasiadamente leve , passando , com facilidade , por cima do material e , nem muito pesado para ser elevado pelo operador ;
8. colocar chapas de proteção das correias meio cruzadas para evitar acidentes.

CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES

8.1 - INTRODUÇÃO

Após a fase de testes e reprojeto do protótipo é necessário analisar se a máquina atendeu adequadamente os requisitos de projeto previamente estabelecidos. O grau de aceitação da máquina, pelo produtor, relaciona-se diretamente com o atendimento destes requisitos, pois os mesmos foram estabelecidos de acordo com as necessidades do produtor.

Os itens não atendidos satisfatoriamente definirão as alterações necessárias no projeto.

8.2 - ANÁLISE DOS REQUISITOS DE PROJETO

Os requisitos de projeto estabelecidos são analisados a seguir:

1. atuar em áreas com até 25% de declividade: o projeto da máquina estabelece uma altura do centro de gravidade, teóricamente, adequada para operação até este nível de declividade, sem riscos para o operador. Entretanto, a máxima declividade das áreas experimentais foi de 8%, onde não se verificaram problemas. São necessários, portanto, testes em áreas com declividades próximas à requerida para avaliação do desempenho.
2. atuar em linhas espaçadas de 50 cm e com 15 plantas por metro linear: essa condição foi obtida apenas na terceira fase de testes, quando se conseguiu os resultados mais baixos de porcentagem de plantas não cortadas. Entretanto a avaliação de perdas na colheita não foi realizada neste experimento.

3. colher plantas dos tipos agronômicos 2 e 3 (descritos no item 3.2.5): os resultados obtidos indicam um maior grau de dificuldade para colheita de plantas do tipo 3 com reduzido nível de perdas. Para plantas do tipo 2 é possível atingir o nível desejado a partir das alterações propostas.

4. atuar no sistema consorciado: a máquina pode atuar em áreas com consórcio de culturas, desde que haja, no mínimo, 1,30 m entre as linhas da outra cultura.

5. produtividade de trabalho de 8 homens-hora/hectare: a capacidade efetiva de campo da máquina é de 4,7 homens-horas/hectare, considerando uma eficiência de campo (tempo dispendido nas manobras, transporte e regulagens da máquina) de 60% para essa operação [30].

6. peso compatível com a tração animal: a máquina está adequada para ser tracionada por um animal (equino ou muar).

7. custo: estima-se o preço de venda da máquina em torno de US\$700,00. Este valor é elevado para o público alvo da máquina, conforme análise realizada no capítulo 3. Dessa forma, são necessárias alterações que possibilitem a redução do preço para cerca de US\$ 400.

8. nível de perdas igual ou menor que 3%: o nível de perdas atingido nos testes (18.8%) foi seis vezes superior ao nível esperado. Para redução desse nível devem ser implementadas as recomendações propostas no item 7.8.

9. ergonomia: o operador tem uma posição confortável de trabalho e visualização adequada da máquina operando.

10. fabricação: os métodos e os materiais empregados são convencionais e acessíveis às pequenas indústrias;

11. manutenção: a máquina requer operações simples de manutenção e que podem ser realizadas pelo produtor.

raízes;

- avaliação da demanda de trabalho para o recolhimento manual das plantas enleiradas , após sua secagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - ARAÚJO, A. G.. Definindo prioridades para a pesquisa em máquinas e mecanização agrícola adaptada aos sistemas de produção predominantes do centro-sul do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA , XIX , Piracicaba , SP , SBEA , 1990 . Anais. p.631-42.
- [2] - BACK, N. Metodologia de projeto de produtos industriais. Rio de Janeiro , GUANABARA , 1983. 389 p.
- [3] - BALASTREIRE, L. A. Máquinas Agrícolas São Paulo , MANOLE , 1987. 305 p.
- [4] - BARGER, E. L.; LILJEDAHL, J. B.; CARLETON, W.M.; MCKIBBEN, E. G. Tractors and their power units. Second Edition New Delhi, Willey Eastern Private Limited , 1967.
- [5] - BULISANI, E. A.; ALMEIDA, L. D.; ROSTON, A. J. A Cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo. In: FUNDAÇÃO CARGILL , Feijão : Fatores de Produção e Qualidade. Campinas, S.P. , 1987.
- [6] - CARDONA, A. C. Uso de maquinaria en el cultivo de frijol. Agricultura Tropical,15. 1959 p.839-44.
- [7] - CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes : Ciência , Tecnologia e Produção. 2^a ed. rev. Campinas, Fundação Cargill , 1983. 429p.
- [8] - CARVALHO, J.A. ; TOLEDO, V.F. Desempenho de colhedoras automotrizes de grãos. In: Fundação Cargill, IV Ciclo de Estudos sobre Mecanização Agrícola. Campinas, S. P., 1990. p.189-95.
- [9] - CASO JR., R. ; CAVIGLIONE, J.H.; MORINI, A.A.; ARAÚJO, A.G. ; RIBEIRO, M.F.S. ; SILVA, A.C.R. ; DEL GROSSI, M.E. A Mecanização Agrícola no Brasil - Uma proposta

- para o Paraná. Londrina , PR. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR , 1991. 131 p.
- [10] - CHANG , C.C. Energia do melo rural e equipamentos de preparo do solo. Campinas , 1981. 14 p.
- [11] - CHANG , M.Y. ; SEREIA , J. Tipificação e caracterização dos produtores do Estado do Paraná. Londrina, PR. IAPAR , 1989. 245 p.
- [12] - CONTO , A.J. ; VIEIRA , E.H.N. ; OLIVEIRA , E.T. ; CASTRO, T.A.P. Aspectos técnicos e econômicos da colheita mecânica e manual de feijão. Goiânia , Embrapa - CNPAF. Agosto , 1980. (Circular Técnica , 2)
- [13] - Cosechadoras de granos - Manuales para educacion agropecuária México, Editorial Trillas , 1982. 78p.
- [14] - DE SIMONE , M. ; FAILDE , V. ; GARCIA MEDINA , S.; PANADERO PASTRANA , C. Recoleccion mecanica de judias Phaseolus vulgaris L. para grano seco en la Republica Argentina. Rivista de Ingegnaria Agraria , 2 :65-72 , 1992.
- [15] - DEBOUCK , D. ; HIDALGO , R. Morfologia de la planta de frijol común. In: LÓPEZ , M. ; FERNANDEZ , F. ; VAN SCHOONHOVEN , A. , ed. Frijol : investigacion y produccion. Cali , Colombia , CIAT , 1985. p. 7-41.
- [16] - DEL GROSSI , M.E. Características da produção agrícola no Brasil. Londrina , 1992. (mimeografado).
- [17] - DEWEY Jr., A.H. Apparatus for harvesting beans or similar crops. USA N.4 , 214 , 423. 29 julho , 1980.
- [18] - DIAS , G. Mais renda , mais comida. Globo Rural (40):88-89 , fev. , 1989.
- [19] - DIXON , R. Harvesting mechanism. U.S.A. N 2 , 354 , 986. 24 maio , 1943.

- [20] - DUFNER , D.E. Bean harvester U.S.A. N. 4 , 297 , 830.
03 november , 1981.
- [21] - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro. Goiânia , 1985. 43 p. (EMBRAPA / CNPAF. Circular Técnica , 13).
- [22] - FARIA , R.T. ; KRANZ , W.M. Determinação de espaçamentos e densidades adequadas para as cultivares de diferentes portes. In : Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão , 1 , Goiânia , Go , 1982, ANAIS...Goiânia , Embrapa - CNPAF 1982. p. 118-9.
- [23] - FILHO , A.P. ; COELHO , J.L.D. Aspectos gerais da mecanização na cultura do feijão. In : FUNDAÇÃO CARGILL , IV Ciclo de Estudos sobre Mecanização Agrícola. Campinas , S.P. , 1990. p. 97 - 147.
- [24] - GUNKEL , W.W. ; ANSTEE , L.L. Direct harvesting of dry beans. Agricultural Engineering , December : 694 - 7 , 716 , 1962.
- [25] - HENNIGEM , J. Colheita , Processamento e Armazenamento de feijão. In : Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S. A. A Cultura do Feijão em Santa Catarina. Florianópolis , S.C. , 1992. p. 281 - 85.
- [26] - HUMMEL , J.W. ; NAVE , W.R. Impact cutting of soybeans plants. Transactions of the ASAE , 22 (1):35-9, 1979.
- [27] - HUMMEL , J.W. ; WINN Jr , P.N. Measuring cutting forces of Maryland tobacco in relation to mechanical harvester design. Transactions of the ASAE , 10 (1):12-4 , 1967.
- [28] - IIDA , I. ; WIER ZEBICKI , H.A.T. Ergonomia - notas de

- aula. São Paulo ,1978. 292 p. (3^a edição)
- [29] - KANAFOJSKI , C. ; KARWOWSKI , T. Agricultural Machines , Theory and Construction. Varsóvia , Polónia , 1976. 1043 p. (vol. 2).
- [30] - KEPNER , R.A. ; BAINER , R. ; BARGER , E.L. Principles of Farm Machinery. Second Edition , Westport , The Avi Publishing Company , 1972. 485 p.
- [31] - KLENIN , N.I. ; POPOV , I.F. ; SAKUN , V.A. Agricultural Machines - Theory of Operation , Computation of Controlling Parameters and the Conditions of Operation. New Delhi , A. A. Balkema , Rotterdam , 1986. 633p. (Russian Translation Series).
- [32] - KRANZ , W.M. População de plantas. In : Fundação Instituto Agronômico do Paraná. O Feijão no Paraná. Londrina , 1989. p.115 - 26.
- [33] - LACASA , A. Mecanizacion de la cosecha de frijol. Informacion express : mecanizacion de la agricultura , vol. 12 , 33 (88):11 - 17 , janeiro , 1988.
- [34] - LAURENTI , A.C. Estrutura agrária do município de Rio Azul. Diagnóstico preliminar voltado ao direcionamento das ações de pesquisa agrícola no PRÓRURAL. Londrina, IAPAR , 1985. 77 p. (Boletim Técnico , 19).
- [35] - LLANILLO , R.F. ; GUERREIRO , E. Panorama da produção paranaense de feijão. In : Fundação Instituto Agronômico do Paraná. O Feijão no Paraná. Londrina, 1989. p. 7 - 24. (Circular Técnica).
- [36] - LOLLATO , M.A. Colheita , processamento e armazenamento. In : Fundação Instituto Agronômico do Paraná. O Feijão no Paraná. Londrina , IAPAR , 1989. (Circular Técnica 63).

- [37] - MARIOT , E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In :
Fundação Instituto Agronômico do Paraná. O Feijão no
Paraná. Londrina , IAPAR , 1989. p. 25-41. (Circular
Técnica 63).
- [38] - MCOLLY , H.F. Harvesting edible beans in Michigan.
Transactions of the ASAE , 8(1) : 68-71,75 , 1958.
- [39] - MENEZES , J.F. ; RIGITANO , A. Alguns aspectos da
mecanização das operações na cultura do feijão. In :
I Simpósio Brasileiro do Feijão. Anais. V. 2.
Agosto , 1971.
- [40] - NADAL , R. Aspectos econômicos da cultura do feijão.
In : Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de
Tecnologia de Santa Catarina S.A. , Florianópolis ,
S.C. A Cultura do feijão em Santa Catarina. 1992.
p. 25-35.
- [41] - NIEMANN , G. Elementos de Máquinas. São Paulo , Edgard
Blücher , 1971. 201 p. (volume 3).
- [42] - O Feijão Entra na Era da Colheita Mecânica. Trator e
Implementos , 1(2). p. 4. 1991.
- [43] - OLIVEIRA , E.T. ; CASTRO , T.A.P. Comportamento de
alguns equipamentos utilizados na colheita de feijão no
sistema solteiro de cultivo. Goiânia , Embrapa -
CNPAP , outubro 1979. (Comunicado Técnico 2).
- [44] - PARANÁ . Secretária da Agricultura e Abastecimento,
Departamento de Economia Rural. Agricultura
Paranaense 1988/89. Curitiba , 1988. 11 p.
- [45] - PAYÉS , M.A.M. Sistemas de produção predominantes na
região de Irati - PR : Um estudo de tipologia e
diferenciação de produtores rurais. IAPAR , Londrina,

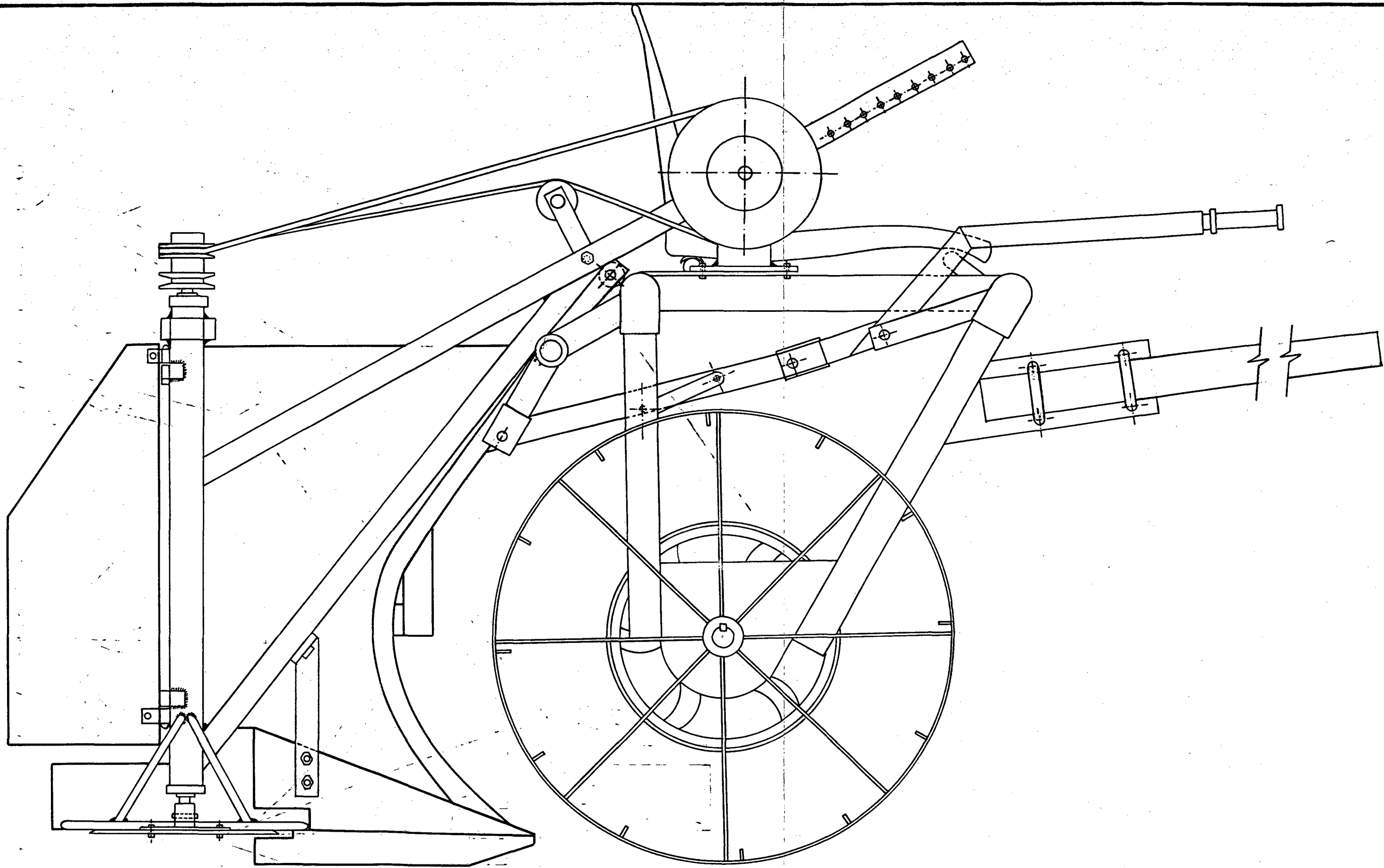
- PR. (Boletim Técnico , 27).
- [46] - PETERSON , D.L. ; BROWN , G.K. ; SRIVASTAVA , A.K.
Mechanical harvester for leafy green vegetables.
Transactions of the ASAE , p. 312-18 , 1981.
- [47] - POMPEU , A.S. Melhoramento do feijoeiro. In : Fundação
Cargill. Feijão : Fatores de produção e qualidade.
Campinas , S.P. ,1987.
- [48] - Recolecion de frijol totalmente mecanizada. Agricultura
de las Américas. p. 7-9 , fevereiro , 1973.
- [49] - RIVERO , N. ; CASTINEIRA , L. Caracterizacion de 8
variedades de frijol comum (Phaseolus vulgaris , L.)
Havana , Cuba , INIFAT , 1988. 15 p. (Reporte de
Investigacion , 47).
- [50] - ROCHA , J.A.M. Colheita. In : Associação Brasileira
para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. A Cultura do
Feijoeiro : Fatores que afetam a produtividade.
Piracicaba , S.P. , 1988. p. 341-44.
- [51] - ROCHA , J.A.M. ; VIEIRA , N.R.A. ; VIEIRA , E.H.N. ;
AIDAR, H. Efeito da antecipação da colheita sobre a
produtividade e a qualidade da semente do feijão da
terceira época de plantio. Goiânia , Embrapa - CNPAF,
dez. , 1983. p. 1-15 (Boletim de Pesquisa).
- [52] - ROSOLEM , C.A. Nutrição e adubação do feijoeiro. In :
Fundação Cargill Feijão : Fatores de Produção e
Qualidade. Campinas , S.P. , 1987.
- [53] - ROTHBART , H.A. Mechanical Design and Systems Handbook.
New York , McGraw-Hill , 1964.
- [54] - SHERTZ , C.E. Rotary cutters and cylindrical rollers for
gathering function in harvesting of soybeans. ASAE
Paper n^o 70-628 , 1970. ASAE , St. Joseph , MI 49085.

- [55] - SCHOENLEBER , L.G. ; BOUSE , L.F. Mechanized harvesting of Castor beans. Transactions of the ASAE , 7(2):97-9 , 101. 1964.
- [56] - SHRIVASTAVA , N.C. ; DYCK , F.B. Development of a single row safflower harvester. Agricultural Mechanization in Asia. Summer 1978. p.63-5.
- [57] - SILVA , J.G. Colheita Mecânica. In : Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. A Cultura do Feijoeiro : Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba , S.P., 1988. p. 345-58.
- [58] - SILVA , J.G. ; CONTO , A.J. ; GUAZZELLI , R.J. ; FONSECA , J.R. Colheita mecanizada do feijão. Informe Agropecuário , 90:48-54 , Belo Horizonte , 1982.
- [59] - SILVA , J.G. ; FONSECA , J.R. ; CONTO , A.J. A colheita mecanizada do feijão no Brasil. Informe Agropecuário, 103:40-42 , 1983.
- [60] - SILVEIRA , N. Implemento Agrícola para cortar ou arrancar feijão. BR. N MU6000710. 17 junho , 1980.
- [61] - SOUZA , D. Implemento Agrícola para arrancar a cultura de feijão ou similares. BR. N PI 8200403 22 janeiro 1982.
- [62] - STI / EMBRAPA. Cadastro de entidades atuantes em ciência e tecnologia. Brasília , 1983.
- [63] - VIEIRA , C. Colheita e Trilha. Cultura de feijão 2^a edição. Viçosa. Imprensa Universitária (UFV), 1983. p. 114-8.
- [64] - VIEIRA , J.L.T.M. Produção e comercialização no Brasil. In : Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. A Cultura do Feijoeiro : Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba ,

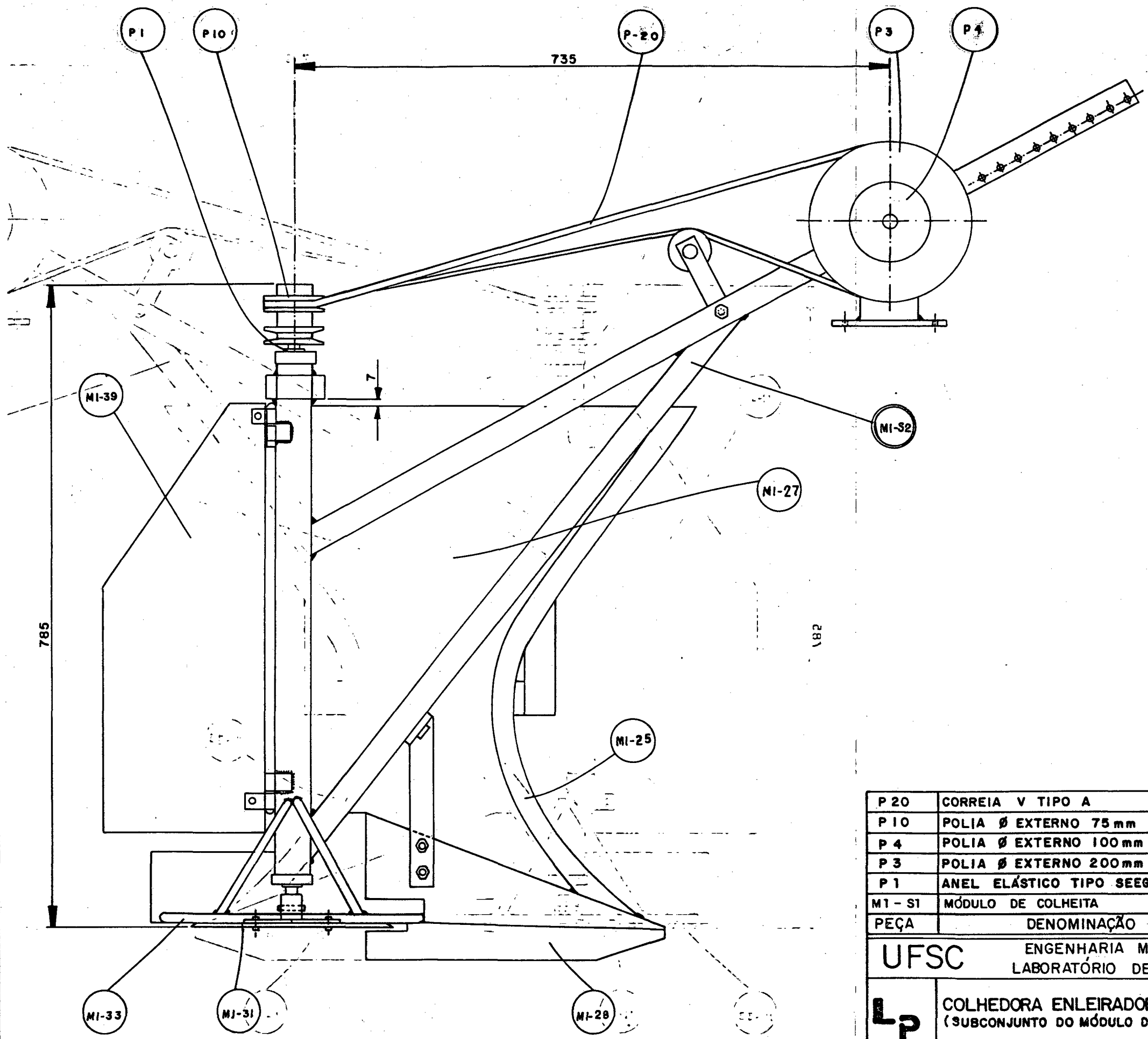
S.P. , 1988. p. 21-36.

- [65] - VIEIRA , M.J. Solos de baixa aptidão agrícola : opções de uso e técnicas de manejo e conservação. Londrina , IAPAR , 1987. 68 p. (Circular Técnica 51).
- [66] - VILHORDO , B.W. ; BURIN , M.E.; GANDOLFI , V.H. Morfologia. In : ZIMMERMANN , M.J.de O.; ROCHA , M.; YAMADA , T., ed. A Cultura do Feijoeiro : Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba : Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato , 1988. p. 87-123.
- [67] - WILLIAMSON , R.E.; SMITTLE , D.A. High density snap bean harvester trial. Transactions of the ASAE. 19(5):844-7 , 1976.
- [68] - WILKINSON , R.H. ; BRAUNBECK , O.A. Elementos de Maquinaria Agrícola. Roma , FAO , 1977. 301 p. (Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 12 Sup. 2).
- [69] - WOODSON , W.E.; CONOVER , D.W. Human Engineering Guide for Equipment Designers. 2^a ed. Los Angeles, 1964.

ANEXO

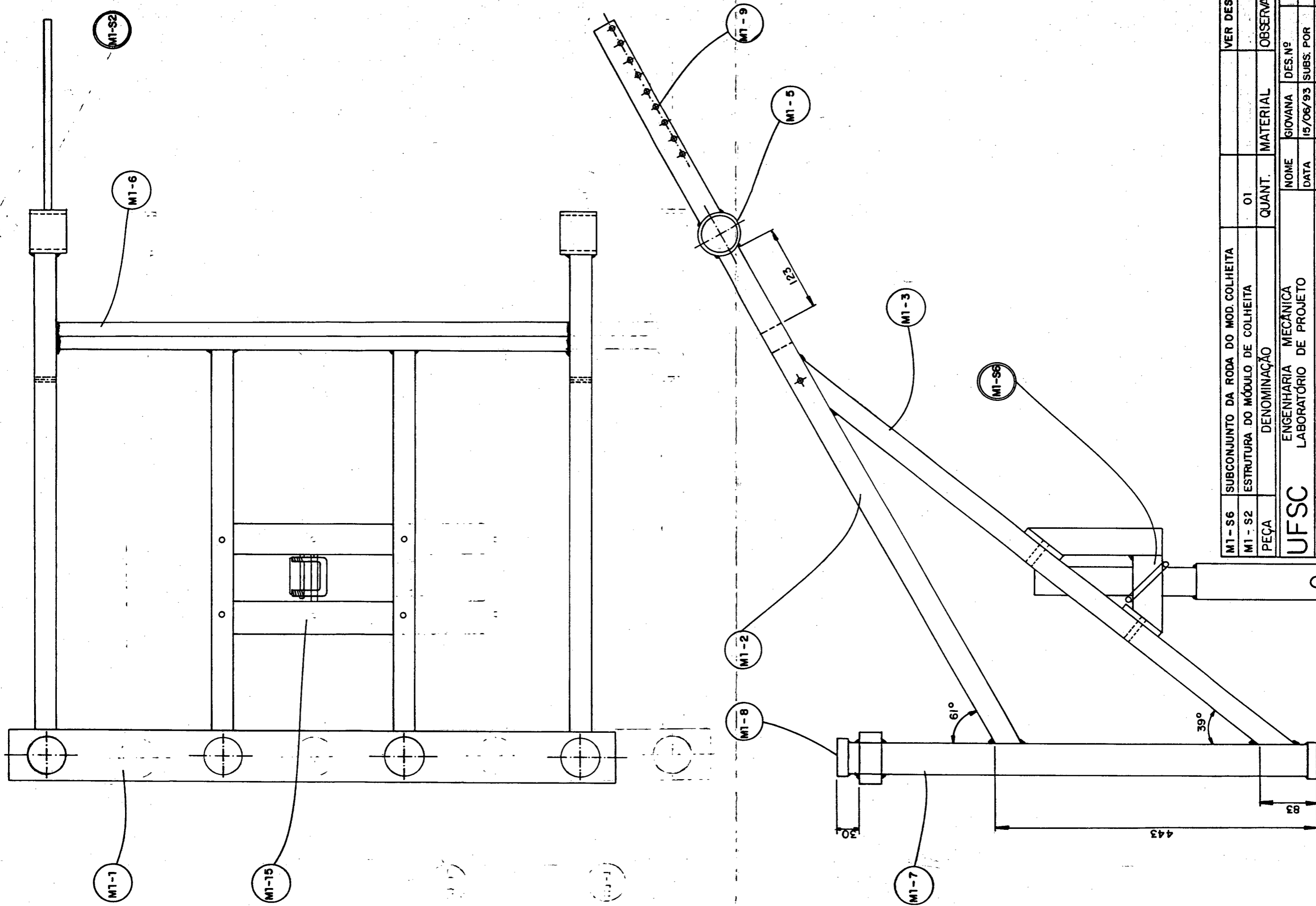


PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT	MATERIAL		OBSERVAÇÃO	
UFSC Lp	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO (CONJUNTO GERAL)		NOME	GIOVANA	DES. Nº	01
			DATA	22/06/93	SUBS. POR	
			VISTO	AUGUSTO	EM SUBS. DE	
			DATA		UNIDADE	mm
	ESCALA	1/5	APROV.			



P 20	CORREIA V TIPO A	02	BORRACHA	A - 71
P 10	POLIA Ø EXTERNO 75 mm	06	ALUMÍNIO	
P 4	POLIA Ø EXTERNO 100 mm	02	ALUMÍNIO	
P 3	POLIA Ø EXTERNO 200 mm	02	ALUMÍNIO	
P 1	ANEL ELÁSTICO TIPO SEEGER	08	CF. FABRICANTE	GR. 501017
M1 - S1	MÓDULO DE COLHEITA	01		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

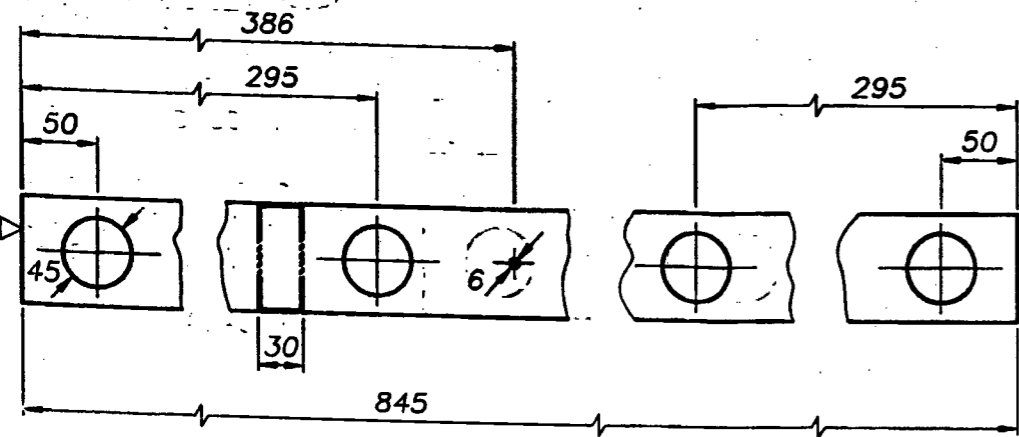
Lp	UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA		NOME	GIOVANA	DES. Nº	2
			LABORATÓRIO DE PROJETO		DATA	15/06/93	SUBS. POR	
			COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO		VISTO	AUGUSTO	EM SUBS. DE	
			(SUBCONJUNTO DO MÓDULO DE COLHEITA)		DATA		UNIDADE	mm
				ESCALA	1/5	APROV.		



M1-S6	SUBCONJUNTO DA RODA DO MOD. COLHEITA		VER DES. 8
M1-S2	ESTRUTURA DO MÓDULO DE COLHEITA	01	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA		
	LABORATÓRIO DE PROJETO		
	COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO		
	(SUBCONJUNTO DA ESTRUTURA MÓD. COLHEITA)		
		NOME	DES. Nº
		DATA	SUBS. POR
		VISTO	EM SUBS. DE
		DATA	UNIDADE
		ESCALA	mm
		1/5	
		APROV.	

LP

M1-1

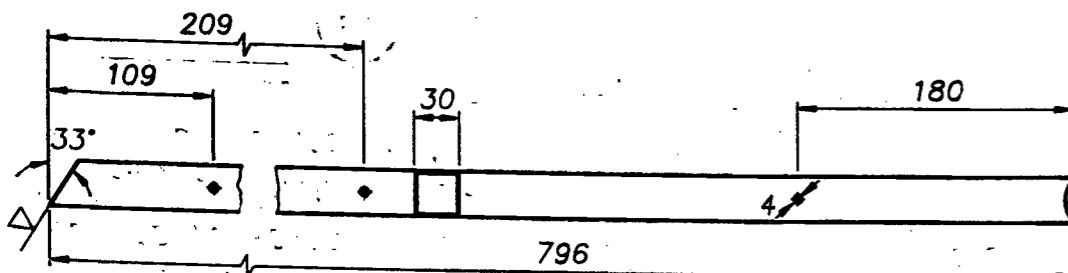


QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

OBS: USAR TUBO MECANICO DE SECAO RETANGULAR 70x30 ESP. 1.9mm

ESCALA 1/5

M1-2

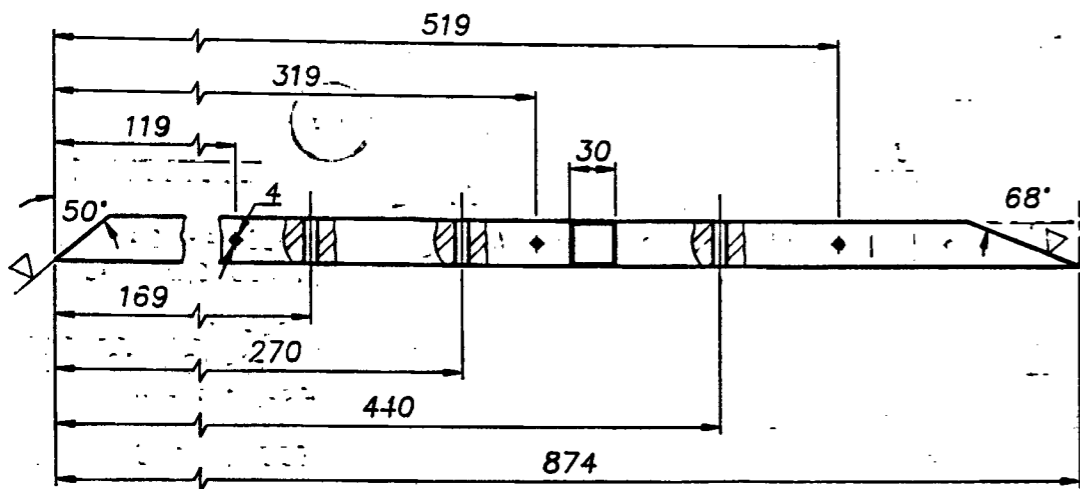


QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

USAR TUBO DE SECAO QUADRADA 30 x 30 ESP. 1.9 mm.

