



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**"CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA  
PONTEIRA FLUTUANTE PARA ELEVAÇÃO DE VAGENS E  
CEIFAMENTO DE PLANTAS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)"**

**Gefferson Edson Ferreira Pinto**

**Campinas  
Março/2000**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**"CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA  
PONTEIRA FLUTUANTE PARA ELEVAÇÃO DE VAGENS E  
CEIFAMENTO DE PLANTAS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)"**

por

**Gefferson Edson Ferreira Pinto**

**Prof. Dr. Oscar Antônio Braunbeck  
(Orientador)**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do Título de "Mestre" em Engenharia Agrícola na área de Concentração de Máquinas Agrícolas.

**Campinas, SP  
Março/2000**

*"A agricultura é a arte de  
colher o sol, quem planta  
tem este dom..."*

**Otávio Tisseli Filho**  
*(in memoriam)*

## **DEDICATÓRIA**

Agradeço a DEUS pela saúde e o dom da VIDA, em especial aos meus familiares aos quais este trabalho se tornou possível:

*GERSON e IVONE*

*MAGDA, RONALDO e JÚNIOR*

E a benção de ter uma esposa e dois filhos maravilhosos

*MARA*

*GEORGE e LEONARDO*

## AGRADECIMENTOS

Estas folhas são pequenas para agradecer a todos que colaboraram direta ou indiretamente com este trabalho e se caso eu esquecer de mencionar alguém, me perdoem, porque amigos no coração nunca são esquecidos.

Sempre nas horas de sufoco havia uma pessoa, que podíamos contar com seu apoio, orientação, paciência e sabedoria, não medindo esforços para o término de nossos trabalhos e que nós, os seus orientados (Gefferson, Carlão, Volpato, Carlos, Cristiane), carinhosamente o apelidamos de "PAPAI", que é o Professor Orientador Dr. Oscar A. Braunbeck, a quem devemos um grande obrigado.

Ao aluno de graduação e Iniciação Científica Giuliano Chinchio que com a sua ajuda e dedicação em incansáveis horas de serviço, tomou possível o término deste trabalho, bem como a grande amizade que nunca vai ser esquecida.

DEUS chamou para si um grande amigo e o tornou um anjo. Nós sentimos a sua falta, mas sabemos que em algum dia nos encontraremos nos campos do Senhor e novamente como sempre, ele será nosso mestre, como nunca deixou de ser o Professor Dr. Otávio Tisselli Filho, pois a sua mão sempre estará a indicar os caminhos certos, como fez quando precisei da sua ajuda.

Na Faculdade de Agronomia de Pinhal, as amigas e mestras Professora MSc. Maria Helena Calafiori e Professora Dra. Nílva Terezinha Teixeira, que foram as pessoas que mais incentivaram a fazer o mestrado e depois continuar no Doutorado e são as maiores torcedoras para o sucesso desta tese. Ao Professor Dr. Marco Galli que sempre colaborou e ajudou na elaboração deste trabalho. Ao Professor MSc. André Luis Paradella, pelo incentivo e exemplo de esforço e dedicação para fazer o mestrado.

Aos professores, diretores e funcionários do Colégio Agrícola de Pinhal, pelo apoio e incentivo dado.

Aos colegas que fazem o mestrado e doutorado, pelas horas de estudo e sacrifícios que passamos no decorrer destes dois anos e agora colhemos o fruto do que foi semeado.

À equipe do Laboratório de Protótipos da FEAGRI, Francisco, Luis e Roberto Carlos pelo esforço prestado na construção do protótipo e em especial ao José Maria, pela dedicação, habilidade e sabedoria que além do protótipo também construiu uma grande amizade.

Aos professores do Departamento de Máquinas Agrícolas da FEAGRI, Dr. Inácio Maria Dal Fabbro, Dr. Paulo S. Graziano Magalhães, Dr. Claudio Bianor Sverzut, Dr. Roberto Funes Abrahão, Dr. Nelson Luís Cappelli, MSc. Claudio Umezu, Dr. Antônio José da Silva Maciel, Dr. Cheu-Shang Chang, Dr. Antonio Carlos de O. Ferraz, pelos conhecimentos, apoio técnico, sugestões, que nesse período foram transmitidas em suas aulas e que serão novas sementes espalhadas em forma de sabedoria a outros alunos.

Ao amigo Edgar, com muita paciência, sempre disposto a ajudar e a colaborar com seus conhecimentos em nossos projetos. A nossa secretária Silvia com seu lindo sorriso, sempre disposta a nos ajudar e a resolver nossos problemas burocráticos.

As meninas da secretaria de Pós Graduação, Ana e Marta que sempre nos lembram de fazer as nossas matrículas, formulários, porque esquecíamos alguma coisa incompleta.

Aos pesquisadores da EMBRAPA-CNPAP de Goiânia, em especial ao Eng. Agrônomo José Geraldo Di Stefano e Dr. José Geraldo da Silva pelas pesquisas desenvolvidas com feijão.

Aos colegas Mocóca, Natasha, Keila, Alexandre, Cristiane (morena), João Carlos, Carlão e Volpato, que além de compartilhar as durezas de estudos e churrascos ficarão marcados para sempre na nossa amizade.

Ao colega João Carlos dos Santos pelos ensinamentos em cálculos e estatística e pela colaboração para o término deste trabalho.

A colega de mestrado Rosa, que sem medir esforços trabalhou nas análises do material colhido, no Laboratório de Pós-Colheita da FEAGRI.

A minha amiga Fernanda Reiko Passerotti, que entramos juntos no mestrado, decididos a procurar novos horizontes e hoje compartilhamos a mesmas alegrias de concretizar um sonho e poder começar outro.

## RESUMO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui importante e tradicional fonte de alimentação do brasileiro. O Brasil se posiciona como o segundo maior produtor mundial de feijão, exibindo uma produtividade média de 732 kg/ha e um consumo per capita de 19,56 kg. Da sua totalidade em área plantada no Brasil com 6.000.000 de hectares, somente uma pequena parte de 20.000 hectares, é realizada a colheita inteiramente mecânica e o restante ainda é arrancado manualmente e em seguida a separação dos grãos da planta é feita mecanicamente. Há uma falta de máquinas desenvolvidas para a cultura do feijão, e bem como faltam variedades adaptadas para a colheita mecânica, por isso ocorre perdas de grãos de até 30%, onde estes percentuais podem ser reduzido para índices de até 1%. Buscando a solução desses problemas foi projetado e construído um protótipo de uma ponteira flutuante para elevação e ceifamento de plantas de feijoeiros, a qual nos testes apresentou um baixo índice de perdas de grãos, vindo de encontro as necessidades anteriormente descritas. Este trabalho desenvolveu um protótipo de uma máquina que eleva as plantas de feijoeiros e as corta rente ao solo. Sendo que nos testes realizados utilizou-se alturas de cortes de 0; 250 e 500 mm e com velocidade de deslocamento de 0,8; 1,26 e 2,07 metros/segundos e feijoeiros da variedade Carioca 80 SH. Nos testes do protótipo o fator da altura de corte foi altamente significativa a nível de 5%, com uma perda de grãos na altura de 0 mm - 1,03% a 25 mm - 2,53% e a 50 mm - 9,76%. O fator velocidade de deslocamento não foi significativa a nível de 5%. A colheita mecânica é imprescindível à expansão das áreas de cultivos de feijoeiros e a transformação das mesmas, de simples exploração de subsistência, em atividade empresarial, sendo necessária ao desenvolvimento sócio-econômico e à crescente demanda de alimentos.

## ABSTRACT

Bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important and traditional food source in Brazil. Brazil is placed as the second world largest bean producer, exhibiting a production of 2,900,000 ton/year, a productivity of 732 kg/ha and a consumption of 19.56 kg *per capita* per year. The total bean production area is approximately 6,000,000 hectares, and 20,000 of which is employs mechanical harvesting systems. In the remaining area the crop is hand harvested followed by a mechanical processing. The lack of appropriated machinery specially developed to attend bean crop plantation, as well as varieties adapted to mechanization, lowers down the losses to the level of 30% which could be raised to 1%. In order to meet these needs, a floating head has been built to raise the plant during the cutting operation. Trials with that new mechanism generated lower losses. This work reports the development, design and construction of a floating head prototype to raise the plant during the cutting operation, also able to perform a low cut next the soil surface. Cutting height of 0, 250 and 500 millimeters has been used at speeds of 0.8, 1.26 and 2.07 m/s in 80 SH Carioca bean variety plantation. Cutting height factor exhibited significance factor of 5%, a loss of 1.03 % for 0 mm height, 2.53% for 25 mm height and 9.76% for 50 mm height. Speed factor has shown to be not significant at the level of 5%. The development of harvesting mechanization has proved to be necessary to the expansion of cultivated areas and also the transformation of simple subsisting agricultural activities to enterprise oriented business, which is important to the social and economical development.

## SUMÁRIO

RESUMO -----	vii
ABSTRACT -----	viii
SUMÁRIO -----	ix
LISTA DE FIGURAS -----	xi
LISTA DE TABELAS -----	xiii
1 - INTRODUÇÃO -----	1
2 - OBJETIVO -----	3
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -----	3
3.1 - Sistemas de colheita -----	4
3.2 - Altura do corte basal das plantas e desenvolvimento de mecanismos articulados -----	7
3.3 - Características do feijoeiro -----	10
3.4 - Característica do cortador de barra de corte -----	13
3.4 - Arrancadores-enleiradores -----	14
4 - MATERIAL E MÉTODOS -----	15
4.1 - Concepção da ponteira flutuante -----	15
4.2 - Delineamento experimental -----	20
4.3 - Delineamento estatístico -----	20
4.4 - Instalação do ensaio -----	20
4.5 - Parâmetros avaliados -----	22
4.5.1 - Altura de corte -----	22
4.5.2 - Velocidade de deslocamento -----	23
4.6 - Organização dos dados coletados -----	24
4.6.2.1 - Especificações básicas do carro elétrico -----	25
4.7 - Determinação do teor de umidade do grão colhido -----	26
4.8 - Análise dos grãos colhidos -----	26
5 - RESULTADOS -----	28

5.1 - Análise de variância dos grãos perdidos em função dos fatores altura de corte e velocidade de deslocamento -----	28
5.2 - Análise das diferenças entre as médias de grãos perdidos para o fator altura de corte -----	31
6 - DISCUSSÕES -----	33
7 - CONCLUSÕES -----	34
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	35
ANEXOS -----	40