ESCALA 1/5

M1-3

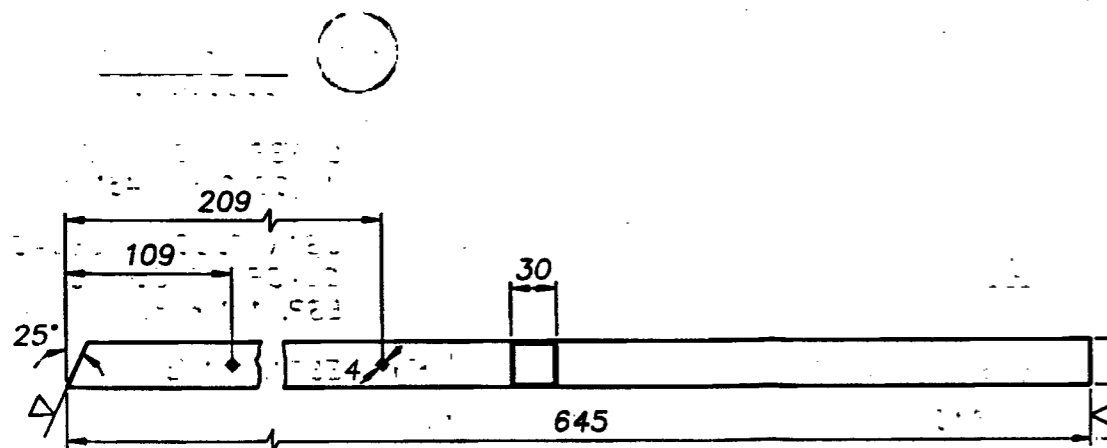


QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

USAR TUBO DE SECAO QUADRADA 30 x 30 ESP. 1.9 mm.

ESCALA 1/5

M1-4

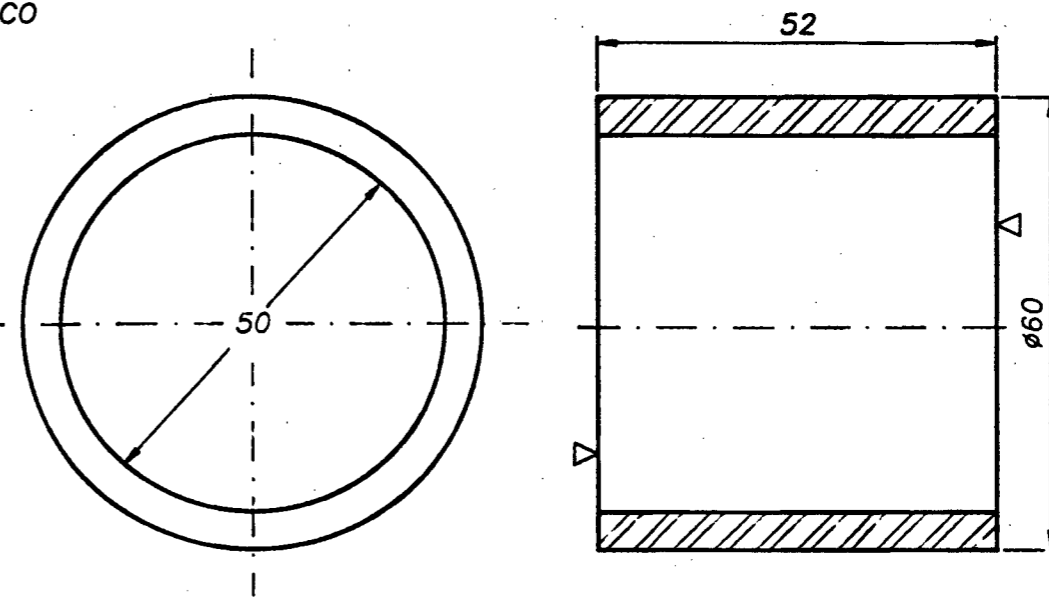


QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

USAR TUBO DE SECAO QUADRADA 30 x 30 ESP. 1.9 mm.

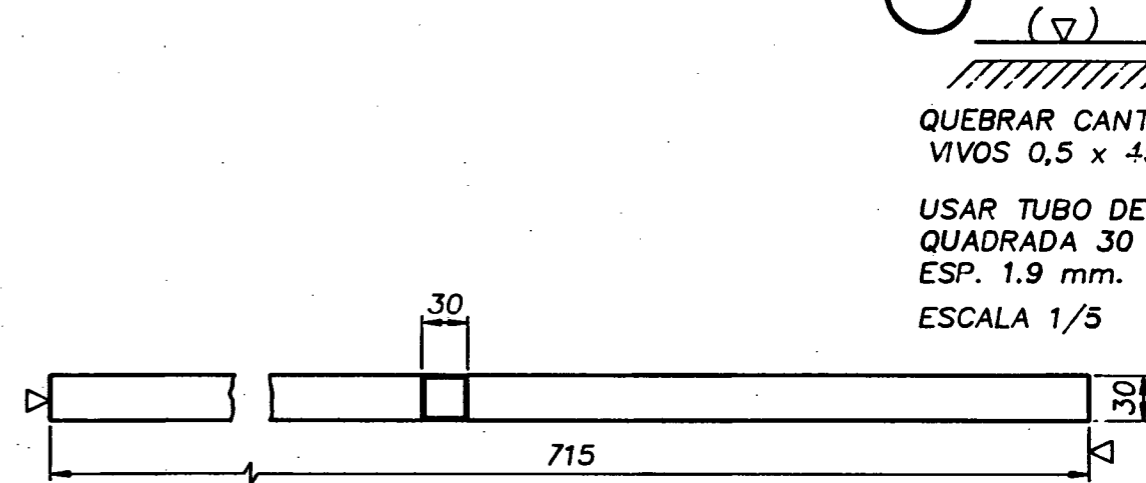
ESCALA 1/5

M1-5



QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

M1-6



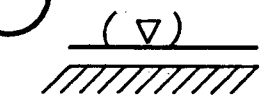
QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

USAR TUBO DE SECAO QUADRADA 30 x 30 ESP. 1.9 mm.

ESCALA 1/5

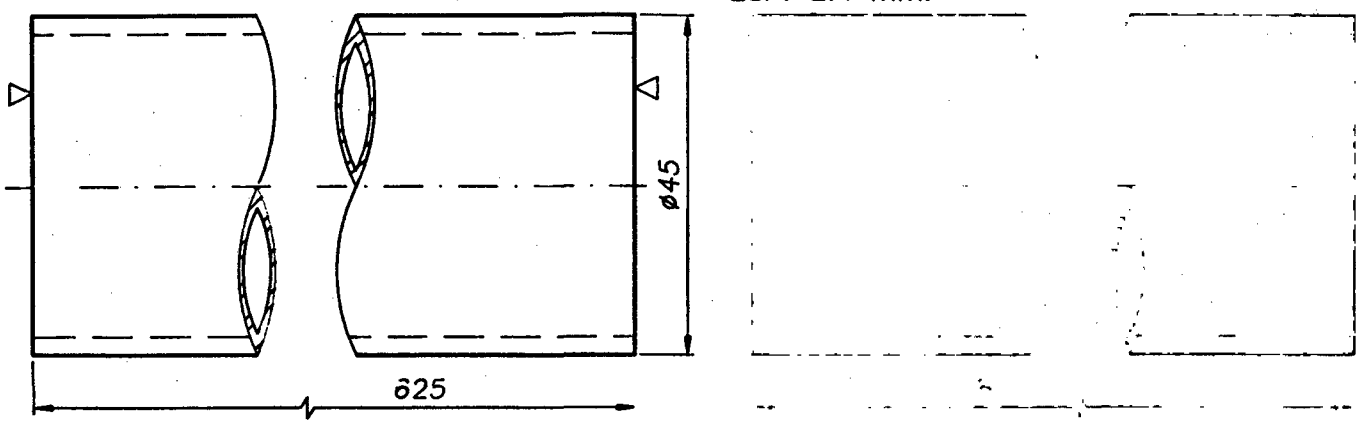
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
M1-6	Barra Transversal da Estrut. Articulado	01	Aco ABNT1020	
M1-5	Cubo de Artic. do Modulo de Colheita	02	Aco ABNT1020	
M1-4	Barra Int. Sup. da Estrutura Articulado	02	Aco ABNT1020	
M1-3	Barra Inferior da Estrutura Articulado	04	Aco ABNT1020	
M1-2	Barra Ext. Sup. da Estrut. Articulado	02	Aco ABNT1020	
M1-1	Barra Transversal da Estrut. Articulado	01	Aco ABNT1020	
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA	NOME Renato DES N° 04
LABORATORIO DE PROJETO			DATA 06/4/93	SUBS.POR
LP			VISTO Augusto	EM SUBS.DE
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO			DATA	UNIDADE mm
(DETALHES)			ESCALA 1/5	APROV.

M1-7

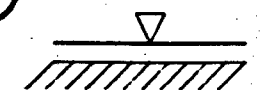


QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 x 45°

OBS: USAR TUBO MECANICO
DE SECAO CIRCULAR $\phi 45 \times \phi 40.2$
ESP. 2.4 mm.

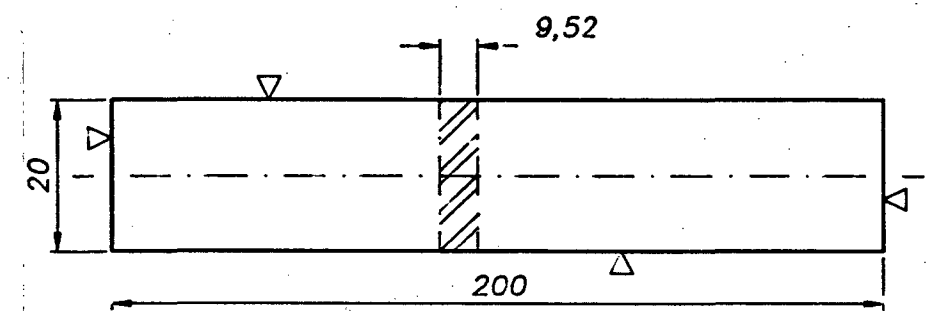


M1-10



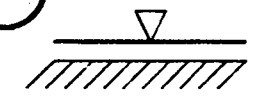
QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 x 45°

ESCALA 1/2

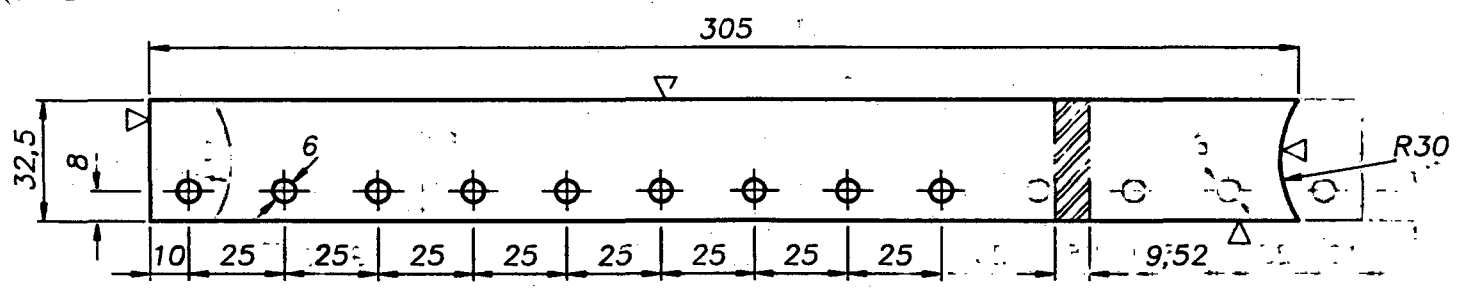


M1-9

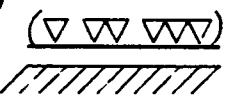
M1-9



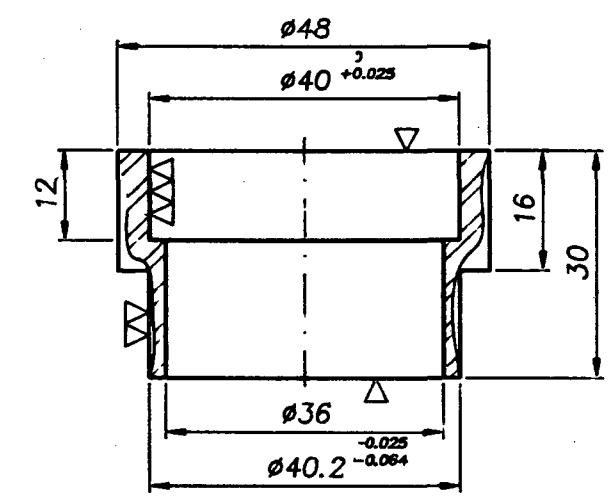
QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 / 45°
ESCALA 1/2



M1-8

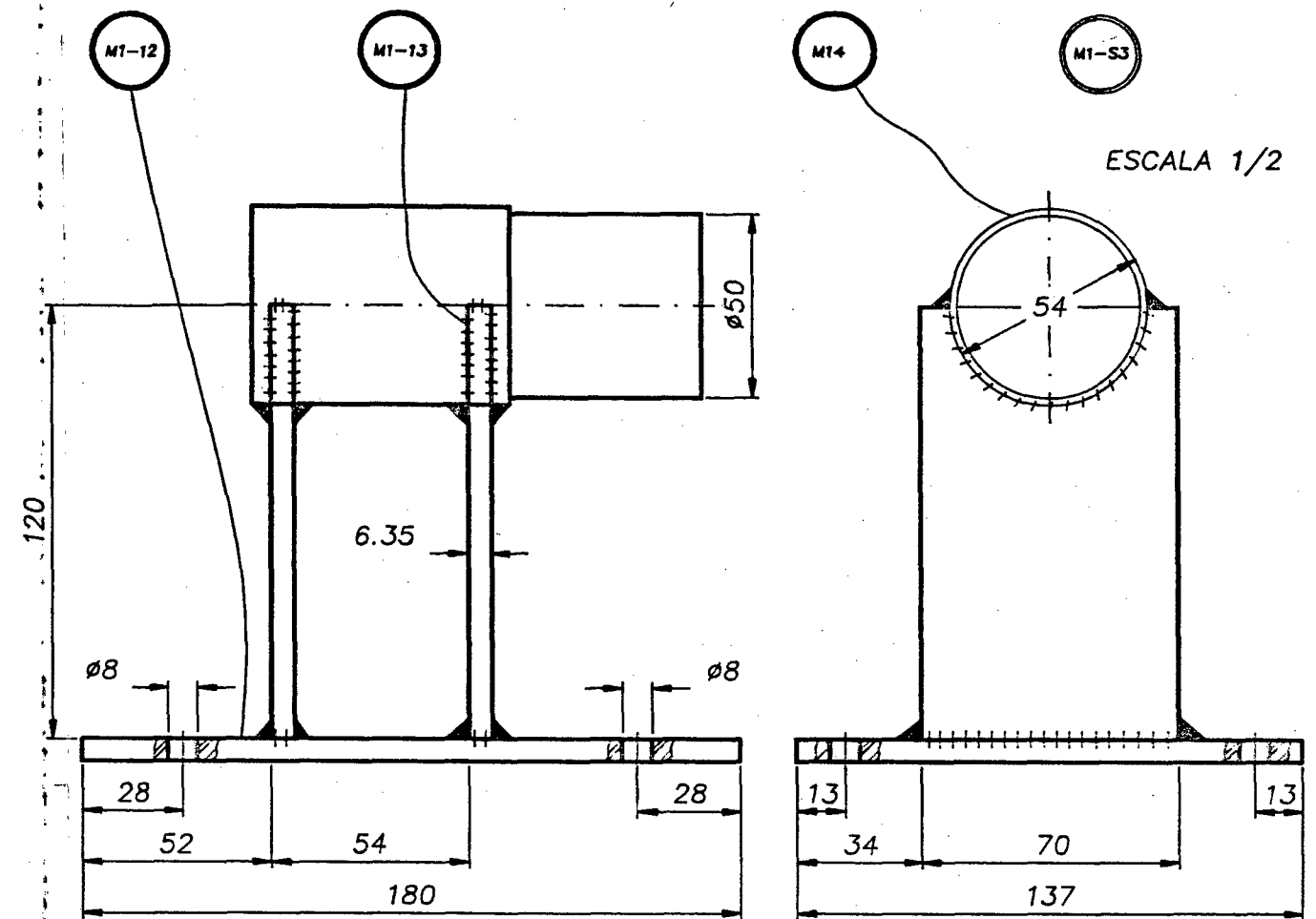
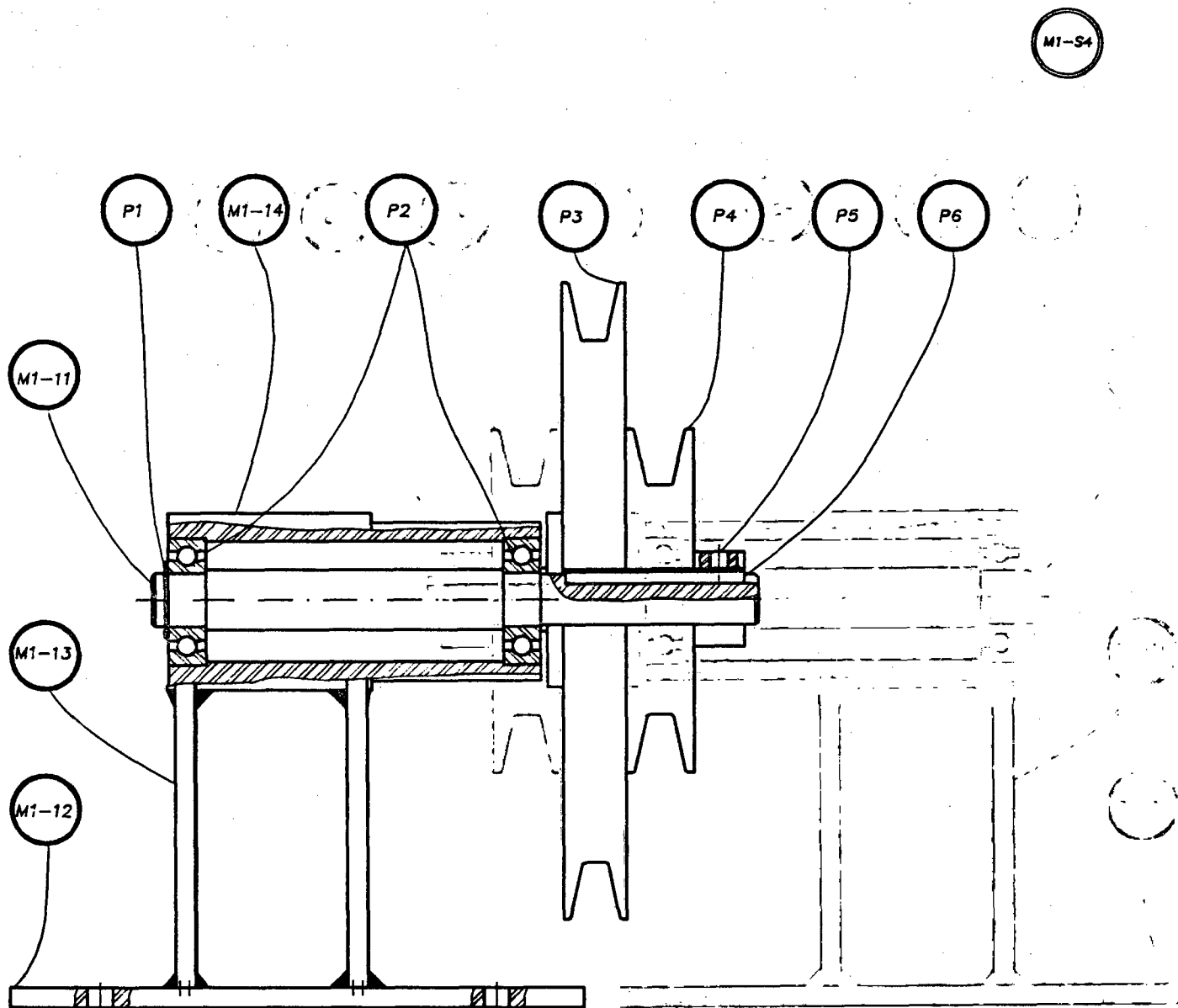


QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 x 45°



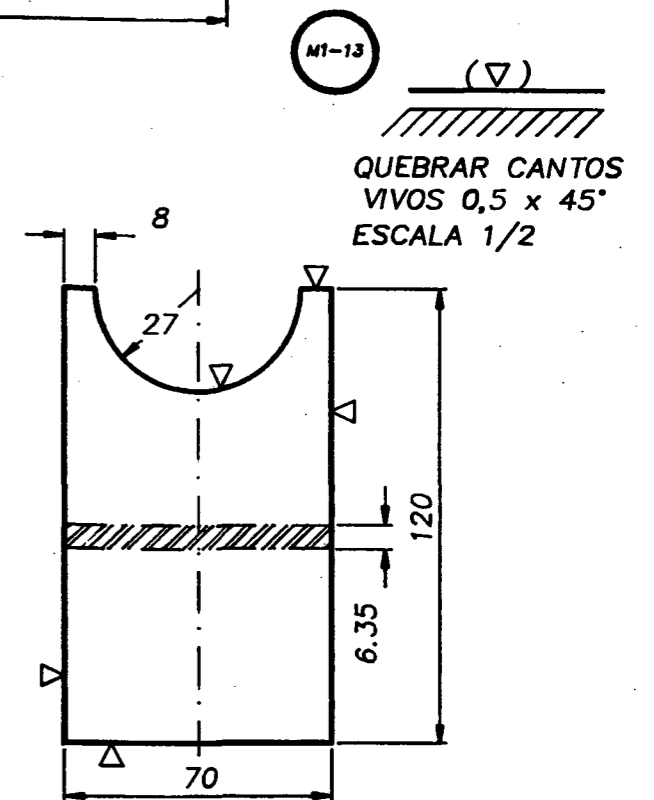
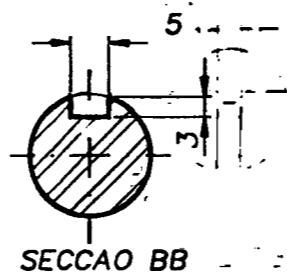
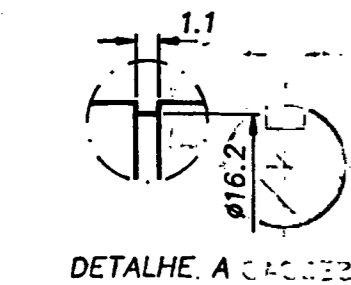
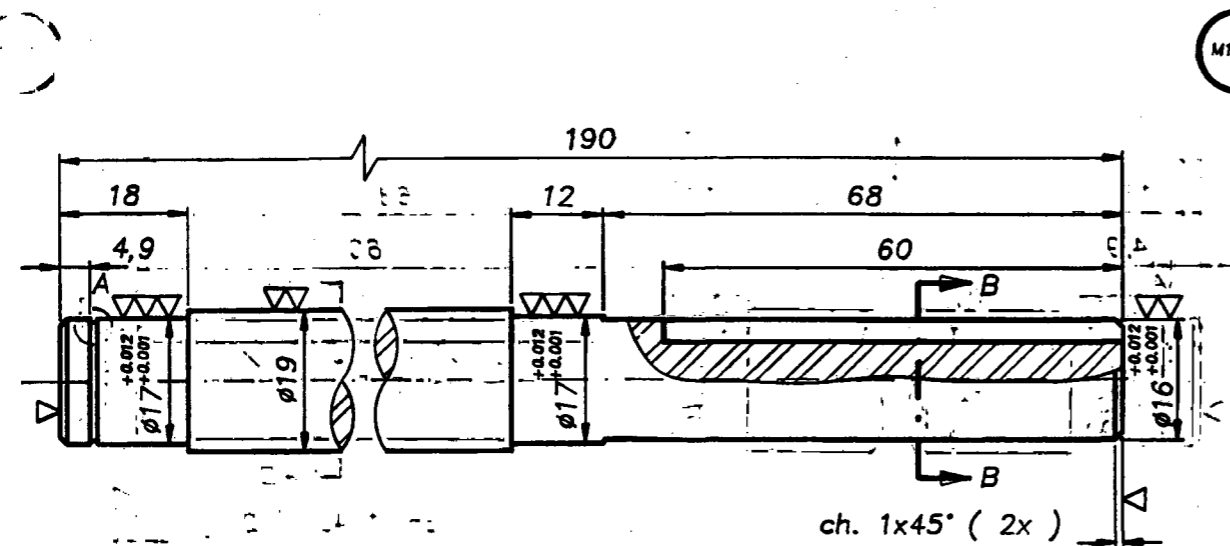
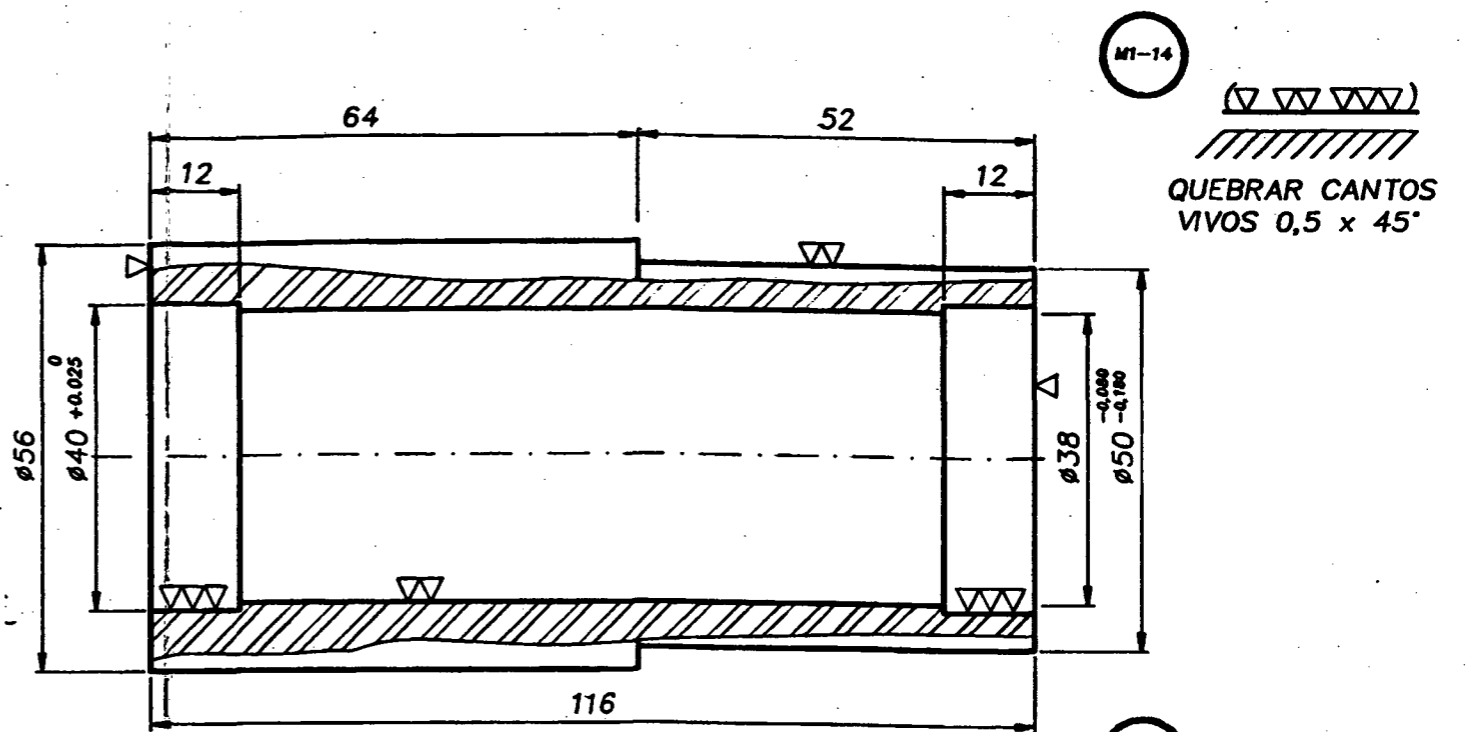
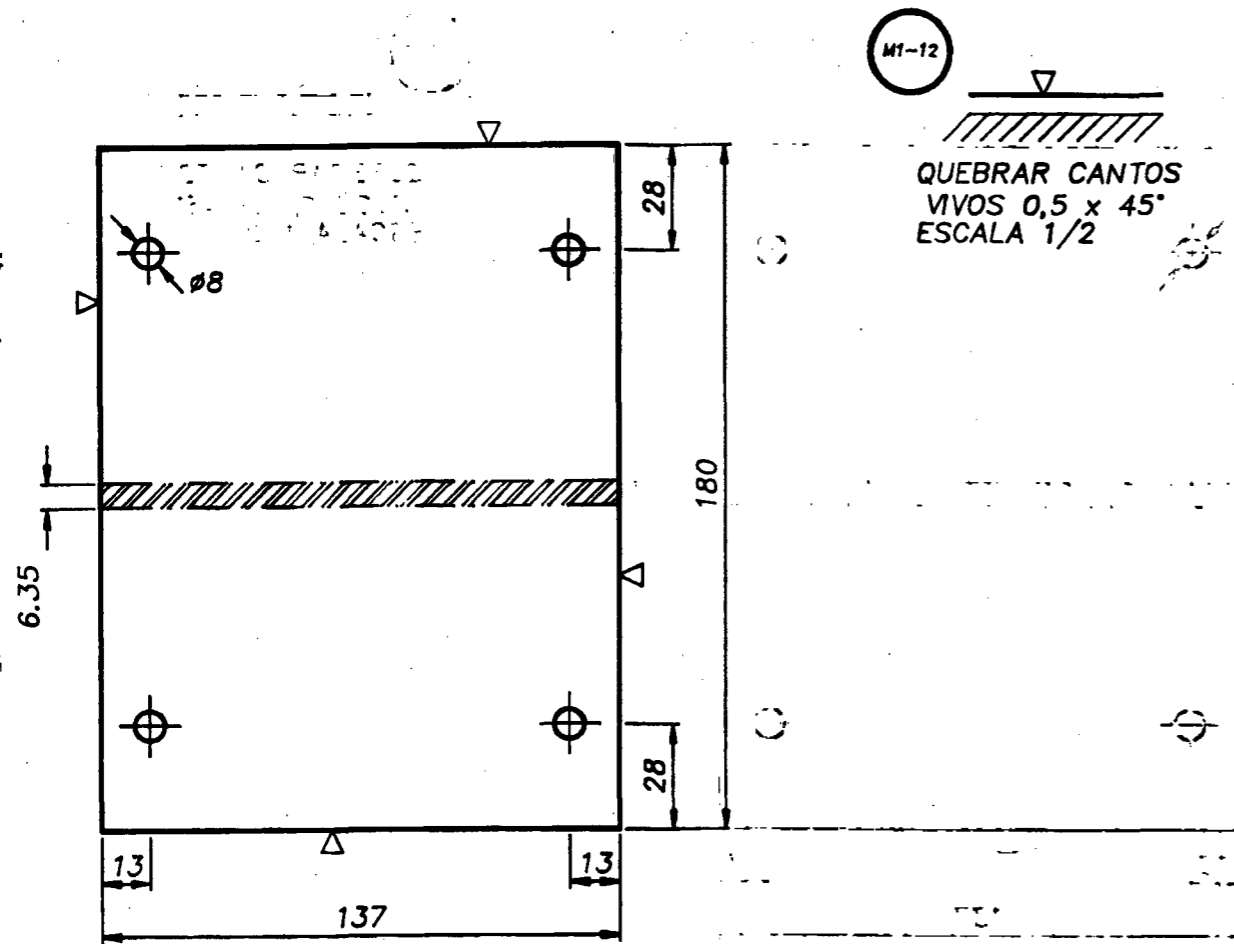
M1-10	Barra de Reforço Entre Tubos dos Eixos	02	Aço ABNT1020	
M1-9	Barra de Fixação da Mola	01	Aço ABNT1020	
M1-8	Alojamento do Rol. do Eixo de Corte	08	Aço ABNT1020	
M1-7	Tubo Envolvente dos Eixos	04	Aço ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

<p>UFSC</p> <p>ENGENHARIA MECÂNICA</p> <p>LABORATORIO DE PROJETO</p> <p>LP</p> <p>COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO</p> <p>(DETALHES)</p>	NOME	Renato	DES N°	05
	DATA	06/4/93	SUBS.POR	
	VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
	DATA		UNIDADE	mm
	ESCALA	1/2	APROV.	

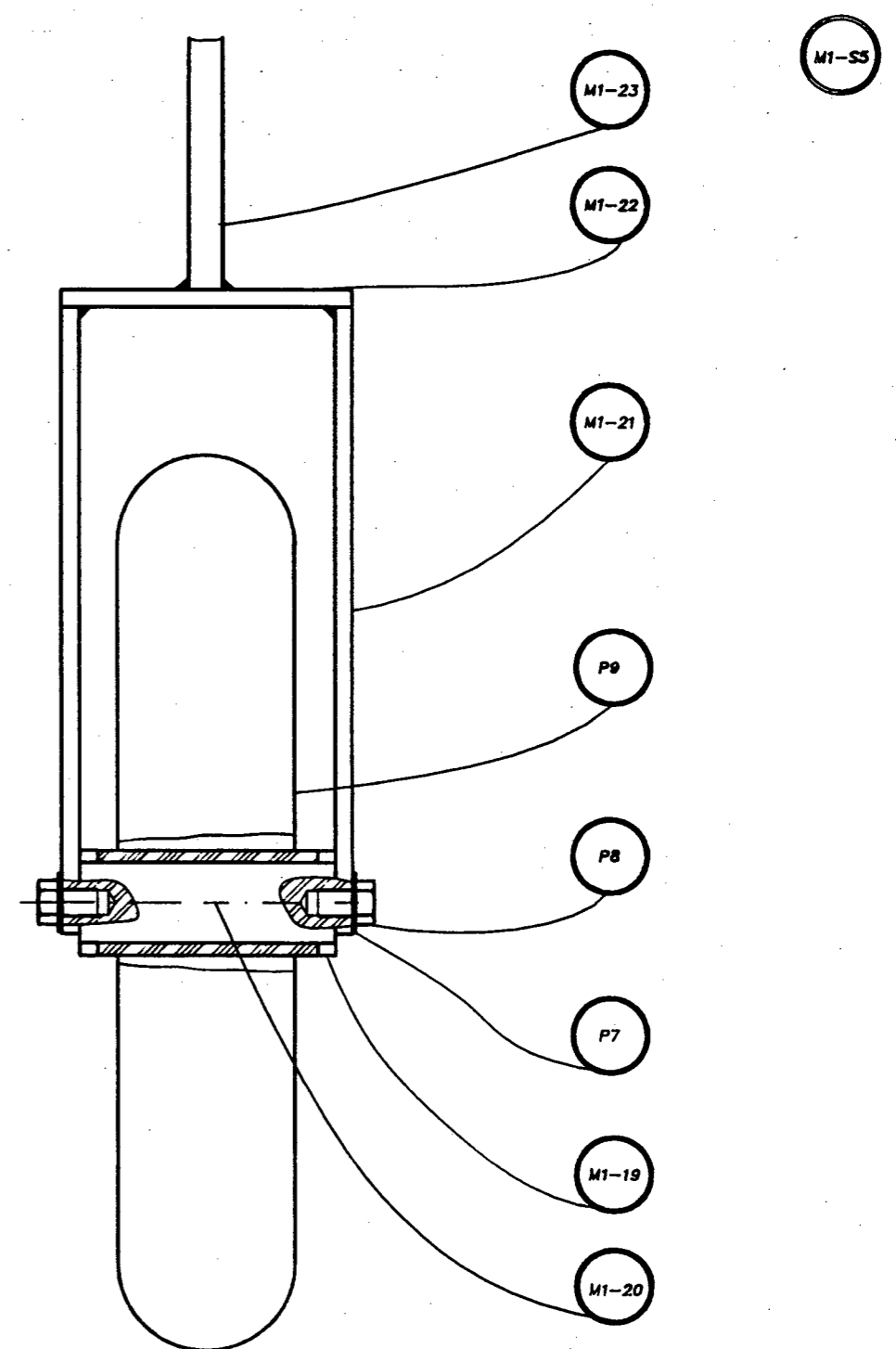
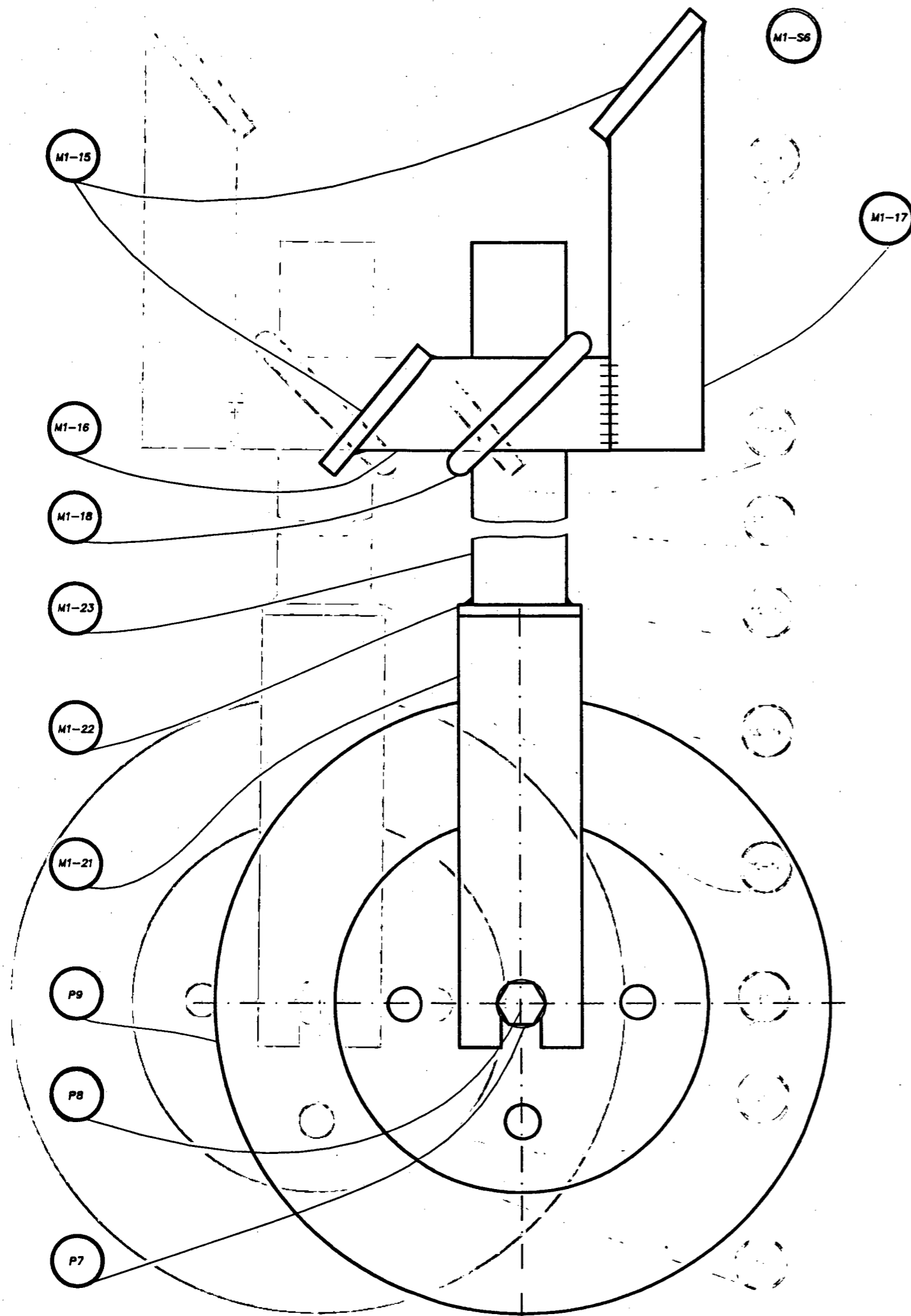


P6	Chaveta paralela 5X5	02	Aco	Cf. DIN 6885
P5	Parafuso Allen sem cabeça M6X1	02	Aco	Cf. DIN 913
P4	Polia menor do eixo intermediario	02	Aluminio	ø ext=100
P3	Polia maior do eixo intermediario	02	Aluminio	ø ext=200
P2	Rolamento Rigido de Esferas	04	Cf. fabricante	SKF 6203-22
P1	Anel de retencao tipo Seeger	02	Cf. fabricante	Grupo 501.017
M1-S4	Subconjunto de articulacao	02		Ver des. 07
M1-S3	Tubo de articulacao	02		Ver des. 07
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO LP COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO (DESENHOS DE MONTAGEM)	NOME	Renato	DES N°	06
	DATA	06/4/93	SUBS.POR	
	VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
	DATA		UNIDADE	mm
ESCALA	1/2	APROV.		



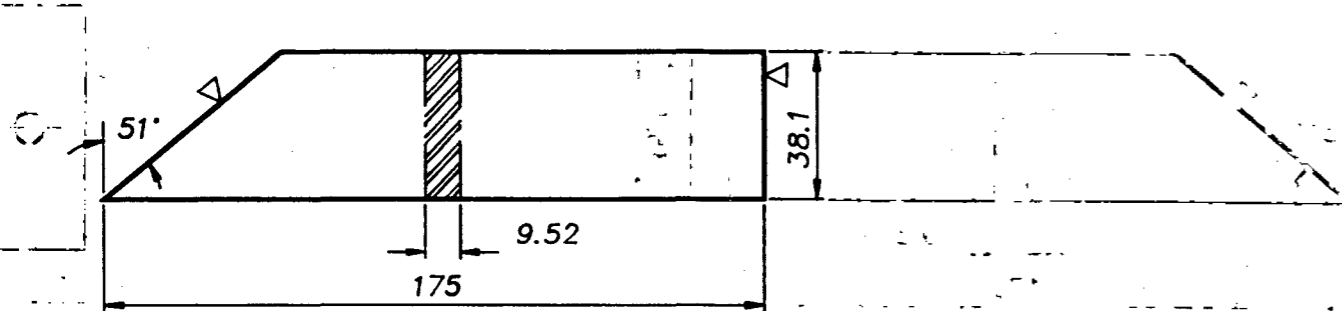
M1-14	Tubo de articulacao	02	Aco ABNT1020			
M1-13	Chapa de apoio do tubo de articulacao	04	Aco ABNT1020			
M1-12	Bese do tubo de articulacao	02	Aco ABNT1020			
M1-11	Eixo do tubo de articulacao	02	Aco ABNT1020			
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			NOME	Renato	DES N°	07
ENGENHARIA MECÂNICA			DATA	06/4/93	SUBS.POR	
LABORATORIO DE PROJETO			VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
LP			DATA		UNIDADE	mm
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO			ESCALA	1/1	APROV.	
(DETALHES)			1/2			



P9	Roda pneumática maciça Ø254 esp.50	01	Cf. fabricante	
P8	Parafuso cabeça sextavada M8X1,25	02	Aço	
P7	Arruela Øint.=8	02	Aço	
M1-S6	Vista lateral da roda c/ barra de fixação			Ver des. 09 e 10
M1-S5	Vista frontal da roda do módulo de colheita			Ver des. 10
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA	NOME Renato DES N° 08
			LABORATORIO DE PROJETO	DATA 29/5/93 SUBS.POR
LP			COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO	VISTO Augusto EM SUBS.DE
			(DESENHOS DE MONTAGEM)	DATA UNIDADE mm
			ESCALA 1/2	APROV.

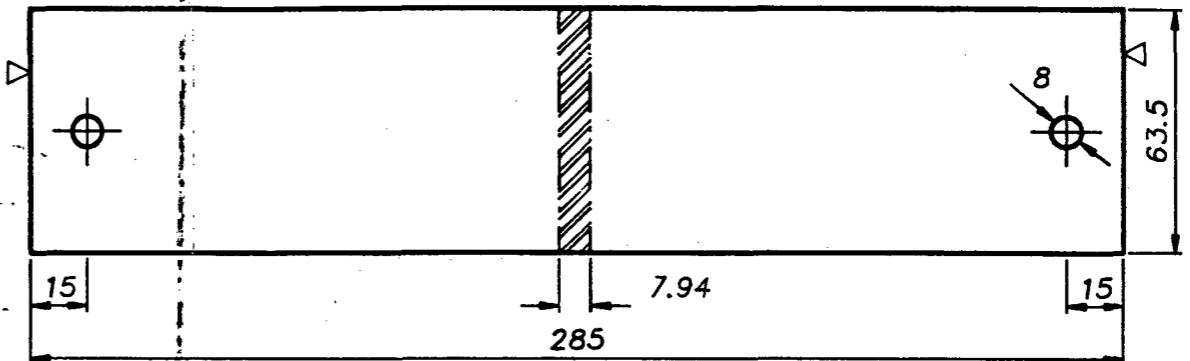
M1-17

(▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°
 ESCALA 1/2



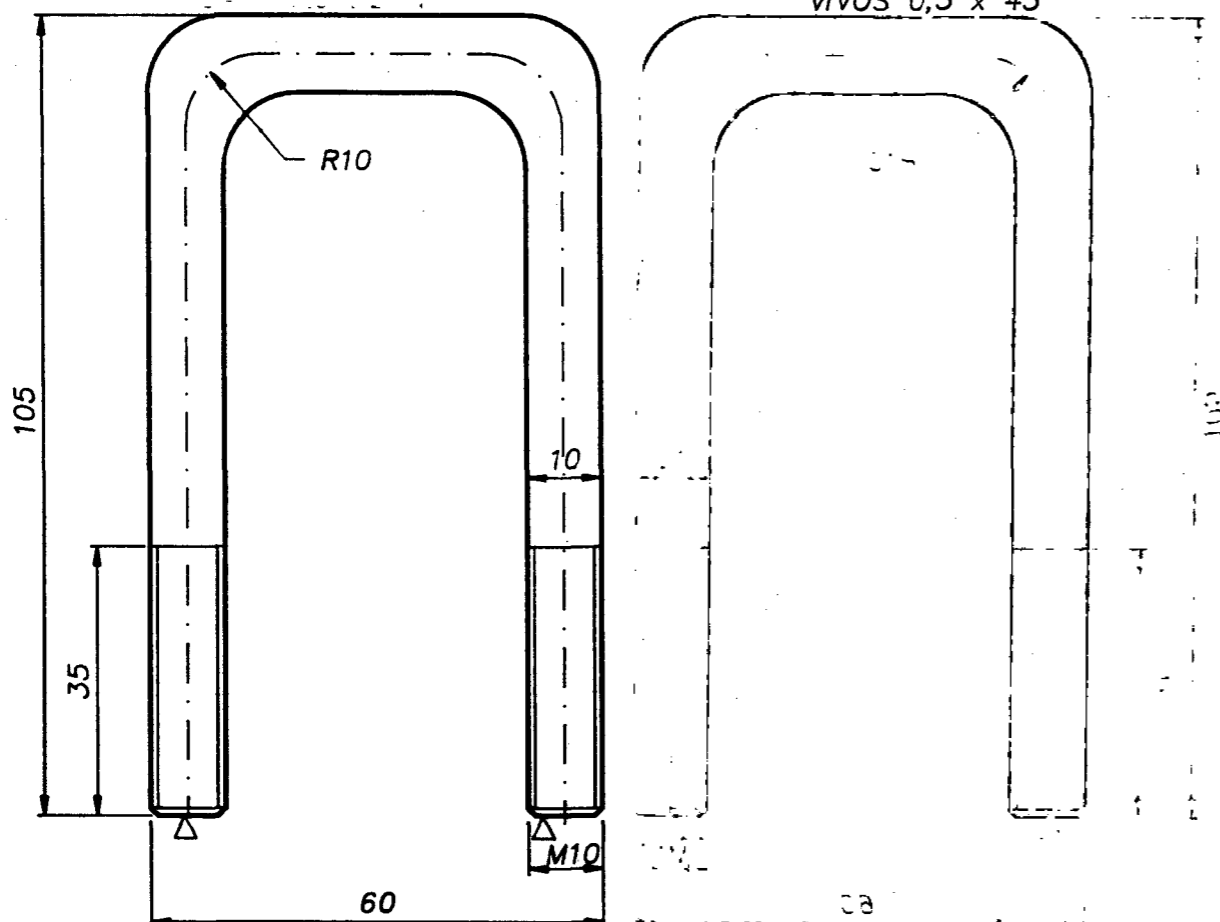
M1-15

(▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°
 ESCALA 1/2



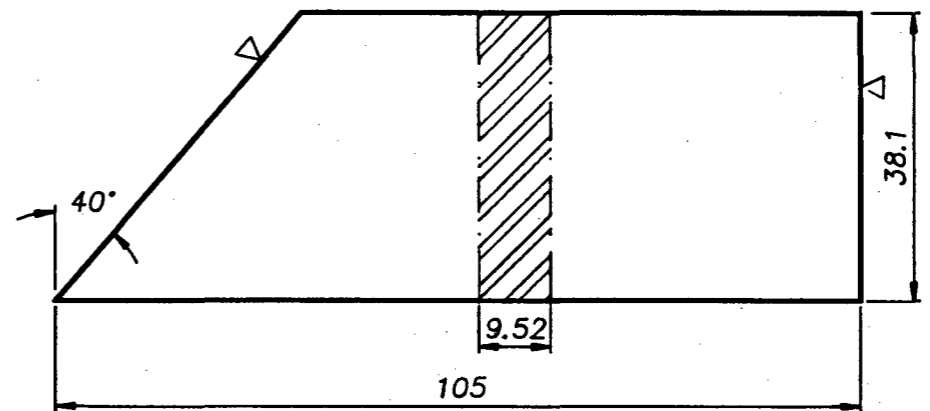
M1-18

(▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



M1-16

(▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



M1-18	Abracadeira de Fixacao da Roda	01	Aco ABNT1020	
M1-17	Barra Vertical de Fix. da Roda	01	Aco ABNT1020	
M1-16	Barra de Fixacao da Roda	01	Aco ABNT1020	
M1-15	Suporte da Barra de Reg. da Roda	02	Aco ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

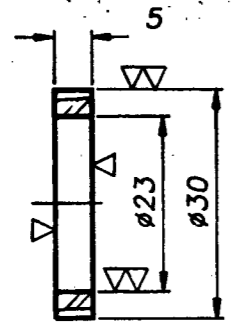
UFSC **ENGENHARIA MECÂNICA**
LABORATORIO DE PROJETO

LP **COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO**
 (DETALHES)

NOME	Renato	DES N°	09
DATA	06/4/93	SUBS.POR	
VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
DATA		UNIDADE	mm
ESCALA	1/1 1/2	APROV.	

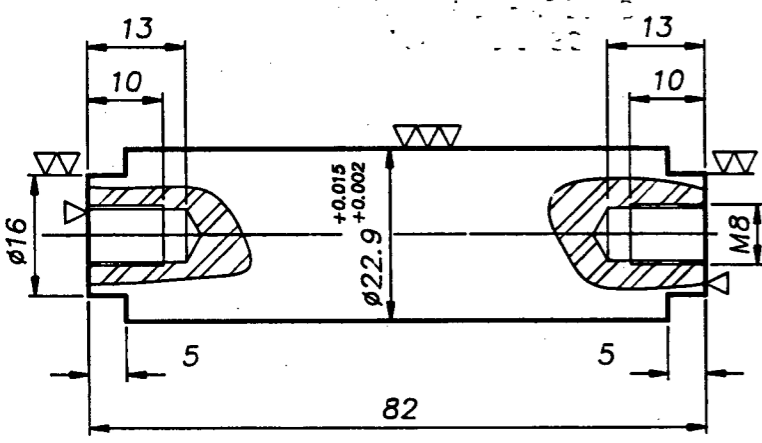
M1-19

QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 x 45°



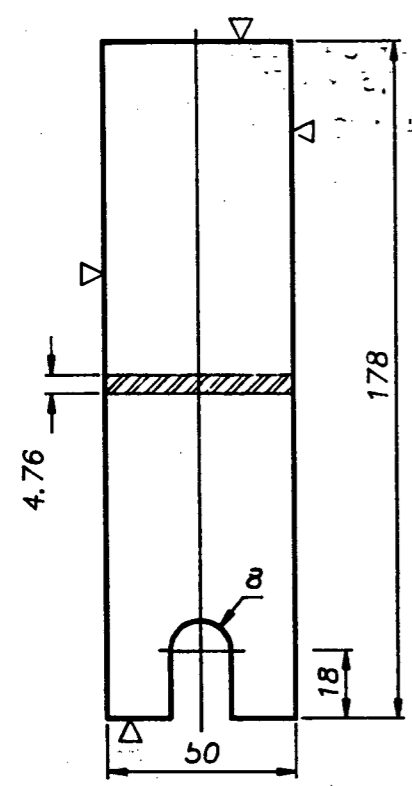
M1-20

QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 x 45°



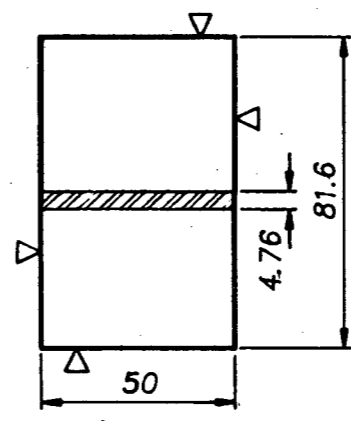
M1-21

QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 x 45°
ESCALA 1/2



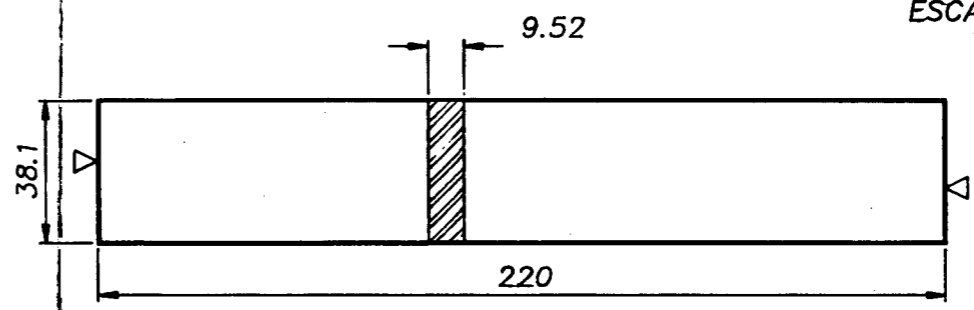
M1-22

QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 x 45°
ESCALA 1/2



M1-23

QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 x 45°
ESCALA 1/2



M1-23	Barra Vertical de Regulagem da Roda	01	Aco ABNT1020	
M1-22	Base do Garfo da Roda	01	Aco ABNT1020	
M1-21	Chapa Lateral do Garfo da Roda	02	Aco ABNT1020	
M1-20	Elxo da Roda	01	Aco ABNT1020	
M1-19	Espacador do Elxo da Roda	02	Aco ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

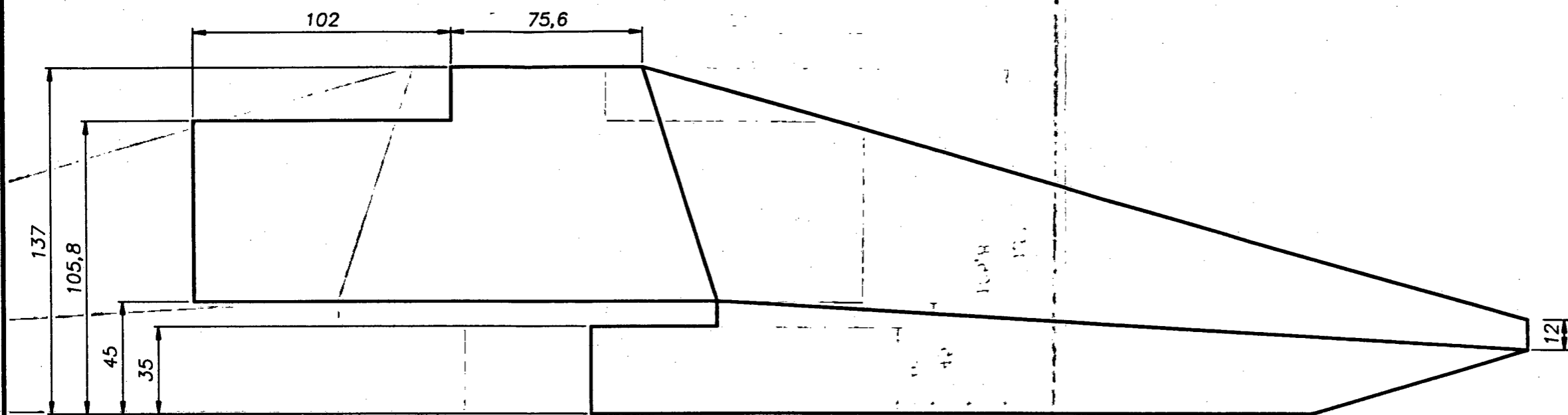
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

NOME	Renato	DES N°	10
DATA	06/4/93	SUBS.POR	
VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
DATA		UNIDADE	mm
ESCALA	1/2	APROV.	

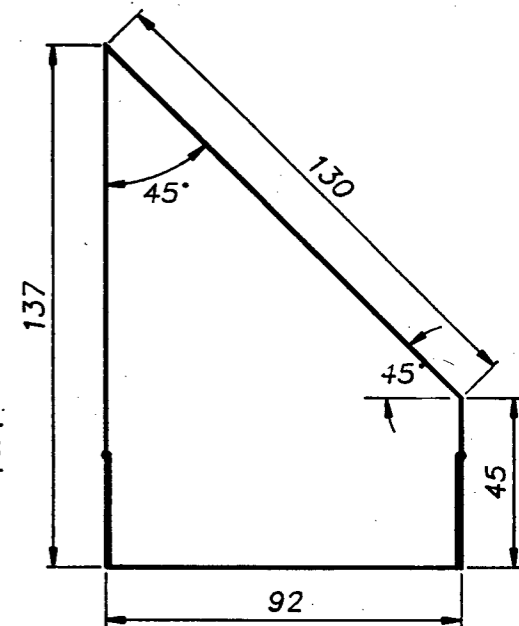
LP

COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO
(DETALHES)



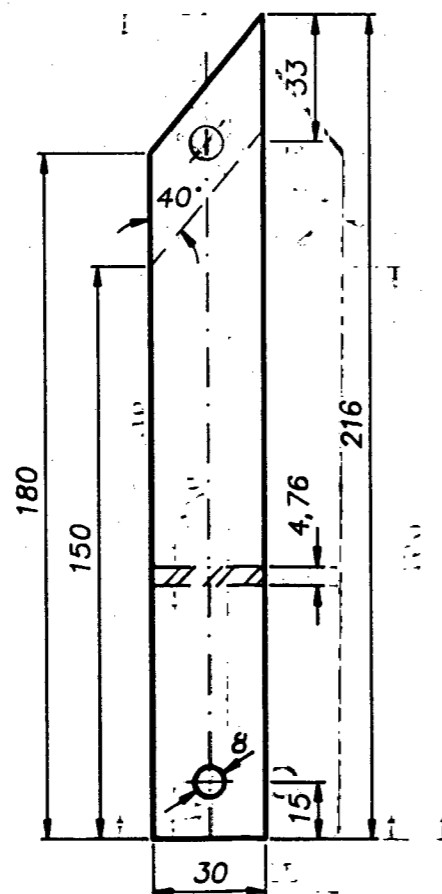


M1-S7



M1-24

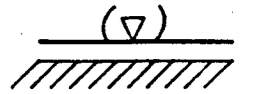
M1-24



M1-24	Barras de Fixacao dos Levantadores	04	Aco ABNT1020			
M1-S7	Vista Lateral do Levantador		Aco ABNT1020			
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC LP	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		NOME	Renato	DES N°	11
			DATA	07/4/93	SUBS.POR	
			VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
			DATA		UNIDADE	mm
			ESCALA	1/2	APROV.	

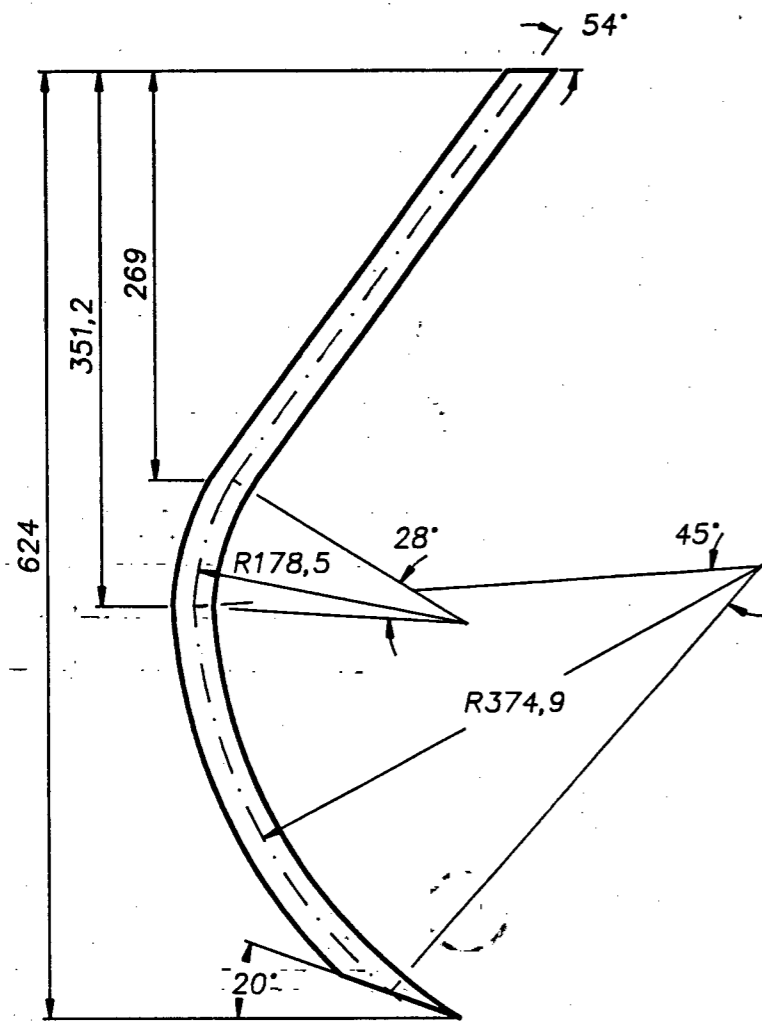
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO
(DETALHES)

M1-25



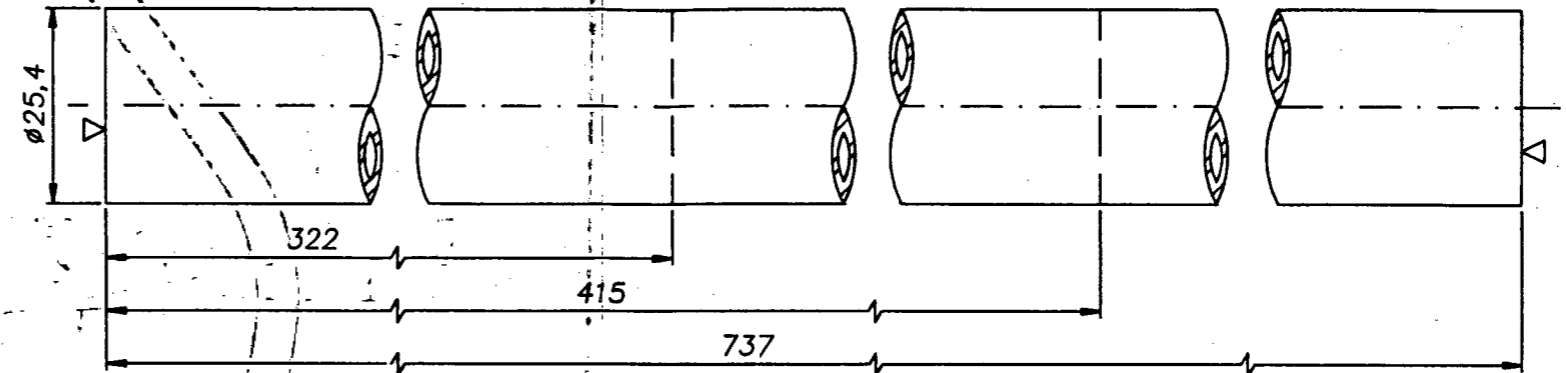
QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

USAR TUBO MECANICO DE SECAO CIRCULAR. ESP. 1,59 mm.



PEÇA PRONTA

ESCALA 1/5

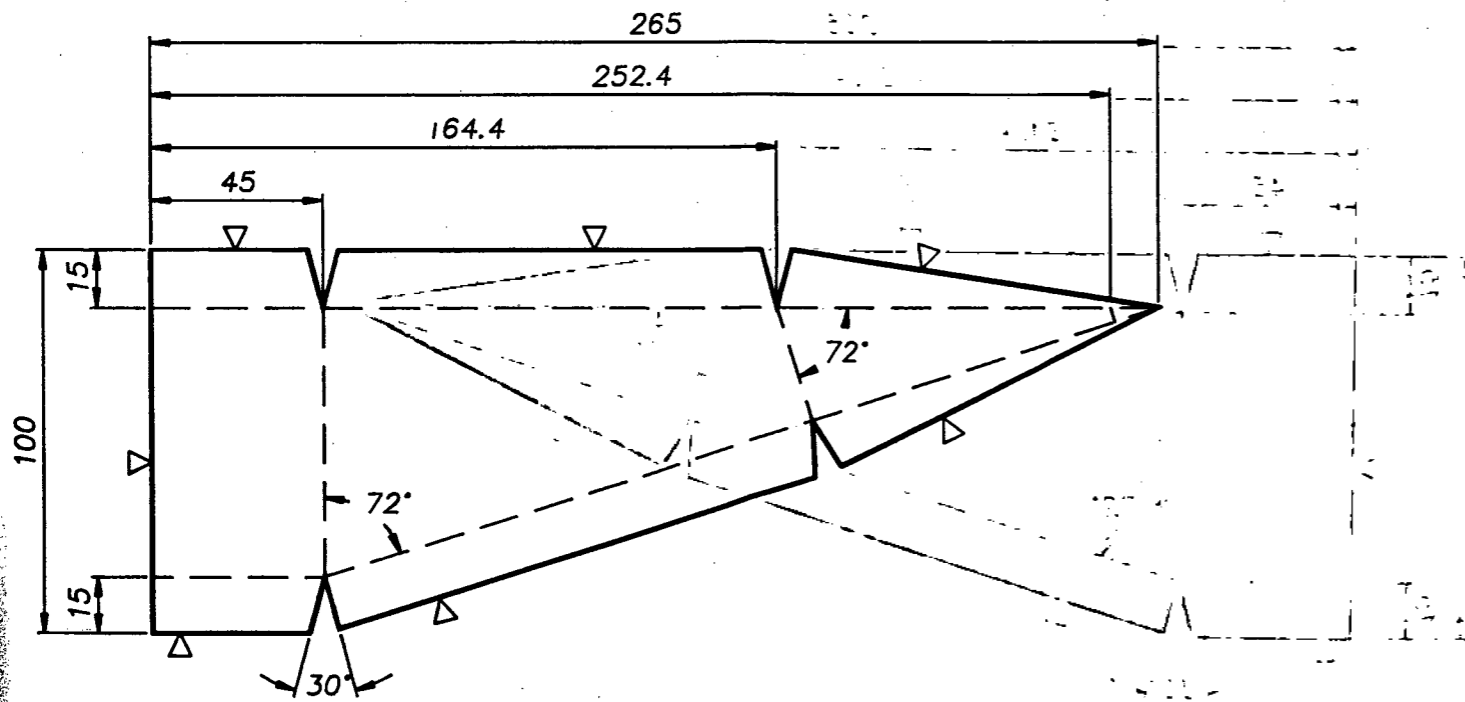


PEÇA DESENVOLVIDA

M1-26

QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°
ESP. 1,2 mm.