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Trilhagem de feijão, após arranquio e secagem com recolhedor-batedor com sistema axial -----	5
Figura 2 -	Uso indireto de colhedora automotriz estacionada na trilha de feijão -----	5
Figura 3 -	Colheita direta de feijão com colhedora automotriz -----	6
Figura 4 -	Hábito de crescimento: A – tipo I, B – tipo II, C – tipo III, D – tipo IV -----	11
Figura 5 -	Evolução do Projeto. Da esquerda para a direita: Protótipo n.º 1, 2, 3 e 4 -----	15
Figura 6 -	Ponteira elevadora de segunda geração em ensaio de campo no IAC -----	18
Figura 7 -	Cones rotativos para a elevação das vagens próximas da linha de plantio -----	18
Figura 8 -	Ponteira ativa de terceira geração com acionamentos mecânicos, tais como: engrenagens cônicas (A) dos cones rotativos (B) e acionamento elétrico (Motor elétrico DC 12V, 110 W (C) e do disco ceifador da base da planta -----	19
Figura 9 -	Vista inferior do mecanismo utilizado para o corte e elevação dos feijoeiros -----	19
Figura 10 -	Cultura de feijoeiro utilizada nos ensaios preliminares da ponteira ativa -----	21
Figura 11 -	Plataforma com tábuas desmontáveis para realização dos ensaios de laboratório (unidades em mm) -----	22
Figura 12 -	Espaçamento dos pés de feijoeiros sobre a plataforma de madeira -----	23
Figura 13 -	Carro elétrico utilizado para a movimentação do protótipo -----	24

Figura 14 - Perdas de grãos em função da interação entre a altura de corte das plantas e velocidade de deslocamento de um mecanismo colhedor de feijão -----

29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Relação de elevação das ponteiros -----	17
Tabela -	Velocidades de deslocamento obtidas no carro elétrico para acionamento da ponteira flutuante -----	24
Tabela 3 -	Organização dos dados coletados durante os ensaios -----	25
Tabela 4 -	Teor de umidade e geração do material do ensaio -----	27
Tabela 5 -	Resumo da análise de variância da perda de grãos verificada durante o ensaio da ponteira flutuante, na colheita do feijoeiro, considerando diferentes alturas de corte e velocidades de deslocamento -----	28
Tabela 6 -	Perda de grãos verificada durante o ensaio da ponteira flutuante, na colheita do feijoeiro em função da altura de corte, da velocidade de deslocamento e da interação entre essas variáveis	30
Tabela 7 -	Limites do intervalo de confiança (IC) das diferenças das médias de grãos perdidos (%) em função da altura de corte -----	31
Tabela 8 -	Níveis de significância de FISHER em função da altura de corte (hc) -----	32

## 1 - INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), fonte importante de proteínas na alimentação dos brasileiros, é cultivado nas mais diversas regiões do Brasil, cuja produção é a segunda maior do mundo, sendo superada apenas pela Índia. Embora o feijoeiro apresente potencial de produção de até 3.800 kg/ha, a produtividade média do Brasil é de apenas 732 kg/ha (IBGE, 1994).

A totalidade da produção, colhida na safra 1997/98, permaneceu no mercado interno, onde se registrou um consumo “per capita” anual de 19,56 kg (CONAB, 1995). De acordo com CARVAJAL (1989), o feijão juntamente com o arroz, constitui parte integrante da alimentação básica da população brasileira.

O maior percentual da produção brasileira de feijão é proveniente dos plantios das “águas” e da “seca”, realizados de novembro a janeiro e de janeiro a março respectivamente (TEIXEIRA e ROCHA, 1985). Outra pequena parte vem do cultivo de outono-inverno, também chamado de terceira época, ou “plantio irrigado”, na qual apresenta um aumento de produtividade, cuja média nacional atingiu 1.612 kg/há na safra de 1996/97 (INFORMAÇÕES ECONÓMICAS AGRÍCOLAS – 1997).

A colheita do feijão, tem início com o arranquio manual das plantas e posterior exposição ao sol com a finalidade de desprender parte dos grânulos e terra aderidos a raiz e principalmente uma secagem uniforme das vagens. Após este segmento, ocorre o processo de bateção ou trilha obtendo-se os grãos propriamente ditos.

A mecanização dessa fase cultural, independente do sistema de cultivo empregado, não apresenta maiores problemas na realização das operações que antecedem a colheita. Podem ser usados equipamentos convencionais às outras culturas, como o arroz, o milho e a soja, para o preparo do solo, semeadura e tratamentos culturais. Porém, ainda é necessário a utilização de muita mão-de-obra para o arranquio e enleiramento das plantas o qual é feito manualmente.

Das etapas de colheita, somente a do arranquio das plantas ainda não se tornou uma prática cultural mecanizada, uma vez que máquinas foram projetadas e nenhuma apresentou desempenho satisfatório. Para a mecanização do arranquio

é necessário o uso de um mecanismo flutuante para o acompanhamento do perfil do solo, a elevação das plantas e a alimentação do sistema beneficiador do mesmo.

De acordo com o Anexo 1 que foi extraído da tabela de custo de produção de 1 hectare de feijão, mostra que os índices de custo de colheita em percentuais, tanto na área, bem como comparando-se o custo na saca de feijão, são valores altos, mesmo quando se tem uma alta produtividade como no plantio irrigado.

Para mecanizar a colheita dessa leguminosa, diversos fatores relacionados com o tipo de planta (com porte ereto, resistência ao acamamento, uniformidade de maturação, boa altura de inserção da primeira vagem e resistência a deiscência á campo) sistema e área de cultivo, entre outros, têm impedido o emprego direto das colhedoras tradicionais. Cerca de 50% das vagens dos feijoeiros situam-se entre 5 a 10 cm do solo, fora do alcance das lâminas de corte das ceifadoras, constituindo um problema para a mecanização **(EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1985)**.

No Brasil cerca de 70% dos produtores são considerados pequenos, possuindo uma propriedade com área de até 80 hectares e para isso utilizam somente a mão-de-obra familiar na colheita, aspecto para o qual o agricultor deve estar atento, pois um trabalhador leva de 10 à 12 dias para colher 1 ha de feijão.

Em geral, as áreas de cultivo com feijão são pequenas e caracterizam-se de certa forma, com baixo grau de exploração empresarial dessa cultura. Em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, 90 % das áreas de plantio são inferiores a 10 ha. Em Minas Gerais e Paraná, esses percentuais ultrapassam 70 %. No estado de Goiás e São Paulo, gira em torno de 50 a 60 %, sendo que na década de 80, as áreas de feijão colhidas foram inferiores a 10 ha **(TEIXEIRA e ROCHA, 1985)**.

## **2 - OBJETIVO**

### **2.1 - Objetivo Geral**

Este trabalho tem o objetivo de construir e avaliar o desempenho de um protótipo de uma ponteira flutuante elevadora para corte de plantas de feijoeiros.

### **2.2 - Objetivos Específicos**

- Elevar as plantas e efetuar o corte basal sem danificar as vagens baixas;
- Reduzir as perdas de grãos na colheita;
- Propor um princípio mecânico para elevar as vagens.

### 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 - Sistemas de colheita

Na cultura do feijoeiro, tanto nas variedades de ciclo precoce quanto nas de ciclo tardio, a colheita pode ser realizada entre 70 a 100 dias (**MENEGÁRIO, 1964**), dependendo de suas nuances intermediárias e condições em que se desenvolve a cultura.

No feijoeiro a maioria das cultivares, apresenta inserção baixa com muitas vagens tocando o solo e o uso da barra de corte poderá ser inviável, por causar um elevado percentual de perda de grãos (**RECOLECCIÓN del frijol..., 1973**).

**SILVA et al. (1983)** relatam sobre os três sistemas empregados na colheita do feijão: o manual, o semi-mecanizado e o mecanizado. No primeiro sistema, todas as operações da colheita, como o arranquio, o recolhimento e o trilhamento, são realizadas manualmente. Neste processo **SILVA e FONSECA (1996)** relatam sobre arrancar as plantas inteiras, quando estas encontram-se quase despidas de folhas e os grãos com baixo teor de umidade, em torno de 18%. As plantas após colhidas permanecem na lavoura, em molhos ou maços com as raízes para cima para completar o processo de secagem até que os grãos atinjam cerca de 14% de teor de umidade. Em seguida, são armazenadas em terreiros, em camadas de 30 a 50 cm, onde se processa a batida com varas flexíveis, trator ou com o pisoteio de animais, ocorrendo aí a separação e a limpeza dos grãos.

Para a **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1985)**, no sistema semi-mecanizado, normalmente o arranquio e o enleiramento das plantas são realizados manualmente e o trilhamento é mecanizado, empregando-se para isto trilhadoras estacionárias, máquinas recolhedoras-trilhadoras ou colhedoras automotrizes com plataformas adaptadas.



**Figura 1** - Trilhagem de feijão, após arranquio e secagem com recolhedor-batedor com sistema axial

**Fonte:** IAPAR – O feijão no Paraná, 1989. p.296.



**Figura 2** - Uso indireto de colhedora automotriz estacionada na trilha de feijão.

**Fonte:** IAPAR – O feijão no Paraná, 1989. p.292.

Tanto **CONTO et al. (1980)** como **SILVA et al. (1983)**, idem a **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1985)**, relatam que no sistema mecanizado, todas as operações da colheita são realizadas com máquinas, podendo ser feitas por dois processos: direto e indireto. No processo direto são empregados colhedoras automotrizes, que fazem simultaneamente o corte, o recolhimento, a trilha, a abanação e em alguns casos, o ensacamento dos grãos

(Figura 3). No processo indireto são utilizados três equipamentos em operações distintas, como: cortadora, enleiradora e recolhedora-trilhadora.



**Figura 3** - Colheita direta de feijão com colhedora automotriz.

**Fonte:** IAPAR – O feijão no Paraná, 1989. p.297.

Tanto nas etapas de corte e de enleiramento são feitas quando os grãos se encontram com teor de umidade ente 18 e 20% e as plantas com as folhas quase totalmente amarelecidas e as vagens maduras. Após estas etapas as plantas são deixadas a secar, até que os grãos atinjam aproximadamente 16% de teor de umidade, quando devem ser recolhidas e realizada a separação dos grãos.

É preciso relatar que em todos esses processos acima citados de colheita de feijão as operações das colhedoras, das enleiradoras e das recolhedoras trilhadoras são somente possíveis de serem realizadas em feijoeiros cultivados no sistema solteiro ou sem consorciação com outra cultura.

**LOLLATO (1989)**, considera que na colheita mecânica é fundamental que a máquina possua barra de corte flutuante ou barra flexível adaptável (pick-up). É necessário frisar que as barras de corte fixas e rígidas proporcionam maiores perdas na colheita, mesmo em terrenos planos, pois a altura de corte das plantas é alta e a velocidade de locomoção da máquina deve ser menor, para que o operador consiga manejar a máquina a ponto de cortar as plantas rente ao solo sem recolher terra e acompanhar as ondulações do terreno, colhendo dessa maneira as vagens do feijoeiro o mais próximo possível do solo, sem corta-las ao meio, ou corta-las e derruba-las ao solo.

**SILVA et al. (1994)** realizou ensaios, em três municípios produtores de feijoeiro e utilizou colhedoras automotrizes providas de barra de corte flexível e para a realização seguiu-se algumas condições na realizações dos ensaios que são:

cultivares apropriados, solo bem nivelado, boas condições fitotécnicas da lavoura e plantas não acamadas no solo. Foram realizados 31 testes e os resultados indicam que as perdas variaram de 4,1 % até o índice de 62,4 % e tendo-se médias de perdas variando de 10,6 % a 23,7 %.

**SILVA e FONSECA (1996)** relata sobre o uso das colhedoras que são construídas para culturas que apresentam inserção alta de vagem ou espigas e na cultura do feijoeiro tem-se um grande problema que é a inserção baixa das vagens, sendo que muito delas tocam o solo. Como o uso de colhedoras automotrizes provoca um elevado percentual de perdas de grãos, tornando o uso de barras de corte inviável economicamente.

**SILVA e DI STEFANO (1999)**, citam que os equipamentos arrancadores de feijão, providos de lâminas, desagregam o solo superficialmente, o que tornam inviável o seus usos em áreas de plantio direto.

De acordo com **VILLELA (1999)**, o recolhimento e a trilha de feijoeiro já podem ser mecanizados, porém o arranquio das plantas continua sendo realizado manualmente. No mercado há máquinas de colheita direta, porém o seu uso provoca perda de até 360 kilos por hectare, que é muito elevada e anti-econômica. Também há o fator que diminui a qualidade do produto colhido quando se utilizam a plataforma da colhedora rentes ao solo e colhem junto as plantas de feijoeiros, plantas daninhas ainda verdes que umidecem os grãos de feijão colhidos ou embucham os mecanismos e partes do solo que sujam os grãos quando misturadas no interior da máquina.

### **3.2. Altura do corte basal das plantas e desenvolvimento de mecanismos articulados**

**GARSON (1992)**, pesquisando cada uma das duas técnicas apontadas anteriormente, concluiu que estudos pilotos confirmam que um amplo registro sobre a performance das colhedoras é desejável, a metodologia mostra ser promissora e poderá ser usada realmente como um guia para a performance.

Segundo **GARSON e ARMSTRONG (1993)** várias tentativas tem sido feitas para desenvolver meios de controlar a altura de corte basal. As mais recentes são polarizados em duas linhas.

A primeira busca a medição da oscilação em torno da queda de pressão hidráulica do motor de acionamento dos discos, baseado no aumento de carga no motor quando este corta o solo, provocando uma variação de torque que será captada pelos sensores que automaticamente corrigirão a posição dos discos cortadores de base impedindo que eles continuem penetrando no solo. Nessa linha, trabalhos desenvolvidos por **SUGGS e ABRAMS Jr. (1971)**, **MUSUMECI e BITMEAD (1981)**, **BOAST (1986)**, não apresentaram resultados positivos em relação ao recolhimento de solo, sendo, basicamente concluído que o uso de sensores hidráulicos podem ser aplicados para melhorar a eficiência do corte, mas ainda dependem de futuros desenvolvimentos.

A segunda, visa a emissão de pulsos de radiação ultra-sônica por meio de um sensor de altura que capta através da demora de tempo até que as ressonâncias associadas a esse pulso sejam detectadas, dando a indicação da distância até a superfície que causou essa reflexão, corrigindo automaticamente a posição dos discos cortadores de base impedindo que eles penetrem no solo.

Nessa linha, **GARSON e ARMSTRONG (1993)** avaliaram a performance de um sistema de ajuste automático de altura de corte basal para colhedoras de cana-de-açúcar, onde concluíram o uso de radiação ultra-sônica é um bom indicador para controle de altura do disco cortador basal. Entretanto, os resultados para consumo específico de combustível e da quantidade de solo que entra, na colhedora foram desapontadores.

No passado, diferentes técnicas têm sido empregadas para a síntese de mecanismos, sendo a solução baseada em métodos gráficos e/ou analíticos. Com a proliferação de computadores de alta velocidade uma ampla variedade de métodos e softwares tem sido desenvolvidos para a síntese, análise e otimização numérica de mecanismos.

Na atualidade, os métodos analíticos empregados são baseados em métodos algébricos tais como os de números complexos apresentado por **SANDOR**

e **ERDMAN (1984)**. Nestes casos, o número de pontos de precisão para o desenvolvimento do processo de síntese são limitados pelo tipo de mecanismo selecionado. Uma alternativa é empregar métodos numéricos baseados em técnicas de otimização que podem incluir qualquer número de pontos de projeto. Um método analítico de análise dinâmica de mecanismos de quatro barras é apresentado por **WILLIAMS (1981)**, baseado no método de Newton-Euler, sendo a análise cinemática baseada nas equações de circuito ou “loop” e a análise dinâmica baseada nas equações de equilíbrio de cada uma das barras do mecanismo.

As principais técnicas de otimização tratam a síntese de mecanismos como um problema de programação não linear, onde as soluções ótimas são obtidas através da minimização de uma função objetivo.

Técnicas mais eficientes de otimização para síntese de mecanismos incluem o método de precisão de **KRAMER e SANDOR (1975)**, a técnica de otimização heurística de **DATSERIS e FREUDENSTEIN (1979)**, o método do gradiente reduzido generalizado “GRG” de **GABRIELE e RAGSDALL (1989)** e a uma técnica alternativa do método do gradiente reduzido generalizado “GRG” empregando programação quadrática seqüencial.

**HIRANO et al. (1987)** apresentam a descrição geral de um sistema de controle da altura de corte, com vistas à melhoria do desempenho de colhedoras trabalhando sobre o solo com alto teor de umidade. O sistema emprega um sensor ultra-som para medida da altura ao solo, sendo observado que o mesmo é bastante sensível, detectando o caule de plantas já cortadas, vegetação intrusa presente sobre o terreno e mesmo pequenos buracos.

Os seguintes parâmetros foram avaliados no sensor de ultra-som: direcionabilidade do sinal e variações de sensibilidade com a temperatura ambiente, influência de ruídos próximos ao sensor, influência do sinal direto emitido pelo transmissor sobre a medida da distância e finalmente, capacidade de resistir a ambiente de alta umidade e vibração.

O princípio de funcionamento baseia-se no processamento do sinal recebido do sensor e posterior atuação sobre válvula hidráulica tipo solenóide. De modo a estabilizar o controle, a atuação sobre a válvula solenóide é efetuada de

forma contínua até que seja atingida a altura desejada pelo operador. A partir de então, o controlador atua sobre a válvula de forma pulsada. O tempo de atraso, introduzido de modo a estabilizar o controle, que de outra forma seria prejudicado pelas interferências já mencionadas, é alterado com a mudança de velocidade da máquina.

**MURCIA (1997)** desenvolveu, no Departamento de Máquinas Agrícolas da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, um trabalho com vistas ao dimensionamento otimizado de mecanismos articulados para o seguimento do perfil do solo em processos de colheita. O trabalho modelou matematicamente o comportamento de um mecanismo flutuante articulado copiador do solo, incluindo seus aspectos cinemáticos e dinâmicos.

O autor ressaltou que o desempenho do mecanismo flutuante pode ser simulado através de equações de equilíbrio estático de modelos compostos por barras, para velocidades de deslocamento compatíveis com os equipamentos agrícolas existentes atualmente (4 a 8 km/h). À medida que as características inerciais das barras do mecanismo se tornam importantes, isto é, para velocidades de deslocamento mais elevadas e para um perfil de solo mais regular, torna-se necessária a simulação dinâmica do mecanismo.

O desempenho do mecanismo flutuante articulado é descrito em função de sua capacidade de resposta para acompanhar o contorno do solo em contato com o apalpador. O valor da componente vertical da reação deve ser minimizado para atingir mínima perturbação em solos pouco agregados e a componente horizontal não pode ser inferior a um número mínimo para resistir à ação longitudinal do material sendo colhido.

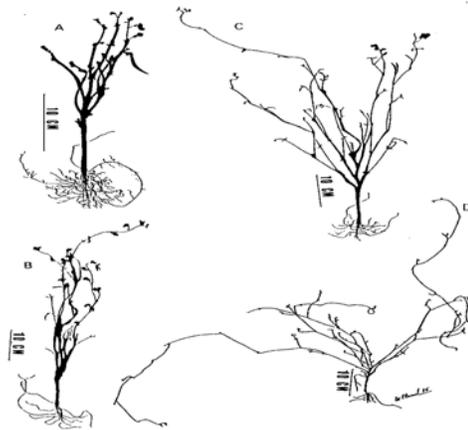
### **3.3 - Características do feijoeiro**

De acordo com o **CENTRO INTERNACIONAL de AGRICULTURA TROPICAL (1977)** e **VILHORDO et al. (1980)**, os feijoeiros com hábito de crescimento do tipo II consistentemente apresentam maiores rendimentos e são amplamente adaptados para produzir como monocultura, mesmo em áreas onde não

há irrigação. São precoces, insensíveis ao fotoperíodo e apresentam grandes rendimentos em altas densidades de semeadura (25 plantas/m), estabilidade de produção, porte ereto e vagens sem contato com o solo. Baseado no hábito de crescimento (determinado ou indeterminado) o **CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1980)**, **VILHORDO et al. (1980)** classificaram-se fenologicamente o feijoeiro em quatro tipos:

- Tipo I - tipos determinados arbustivos, de porte reduzido, ramificação ereta, fechada e com ciclo de vida curto (precoces);
- Tipo II - tipos indeterminados, porte ereto e ramificação fechada;
- Tipo III - tipos indeterminados, porte prostrado com ramificação aberta;
- Tipo IV - tipos indeterminados volúveis, prostrados ou trepador.