AS LINHAS TRACEJADAS INDICAM OS LOCAIS ONDE DEVE HAVER DOBRAS.
ESCALA 1/2

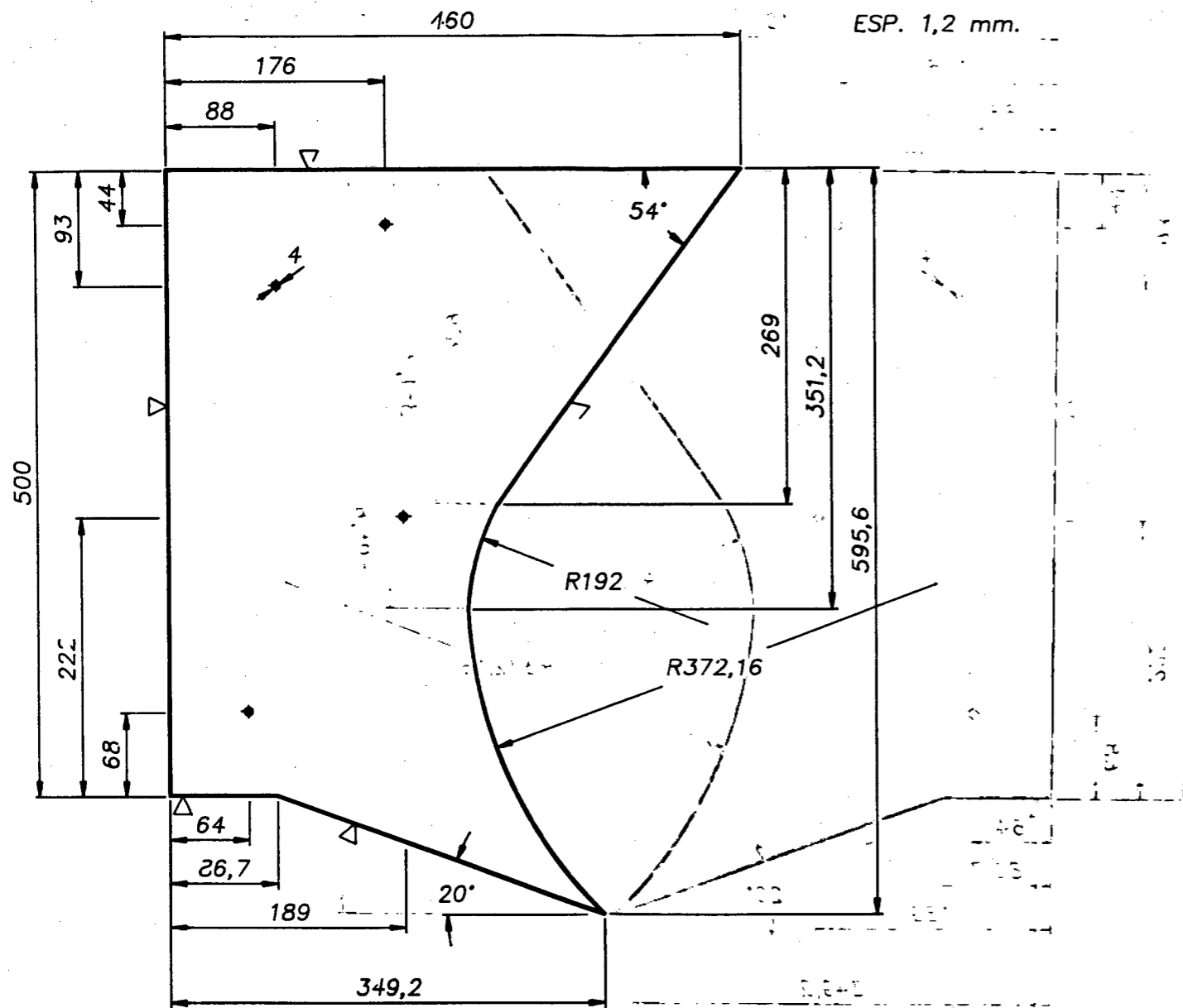


M1-26	Base do Levantador	04	Aco ABNT1020	
M1-25	Tubo da Chapa Condutora	04	Aco ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	Renato	DES N° 12
		DATA	07/4/93	SUBS.POR
		VISTO	Augusto	EM SUBS.DE
		DATA		UNIDADE
		ESCALA	1/1 1/2	mm
		1/5	PROV.	

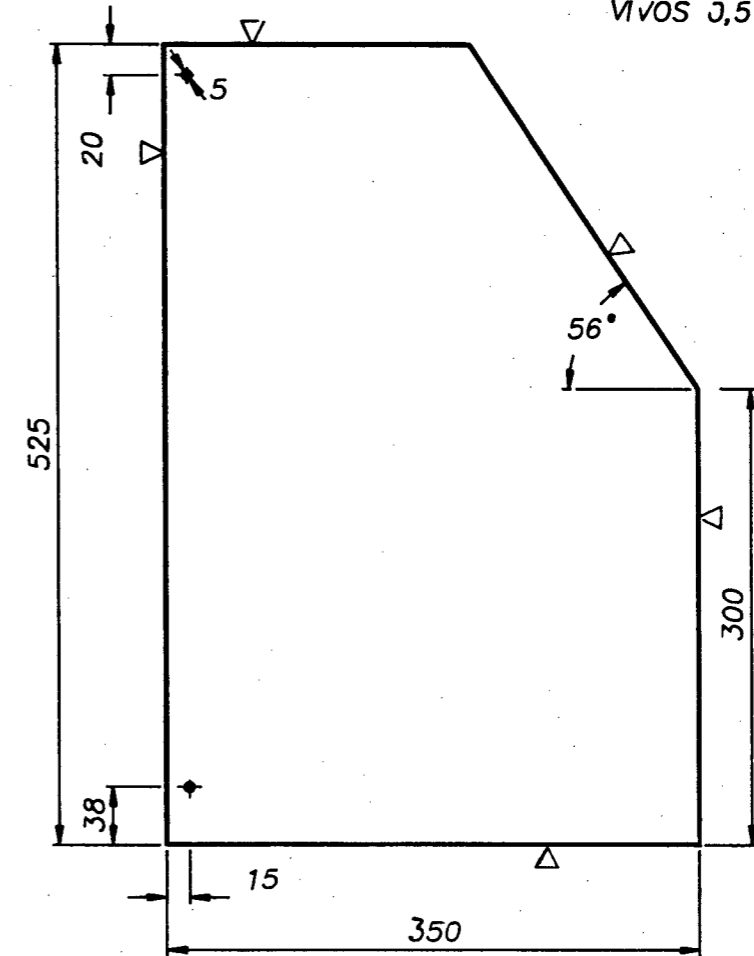


COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO (DETALHES)

M1-27 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°
 ESP. 1,2 mm.

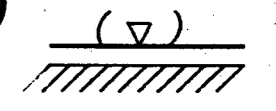


M1-39 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 3,5 x 45°



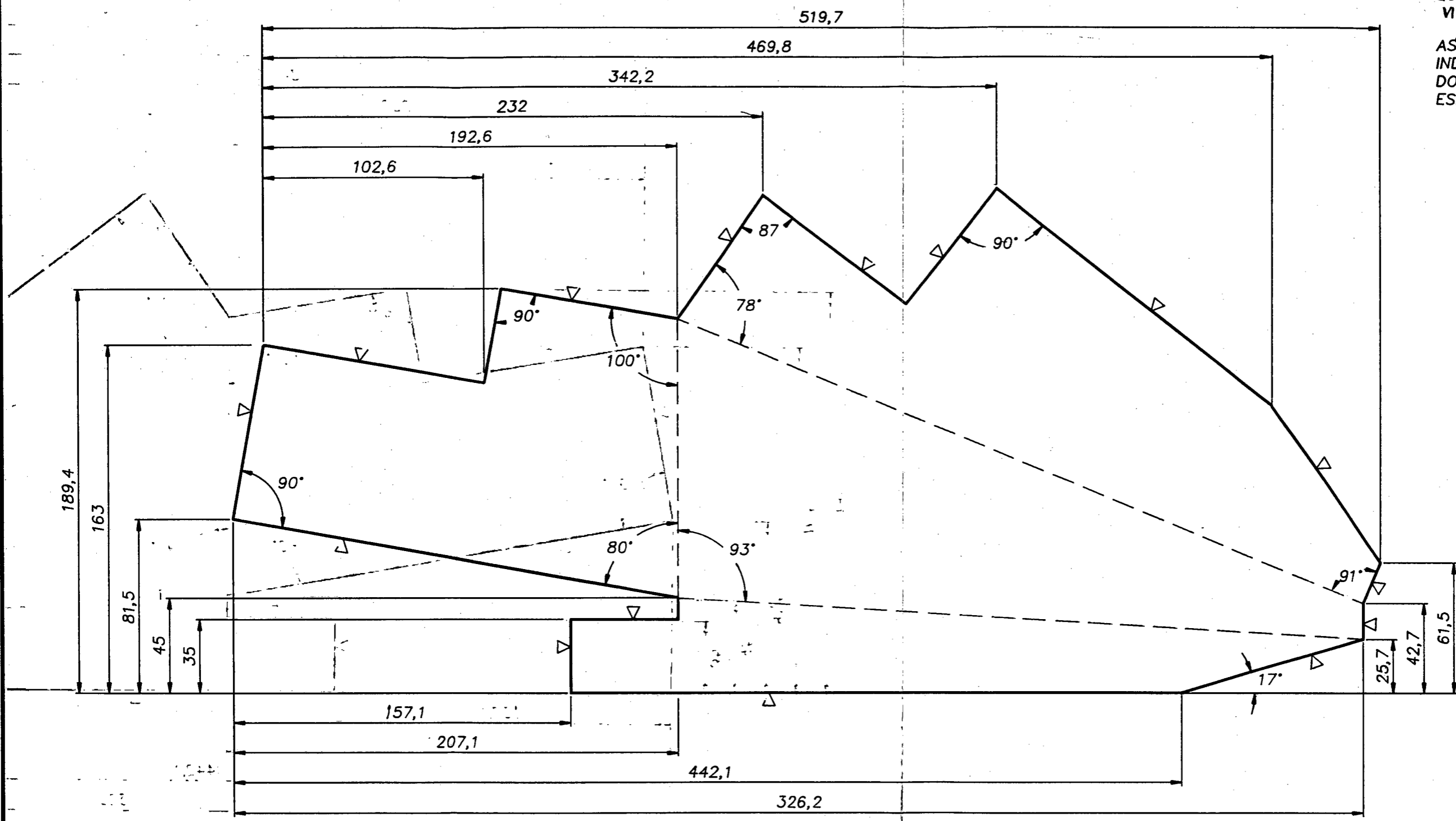
M1-39	Placa Enleiradora	02	Aco ABNT1020		
M1-27	Chapa Condutora de Plantas	04	Aco ABNT1020		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	Renato	DES N°	13
		DATA	07/4/93	SUBS.POR	
LP	COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO (DETALHES)	VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
		DATA		UNIDADE	mm
		ESCALA	1/5	APROV.	

M1-28

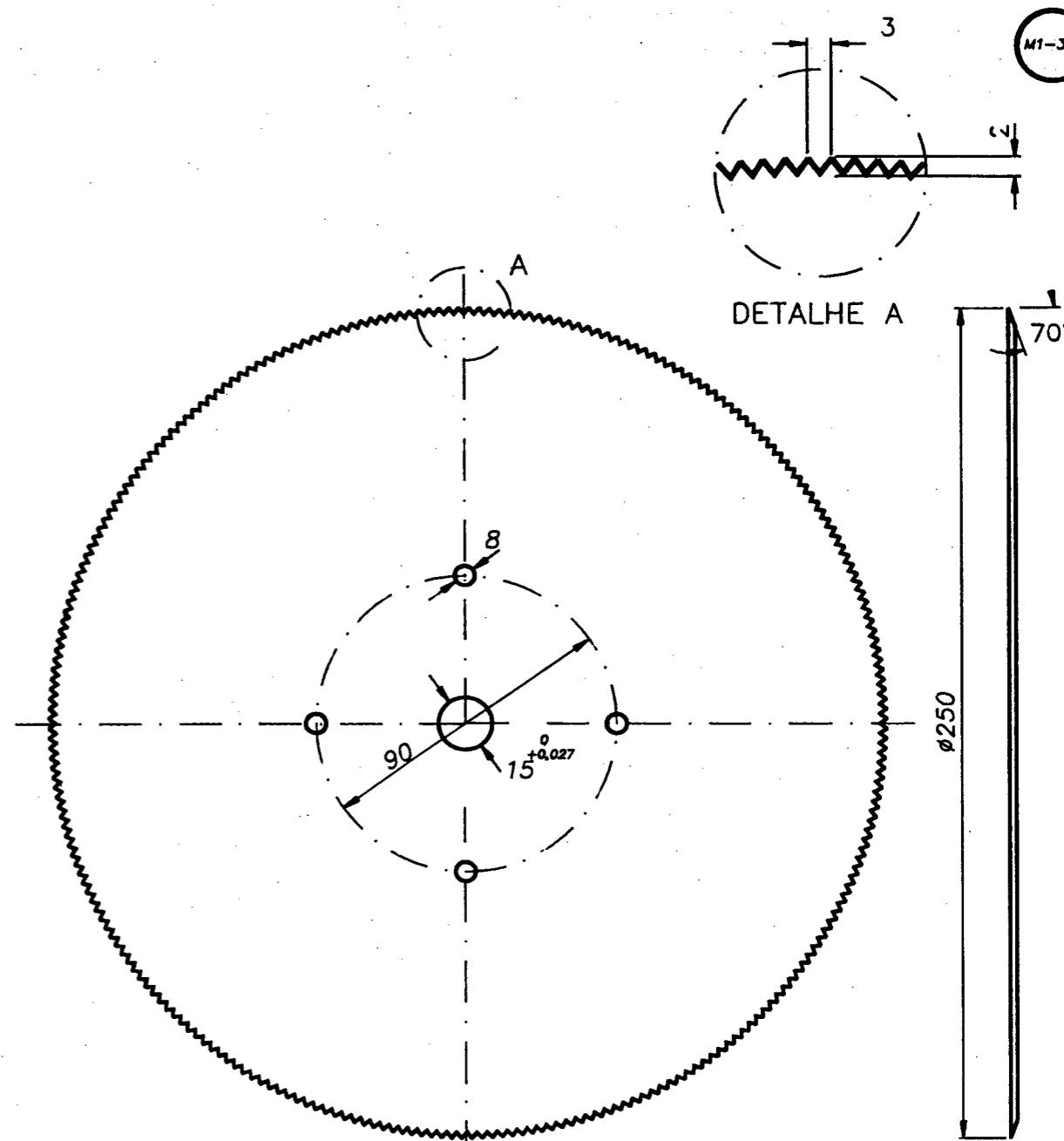
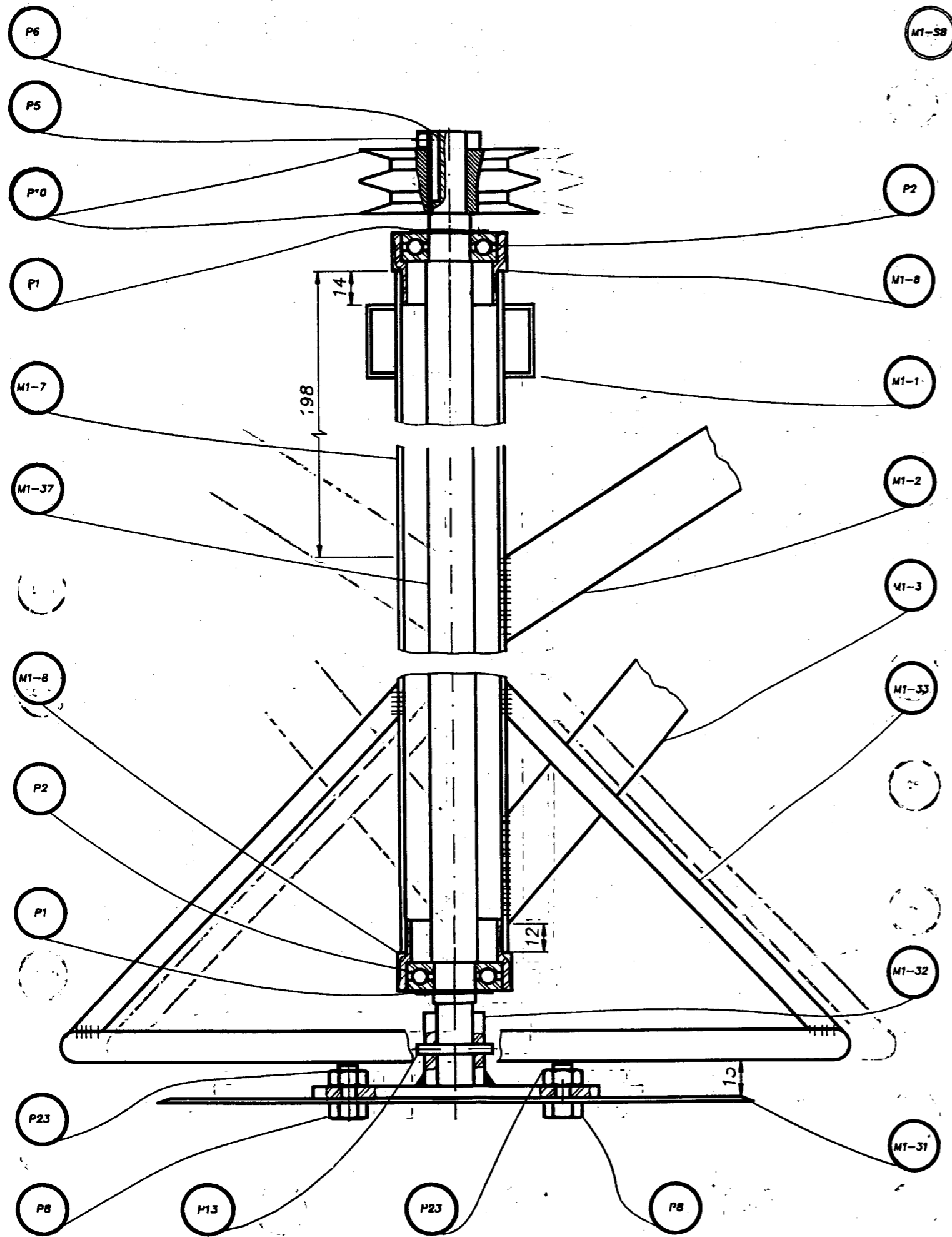


QUEBRAR CANTOS
VIVOS 0,5 x 45°

AS LINHAS TRACEJADAS
INDICAM OS LOCAIS DE
DOBRA
ESP. 1,2 mm.



M1-28	Levantador	04	Aco ABNT1020		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	Renato	DES N°	14
		DATA	07/4/93	SUBS.POR	
LP	COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO (DETALHES)	VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
		DATA		UNIDADE	mm
	ESCALA	1/2	A ^o PROV.		



OBS: n° de dentes = 260

P23	Porca sextavada M8	04	Aco ABNT1020	
P13	Pino elastico $\phi = 4,3$ SEEGER	01	Cf. fabricante	
P10	Polia $\phi_{ext} = 75$	02	Aluminio	
P8	Parafuso cabeça sextavada M8X16	04	Aco ABNT1020	
P6	Chaveta plana 5X5	01	Aco ABNT1020	Cf. DIN6885
P5	Parafuso Allen cabeça interna M6X1	01	Aco ABNT1020	Cf. DIN913
P2	Rolamento rigido de esferas	02	Aco	SKF6203 2Z
P1	Anel elastico tipo SEEGER	02	Cf. fabricante	
M1-S8	Subconjunto do disco de corte e eixo			Ver Des. 4,5,19,20
M1-31	Disco de corte	01	Aco	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

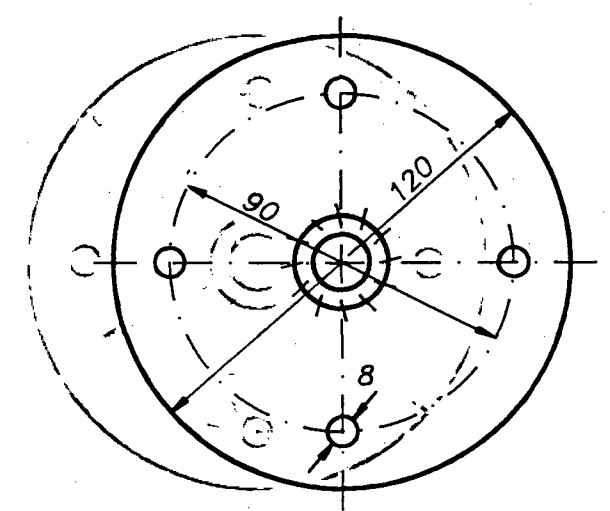
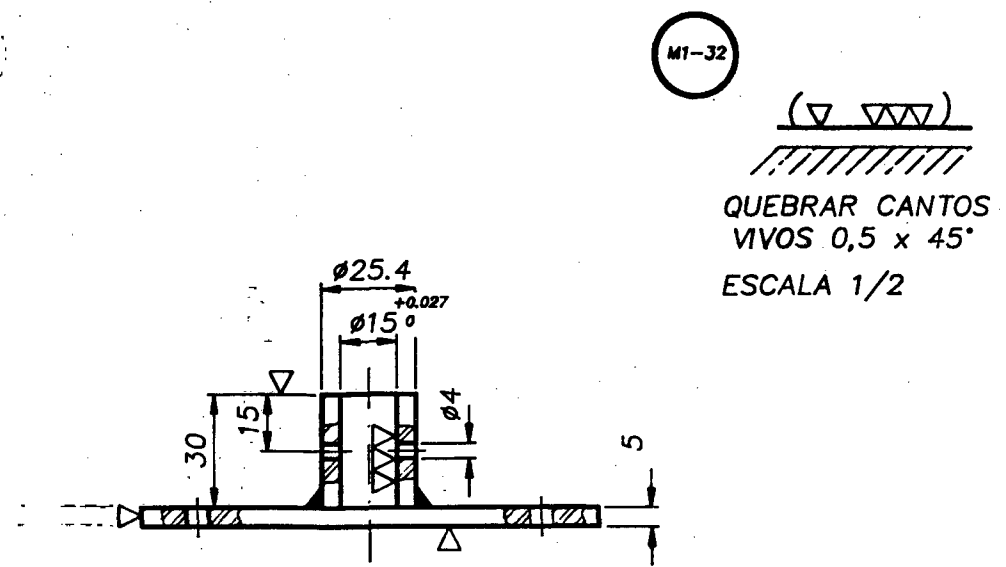
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

NOME	Renato	DES N°	15
DATA	15/6/93	SUBS.POR	
VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
DATA		UNIDADE	mm
ESCALA	1/2	APROV.	

LP

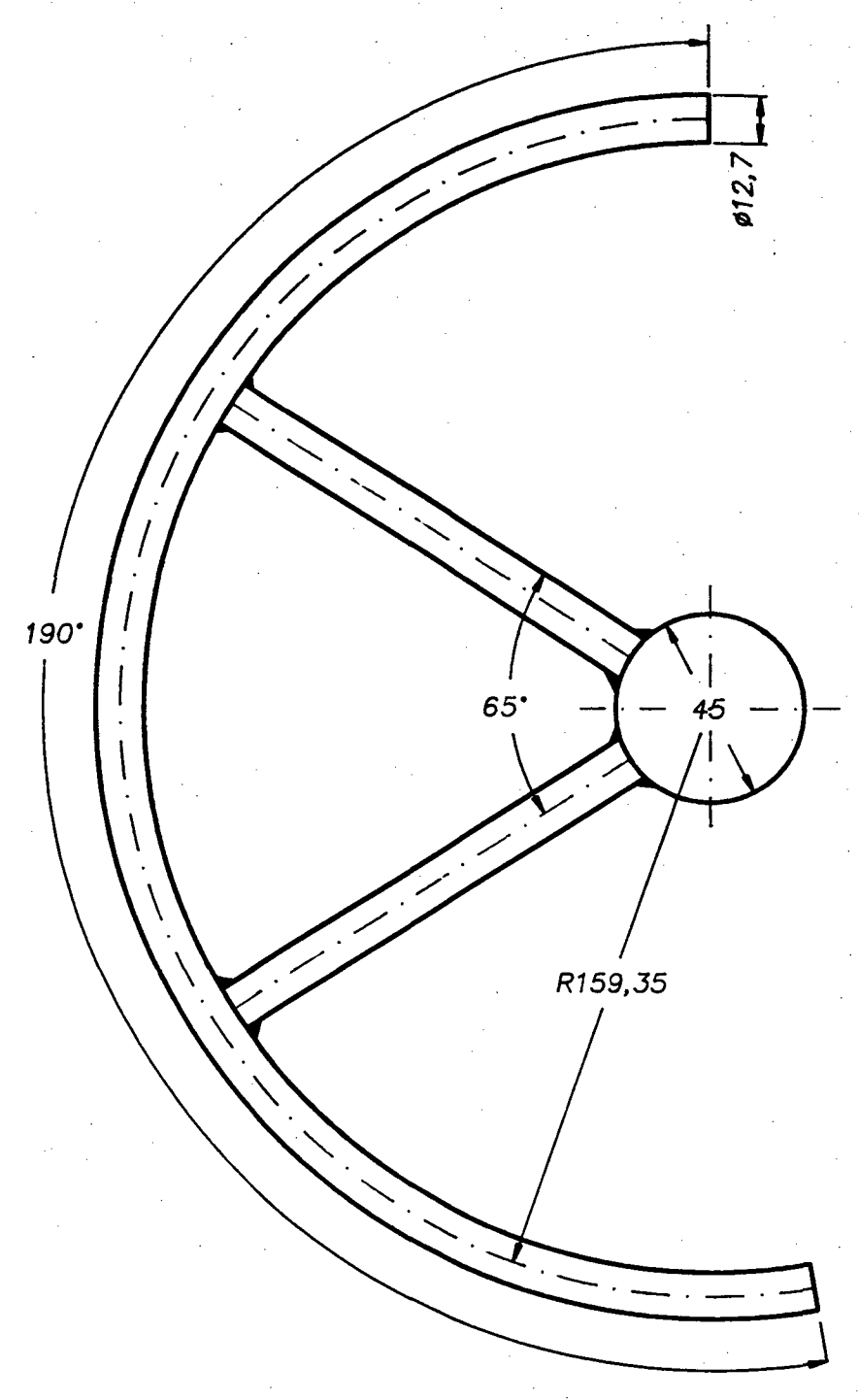
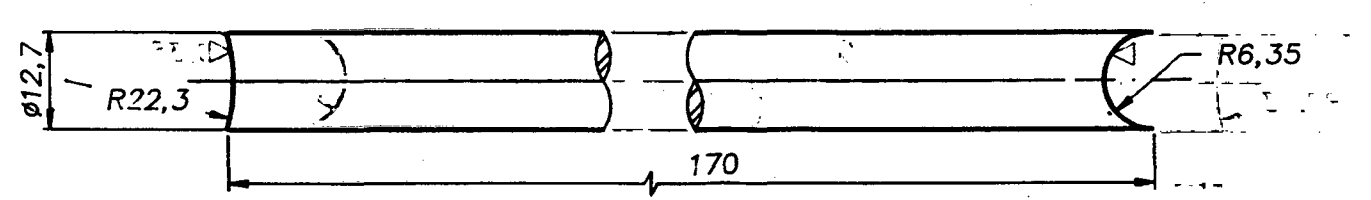
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO
(SUBCONJUNTO E DETALHES)





M1-32
 (▽▽▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°
 ESCALA 1/2

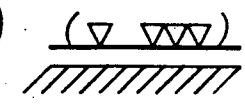
M1-34
 (▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



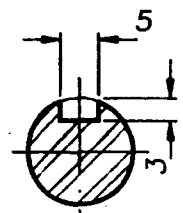
M1-33
 ESCALA 1/2

M1-34	Barra de Fix. da Prot. Lat. dos Discos	04	Aco ABNT1020			
M1-33	Protecao Lateral dos Discos	02	Aco ABNT1020			
M1-32	Flange de Fixacao dos Discos de Corte	04	Aco ABNT1020			
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			NOME	Renato	DES N°	16
LABORATORIO DE PROJETO			DATA	07/4/93	SUBS.POR	
LP	COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO (DETALHES)		VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
			DATA		UNIDADE	mm
			ESCALA	1/1 1/2	APROV.	

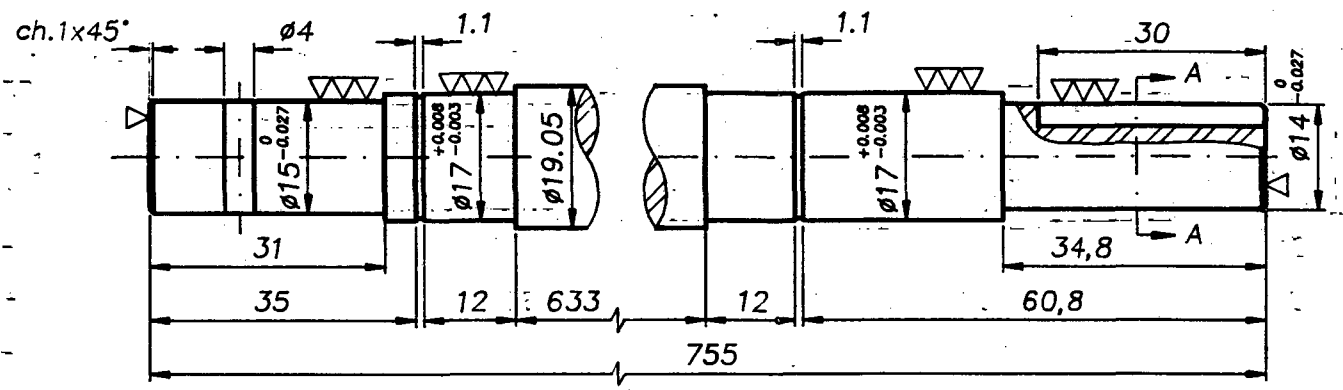
M1-35



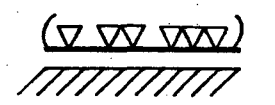
QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°



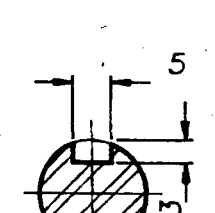
SECCAO AA



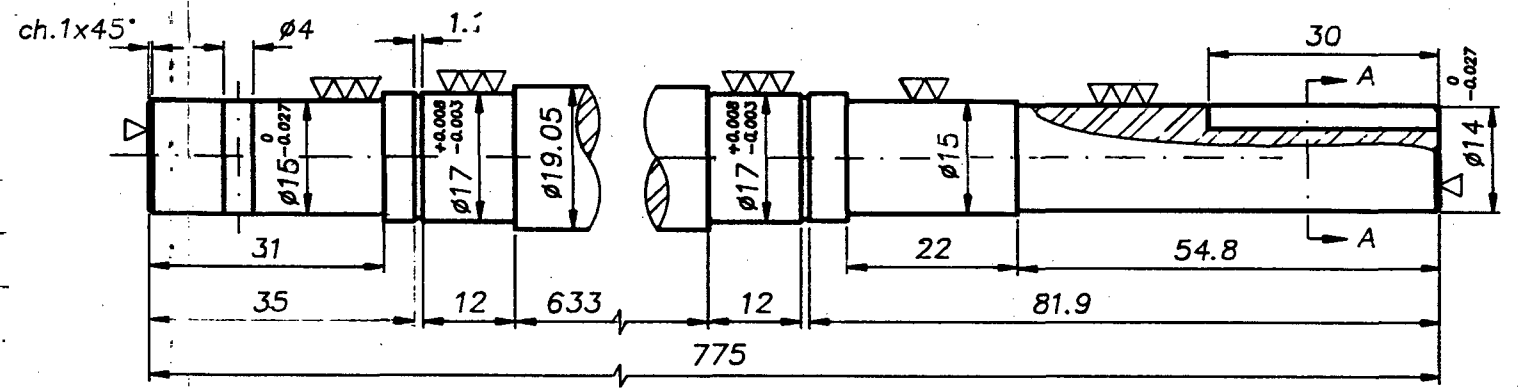
M1-38



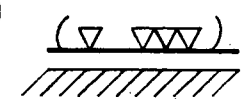
QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°



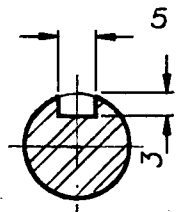
SECCAO AA



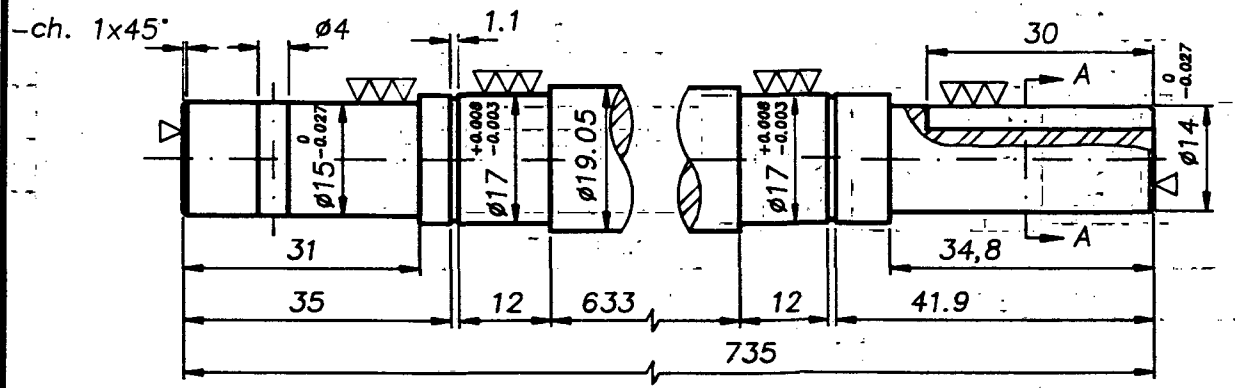
M1-37



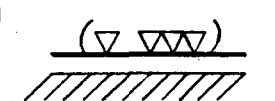
QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°