**DE SIMONE et al. (s.d.)** relatam que o ideotipo de planta para a colheita mecânica direta, e possuir uma altura superior a 0,50 cm, porte ereto do tipo I ou II, resistência ao acamamento, ramificações compactas com três a quatro ramos primários, como também ter ângulo de inserção agudo, vagens indiscentes entre 0,06 a 0,08 m de comprimento e concentrados sobre o eixo principal e sobre os 2/3 superiores da arquitetura da planta, folhas pequenas e folhagem aberta, maturação uniforme e boa desfolhação natural da época da colheita.



**Figura 4** - Hábito de crescimento do feijoeiro: A -tipo I, B - Tipo II, C - tipo III, D - tipo IV.

**Fonte:** Cultura de feijoeiro comum no Brasil – POTAFOS, 1996. p.78

**CARVALHO e NAKAGAWA (1983)** consideram que o feijoeiro não tem características morfológicas que o enquadrem como planta adaptada à colheita direta com automotrizes, bem como as lavouras não possuem condições edáficas para utilização de tal método. Classificam sendo o cultivar um dos fatores mais importantes, o qual deve apresentar porte ereto, alto, com o ângulo de ramificação fechado, ponto de inserção das primeiras vagens elevado, ou seja as vagens mais baixas não tocam o solo, maturação suficientemente uniforme e resistência ao acamamento. Os espaçamentos mais adequados oscilam entre 0,5 e 0,6 m entre linhas, sendo mais indicado o primeiro e densidade de plantas de 10 plantas/m a 13 plantas/m.

Segundo o **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E SECRETARIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO (1988)**, de maneira geral, deve-se iniciar a colheita direta de um campo quando as sementes atingirem teor de umidade próximo a 25% estando as plantas com até 20% de folhas persistentes, necessitando algumas regulagens nas colhedoras. Para campos com sementes muito secas, fora dos limites de 16 a 25% dificilmente poderão ser colhidos sem perdas significativas e as quebras podem ser reduzidas procedendo-se a colheita nas primeiras horas mais quentes do dia, onde ocorre a debulha das vagens e perdas dos grão que chegam a até 3%.

**LOLLATO (1989)** considera que não existem cultivares de feijoeiro perfeitamente adaptados a colheita direta com automotrizes e que as colheitas realizadas com essas máquinas dependem da habilidade do operador, não apresentando, na maioria das vezes rendimento satisfatório. Mesmo assim, o método tem relevado a possibilidade de redução substancial nos custos de produção, e maior rapidez na colheita e melhor qualidade do produto colhido. O autor considera também, que a cultura possa vir a ser considerada plenamente adaptada à colheita mecânica, desde que através do melhoramento genético obtenham-se cultivares com porte ereto, alto, com maior uniformidade de maturação das vagens e um bom rendimento de produção e colheita, características estas de um feijoeiro do tipo II.

**SILVA e FONSECA (1996)** citam de uma maneira geral, que as recomendações de espaçamento para feijoeiros varia de 0,40 a 0,60 metros entre

fileiras, com 10 a 12 plantas por metro e por ocasião da colheita o stand em torno de 240 mil plantas por hectare.

**ALMEIDA et al (1975)**, citado por **KRANZ (1989)**, realizaram ensaios com cultivar Carioca, de hábito de crescimento tipo III, prostrado, comparando as produtividades entre espaçamentos de 0,30 e 0,40 m entre linhas e concluiu que não houve diferença significativa, sendo que utilizando espaçamento maior, se economiza sementes no plantio. **FARIA (1980)** obteve em seus testes, os melhores resultados de produtividade quando utilizou espaçamentos de 40 a 60 cm entre linhas e densidade de 10 a 15 plantas por metro.

**SILVA e FONSECA (1996)** citam que cerca de 50 % das vagens dos feijoeiros situam-se entre 50 a 100 mm do perfil do solo, ficando fora do alcance das lâminas de corte das ceifadoras, constituindo um sério problema para a mecanização total da colheita.

### **3.4 Característica do cortador de barra de corte**

Este tipo de mecanismo de corte de plantas é usado nas colhedoras e ceifadoras automotrizes ou acopladas em tratores é constituída de navalhas de corte serrilhadas, que apresentam movimentos alternativos de 450 golpes por minuto (**COLHEDEIRA de cereais..., s.d.**) e de dedos duplos que fixam as plantas durante o ceifamento.

**SILVA e FONSECA (1996)** dissertam sobre a largura da barra de corte das colhedoras, na qual há uma variação de medidas no comprimento de 800 a 6000 mm em algumas colhedoras automotrizes. A altura mínima de corte é de 30 mm nas ceifadoras e de 60 mm nas colhedoras acopladas (**MINI ceifadeira..., s.d.**). Há colhedoras automotrizes que possuem barra de corte rígida com altura média de trabalho de 100 mm. As providas de barra flexível, a altura é de 20 mm, tendo a grande vantagem de acompanhar as ondulações do perfil do solo.

**SILVA e DI STEFANO (1999)** relatam que a utilização de colhedoras de barras de corte, é mais viável para colheita de culturas com alta inserção de vagens ou espigas e que na cultura do feijão que tem uma baixa inserção de vagens, e que

chegam a tocar o solo, o uso desse equipamento é inviável pelo elevado índice de perda de grãos

### **3.5 - Arrancadores-enleiradores**

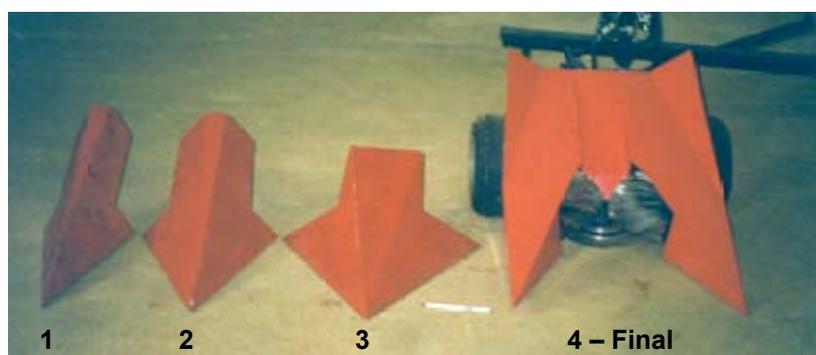
**SILVA e DI STEFANO (1999)** descreveram equipamentos chamados de “arrancador-enleirador de lâmina”, o qual é acoplado na frente do trator ou na traseira e que possuem lâminas com 1,06 m de comprimento e 0,70 a 1,40 m de largura em ângulo de 35° em relação a linha de plantas e que desagrega o solo quando tracionado, trabalhando a uma profundidade de 0,20 a 0,40 m arrancando as plantas e deixando-as enleiradas, para serem trilhadas após uma prévia secagem. Também analisaram outro equipamento chamado de “arrancador-enleirador de barra giratória”, o qual possui barras giratórias acionadas pela tomada de potência do trator, trabalhando a uma profundidade de 0,40 a 1,0 m e tem barras de aço com dimensões de 2,0 X 0,40 X 0,40 m que giram sob o solo arrancando as plantas e as deixando soltas para serem enleiradas. Nestes equipamentos ocorrem certos inconvenientes no seu manuseio que são plantas embuchadas nas lâminas de corte, atrapalhando o rompimento do solo, desagregação superficial do solo que inviabiliza a utilização em áreas de plantio direto e no próprio arranquio das plantas quando estão muito secas ou baixo teor de umidade nas vagens ocorre a debulha de grãos ocasionando perdas elevadas.

Segundo **LOLLATO (1989)**, o corte da plantas ao nível do solo por cortadores adaptados à frente de tratores é uma técnica utilizada há algum tempo em outros países. No Brasil, esse implemento foi fabricado e comercializado na última década, porem não tendo obtido o sucesso entre os agricultores, porque em alguns casos onde o uso em áreas de topografia inclinada, solo em má condições de preparo, operadores de máquinas sem treinamento e presença de ervas daninhas, este equipamento não obteve bom desempenho.

## 4 - MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 - Concepção da ponteira flutuante

Foram projetadas quatro protótipos de ponteiras para elevação e ceifamento de plantas de feijão, visando reduzir as perdas de grãos durante a colheita mecanizada. Foram projetados e construídos quatro protótipos com o auxílio dos softwares **AutoCAD R14 (1998)** e **Mechanical DeskTop 2.0 (1998)**, ilustrados pela Figura 4.5 com ângulos de penetração nos planos vertical e horizontal de forma a desviar lateralmente e elevar os ramos e vagens a um nível superior ao da barra de corte.



**Figura 5** – Evolução do Projeto. Da esquerda para a direita : Protótipo N<sup>o</sup> 1, 2, 3 e 4.

Foram projetados e construídos dois protótipos de *ponteira passiva* com ângulos de penetração no plano vertical e horizontal de forma a desviar lateralmente e elevar os ramos e vagens até o nível da barra de corte.

Efetuuou-se uma avaliação de campo do desempenho de elevação dessas ponteiras, verificando-se que a ação de elevação foi suficiente em pontos da entre linha, afastados da linha de plantio, onde os ramos e vagens deslizaram de 150 a 300 mm sobre a ponteira resultando em uma elevação de 75 a 150 mm para uma relação de elevação de 0,5. Essa elevação é suficiente para liberar o material da ação da barra de cone. Em pontos mais próximos da linha de plantio o percurso dos

ramos e vagens sobre o plano inclinado da . ponteira foi de apenas 30 a 50 mm resultando em uma elevação de 15 a 25 mm, insuficiente para liberar o material da ação da barra de corte.

Através dessas observações, concluiu-se que era necessário complementar a ponteira com algum recurso que promovesse a elevação das vagens localizadas próximas da linha de plantio. A partir desta avaliação um novo conceito de *ponteira ativa* foi introduzido no projeto, o qual se utiliza de cones rotativos para aumentar a relação de elevação.

A Conforme Tabela 1 contém os valores obtidos para a relação elevação/deslocamento nos casos das ponteiros passivas e a ponteira ativa. Para o caso da ponteira passiva essa relação é representada pela tangente do ângulo de inclinação, observado num corte com um plano vertical orientado no sentido de deslocamento da mesma. Já para a ponteira ativa utilizou-se o procedimento abaixo, onde a relação de transmissão das engrenagens cônicas, diâmetro do pneu e diâmetro maior do cone elevador rotativo foram utilizados.

$$\text{Relação de transmissão} = \frac{N_c}{N_p}$$

$$\text{Deslocamento} = \pi D_p$$

$$\text{Elevação} = \pi D_c \times \frac{N_c}{N_p}$$

$$\frac{\text{Elevação}}{\text{Deslocamento}} = \frac{D_c}{D_p} \times \frac{N_c}{N_p} = \frac{150}{250} \times \frac{74}{24} = 1,8$$

**onde,**

$N_c \rightarrow$  Número de dentes - Coroa = 74

$N_p \rightarrow$  Número de dentes Pinhão = 24

$D_p \rightarrow$  Diâmetro do pneu = 250 mm

$D_c \rightarrow$  Diâmetro maior do cone elevador = 150 mm

**Tabela 1** - Relação de elevação das ponteiras.

<b>Princípio da Ponteira</b>	<b>Elevação/Deslocamento</b>
Passiva I	0,63
Passiva II	0,75
Ativa	1,8

As observações e análises realizadas permitiram concluir que as ponteiras passivas (sem acionamento mecânico) apresentaram um bom desempenho de elevação dos ramos e vagens em pontos afastados da linha de plantio, mas não apresentaram suficiente ação de elevação na proximidade da linha de plantio (local com grande concentração de vagens), permitindo dessa forma que a barra de corte atinja as vagens, provocando perdas. Esse problema deve-se à baixa relação de elevação e ao curto percurso do produto sobre o plano inclinado das ponteiras passivas, nas extremidades laterais das mesmas.

Observou-se que com a utilização de dispositivos ativos, pode-se elevar o valor da relação elevação/deslocamento para valores próximos de 2, ou até maiores utilizando concepções mecânicas mais complexas. No presente trabalho, para o espaço disponível de 500 mm entre as linhas de plantio e utilizando transmissão por engrenagens cônicas para acionamento dos cones elevadores rotativos, conseguiu-se uma relação de elevação de 1,8.

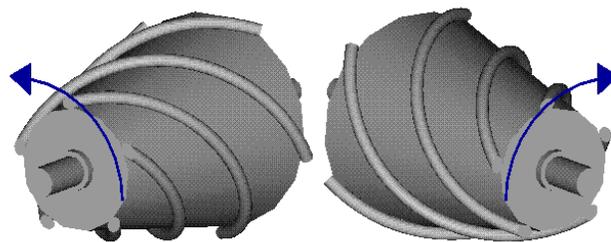
O protótipo da ponteira elevadora e ceifadora de feijoeiros, na realização dos testes, obteve um peso total de 360N.

Uma primeira avaliação de campo foi efetuada, deslocando a ponteira manualmente entre as fileiras de feijoeiro cultivadas na Fazenda Santa Elisa, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Durante essa avaliação verificou-se a necessidade de complementar a ponteira com mecanismos que promovessem a elevação das vagens localizadas próximas da linha de plantio, posição na qual a ação de elevação da ponteira cônica foi insuficiente. Por outro lado, o desempenho da ponteira na elevação das vagens localizadas mais próximas do centro da entrelinha foi considerado satisfatório (Figura 6).



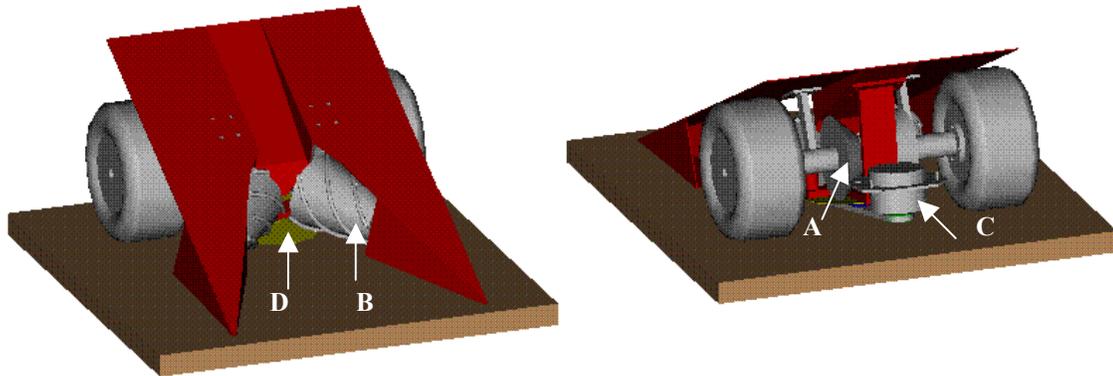
**Figura 6** – Ponteira elevadora de segunda geração em ensaio de campo no IAC.

A partir desta avaliação um novo conceito de *ponteira ativa* foi introduzido no projeto, o qual se utiliza de cones rotativos para a elevação das vagens próximas da linha de plantio (Figura 7), visando, assim, suprir as deficiências existentes nas ponteiras passivas.



**Figura 7** – Cones rotativos para a elevação das vagens próximas da linha de plantio.

Entretanto, foi necessário complementar o projeto da ponteira elevadora ativa com mecanismo para o corte da base e para a transmissão mecânica de movimentos rotativos aos cones. Também foram adicionados recursos para o deslocamento da ponteira nas fileiras do feijoeiro testa-la de forma autônoma sem a necessidade de ser acoplada a uma colhedora de grãos. Estas modificações podem ser observadas nas Figura 8 e 9.



**Figura 8** - Ponteira ativa de terceira geração com acionamentos mecânicos, tais como: engrenagens cônicas (**A**) dos cones rotativos (**B**) e acionamento elétrico (Motor elétrico DC 12V, 110 W (**C**) e do disco ceifador da base da planta (**D**).



**Figura 9** – Vista inferior do mecanismo utilizado para o corte e elevação dos feijoeiros.

Concluída esta etapa, realizou-se o delineamento experimental que fornecerá os dados a serem utilizado na avaliação experimental do protótipo através das perdas de grãos provocadas pela colheita.

## **4.2 - Delineamento experimental**

Com a mudança do experimento de campo para condições de laboratório eliminou-se os fatores de variação introduzido pelo solo e pelas plantas daninhas, para que esses fatores não influencia-se na avaliação do mecanismo elevador de vagens. O experimento montado sobre a plataforma de sustentação, descrita anteriormente, apresenta dois fatores de variabilidade principais representados pela altura de corte (hc) e a velocidade de deslocamento (vd) da ponteira elevadora ativa.

## **4.3 - Delineamento estatístico**

Foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), no esquema fatorial 3 x 3, sendo três alturas de corte das plantas de feijão (0; 25 e 50 mm) e três velocidade de deslocamento (0,8; 1,26 e 2,07 m/s), com 5 repetições para cada condição de ensaio.

O nível de significância utilizado para este delineamento foi de 5 %. Após realizada a análise de variância (ANOVA) e constatado o efeito significativo dos tratamentos, foi executado o teste de diferença de médias para os parâmetros em estudo pelo método FISCHER (LSD Method). Esse método descrito, por **GOMES (1990)**, consiste na decomposição da variação total existente em um material experimental, em partes atribuídas a causas conhecidas e independentes e uma quantidade residual de origem desconhecida, chamada de resíduo ou erro experimental.

O software utilizado para a realização da análise de variância do teste de diferença de médias foi o SPLUS versão 4.5 do laboratório de informática da FEAGRI.

## **4.4 - Instalação do Ensaio**

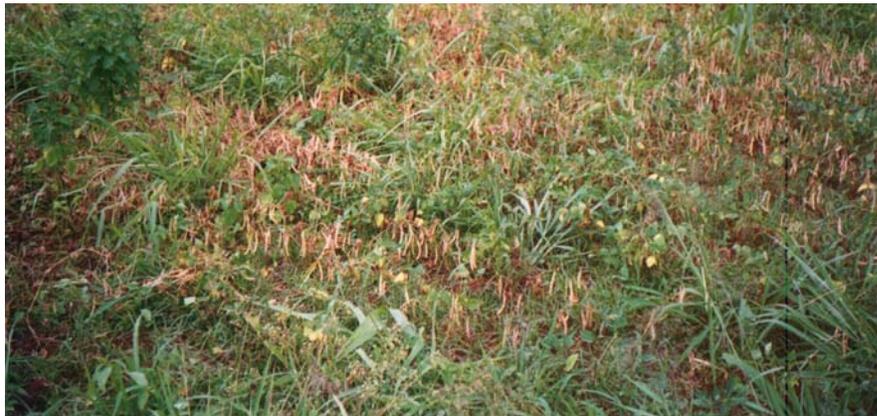
O ensaio do protótipo da ponteira flutuante, para elevação e ceifamento de plantas de feijão, foi conduzido no campo experimental da Faculdade de

Engenharia Agrícola (FEAGRI), localizado no Campus da Universidade Estadual de Campinas – S.P., na porção Centro-Leste do Estado de São Paulo, determinados pelas coordenadas 22° 53'22" de latitude e 47° 04'39" de longitude oeste.

O solo da região é caracterizado como proveniente da decomposição da formação geológica *Tubarão*, potencialmente expansivo (alta a muito alta atividade expansiva pelo registro gráfico de Vander Merwe quando compactado abaixo da umidade ótima) (CINTRA e ALBIERO, 1993).

Em trabalho de identificação deste solo **MONACCI (1995)**, foi caracterizado como um latossolo roxo, residual de diabásio, comum a região de Campinas, com alto índice de colapso, principalmente na camada superficial, de textura altamente porosa, constituída por micro agregados que unidos formam agrupamentos maiores, por vezes do tratamento de silte e areia fina, tendo também presença bem definida de caulinita, gibsita, muscovita e ilito em pequena quantidade.

Foi utilizada uma área de plantio de feijoeiros em parceria a outro trabalho com finalidade de analisar o desenvolvimento da cultura, mediante diversos tipos de preparo de solo. A área onde foi instalado o experimento em questão, verificou a existência de abundantes torrões no solo e um alto índice de ervas daninhas (Figura 10), os quais interferiram com o funcionamento do disco de corte e dos cones elevadores, condições essas que poderiam tornar-se fatores de variabilidade com potencial de mascarar o efeito redutor de perdas e elevação de vagens do dispositivo proposto.



**Figura 10** – Cultura de feijoeiro utilizada nos ensaios preliminares da ponteira ativa.

Em função dessas condições, verificou-se a necessidade de alteração do delineamento experimental antes proposto. Os ensaios previstos para serem realizados em campo, foram transferidos para o laboratório de protótipos da FEAGRI, eliminando-se assim a influência dos fatores de variabilidade em campo citados.