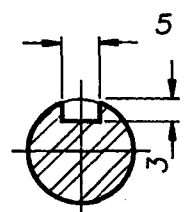
SECCAO AA



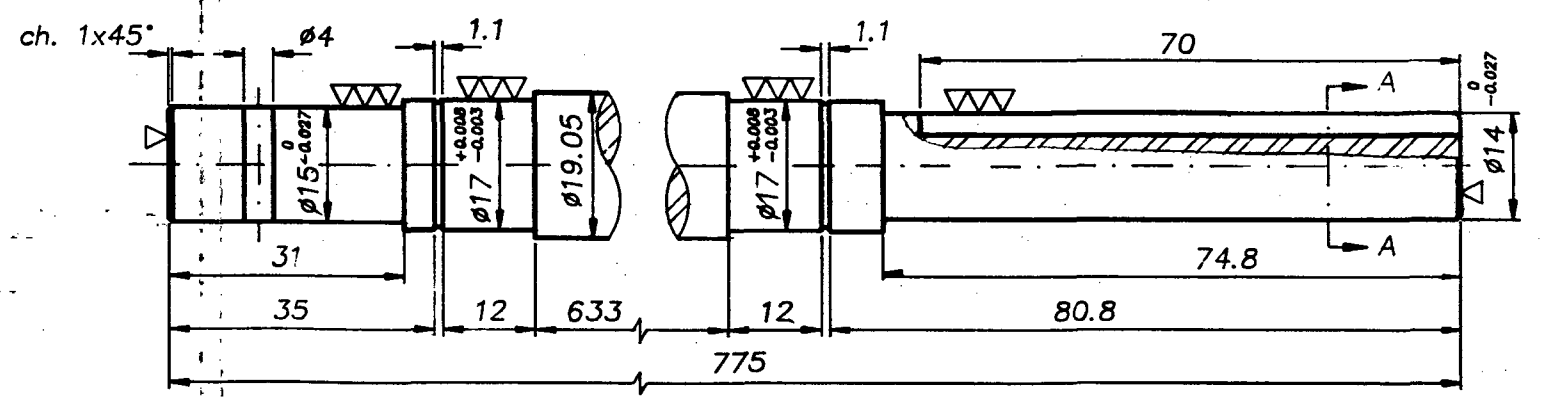
M1-36



QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

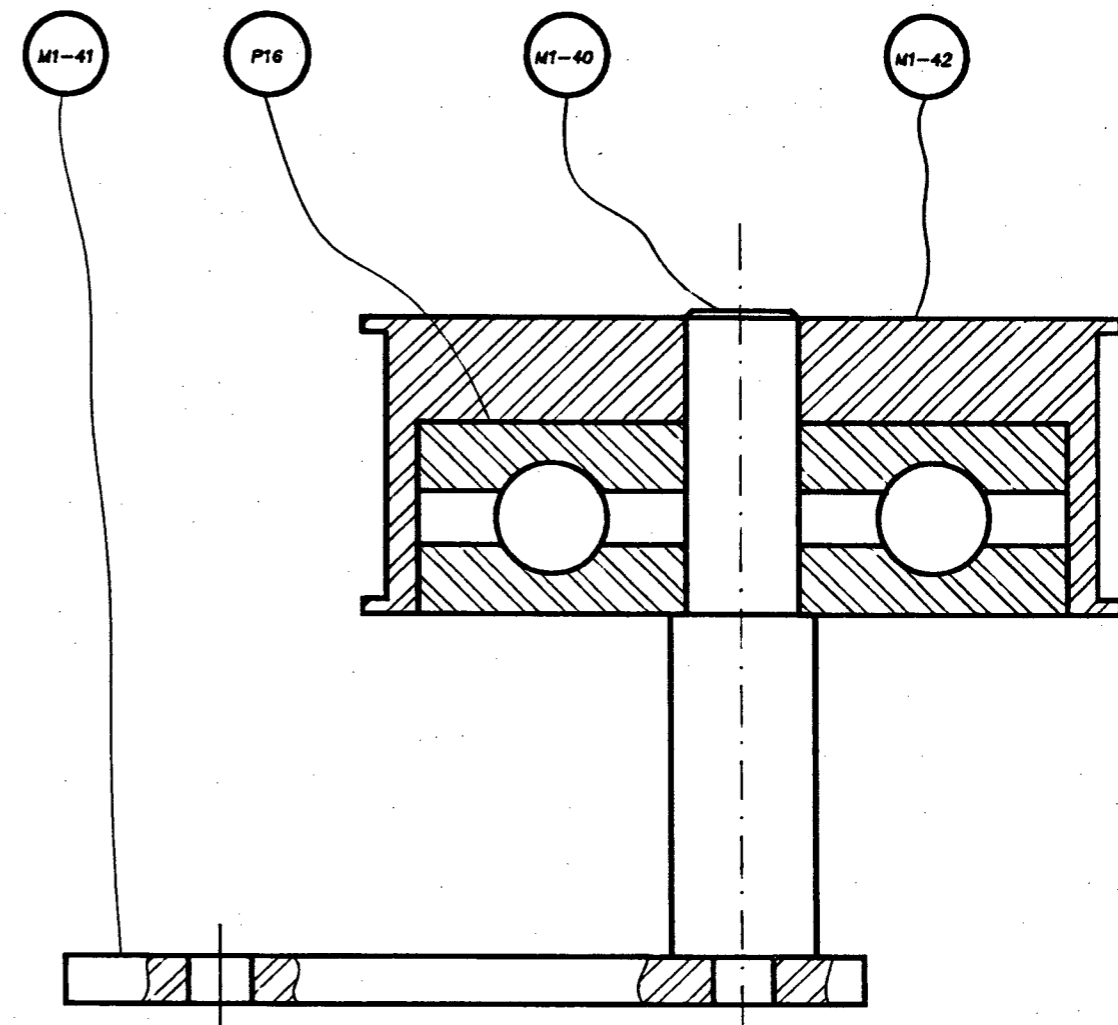
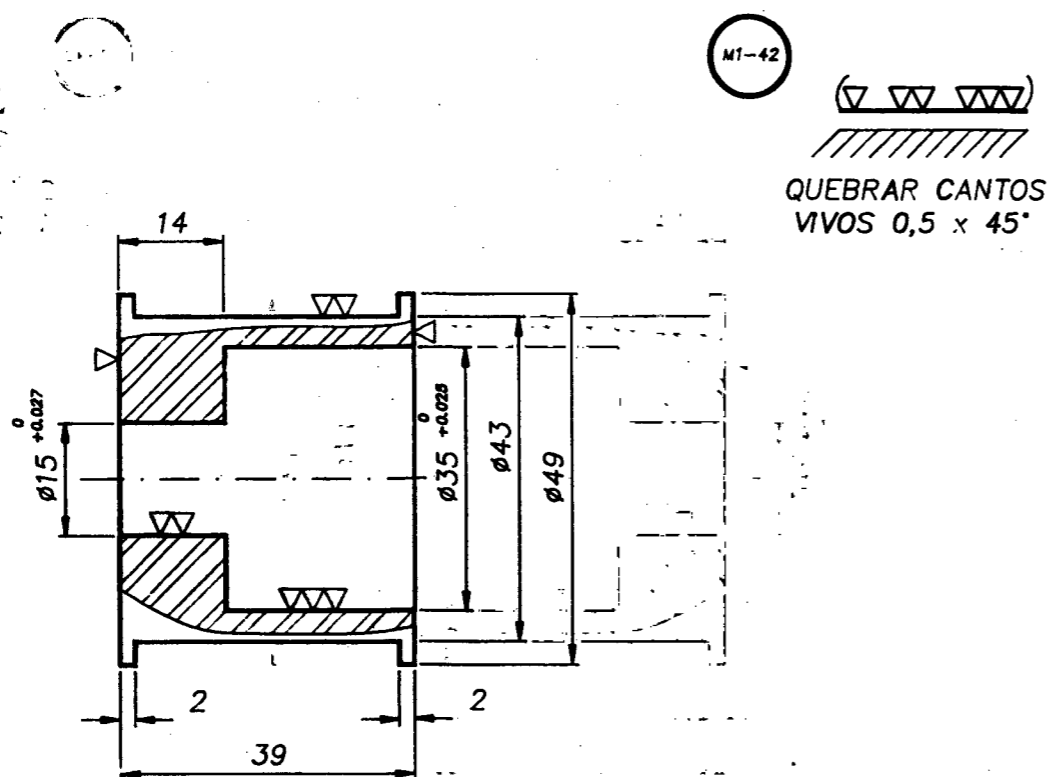
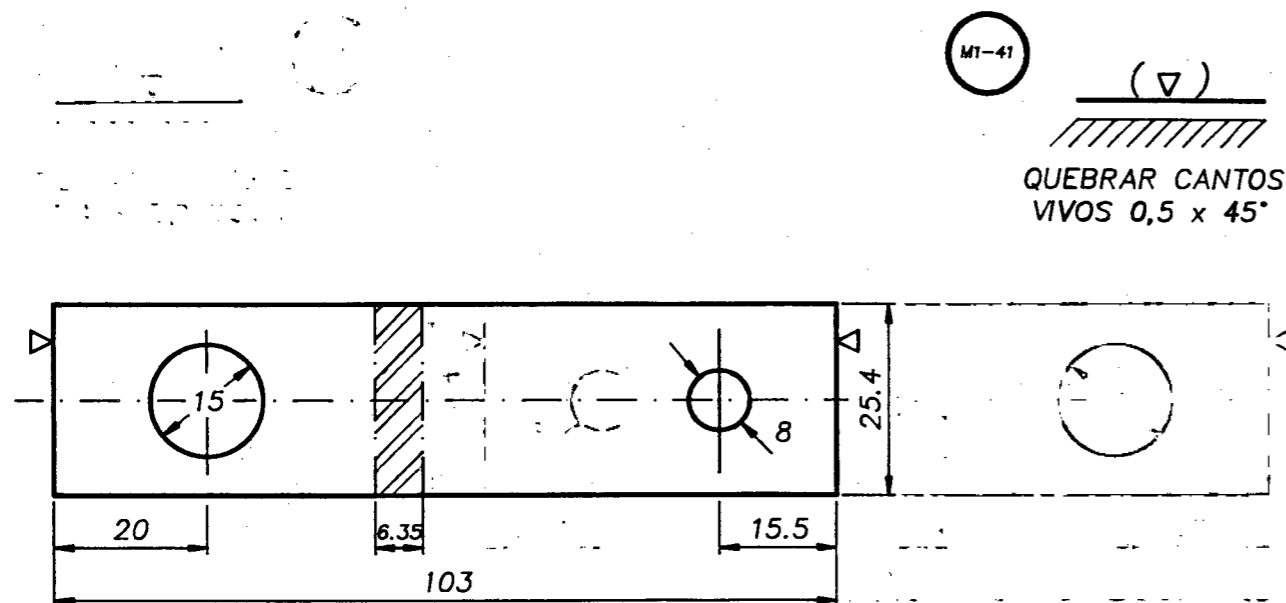
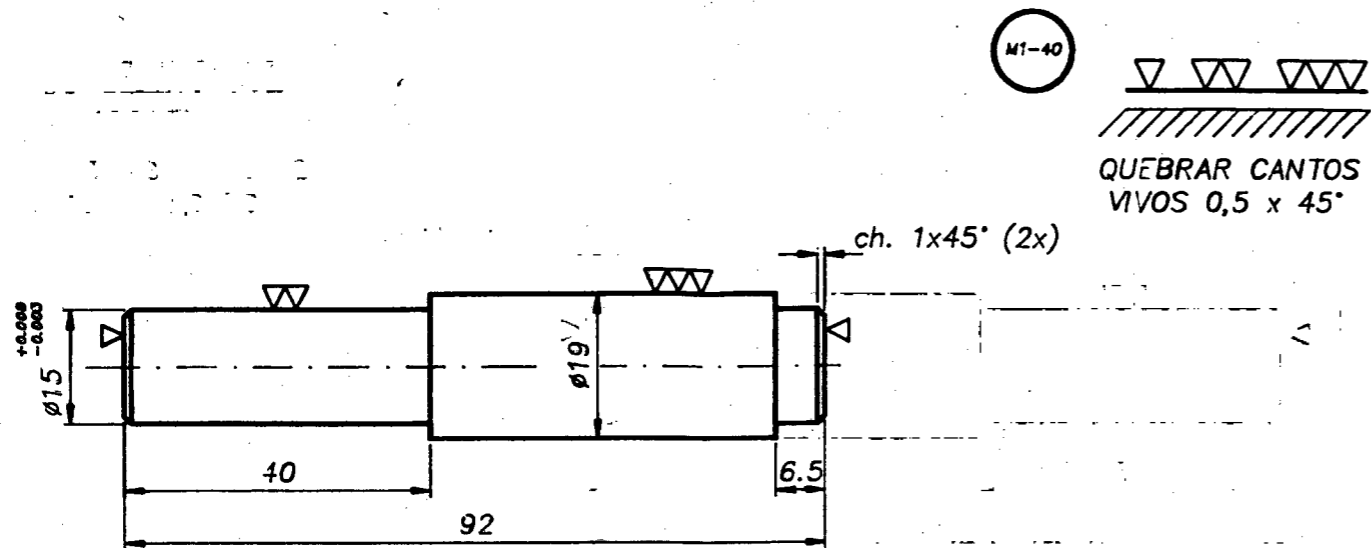


SECCAO AA

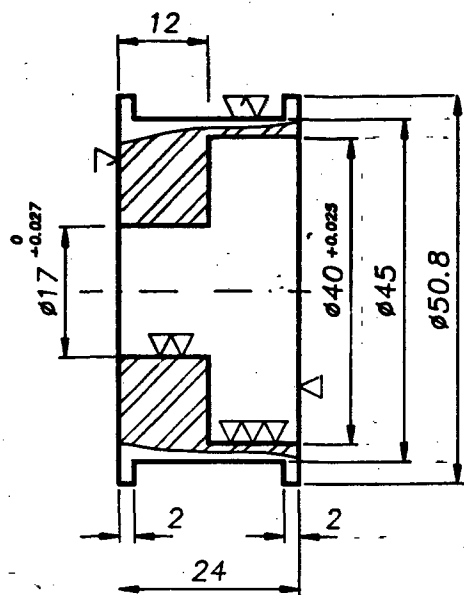


M1-38	Eixo Externo com Duas Polias Juntas	01	Aço ABNT1020	
M1-37	Eixo Interno com Polia Baixa	01	Aço ABNT1020	
M1-36	Eixo Externo com Duas Polias Separadas	01	Aço ABNT1020	
M1-35	Eixo interno com Polia Alta	01	Aço ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

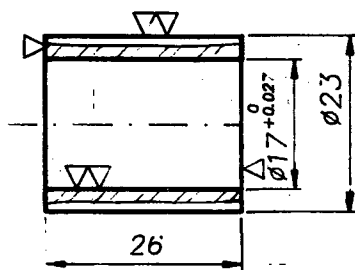
<p>UFSC</p> <p>ENGENHARIA MECÂNICA</p> <p>LABORATORIO DE PROJETO</p> <p>LP</p> <p>COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO</p> <p>(DETALHES)</p>	NOME	Renato	DES N°	17
	DATA	07/4/93	SUBS.POR	
	VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
	DATA		UNIDADE	mm
ESCALA	1/1	APROV.		



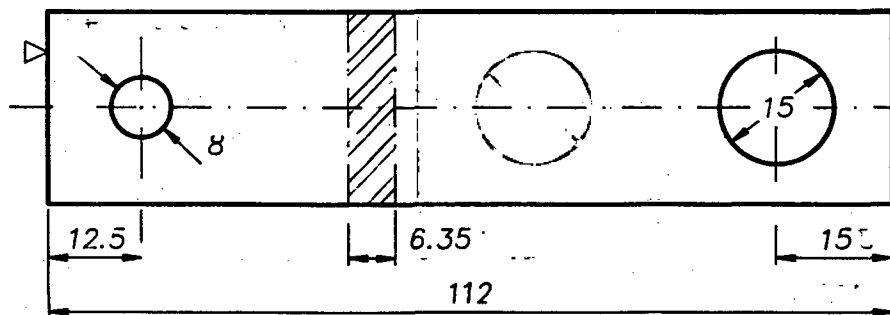
P16	Rolamento rigido de esferas	01	Cf. fabricante	SKF 6202-2Z		
M1-42	Polia esticadora da correia do disco	01	Aco ABNT1020			
M1-41	Haste do esticador da correia do disco	01	Aco ABNT1020			
M1-40	Eixo do esticador da correia do disco	01	Aco ABNT1020			
M1-S9	Subconjunto do estic. da correia do disco					
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			NOME	Renato	DES N°	f8
ENGENHARIA MECÂNICA			DATA	07/4/93	SUBS.POR	
LABORATORIO DE PROJETO			VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
LP			DATA		UNIDADE	mm
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO			ESCALA	APROV.		
(DETALHES)			1/1			



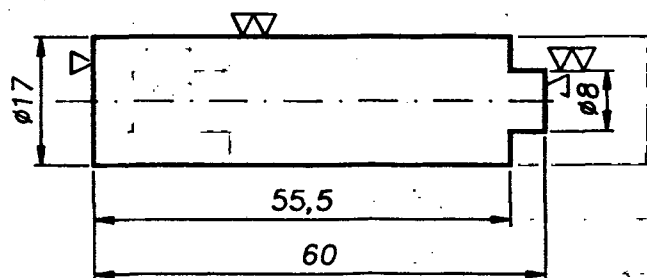
M1-43
 (▽▽▽▽) / (//) / (//)
 QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°



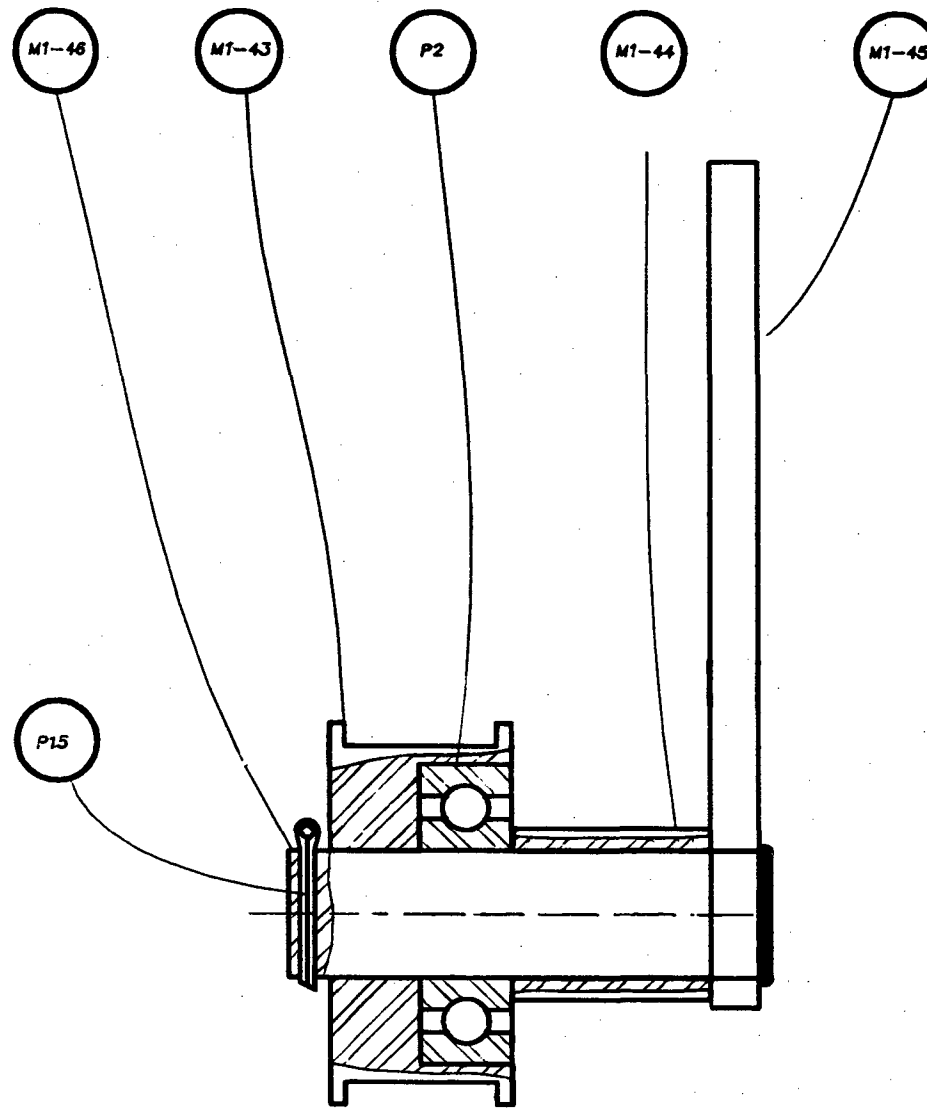
M1-44
 (▽) / (//) / (//)
 QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°



M1-45
 (▽) / (//) / (//)
 QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°



M1-46
 (▽) / (//) / (//)
 QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

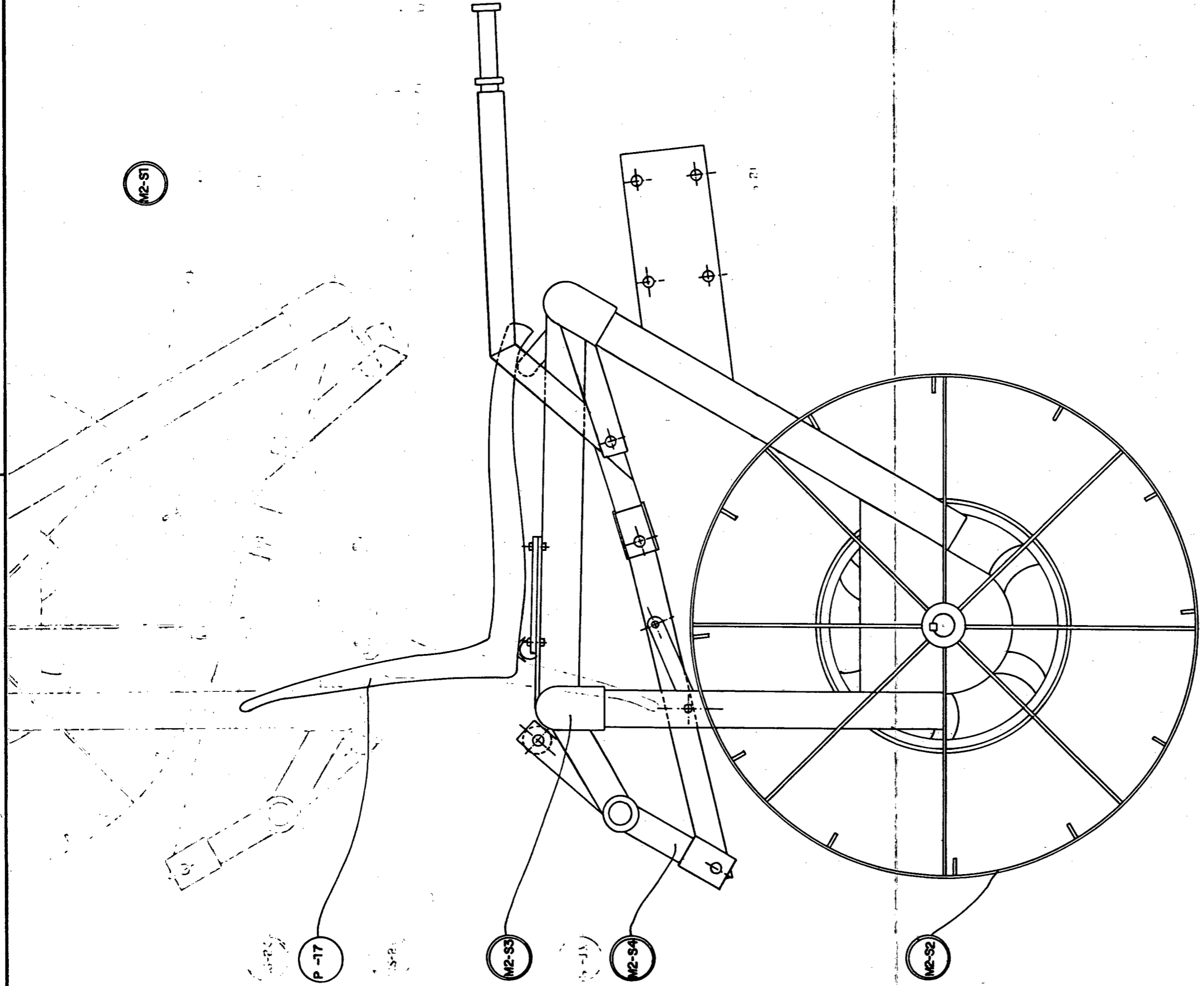


P15	Pino de segurança	02	Cf. fabricante	
P2	Rolamento rígido de esferas	02	Cf. fabricante	SKF 6203-2Z
M1-46	Eixo da pala esticadora	02	Aço ABNT1020	
M1-45	Haste da Fstic. da Correia Meio Cruzada	02	Aço ABNT1020	
M1-44	Espacador da Polia Esticadora	02	Aço ABNT1020	
M1-43	Polia Esticadora da Correia Meio Cruzada	02	Aço ABNT1020	
M1-S10	Subconj. da estic. da correia 1/2 cruzada	02		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC
 ENGENHARIA MECÂNICA
 LABORATORIO DE PROJETO

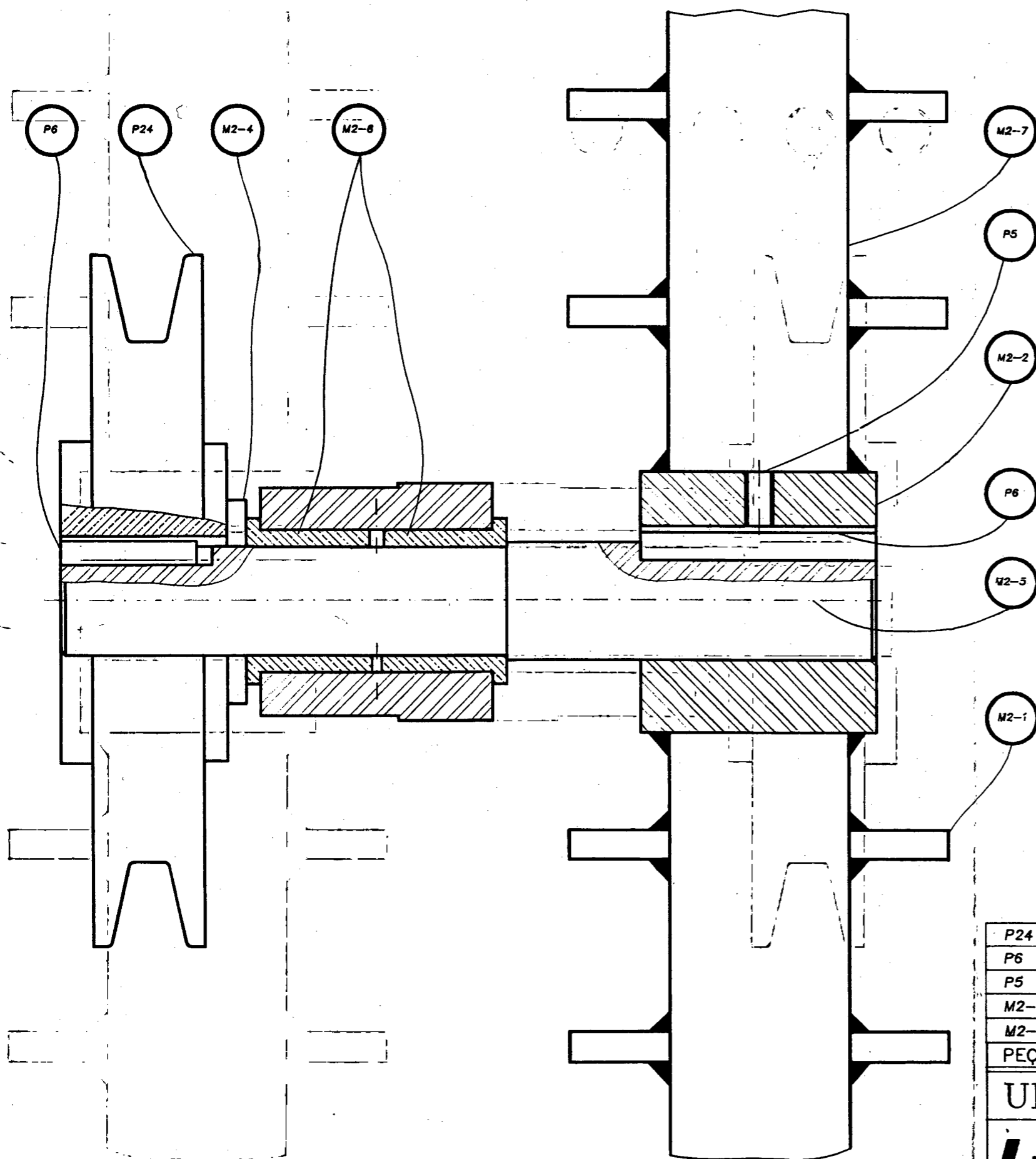
LP COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO
 (DETALHES)

NOME	Renato	DES N°	19
DATA	07/4/93	SUBS.POR	
VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
DATA		UNIDADE	mm
ESCALA	1/1	APROV.	



M2 - S4	SUBCONJUNTO SISTEMA DE LEVANTAMENTO		VER DES. 28 A 31
M2 - S3	SUBCONJUNTO ESTRUTURA MOD. DE COMANDO		VER DES. 23 A 27
M2 - S2	SUBCONJUNTO RODA TRATORA		VER DES. 21 E 22
P - 17	ASSENTO	01	MARCA MARFINITE
M2 - S1	MÓDULO DE COMANDO		OBSERVAÇÃO
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL
UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA	
		LABORATÓRIO DE PROJETO	
		NOME GIOVANA	
		DES. Nº 20	
		DATA	
		SUBS. POR	
		VISTO AUGUSTO	
		EM SUBS. DE	
		DATA	
		UNIDADE	
		ESCALA	
		1 / 5	
		APROV.	
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO (SUBCONJUNTO MÓDULO DE COMANDO)			

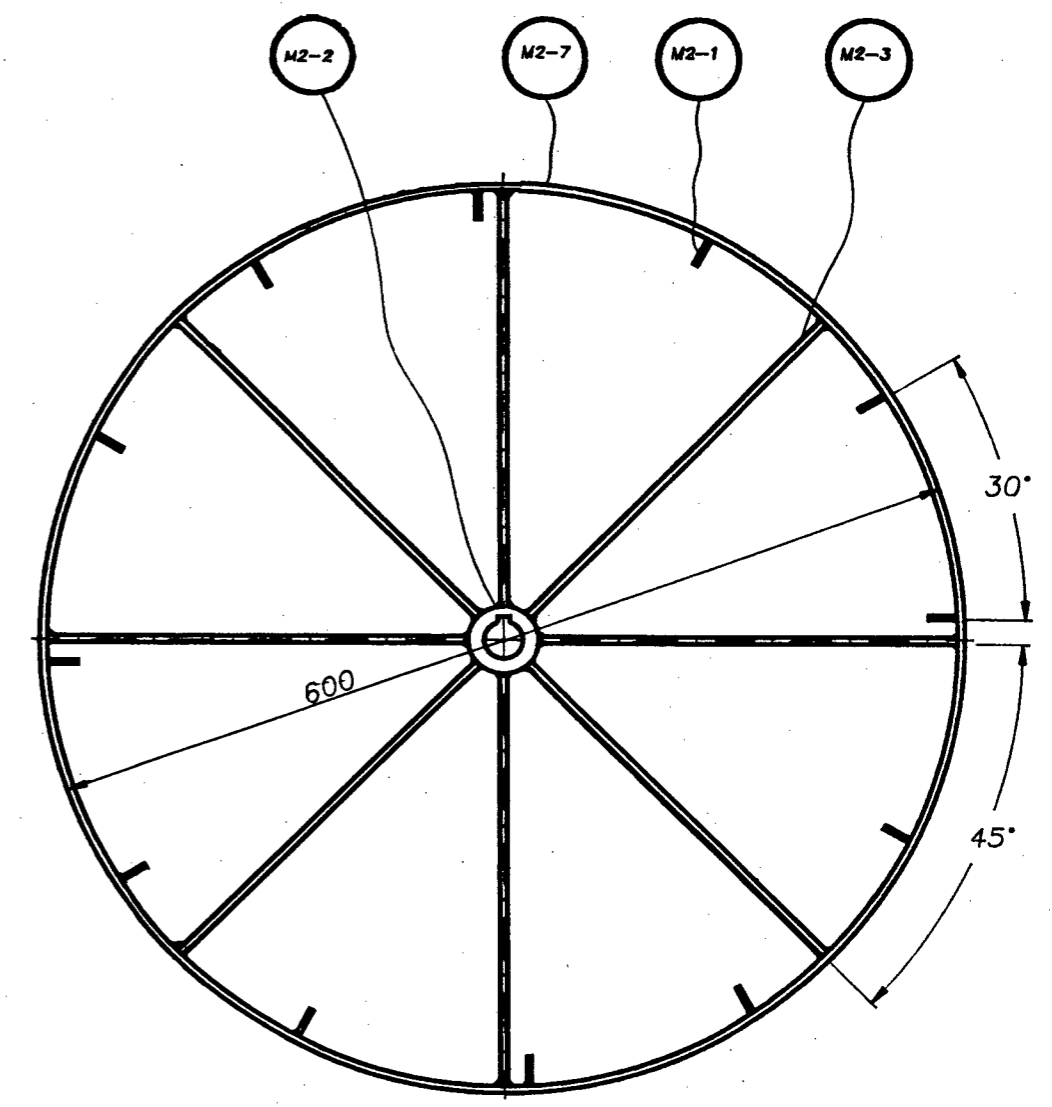
LP



M2-S2

M2-S3

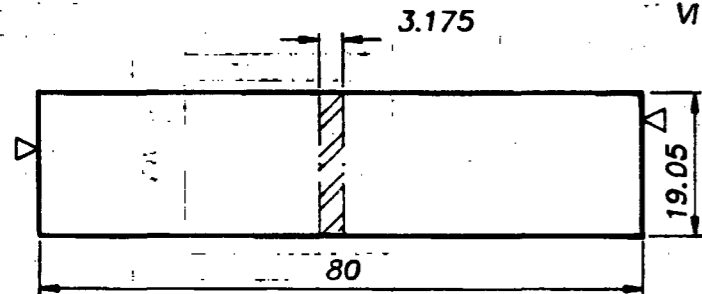
ESCALA 1/5



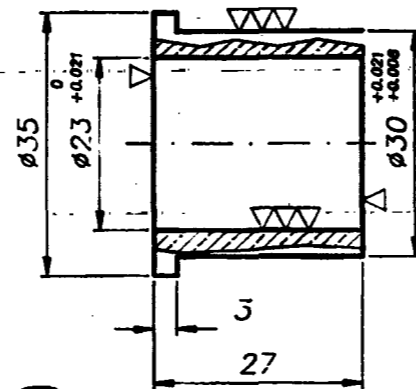
P24	Polia $\phi_{ext} = 145$	02	Alumínio	
P6	Chaveta plana 5X5	04	Aço ABNT1020	Cf. DIN6885
P5	Parafuso Allen c/ cabeça interna	02	Aço ABNT1020	Cf. DIN913
M2-S3	Subconjunto da roda sem o eixo			Ver Des. 25
M2-S2	Subconjunto da roda tratora c/ eixo			Ver Des. 25
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO LP COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO (SUBCONJUNTOS)	NOME	Renato	DES N°	21
	DATA	02/4/93	SUBS.POR	
	VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
	DATA		UNIDADE	mm
	ESCALA	1/1 1/5	APROV.	