#### **4.4.1 - Velocidade de deslocamento**

No laboratório de protótipos do Departamento de Máquinas Agrícolas – FEAGRI, onde foi realizado o ensaio, havia uma restrição de espaço físico que impediu a utilização de um trator, como veículo tracionador do protótipo.

Desta forma, utilizou-se um carro de transporte de cargas, movido a eletricidade (Figura 13), no qual fizeram-se as aferições das velocidades de deslocamento para a realização do ensaio.



**Figura 13** – Carro elétrico utilizado para a movimentação do protótipo.

#### **4.4.2 - Especificações básicas do carro elétrico**

- Modelo – Eletro 900 de fabricação da Jacto.
- Largura – 1.200 mm.
- Comprimento – 3.200 mm.
- Altura – 1.300 mm.

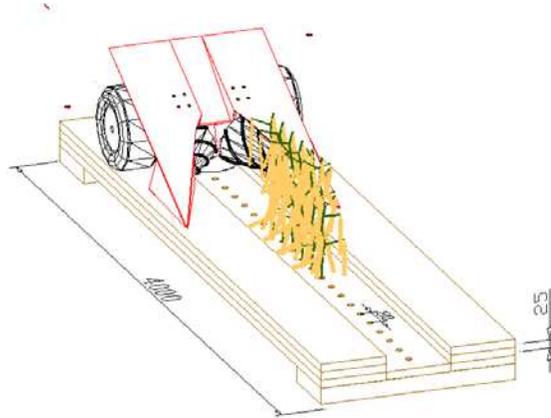
- Construção – Chassis estrutural reforçado, montado sobre 4 feixes de molas e amortecedores telescópicos.
- Capacidade de carga – 900 kg.
- Velocidade – 22 km/h, controlado eletronicamente.
- Plataforma – 1.830 x 1.090 mm.
- Peso do veículo – 550 kg.
- Sistema elétrico – Principal: 36 Volts e auxiliar: 12 volts.
- Motor elétrico – 2 Hp a 2.800 rpm.
- Baterias – Tração 6 x 6v-220 Ah.
- Pneus – Sem câmara (18,5 x 8,5 x 8,0), com pressão 50 psi (com carga máxima).
- Lastro adicional – Tambor com 200 litros de água.

#### **4.5 - Parâmetros avaliados**

##### **4.5.1 - Altura de corte**

Como durante a avaliação de campo observou-se a presença abundante de torrões de solo e ervas daninhas, espera-se que, com o aumento da altura de corte, se realize o corte dos feijoeiros acima dos torrões e verificar, dessa forma, a influência deste parâmetro nos níveis de perdas durante a colheita.

As alturas de corte utilizadas no experimento foram de 0; 25 e 50 mm. O controle das mesmas efetuou-se através de uma plataforma, ilustrada na Figura 11. A plataforma é composta de degraus compostos por tábuas de madeira desmontáveis com dimensões de 4000 x 200 x 25 mm cada uma. Para o caso ilustrado pela Figura 11 (altura de corte de 50 mm), por exemplo, serão adicionados dois degraus, de 25 mm de altura cada.



**Figura 11** – Plataforma com tábuas desmontáveis para realização dos ensaios de laboratório (unidades em mm).

A tábua de 4000 x 200 x 25 mm situada no meio da plataforma, foi utilizada para a fixação dos pés de feijoeiro, que foram espaçados longitudinalmente de 80 mm um do outro por uma distância de 2000 mm, reproduzindo assim a distribuição espacial existente no campo (12 plantas por metro linear), Figura 12, fazendo-se assim o corte de 24 plantas por teste.



**Figura 12** – Espaçamento dos pés de feijoeiros sobre a plataforma de madeira.

Do comprimento total da plataforma de colheita de 4000 mm, foram reservadas distâncias de 1500 mm no início, para a estabilização operacional do

movimento e de 500 mm, no final para servir de área de segurança de parada do protótipo.

Estabeleceu-se três níveis de velocidades de deslocamento para o estudo as interações com as diferentes alturas de corte.

As velocidades foram aferidas através de um experimento, onde o carro elétrico juntamente com o protótipo, percorreu uma distância de 10 m, sendo cronometrado o tempo necessário. Os dados obtidos estão contidos na Tabela 2.

**Tabela 2** – Velocidades de deslocamento obtidas no carro elétrico para acionamento da ponteira flutuante.

Velocidade	Velocidade (m/s)*
Baixa	0,8
Média	1,26
Alta	2,07

\*média de cinco repetições.

#### 4.6 - Organização dos dados coletados

Os dados coletados durante os ensaios foram organizados conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** – Organização dos dados coletados durante os ensaios.

Altura de Corte (mm)	Velocidade de avanço ( m/s )											
	0.8				1.26				2,07			
	<b>Grãos Perdidos ( g )</b>											
0												
25												
50												
	<b>Grãos Colhidos ( g )</b>											
0												
25												
50												

Após a coleta de dados, estes foram ordenados no Anexo I, na forma de percentuais dos grãos colhidos e dos grãos perdidos.

$$\% \text{ grãos colhidos} = \text{grãos colhidos} * 100 / (\text{grãos colhidos} + \text{grãos perdidos})$$

$$\% \text{ grãos perdidos} = \text{grãos perdidos} * 100 / (\text{grãos colhidos} + \text{grãos perdidos})$$

A quantidade média de grãos perdidos nas cinco repetições de cada tratamento estão relacionadas na Tabela 3 e representadas graficamente na Figura 14.

$$\% \text{ médias grãos perdidos} = \sum \% \text{ das médias grãos perdidos} / 5$$

#### **4.7 - Determinação do teor de umidade do grão colhido**

A determinação do grau de umidade sem debulhamento da semente, foi realizada utilizando-se a temperatura de 105 °C ( $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) por um período de 24 horas, segundo as Regras de Análise de Sementes (R.A.S.), descritas por **BRASIL (1992)**. Utilizando o mesmo método de determinação de umidade, determinou-se a umidade da valva e do caule principal do feijoeiro.

Com a primeira amostragem de grãos analisados também se determinou a germinação dos mesmos, segundo **BRASIL (1992)**, o método de R.A.S., utilizando 4 rolos de papel com 50 sementes caracterizando repetições, submetidos a uma temperatura de 25 °C por 7 dias, sendo que após esse período fez-se a análise. Todas essas análises foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita da FEAGRI-UNICAMP.

#### **4.8 - Análise dos grãos colhidos**

Na realização do ensaio do protótipo, encaminhou-se ao Laboratório de Pós Colheita da FEAGRI amostras de grãos, vagens, caules de plantas de feijoeiros que foram utilizadas nos testes do protótipo, obtendo-se os seguintes resultados das análises, como mostra a Tabela 4.

**Tabela 4** - Teor de umidade e germinação do material do ensaio.

<b>Amostragem</b>	<b>[%]</b>
Umidade dos grãos	14,98
Germinação	95
Umidade das vagens	8,72
Umidade do caule	7,81

## 5 - RESULTADOS

O resumo da análise de variância e os resultados médios de perdas de grãos, verificada durante o ensaio da ponteira flutuante, na colheita do feijoeiro, em função da altura de corte, da velocidade de deslocamento.

Análise de variância mostra a diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, para a variável altura de corte.

### 5.1 - Análise de variância dos grãos perdidos em função dos fatores altura de corte e velocidade de deslocamento

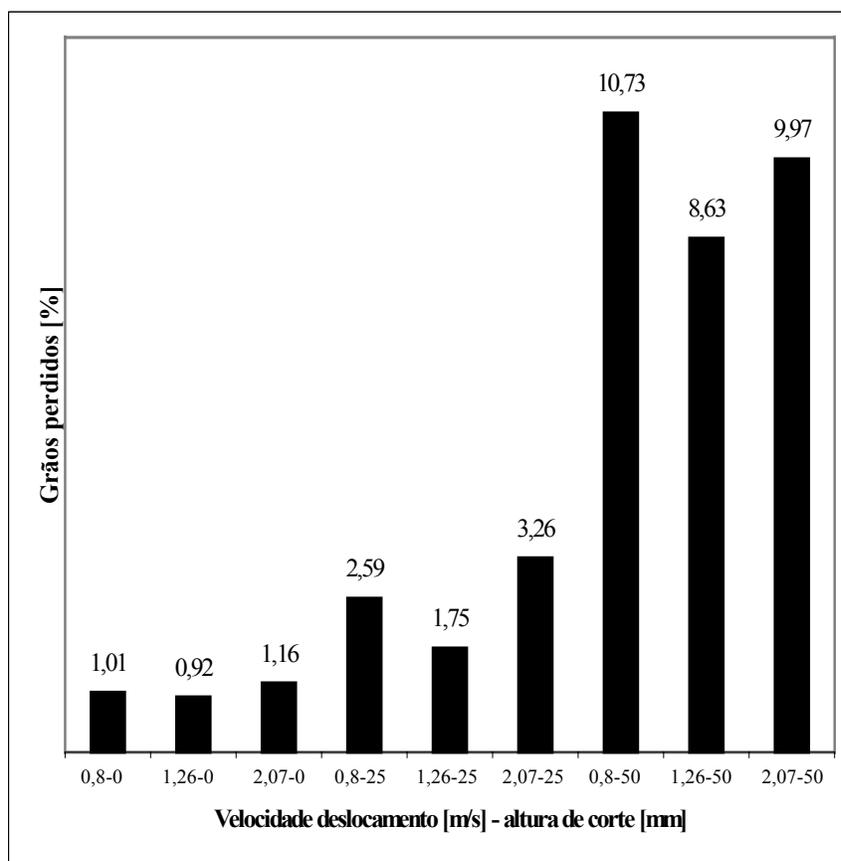
**Tabela 5.** Resumo da análise de variância da perda de grãos verificada durante o ensaio da ponteira flutuante, na colheita do feijoeiro, considerando diferentes alturas de corte e velocidades de deslocamento<sup>(1)</sup>.

Fonte de variabilidade	Grau de liberdade	Quadrado médio
Altura de corte (A)	2	0,1998*
Velocidade de deslocamento (V)	2	0,0038 ns
Interação (AxV)	4	0,0116 ns
Resíduo	36	
C.V. = 29,14%		

\* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>(1)</sup> = dados transformados  $\text{arc sen } \sqrt{\frac{\% \text{ perdas}}{100}}$ .



**Figura 14** - Perdas de grãos em função da altura de corte das plantas e a velocidade de deslocamento.

Como mostra a Figura 14, o maior índice de perdas de grãos se concentra no tratamento com altura de corte de 50 mm, para qualquer velocidade de deslocamento. Este comportamento evidencia a necessidade de um efeito de elevação de vagens, mais efetivo para evitar que as mesmas sejam atingidas pelo disco cortador. A mesma figura mostra também que as perdas de grãos são menores para a velocidade de 1,26 m/s, para qualquer altura de corte.

Para determinar se as variáveis velocidades de deslocamento e alturas de corte têm influência sobre a quantidade de grãos perdidos, foi efetuada a análise de variância indicada na Tabela 6.

Verifica-se na Tabela 6 que a variabilidade introduzida pelo fator altura de corte é superior à variabilidade normal das observações, o que se verifica pelo

valor de  $F = 68,58 > 5,28$ , ou seja, existe uma probabilidade inferior a 5% de que a referida variabilidade elevada, seja um fator aleatório e não ligado ao fator altura de corte, ou seja, o efeito de hc é significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 6** – Perda de grãos verificada durante o ensaio da ponteira flutuante, na colheita do feijoeiro em função da altura de corte, da velocidade de deslocamento e da interação entre essas variáveis.

Variável	Perda de grãos	
	%	Transformação <sup>(1)</sup>
<b>Altura de corte</b>		
A1 = 0 mm	1,03	0,09 c <sup>(2)</sup>
A2 = 25 mm	2,53	0,15 b <sup>(2)</sup>
A3 = 50 mm	9,78	0,31 a <sup>(2)</sup>
<b>Velocidade de deslocamento</b>		
V1 = 0,8 m/s	4,77	0,19 a <sup>(2)</sup>
V2 = 1,26 m/s	3,77	0,17 a <sup>(2)</sup>
V3 = 2,07 m/s	4,80	0,20 a <sup>(2)</sup>
<b>Interação</b>		
A1V1	1,00	0,08 a
A1V2	0,92	0,09 a
A1V3	1,16	0,10 a
A2V1	2,59	0,15 a
A2V2	1,74	0,12 a
A2V3	3,27	0,18 a
A3V1	10,73	0,33 a
A3V2	8,63	0,30 a
A3V3	9,96	0,32 a

<sup>(1)</sup> média dos dados transformados pelo arc sen  $\sqrt{\frac{\%perdas}{100}}$ .

<sup>(2)</sup> para cada variável as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tuckey, a 5% de probabilidade.

Nota-se na Tabela 6 que o efeito da velocidade de deslocamento sobre as perdas de grãos não é significativo, ao nível de 5%, pois o F observado é menor que o F requerido.

O mesmo ocorre para a interação altura de corte (hc) X velocidade de deslocamento (vd) que também não é significativa ao nível de 5%, pois o F observado é menor que o F requerido, por isso, o único fator atuante com influência nas perdas de grãos do ensaio é a altura de corte (hc).

## 5.2 - Análise das diferenças entre as médias de grãos perdidos para o fator altura de corte

Verificada a significância do fator altura de corte, sobre as perdas de grãos, corresponde na seqüência verificar se as alturas de corte apresentam diferenças entre elas, a fim de que possa-se justificar esse comportamento em função das características do equipamento e que eventuais aprimoramentos possam ser propostos.

Para verificar o nível de significância das diferenças entre médias de grãos perdidos nas três alturas, foi aplicado o teste da Mínima Diferença Significativa de FISHER, conforme as Tabelas 7 e 8. Verificou-se que a altura de corte de 50 mm apresentou diferença significativa com relação as outras alturas. As alturas de 0 e 25 mm não apresentaram diferença significativa entre elas.

**Tabela 7** - Limites do intervalo de confiança (IC) das diferenças das médias de grãos perdidos (%) em função da altura de corte.

Hc	Intervalo de Confiança <sub>95%</sub> da diferença entre médias		
	Limite inferior	Limite superior	
0-25	-3,12	0,117	
0-50	-10,40	-7,130	****
25-50	-8,86	-5,620	****

\*\*\*\* - significância ao nível de 5%.

**Tabela 8** - Níveis de significância de FISHER em função da altura de corte (hc).

hc	Médias	
	gp%	
50	9,7753	a
25	2,5318	b
0	1,0289	b

## 6 – DISCUSSÃO

A utilização de ponteiras elevadoras passivas (sem movimento) na forma de torpedos cônicos se deslocando rentes ao solo, entre as fileiras de plantio, mostraram efeito elevador satisfatório no caso de vagens afastadas da fileira; vagens próximas da fileira não são elevadas pela ponteira passiva, sendo portanto atingidas pela barra de corte; provocando perdas de grãos elevadas.

As vagens próximas das fileiras de plantio requerem de uma ação de elevação mais vigorosa que exige a utilização de mecanismos rotativos e não apenas superfícies inclinadas que geram pequena movimentação vertical e sempre proporcionais ao deslocamento da ponteira.

A ponteira ativa proposta, constituída de cones rotativos com arestas helicoidais, mostrou uma ação de elevação visualmente perceptível junto à fileira de plantio, ação essa totalmente inexistente no caso das ponteiras passivas utilizadas pelas colhedoras automotrizes para a colheita do feijoeiro.

O arranjo experimental utilizado, constituído de feijoeiros inseridos em tábuas furadas, eliminou variáveis de campo, tais como ervas daninhas, irregularidades no terreno, presença de obstáculos como pedras e tocos; essa condição mais favorável de laboratório, mostrou-se muito conveniente nesta fase da pesquisa, em que o efeito elevador do mecanismo deve ser observado, avaliado e aprimorado.

## **7 – CONCLUSÕES**

- 7.1** - Os levantamentos de perdas de grãos efetuados mostraram que até 25 mm de altura de corte as perdas permanecem baixas, inferiores a 2 %; para altura de corte de 50 mm, as perdas foram de 10%, o que evidencia que a ação de elevação dos cones rotativos é insuficiente para esta última altura de corte.
- 7.2** - O desempenho da ponteira flutuante, para elevação e ceifamento de plantas de feijão, não foi afetado significativamente pela velocidade de deslocamento para valores de até 2,07 m/s.

## 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTOCAD R-14. Guia do Usuário. Auto Desk. 1998.
- BOAST, M.M.W. Hydraulic Sensing for Height Control of “Ground-following” Base Cutter on Mechanical Cane Cutters. **Proceedings of the South African Sugar Technologists Association**. June, 1986. p.242-246.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Abastecimento. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. **Regras para Análise de Semente**. 365p, 1992.
- CARVAJAL, B.P. **Doenças fungicas em feijão**. Correio Agrícola. p. 1, 1989.
- CARVALHO, N.M. e NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 2ª ed. Rev. Campinas, Fundação Cargil, 429 p.,1983.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colombia. Annual Report 1976. **Bean Production Program**. Cali, CIAT, 1977. p.A1 - 91.
- \_\_\_\_\_. Cali, Colombia. Annual Report 1978. **Bean Program**. Cali, CIAT, 1979. p.C1 - 75.
- \_\_\_\_\_. Cali, Colombia. **Descriptive catalogue of bean *Phaseolus vulgaris* L.** germplasm. Cali, CIAT, 1980.
- \_\_\_\_\_. Cali, Colombia. Informe anual 1984. **Programa de Frijol**. Cali, CIAT, 1984. 302 p.
- CINTRA, J. C. e ALBIERTO, J. H. (Editores). **Solos do Interior de São Paulo**. São Carlos: Associação Brasileira de Mecânica do Solos – Núcleo Regional de São Paulo – Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos – USP – 1993. 399p.
- CONAB. **Anuário Estatístico 1994/95**. Brasília, 1995. 1v.
- COLHEDORA de Cereais CLC 500. Ribeirão Preto: **Companhia Penha de Máquinas Agrícolas, s.d.** n.p.

- CONTO, A.J. de; VIEIRA, E.H.N.; OLIVEIRA, E.T. de; PORTES E CASTRO, T. de A. Aspectos técnicos e econômicos da colheita mecânica e manual do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Goiânia, EMBRAPA - CNPAF, 18 p., 1980 (EMBRAPA - CNPAF. Circular Técnico 2).
- DE SIMONE, M.; FAILDE,V.; GARCIA MEDINA,S.; PANADERO PASTRANA,C. **Recolección mecânica del judias (*Phaseolus vulgaris* L.) para grano seco en la Republica Argentina.Argentina:** INTA, [s.d.].
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.Cento Nacional de pesquisa de Arroz e Feijão, Goiânia. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro.** 2ª ed. Goiânia, EMBRAPA - CNPAF, 40 p., 1985 (EMBRAPA - CNPAF. Circular Técnico 13).
- FARIA, R.T. Espaçamento e densidade. In: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná – **Cultura do feijão no Estado do Paraná.** Londrina, IAPAR, 1980. P. 25-26 (Circular IAPAR, 18).
- FLEXIBAR II. Passo Fundo: **Agromec-Maquinas e Equipamentos Agrícolas,** s.d. n.p.
- GABRIELE, G. A.; RAGSDELL, K. M. OPT 3.2, **A Nonlinear Programming Code in Fortran Implementing the Generalized Reduced Gradiante Method, User's Manual,** 1989.
- GARSON, C.A. Control of Harvester Basecutter Height. **Proceedings of Australian Society of Sugar CaneTechnologists.** 1992. p.156-162.
- GARSON, C.A.; ARMSTRONG, M. Ultrasonic base Cutter Height Control: a Report on 1992 Season Experiments. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists.** 1993. p.52-59.
- GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental.** Universidade de São Paulo, Livraria Nobel S/A, 11ª edição, 1985.374-382, 466 p.
- GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental.** Universidade de São Paulo, Livraria Nobel S/A, 13ª edição, 1990. 96-125, 468p.