M2-1 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



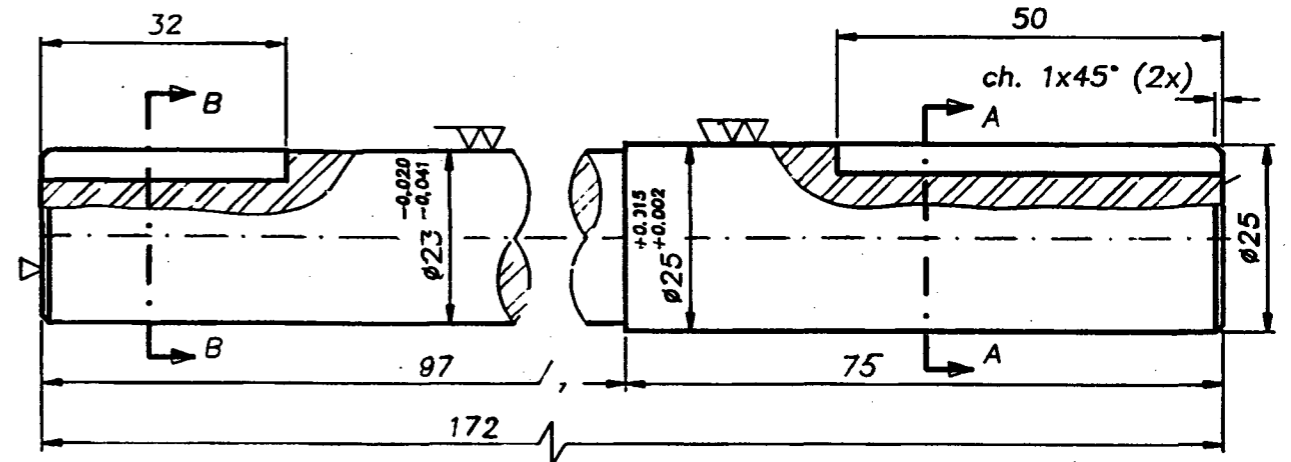
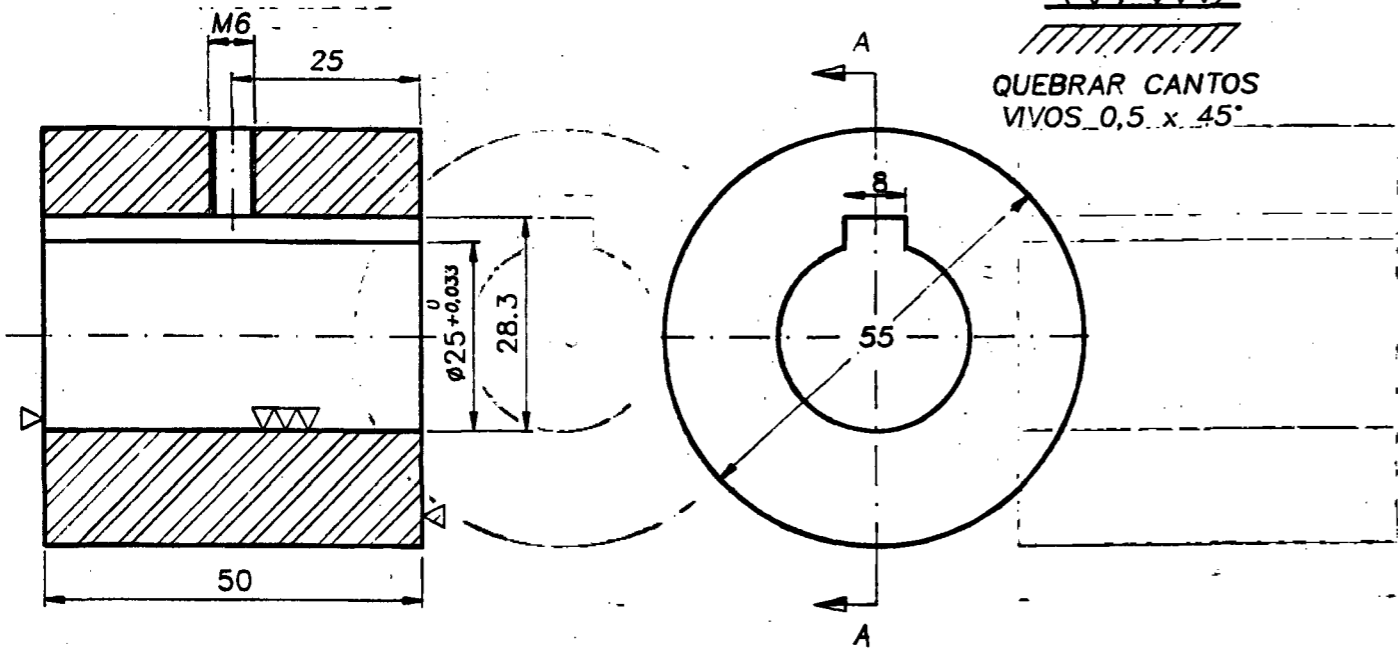
M2-6 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



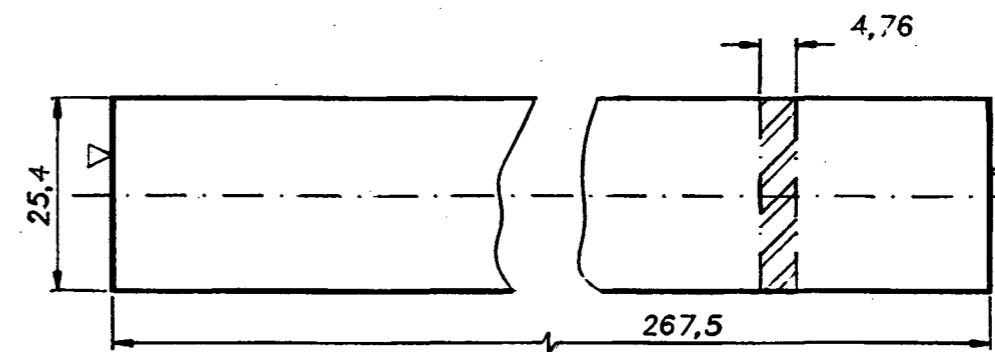
M2-5 (▽)
 QUEBRAN CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



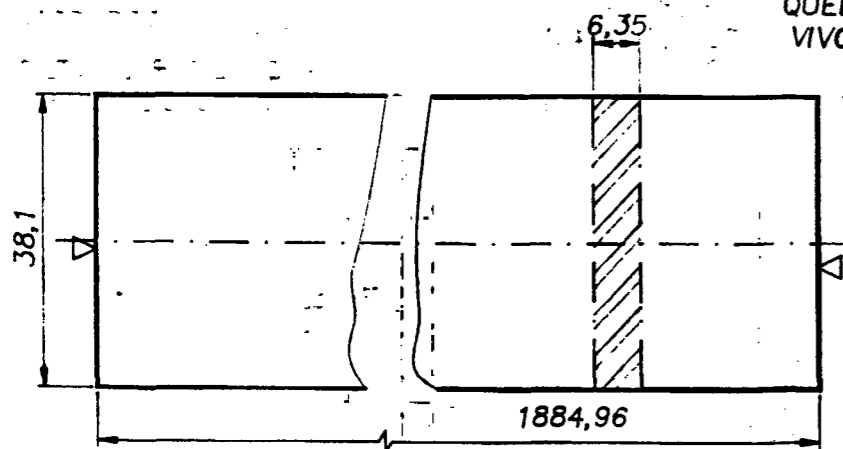
M2-2 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



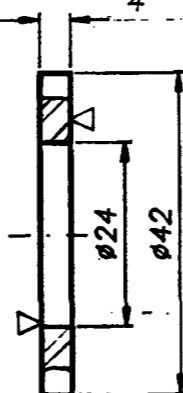
M2-3 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



M2-7 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5-x-45°



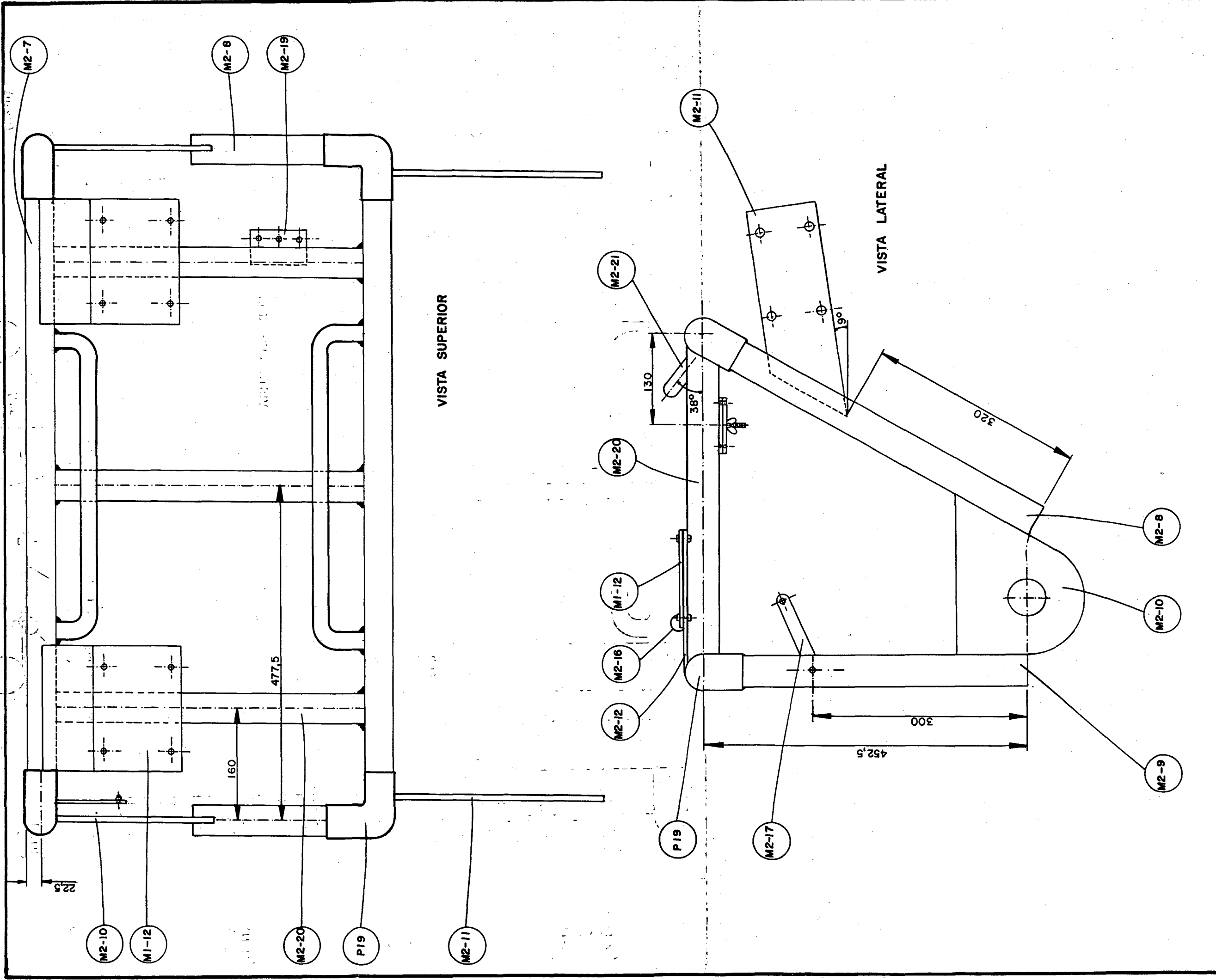
M2-4 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



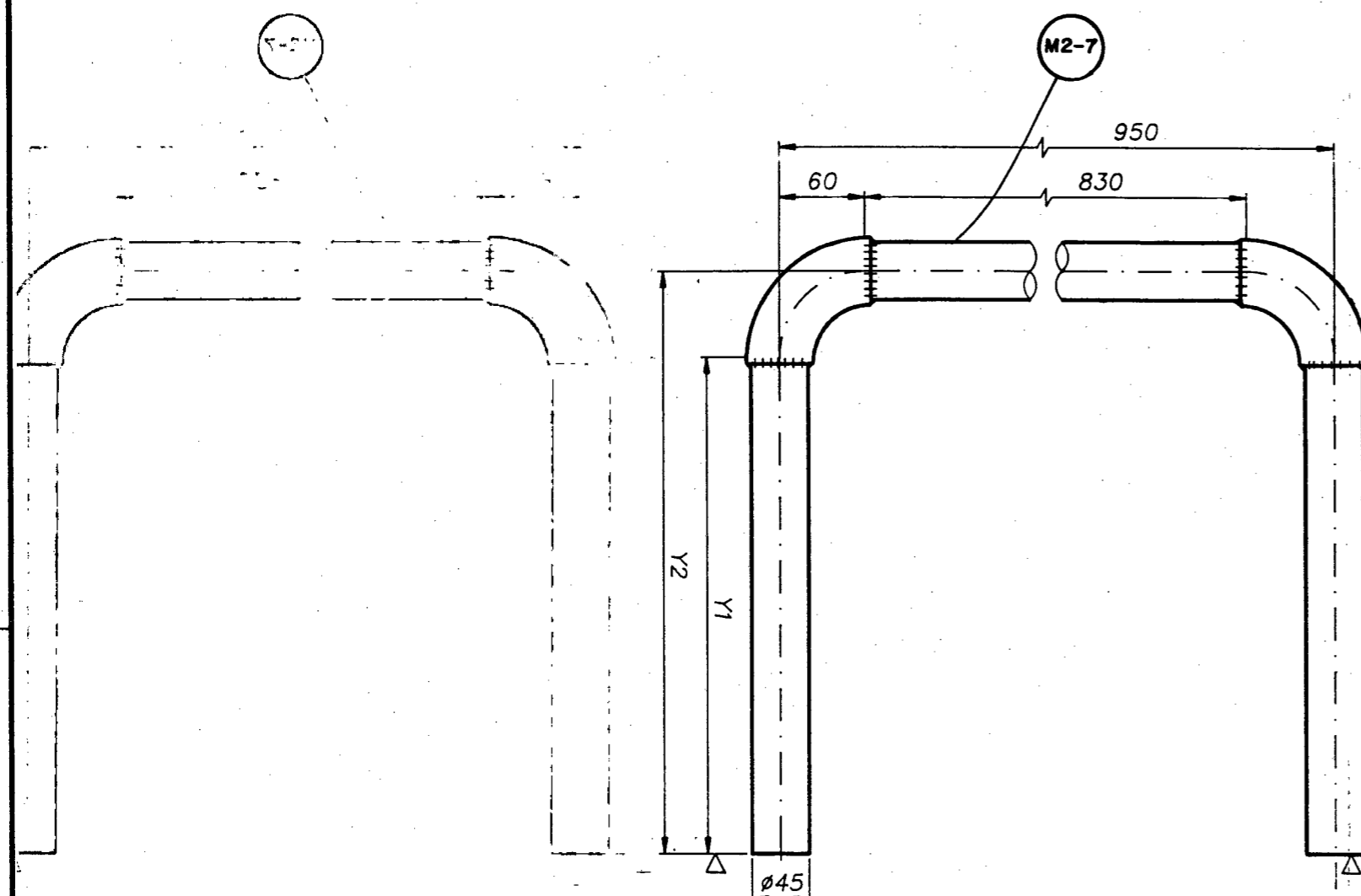
M2-7	Base Externa da Roda Tratora	02	Aço ABNT1020	
M2-6	Bucha do Manca' do Eixo da Roda Tratora	04	Latão	
M2-5	Eixo da Roda Tratora	02	Aço ABNT1020	
M2-4	Anel Espacador do Eixo da Roda Tratora	02	Aço ABNT1020	
M2-3	Rolo da Roda Tratora	16	Aço ABNT1020	
M2-2	Cubo da Roda Tratora	02	Aço ABNT1020	
M2-1	Alata de Aderência da Roda Tratora	24	Aço ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC LP	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		NOME	Renato	DES N°	22
			DATA	02/4/93	SUBS.POR	22
			VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
			DATA		UNIDADE	mm
		ESCALA	1/1	APROV.		

COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO
 (DETALHES)



M2-S3	ESTRUTURA DO MÓDULO DE COMANDO	01	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.		
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO		NOME GIOVANA	DES. Nº 23
LP	COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO (SUBCONJ. ESTRUTURA DO MOD. COMANDO)		DATA 14/04/93	SUBS. POR
			VISTO AUGUSTO	EM SUBS. DE
			DATA ESCALA 1/5	UNIDADE APROV.
				mm

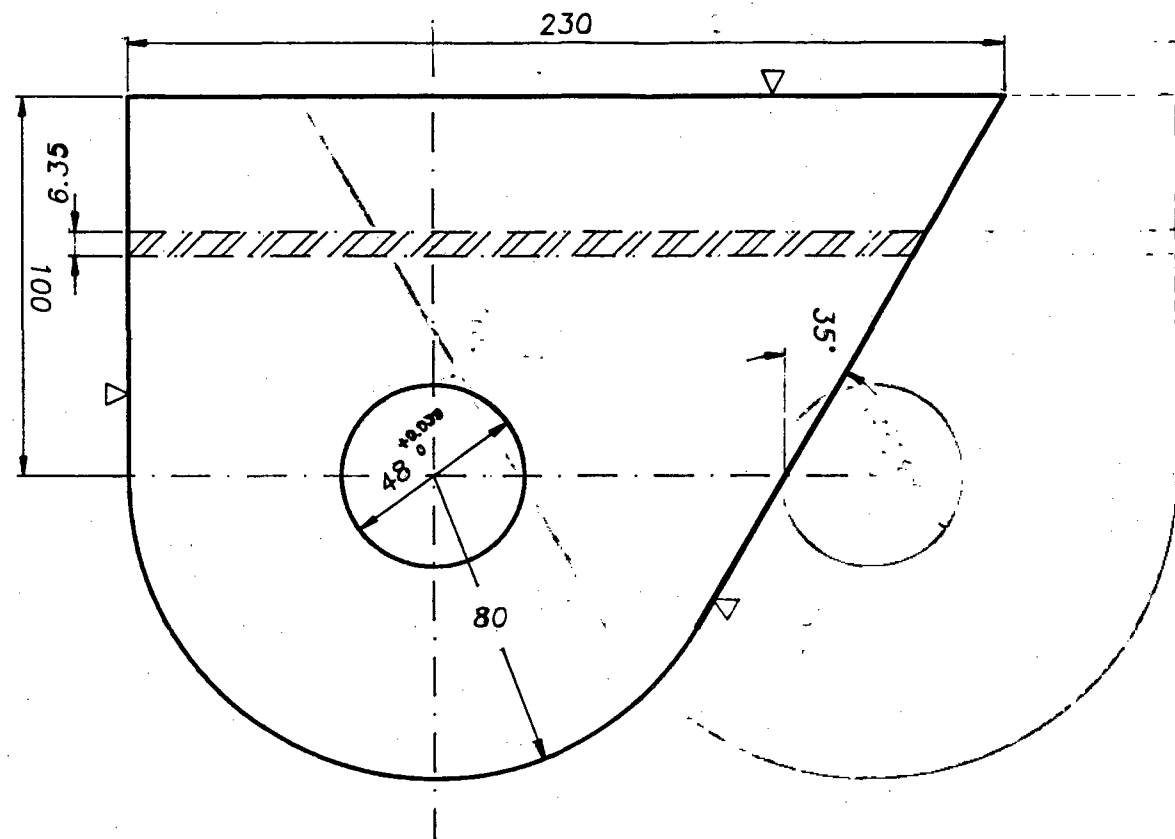


(▽)
 //
 # QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°
 # USAR TUBO MECANICO DE SECAO CIRCULAR.
 # ESPESSURA DA PAREDE: 2.4 mm.

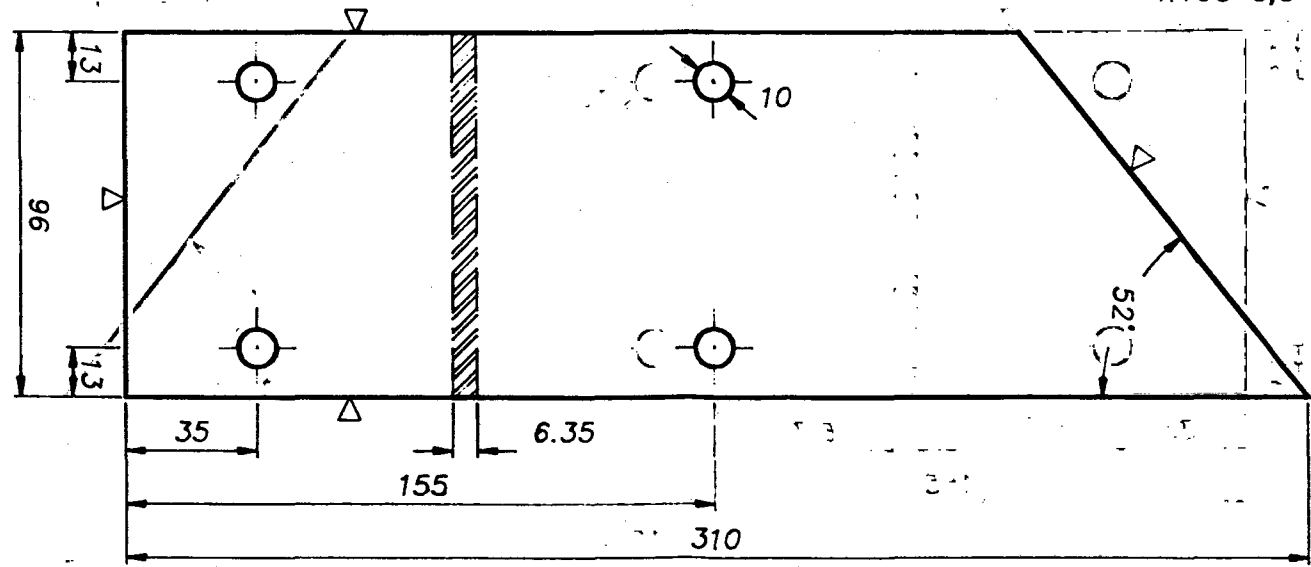
PEÇA N°	Y ₁	Y ₂
M2-8	480	536
M2-9	400	456

M2-7	Tubo Transversal da Estrutura	02	Aço ABNT 1020			
P19	Curva a 90°	04	Ferro Fundido			
M2-9	Estrutura do Assento (lado menor)	02	Aço ABNT1020			
M2-8	Estrutura do Assento (lado maior)	02	Aço ABNT1020			
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			NOME	Renato	DES N°	24
ENGENHARIA MECÂNICA			DATA	02/4/93	SUBS.POR	
LABORATORIO DE PROJETO			VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
LP			DATA		UNIDADE	mm
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO			ESCALA	1/5	APROV.	
(DETALHES)						

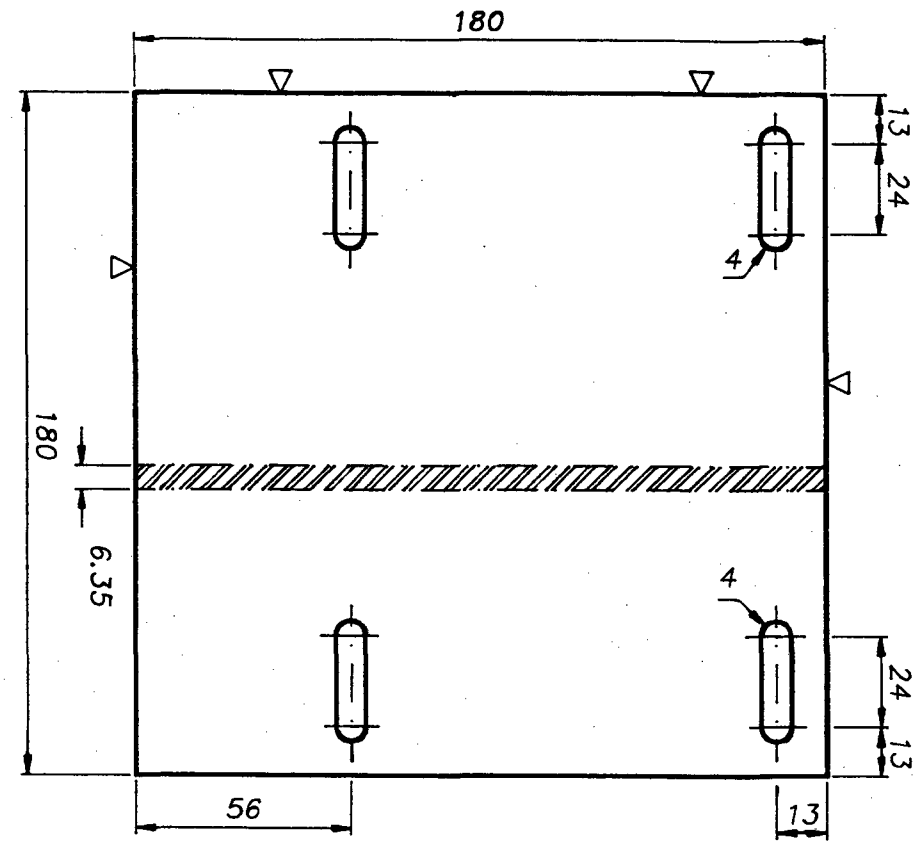
M2-10
 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



M2-11
 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



M2-12
 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



M2-12	Chapa de Apoio do Tubo de Articulação	02	Aço ABNT1020	
M2-11	Chapa de Fixacao do Cambão	02	Aço ABNT1020	
M2-10	Chapa Suporte do Eixo da Roda Tratora	02	Aço ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

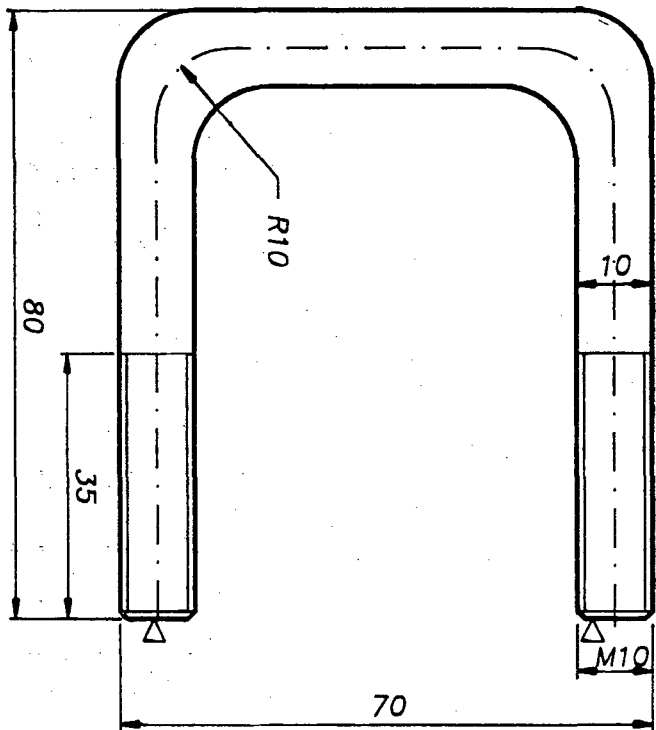
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA
 LABORATORIO DE PROJETO

LP COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO
 (DETALHES)

NOME	Renato	DES N°	25
DATA	02/4/93	SUBS.POR	
VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
DATA		UNIDADE	mm
ESCALA	1/2	APROV.	

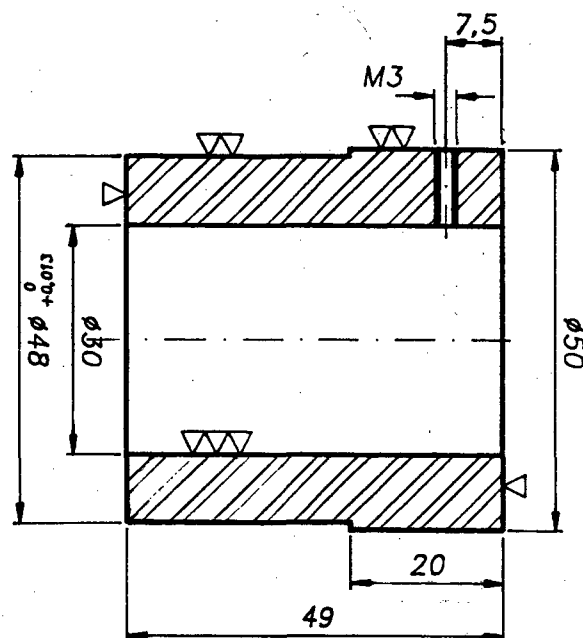
M2-13

(▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



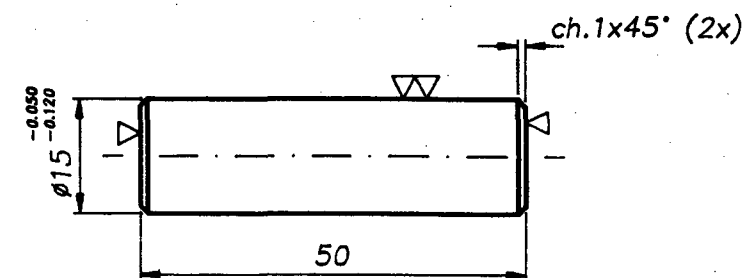
M2-14

(▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



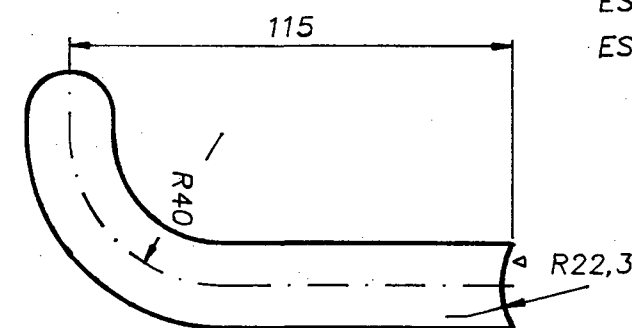
M2-15

(▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



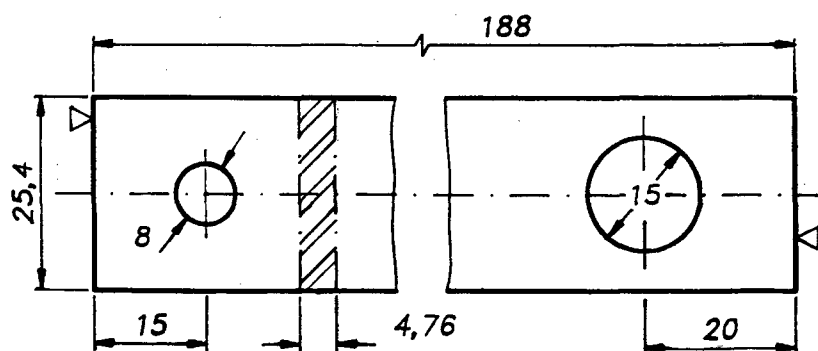
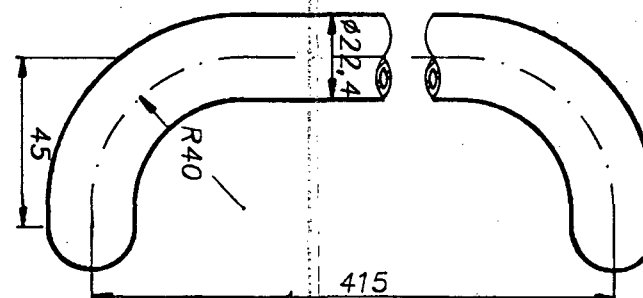
M2-16

(▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°
 USAR TUBO MECANICO
 DE SECAO CIRCULAR
 ESP. 1,59 mm.
 ESCALA: 1/2



M2-17

(▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



M2-17	Chapa do Esticador da Cooreia da Roda	02	Aço ABNT1020	
M2-16	Tubo Traseiro de Fixação do Assento	01	Aço ABNT1020	
M2-15	Eixo do Rolete Estic. da Correia da R. Trat.	02	Aço ABNT1020	
M2-14	Mancal do Eixo da Roda Tratora	02	Aço ABNT1020	
M2-13	Abracadeira do Cambao	04	Aço ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

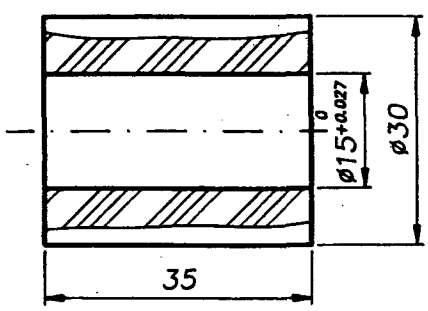
ENGENHARIA MECÂNICA
 LABORATORIO DE PROJETO

NOME	Renato	DES N°	26
DATA	02/4/93	SUBS.POR	
VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
DATA		UNIDADE	mm
ESCALA	1/2	APROV.	

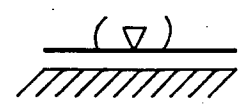
LP

COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO
 (DETALHES)

M2-22

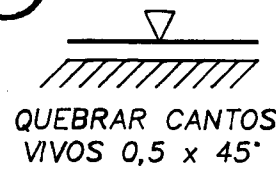


M2-20

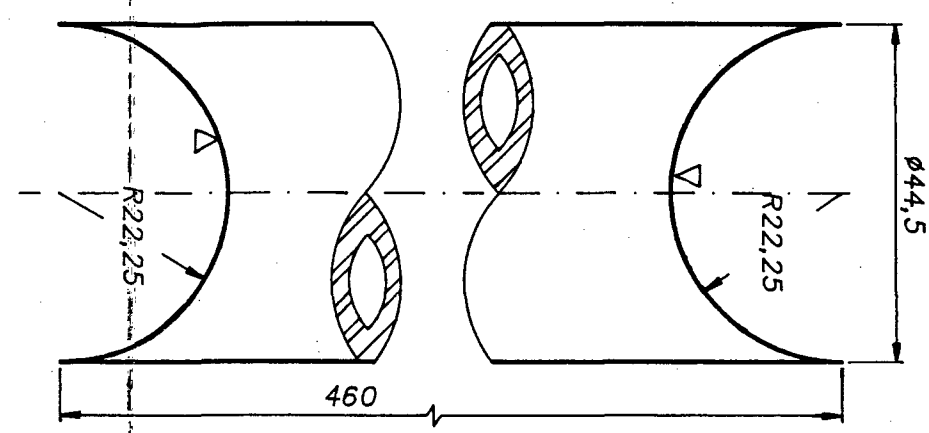


QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°
USAR TUBO MECANICO DE SECAO CIRCULAR ESP. 2,4 mm.

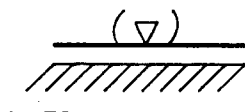
M2-18



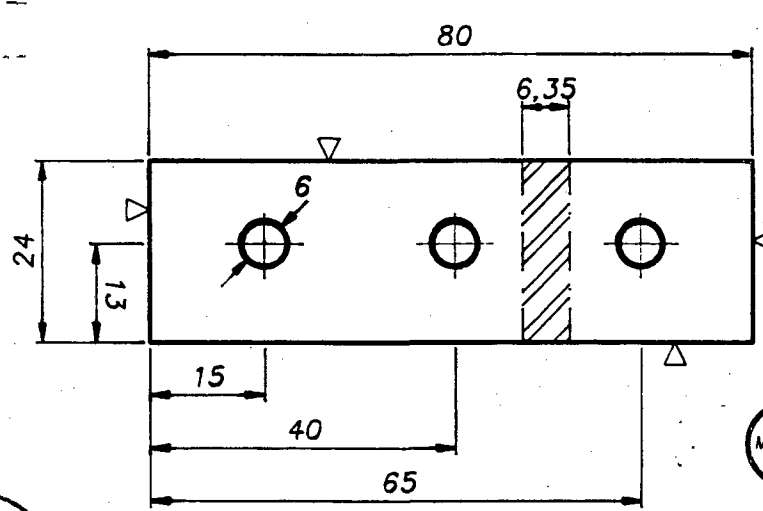
QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°



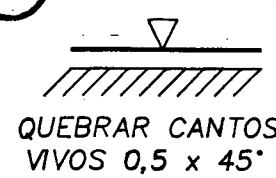
M2-21



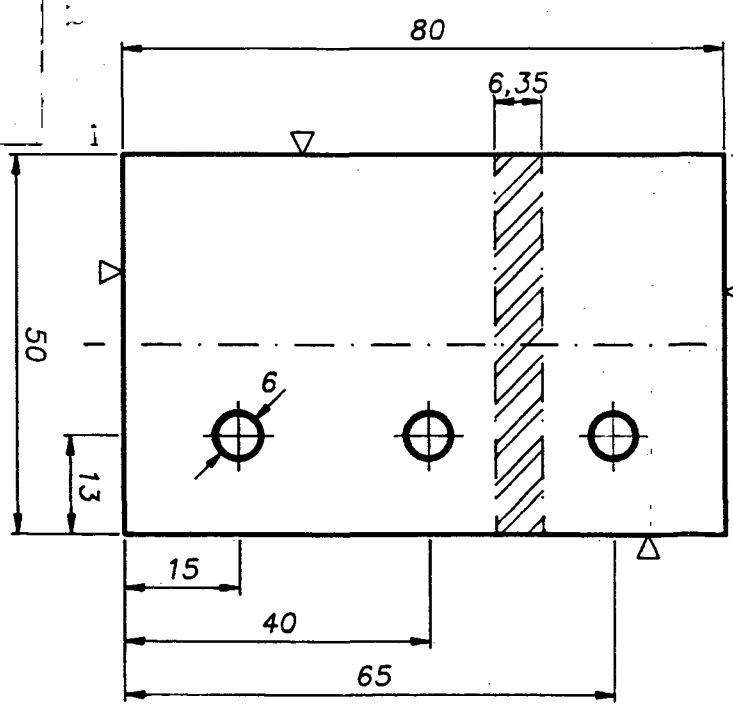
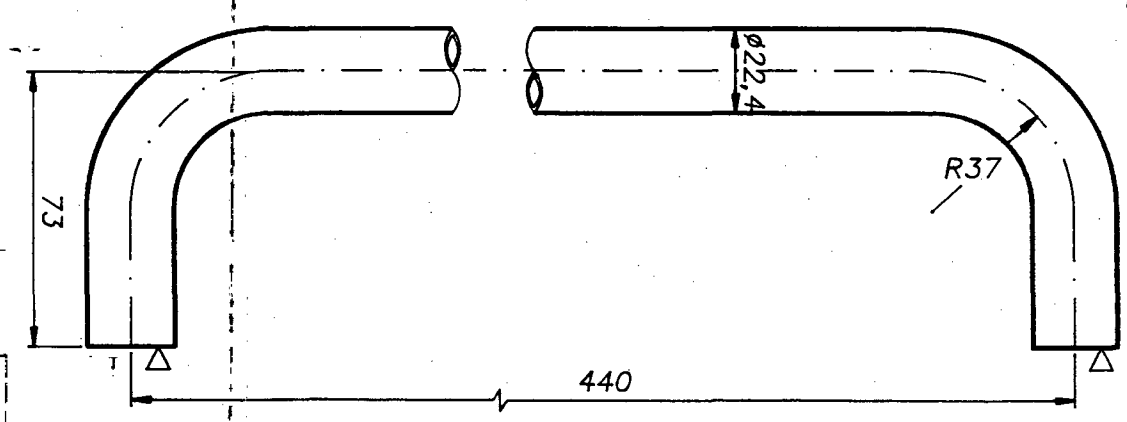
QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°
USAR TUBO MECANICO DE SECAO CIRCULAR ESP. 2,4 mm.



M2-19

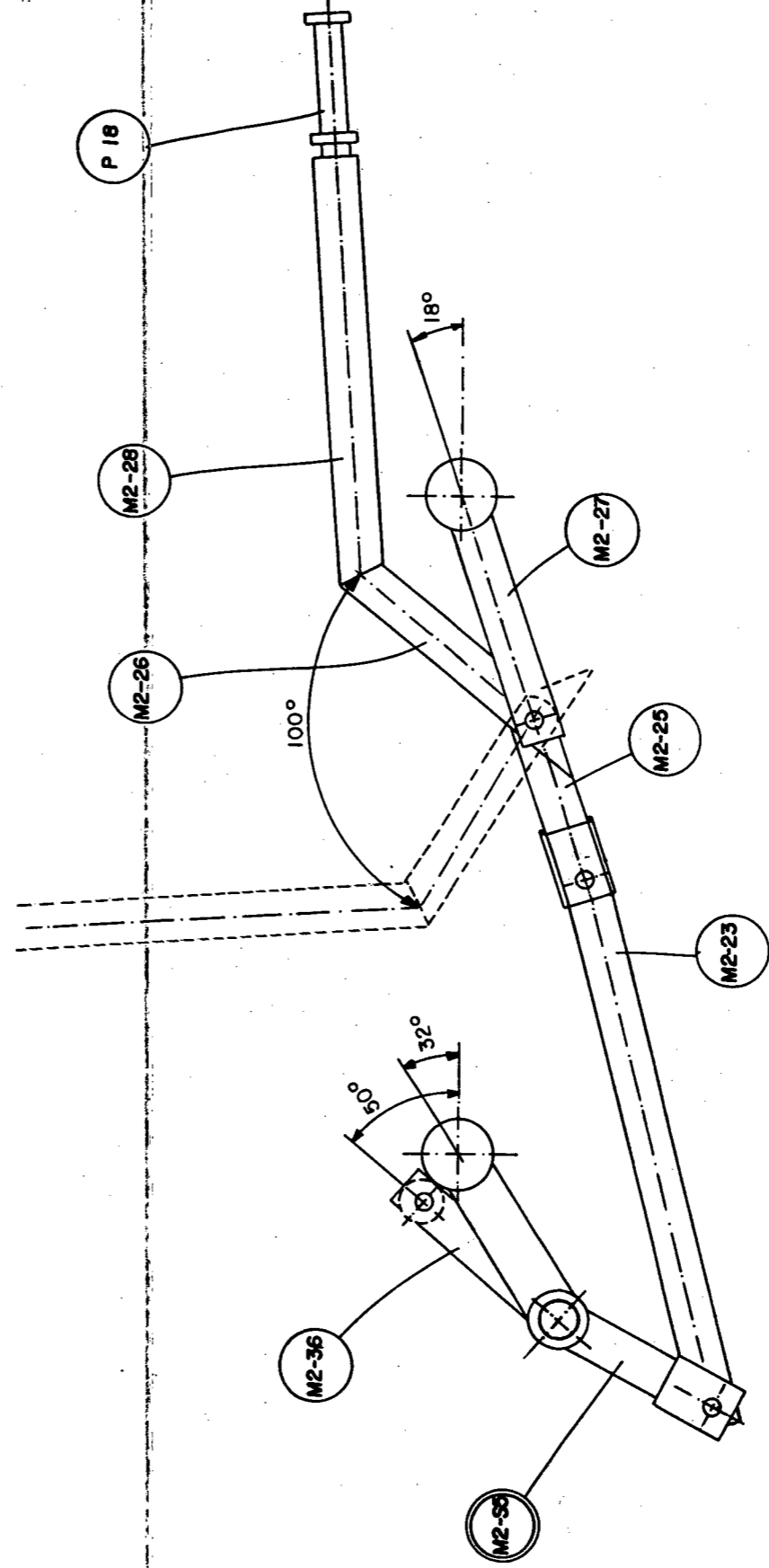
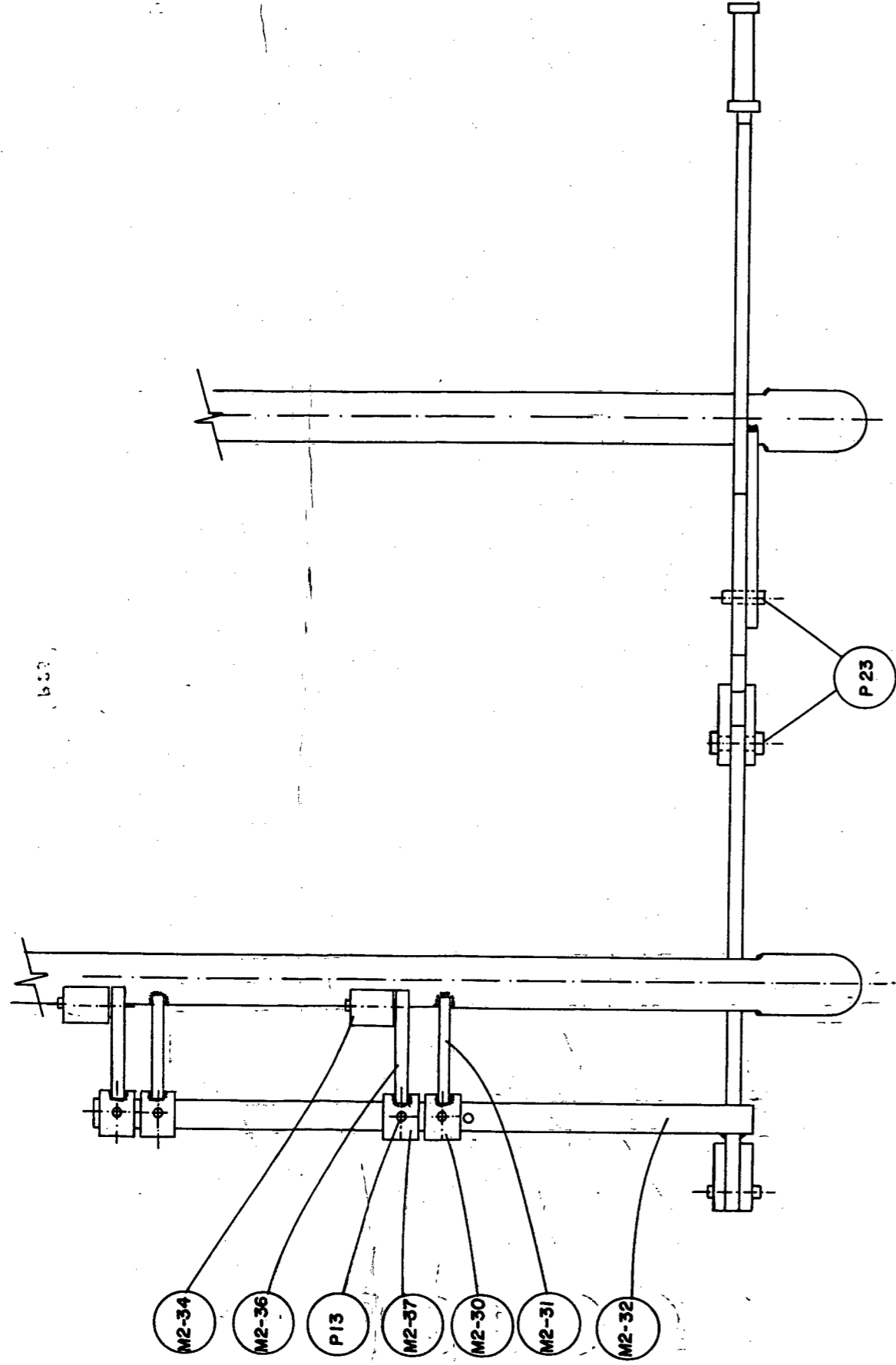


QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°



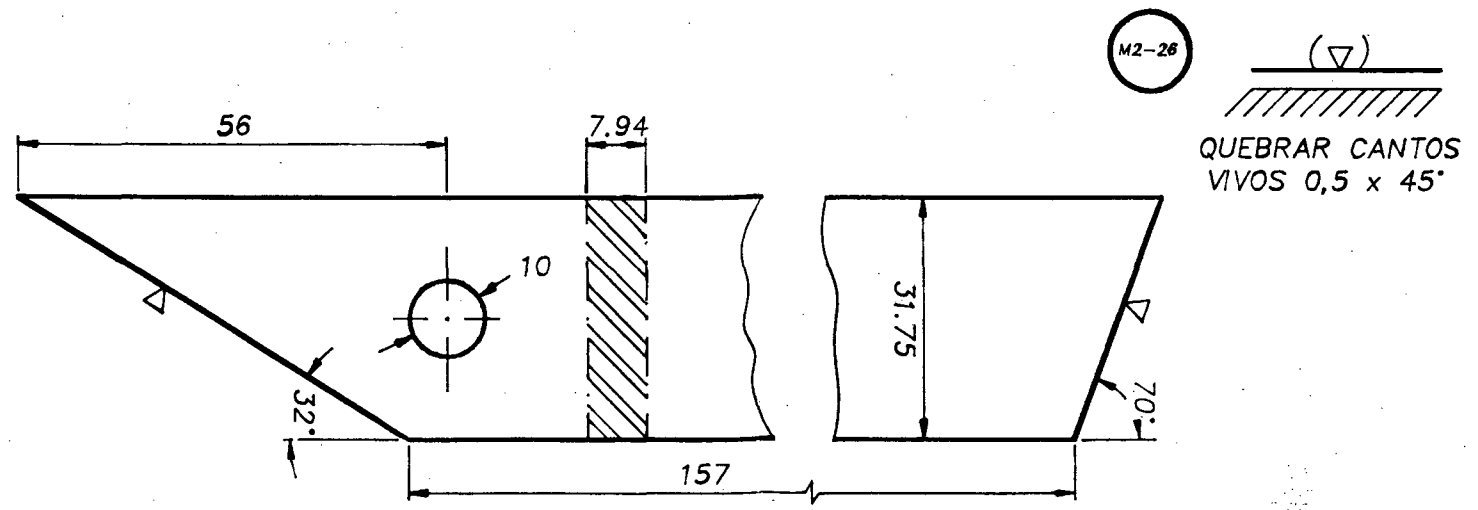
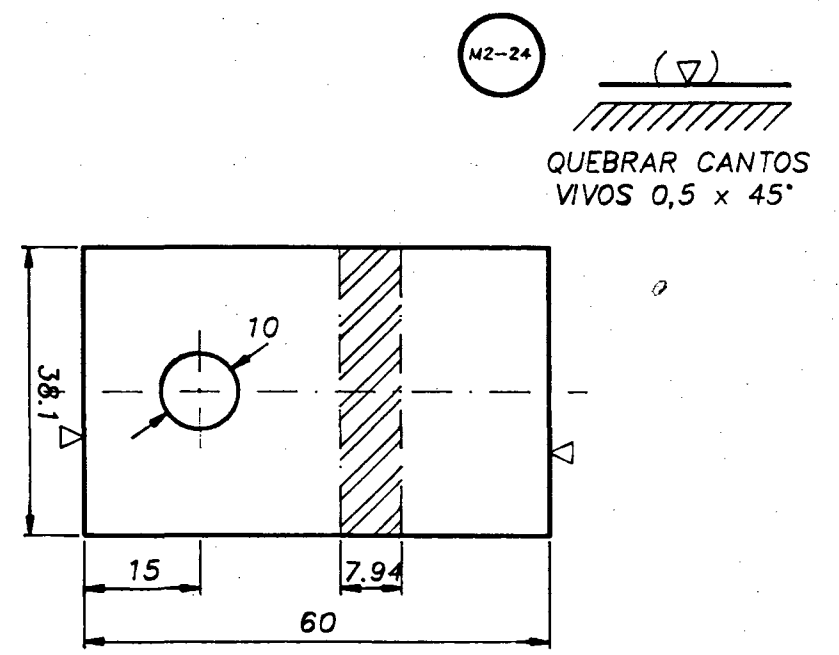
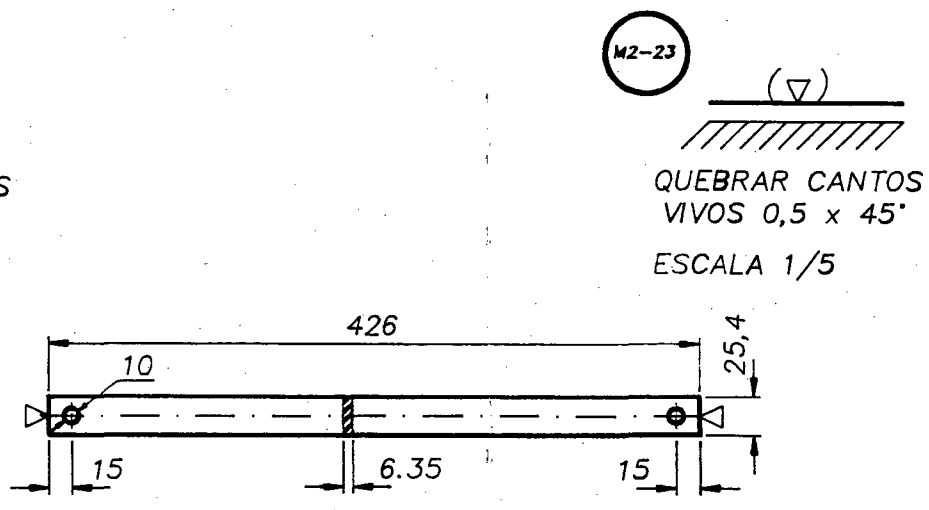
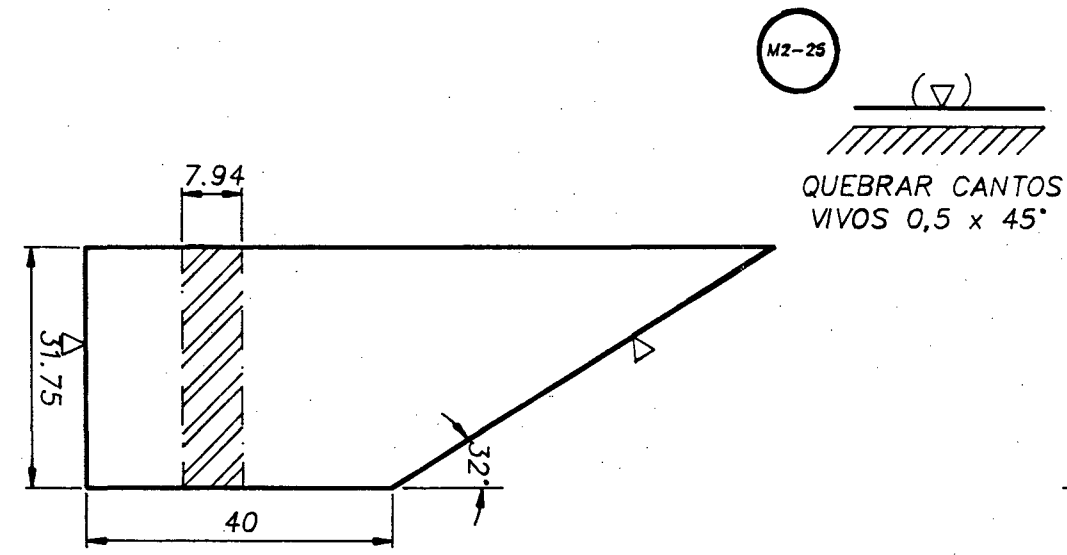
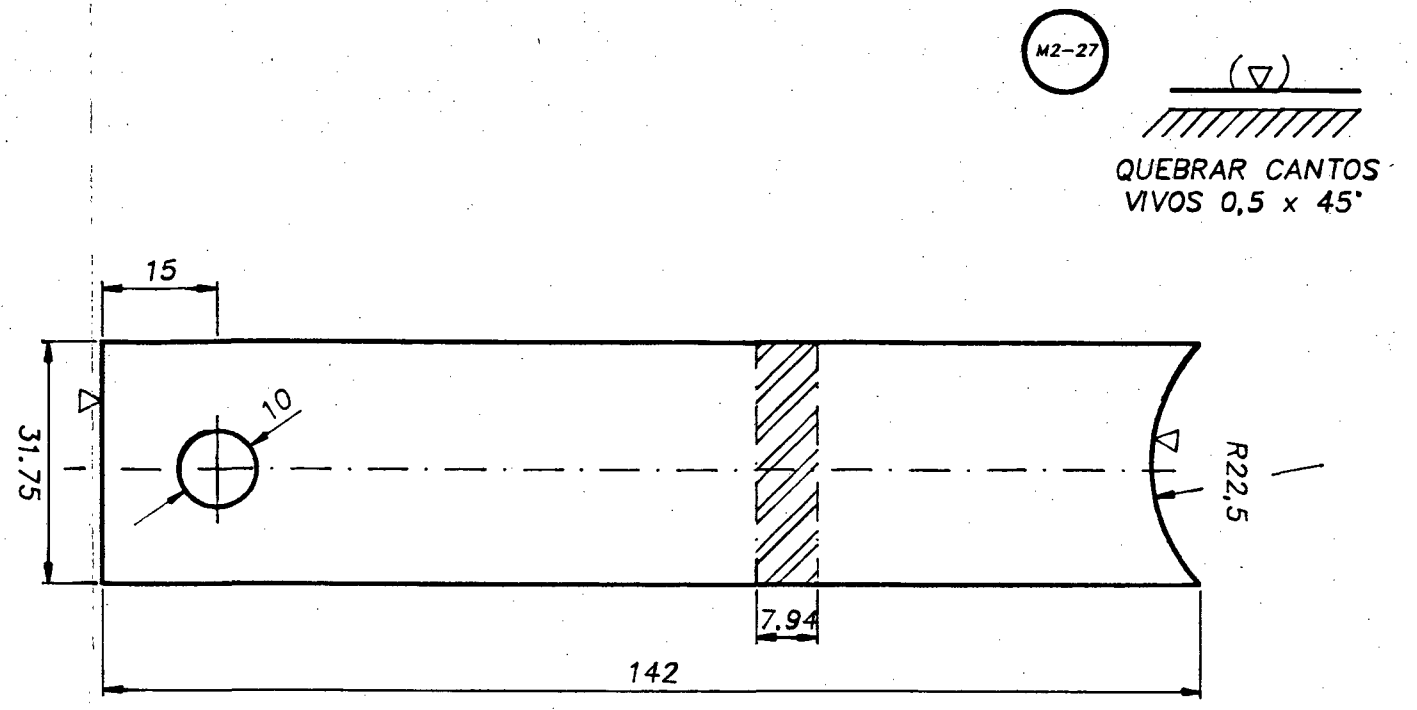
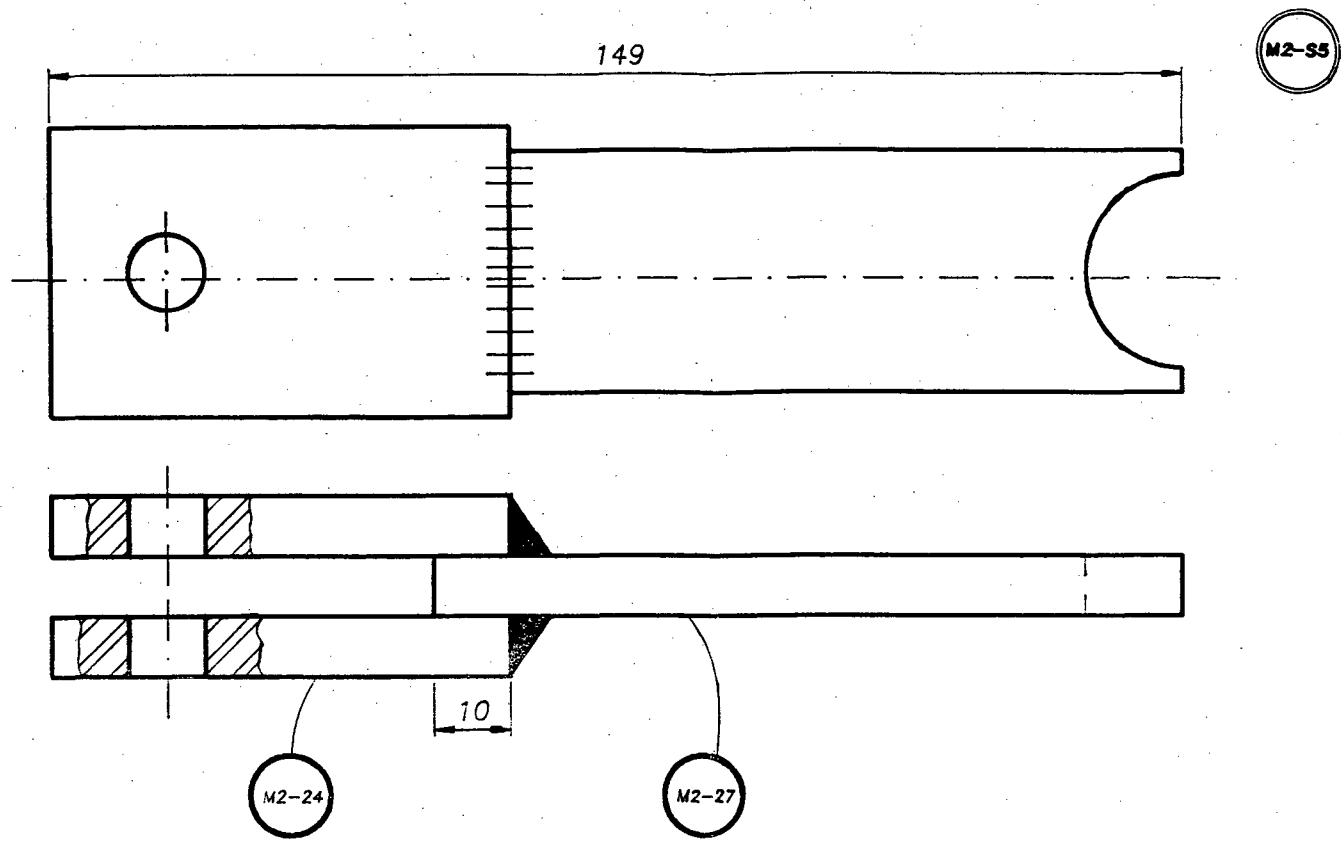
M2-22	Rolete Esticador da Correia da Roda Tratora	02	Aço ABNT1020	
M2-21	Tubo Frontal de Fixação do Assento	01	Aço ABNT1020	
M2-20	Tubo Longitudinal da Estrut. do Assento	03	Aço ABNT1020	
M2-19	Chapa Inferior de Fixação da Mola	01	Aço ABNT1020	
M2-18	Apoio da Chapa Inf. de Fix. da Mola	01	Aço ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC			NOME	Renato
ENGENHARIA MECÂNICA			DATA	05/4/93
LABORATORIO DE PROJETO			VISTO	Augusto
LP			DATA	
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO			ESCALA	1/1
(DETALHES)			APROV.	1/2
				mm

M2-S4



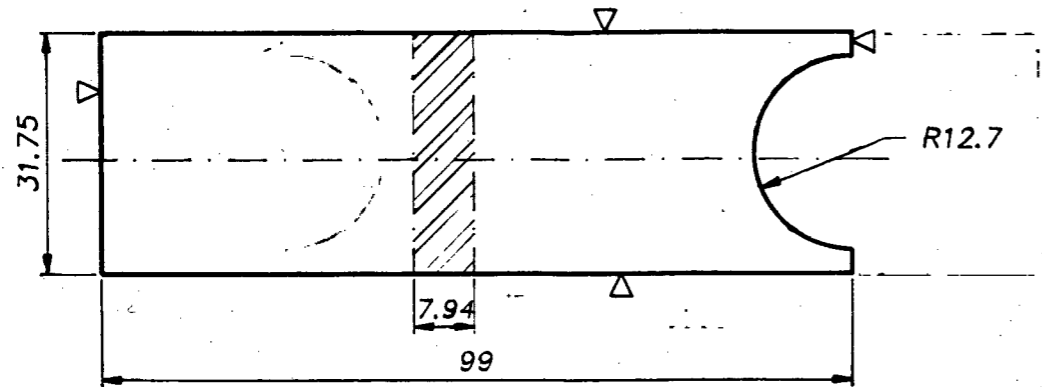
P 13	PINO ELÁSTICO Ø EXT. : 4,3 mm	04	AÇO	CF. FABRICANTE
P 23	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA M 10	03	AÇO ABNT 1020	
P 18	MANIPULO	01	BORRACHA	CF. FABRICANTE
M2 - S5	SUBCONJ. DE ENGATE SIST. LEVANTAMENTO			VER DES. 29
M2 - S4	CONJUNTO DO SISTEMA DE LEVANTAMENTO			OBSERVAÇÃO
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	
UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA		NOME GIOVANA DES. Nº 28
		LABORATÓRIO DE PROJETO		DATA 16/06/93 SUBS. POR
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO				VISTO AUGUSTO EM SUBS. DE
(SUBCONJUNTO DO SIST. DE LEVANTAMENTO)				DATA UNIDADE
		ESCALA APROV.		mm
		1 / 5		

LP

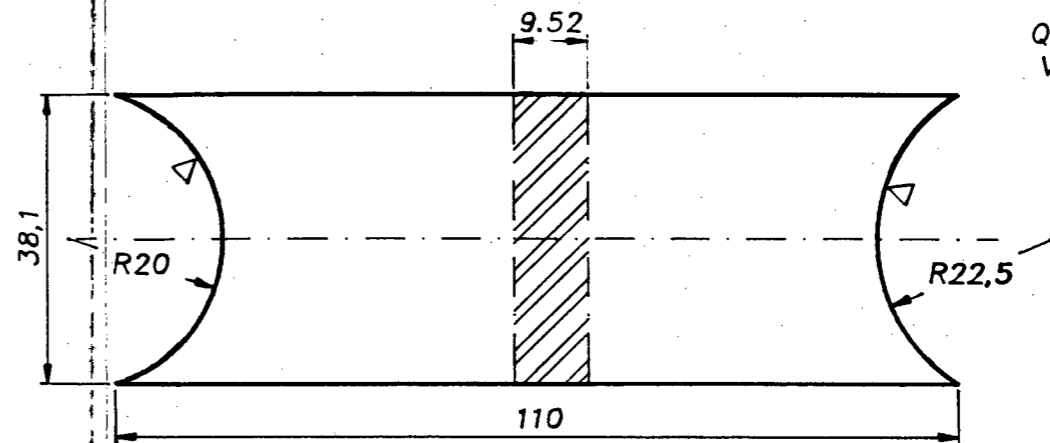


M2-27	Barra de Apoio	01	Aco ABNT1020			
M2-26	Barra Inclinada do Manipulo	01	Aco ABNT1020			
M2-25	Barra	01	Aco ABNT1020			
M2-24	Barra Perfurada	02	Aco ABNT1020			
M2-23	Barra Articulada do Sistema de Levantamento	01	Aco ABNT1020			
M2-S5	Subconjunto de Engate do Sist. de Levant.					
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			NOME	Renato	DES N°	29
LABORATORIO DE PROJETO			DATA	05/4/93	SUBS.POR	
LP			VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO			DATA		UNIDADE	mm
(DETALHES)			ESCALA	1/1	APROV.	
			1/5			

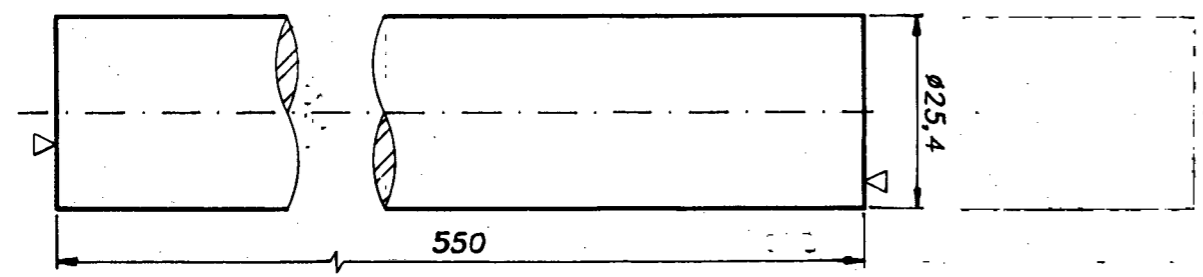
M2-33 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



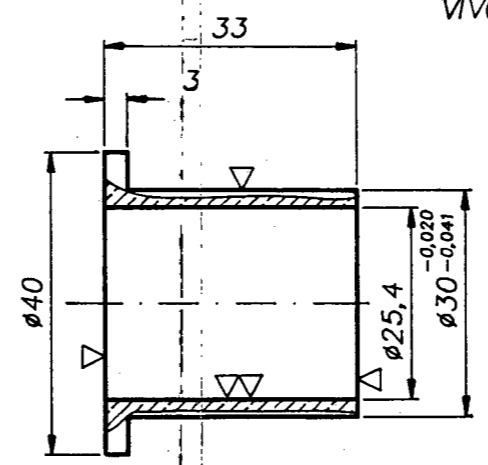
M2-31 (▽ ▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



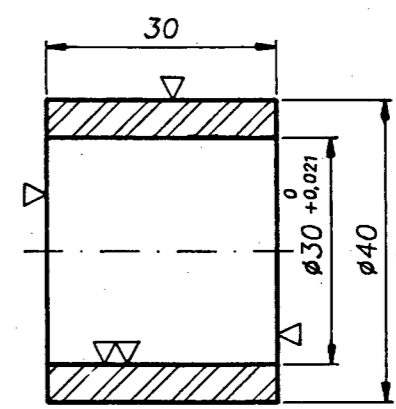
M2-32 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



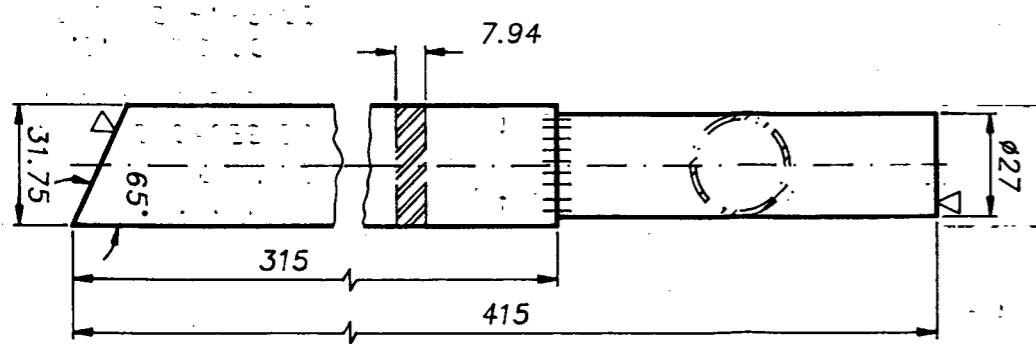
M2-29 (▽ ▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



M2-30 (▽ ▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



M2-28 (▽)
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



USAR TUBO MECANICO
 DE SECAO CIRCULAR
 ESP. 1,9 mm.
 ESCALA 1/2

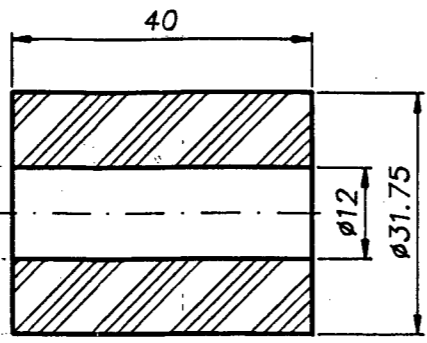
M2-33	Barra do Engate	01	Aco ABNT1020	
M2-32	Eixo	01	Aco ABNT1020	
M2-31	Suporte do Mancal do Eixo	02	Aco ABNT1020	
M2-30	Mancal do Eixo	02	Aco ABNT1020	
M2-29	Bucha do Mancal do Eixo	02	Latao	
M2-28	Barra do Manipulo	01	Aco ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC LP	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		NOME	Renato	DES N°	30
			DATA	05/4/93	SUBS.POR	
			VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
			DATA		UNIDADE	mm
		ESCALA	1/1 1/2	APROV.		

COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO
 (DETALHES)



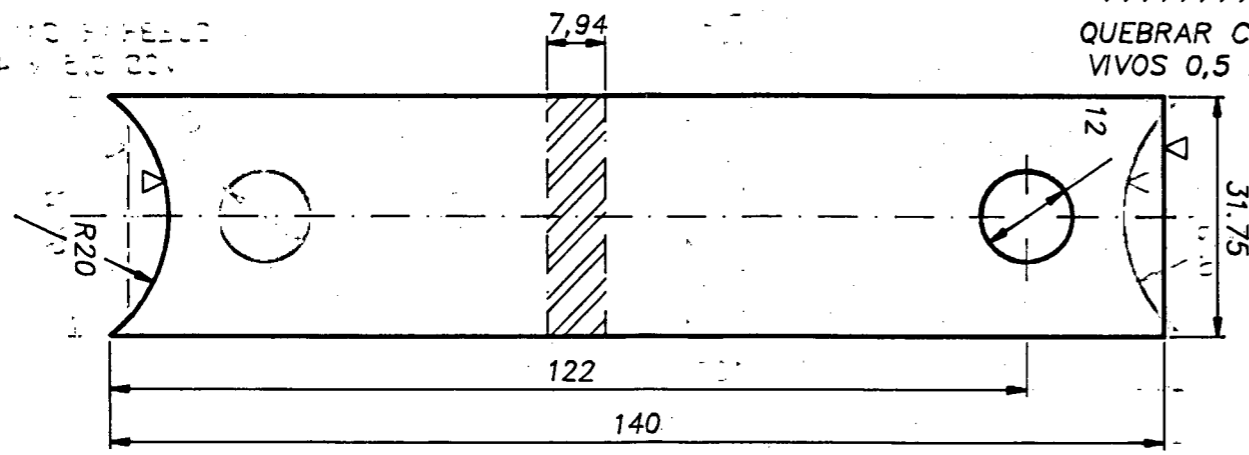
M2-34



M2-36

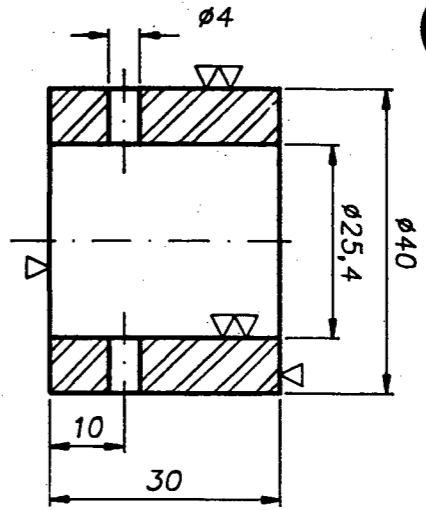
QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

207 140 31.75



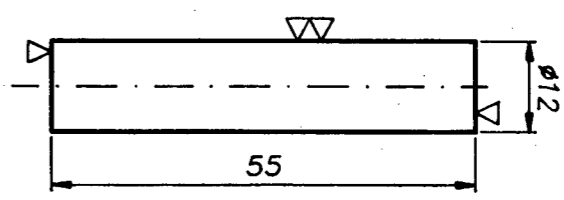
M2-37

QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°

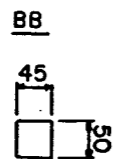
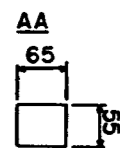
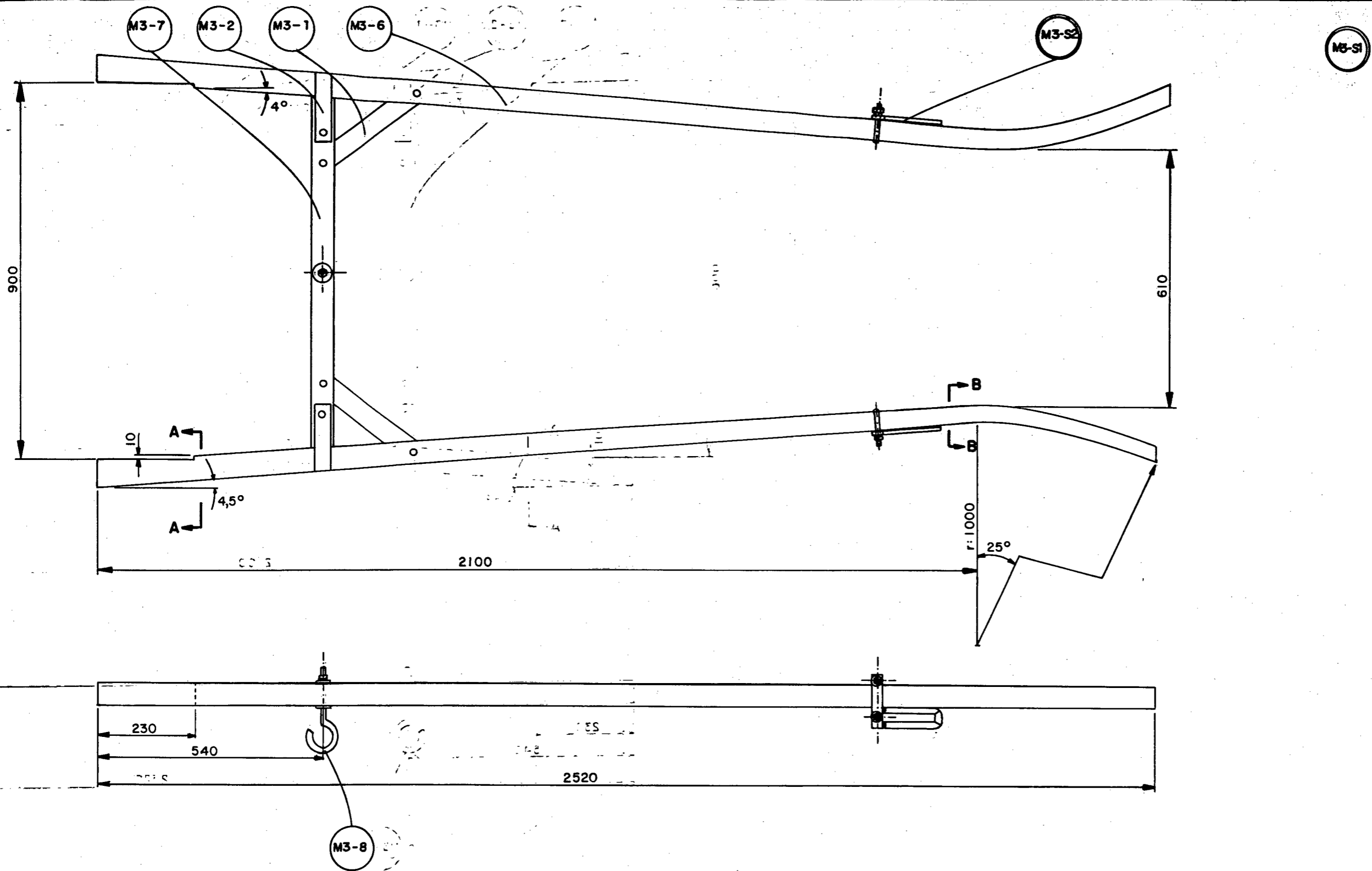


M2-35

QUEBRAR CANTOS VIVOS 0,5 x 45°



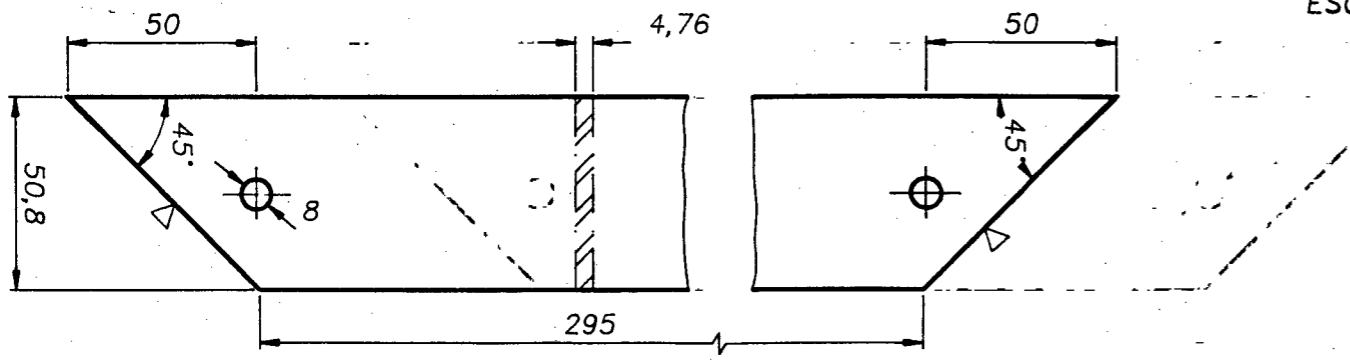
M2-37	Cubo de Fixacao do Rolete	02	Aco ABNT1020	
M2-36	Barra Suporte do Rolete	02	Aco ABNT1020	
M2-35	Eixo do Rolete	02	Aco ABNT1020	
M2-34	Rolete	02	Nylon	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC			NOME	Renato
ENGENHARIA MECÂNICA			DATA	05/4/93
LABORATORIO DE PROJETO			VISTO	DES N°
LP COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO (DETALHES)			EM SUBS.DE	31
			UNIDADE	mm
			ESCALA	1/1
			APROV.	



M3 - S2	SUBCONJUNTO DO ENGATE DO ARREIAMENTO			VER DES. 34
M3 - S1	SUBCONJUNTO DO MÓD. DE TRAÇÃO			
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO		NOME GIOVANA	DES. Nº 32
Lp	COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJÃO (SUBCONJ. DO MÓD. DE TRAÇÃO)		DATA 24/06/93	SUBS. POR
			VISTO AUGUSTO	EM SUBS. DE
			DATA	UNIDADE
		ESCALA	APROV.	

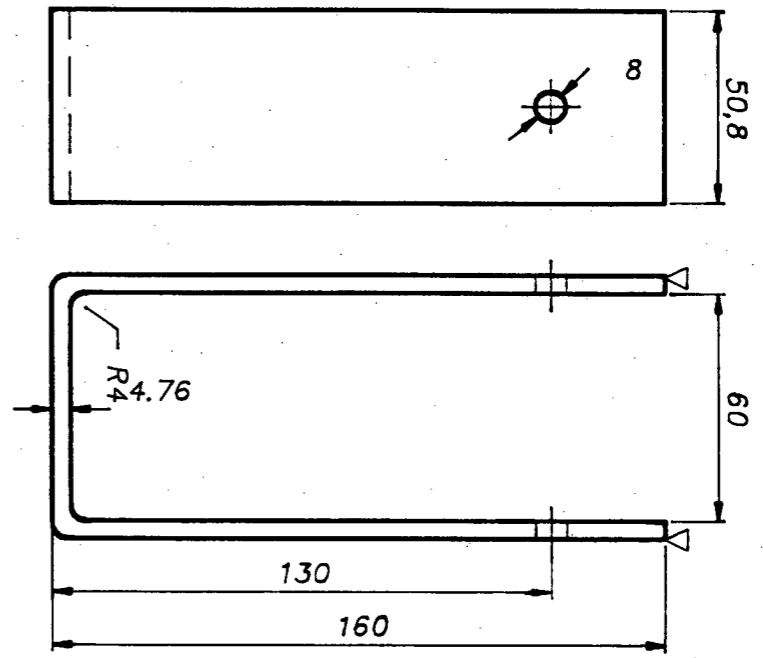
M3-1

(▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°
 ESCALA 1/2



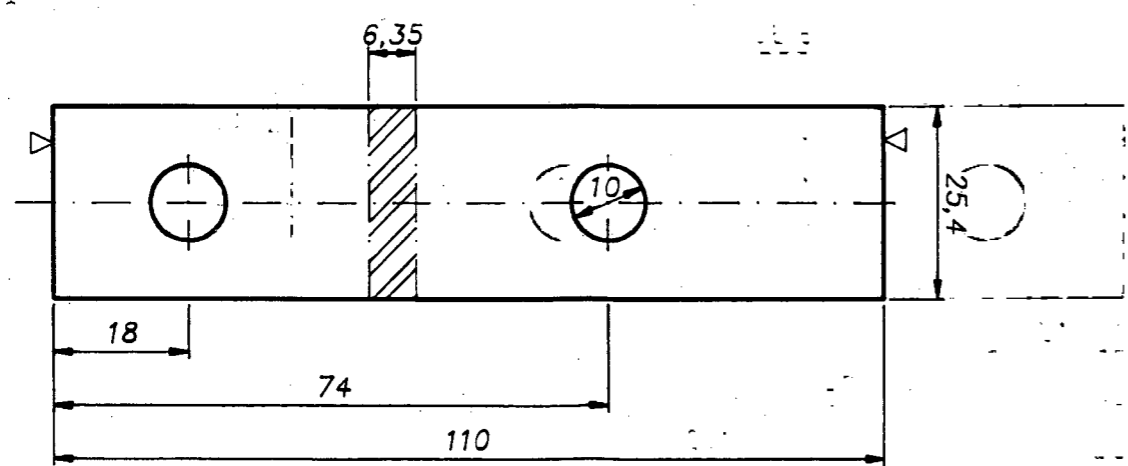
M3-2

(▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°
 ESCALA 1/2



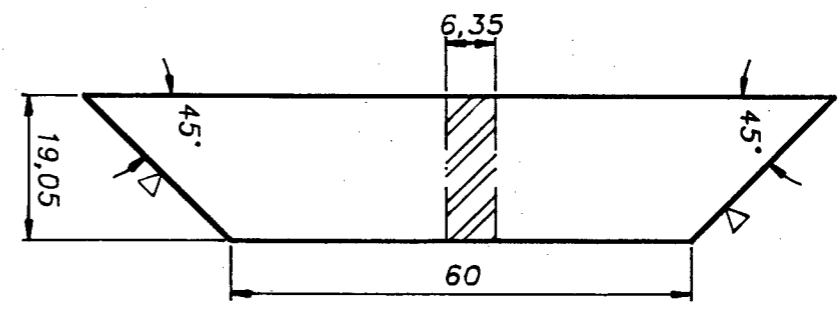
M3-3

(▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°



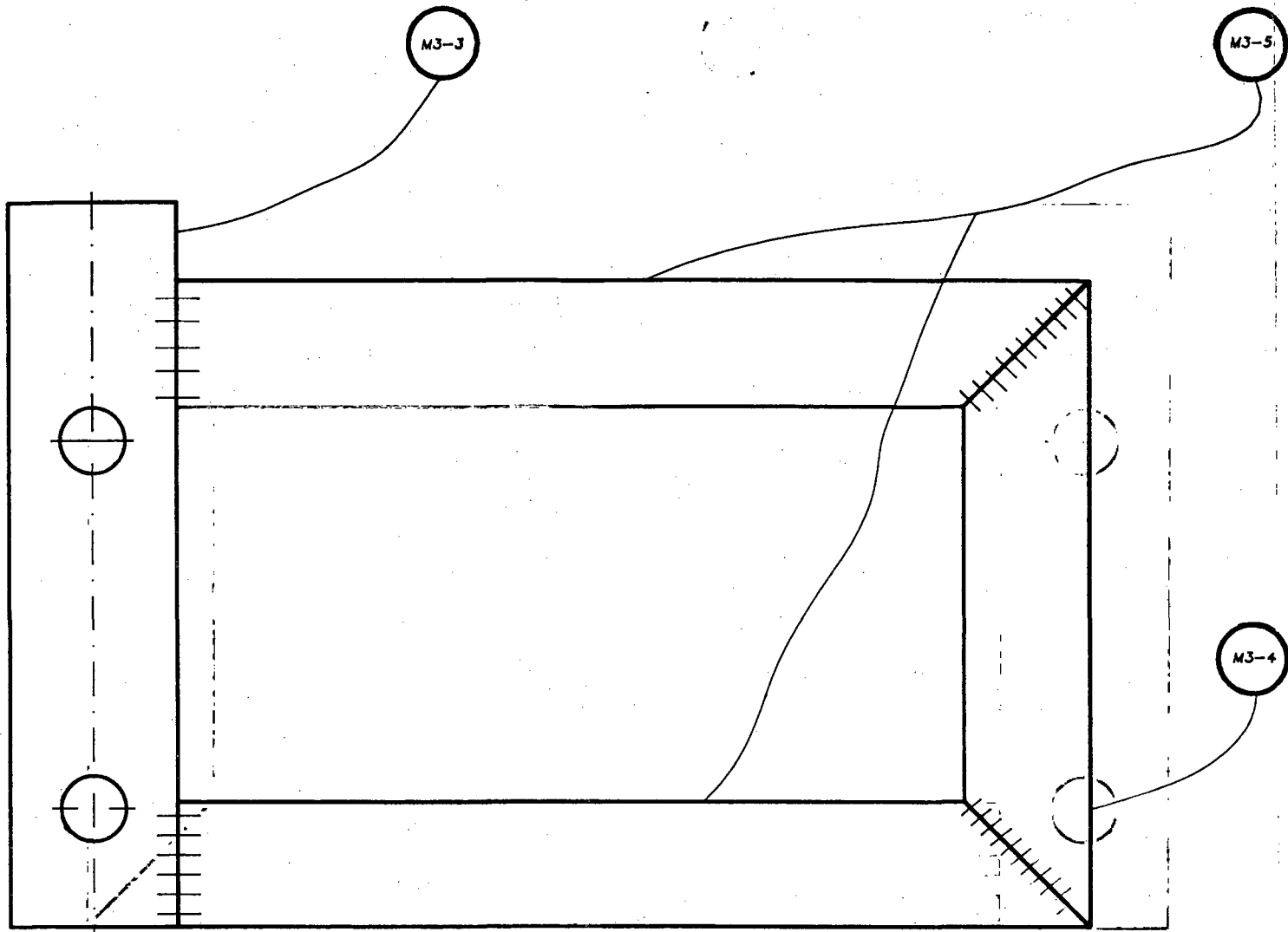
M3-4

(▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°

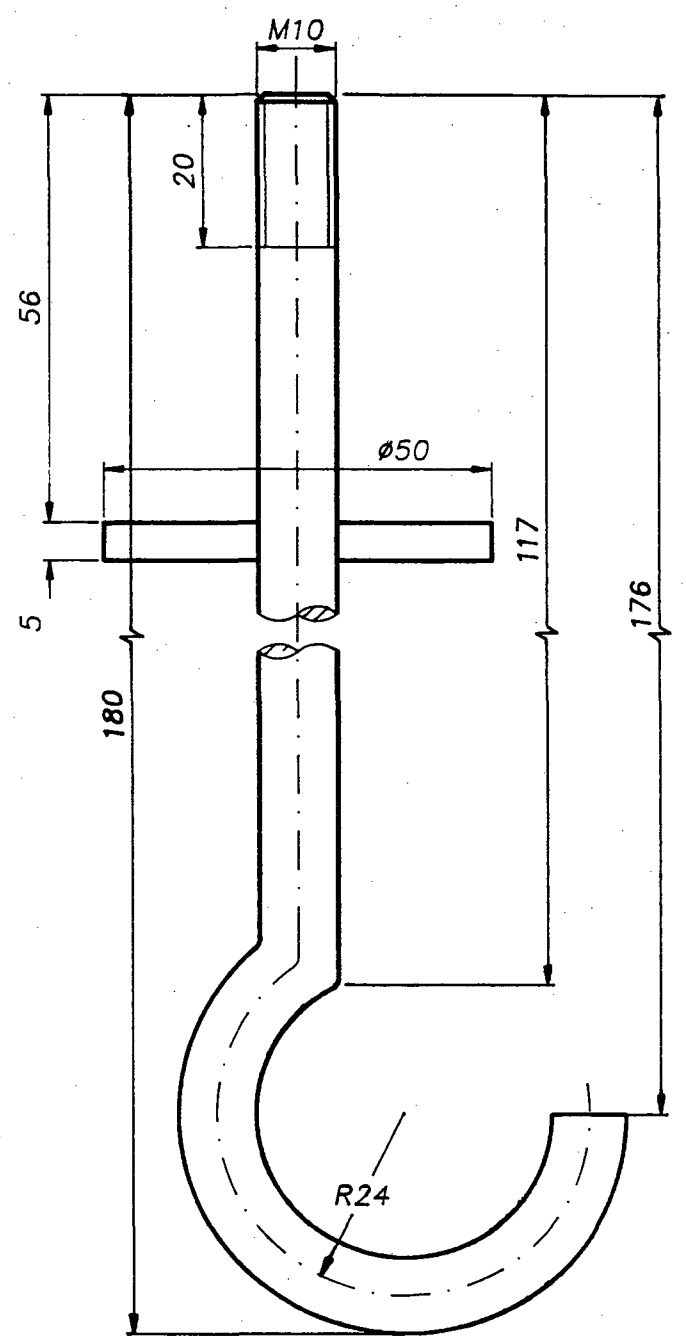
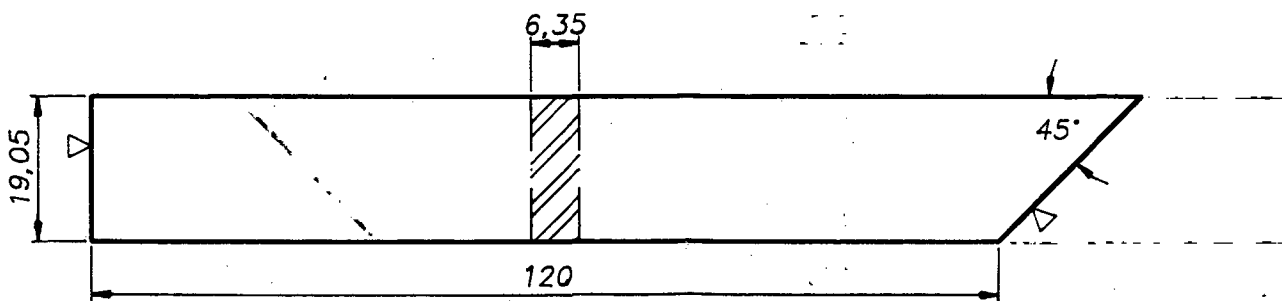


M3-4	Barra Maior do Conjunto do Arreamento	02	Aço ABNT1020	
M3-3	Barra Suporte do Conjunto do Arreamento	02	Aço ABNT1020	
M3-2	Suporte da Barra do Cambao	02	Aço ABNT1020	
M3-1	Reforço da Barra do Cambao	02	Aço ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO LP COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO (DETALHES)	NOME	Renato	DES N°	33
	DATA	02/4/93	SUBS.POR	
	VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
	DATA		UNIDADE	mm
ESCALA	1/1	APROV.		



(▽)
 //
 QUEBRAR CANTOS
 VIVOS 0,5 x 45°

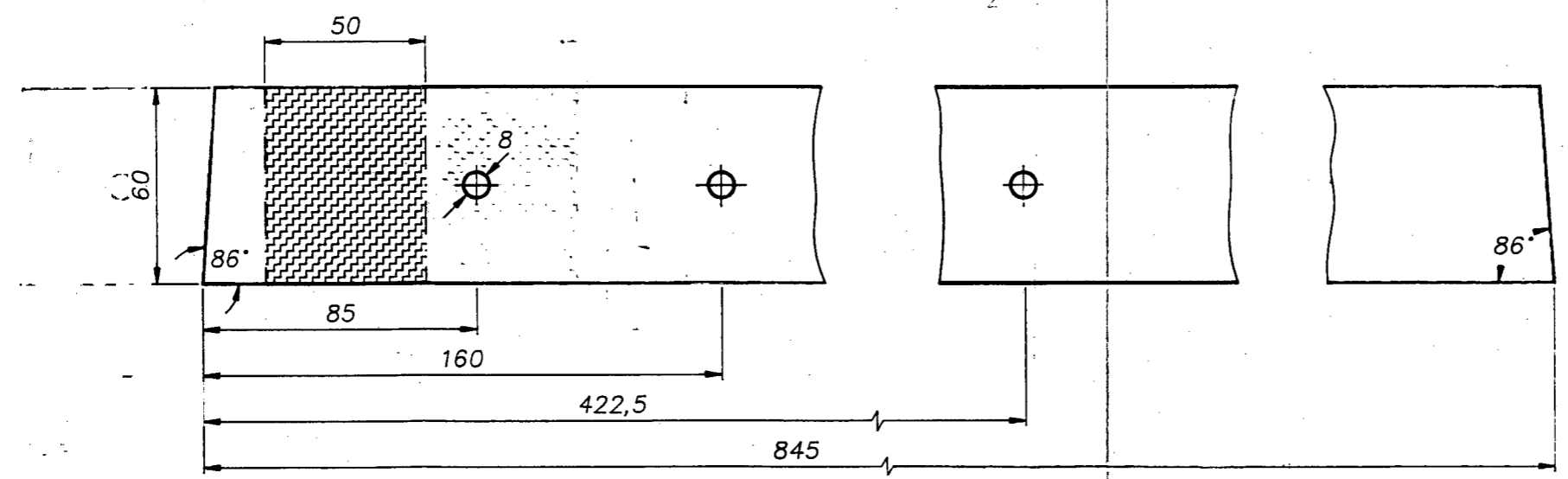
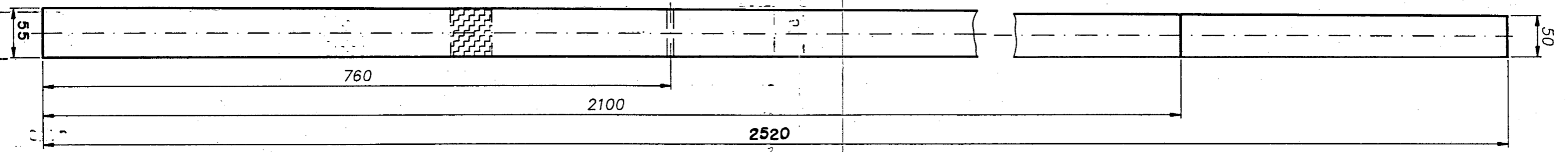
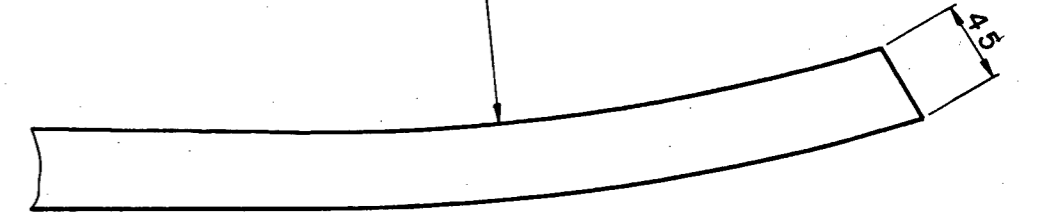
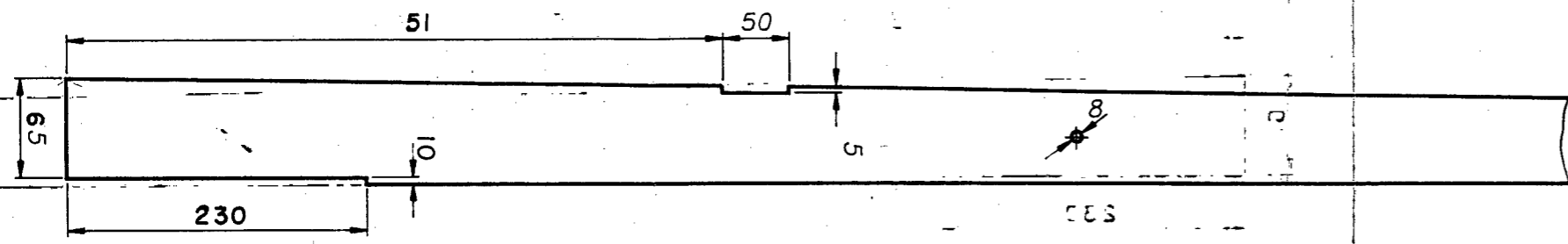


M3-5	Barra Maior do Conjunto do Arreamento	04	Aco ABNT1020			
M3-8	Gancho de Tracao	01	Aco ABNT1020			
M3-S2	Conjunto p/ Amarração do Arreamento			Ver Des. 35		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			NOME	Renato	DES N°	34
LABORATORIO DE PROJETO			DATA	02/4/93	SUBS.POR	
LP			VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO.			DATA		UNIDADE	mm
(DETALHES)			ESCALA	1/1	APROV.	

R1000

M3-6

ESCALA 1/5



M3-7

ESCALA 1/2

M3-8	Barra Longitudinal do Cambao	02	Madeira				
M3-7	Barra Transversal do Cambao	01	Madeira				
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO			
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA	NOME	Renato	DES N°	35
			LABORATORIO DE PROJETO	DATA	02/4/93	SUBS.POR	
LP			COLHEDORA ENLEIRADORA DE FEIJAO	VISTO	Augusto	EM SUBS.DE	
			(DETALHES)	DATA		UNIDADE	mm
				ESCALA	1/5	APROV.	
				1/2			