- HIRANO, T.; INADA, T.; KOTAKE, K. New automatic reaping height control system equipped with ultrasonic sensor for combine. **Paper Japanese Society of Agricultural Engineering** (1987). p.202-205.
- IBGE – **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, v.54(1994)
- INFORMAÇÕES ECONÔMICAS AGRÍCOLAS, Feijão. **Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de SP**, Ano Agrícola 1996 / 97. São Paulo V-27, No. 8, p 1 - 130, 71-72, 1997.
- \_\_\_\_\_. Feijão. **Levantamento Final , Ano Agrícola 1995 / 96**. São Paulo,V-27,nº 8, p 1-130, 71-72, 1997.
- KRANZ, W. M. População de plantas. In: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR. **O feijão no Paraná**. Londrina, 1989. p. 115-126. (Circular IAPAR, 63).
- KIMATI, H. Doenças do Feijoeiro. In: GALLI, F. coord. **Manual de Fitopatologia**, São Paulo, Ed. Agr. Ceres Ltda.,v.2, p. 297-318, 1980.
- KRAMER, S. N., SANDOR, G. N. Selective Precision Synthesis-A General Method of Optimization For Planar Mechanisms. **Journal of Engineering for Industry, Transactions of the ASME**, 97 (2): 689 - 701, 1975.
- LOLLATO, M.A. **O Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Paraná**. IAPAR – Londrina – PR. Julho 1989 – Circular 63 – p. 281 – 300.
- MECHANICAL DESKTOP 3D. Introdução ao Mechanical Desktop. **Guia do Usuário**. 1998.
- MENEGÁRIO, A. **Cultura do Feijão**. Campinas, Date/Sir, 1964. M.P. (Instruções técnicas, 9)
- MENEZES, J.F. e RIGITANO, A. Alguns aspecto da mecanização das operações na cultura do feijão. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO**, 1., Campinas, 1971.Anais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1972, p.397-416.
- MINI ceifadeira :instruções de funcionamento\_ **Joaçaba: Implemáquinas Ltda. Fabrica de Implementos Agrícolas**, s.d. n.p.

- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA / SECRETARIA NACIONAL ABASTECIMENTO.  
**Classificador de feijão.** Brasília, 6 p., 1988.
- MONACCI, Maria Denise. **Estudo da Colapsibilidade de um Solo do Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI.** Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 1995. 108 p.(Dissertação de Mestrado).
- MURCIA, G.C. **Dimensionamento Otimizado de Mecanismos Articulado para o Seguimento do Perfil do Solo em Processos de Colheita.** FEAGRI/UNICAMP Campinas - São Paulo. 1997. 62p. (Plano de Tese de Doutorado).
- MUSUMECI, P.C.; BITMEAD, R.R. Basecutter Height Sensing on Cane Harvester. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, 1981. p.333-338. NOVAIS, R.G. Establishing Optimum Standars for the Lower Cutting Device of the Sugar Cane Harvester **Proceedings of International Society of the Sugar Cane Technologists**. 16: 2011-2021. 1977.
- RECOLECCIÓN del frijol totalmente mecanizado. **Agricultura de las Americas**, v. 22, n.2, p. 7-9, 1973.
- SANDOR, G. N., ERDMAN, A. G. **Advanced Mechanism Design - Analysis and Synthesis**, Vols I and II, Englewood Cliffs, N J, 1984.
- SILVA, J.G. da; FONSECA, J.R.; CONTO, A.J. de. A colheita mecanizada do feijão no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, **9** (103) : 40-42, 1983.
- SILVA, O. I.G. **Cultura do Feijoeiro.** Avaliação de Sistemas de Colheita do Feijoeiro em diferentes teores de umidade de grãos e regulagens de equipamento de trilho. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1985. 19p.
- SILVA, C.C. da; OLIVEIRA, E.T. de; CARNEIRO, J.E. de S.; AIDAR , H.; FAGUNDES, S.A.; DALSENTER, W.; WINTER, C.V.;BASSIN,R. A. T.; FONSECA, J. R. **Colheita mecanizada do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Goiania, EMBRAPA-CNPAF, 1994. 27P. (EMBRAPA-CNPAF.Boletim de Pesquisa, 8).

- SILVA, J. G.; FONSECA, J.R. Colheita. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba:POTAFOS, p.523-541, 1996.
- SILVA, J. G. e DI STEFANO, J. G. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão – Goiânia –GO. **A Granja** – FEIJÃO-Os desafios da colheita mecanizada, numero 605, ano 55, 30-33 p. , maio /1999.
- SUGGS, C.W.; ABRAMS Jr, C.F. Automatic Hydraulic Height Control Mechanism for Rotary Cutting harvesting Equipament. **Transactions ASAE**, 1971. 15(2). p.428-432.
- TEIXEIRA,S. M. e ROCHA,L.S. DE A. Aspecto da conjuntura econômica do Feijão. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA RURAL**, 23. São Paulo, 1985.Anais... Brasília, SOBER, 1985. P. 150.
- VILLELA, GLAUCIO. A Terceira Safra. **Revista Panorama Rural**, Ano 1, Nº 2, p.58,abril/99.
- VILHORDO, B.W.;MULLER, L.; EWALD, L.F.;LEÃO, M. L. **Hábitode Crescimento em Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, v.16, n1, p.79-98, 1980.
- VILHORDO, B.W.; MIKUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M.E.;GANDOLFI, V.H. Morfologia. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba:POTAFOS, p71-99, 1996.
- WILLIAMS, R. J. Dynamic Force Analysis of Planar Mechanisms. **Mechanisms and Machine Theory**, 16 (4): 425 - 440, 1981.

# **ANEXOS**

## Anexo 1 - Perdas de grãos registradas no ensaio com a ponteira flutuante elevadora.

0	0,8	18,2	582,3	600,5	3,03		96,97	
0	0,8	5,7	532,2	537,9	1,06		98,94	
0	0,8	4,1	539,5	543,6	0,75		99,25	
0	0,8	0,3	675,2	675,5	0,04	1,01	99,96	98,990000
0	1,26	12,4	601,9	614,3	2,02		97,98	
0	1,26	3,9	500,2	504,1	0,77		99,23	
0	1,26	3	455,3	458,3	0,65		99,35	
0	1,26	0,8	544,5	545,3	0,15		99,85	
0	1,26	4,5	434,6	439,1	1,02	0,92	98,98	99,080000
0	2,07	14,6	569,1	583,7	2,50		97,50	
0	2,07	1,2	416,6	417,8	0,29		99,71	
0	2,07	6,5	439,8	446,3	1,46		98,54	
0	2,07	5,3	569,5	574,8	0,92		99,08	
0	2,07	2,8	448,2	451	0,62	1,16	99,38	98,840000
25	0,8	19,3	497,8	517,1	3,73		96,27	
25	0,8	23,9	413,3	437,2	5,47		94,53	
25	0,8	2,7	578,4	581,1	0,46		99,54	
25	0,8	9,7	544,3	554	1,75		98,25	
25	0,8	7,3	472,5	479,8	1,52	2,59	98,48	97,410000
25	1,26	16,2	436,4	452,6	3,58		96,42	
25	1,26	3,6	522,7	526,3	0,68		99,32	
25	1,26	0,7	581,2	581,9	0,12		99,88	
25	1,26	5,5	406,6	412,1	1,33		98,67	
25	1,26	14,6	470,4	485	3,01	1,75	96,99	98,250000
25	2,07	11,4	453,1	464,5	2,45		97,55	
25	2,07	6,8	520,3	527,1	1,29		98,71	
25	2,07	21	434,8	455,8	4,61		95,39	
25	2,07	26,7	528,9	555,6	4,81		95,19	
25	2,07	14,5	445	459,5	3,16	3,26	96,84	96,740000
50	0,8	43,4	472,8	516,2	8,41		91,59	
50	0,8	81,7	426,4	508,1	16,08		83,92	
50	0,8	29,2	405	434,2	6,73		93,27	
50	0,8	65,1	359,3	424,4	15,34		84,66	
50	0,8	36,2	473,7	509,9	7,10	10,73	92,90	89,270000
50	1,26	39,6	350,4	390	10,15		89,85	
50	1,26	36,1	386,5	422,6	8,54		91,46	
50	1,26	40,1	323,6	363,7	11,03		88,97	
50	1,26	36,7	373,9	410,6	8,94		91,06	
50	1,25	23,4	497,4	520,8	4,49	8,63	95,51	91,370000
50	2,07	41,3	387,8	429,1	9,62		90,38	
50	2,07	58,5	424,1	482,6	12,12		87,88	
50	2,07	42	402,1	444,1	9,46		90,54	
50	2,07	52,7	394,5	447,2	11,78		88,22	
50	2,07	35,2	479,6	514,8	6,84	9,97	93,16	90,030000

hc - altura de corte [mm]; vd – velocidade de deslocamento [m/s]; gp – grãos perdidos [gr]; gc – grãos colhidos [gr]; gt – grãos totais [gr]; gp% - porcentagens de grãos perdidos [%]; média gp% - médias de grãos perdidos em porcentagens [%]; gc% - porcentagens de grãos colhidos [%]; média gc% - médias de grãos colhidos em porcentagens [%].

**Anexo 2 – Custo de Produção de 01 hectare de lavoura de feijoeiros (valores monetários expressos em dólares (US\$)).**

DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	V.U.	PRODUTIVIDADE						
			ÁGUAS		SECA		IRRIGADO		
			1.000 kg/ha		1.600 kg/ha		2.200 kg/ha		
			Qtde	US\$	Qtde	US\$	Qtde	US\$	
<b>A – OPERAÇÕES</b>									
Conservação do solo	HM Tp126 cv. 4X4 + terrac. de arr. 20X26"	26,48	0,14	3,71	0,14	3,71	0,14	3,71	
Calagem	HM Tp 61 cv. 4X2 +distr.de calcário 2,3 m <sup>3</sup>	14,26	0,24	3,42			1,28	30,99	
Gradeação Pesada	HM Tp 126 cv. 4X4 + gr. ar. CR24X26"	25,42			0,60	15,25			
Gradeação Leve	HM Tp 126 cv. 4X4 + gr. niv. CR52X22"	25,40	0,26	6,60	0,26	6,60	0,26	6,60	
Plantio/Adubação	HM Tp 61 cv. 4X2 +semeadeira Hidr. 13 linhas	14,18	0,74	10,49	0,74	10,49	0,74	10,49	
Aplicação de Herbicida	HM Tp 61 cv. 4X2 + pulv. de barras 12 m	13,53	0,22	2,98	0,22	2,98	0,22	2,98	
Aplicação de Defensivos	HM Tp 61 cv.4X2 + pulv. de barras 12 m	13,53	0,22	2,98	0,22	2,98	0,22	2,98	
Adubação de Cobertura	HM Tp 61 cv. 4X2 + cultivador/adubador	12,90	1,69	21,80	1,69	21,80	1,69	21,80	
Irrigação	HM Pivot	26,50					3,00	79,50	
Colheita Manual	Homem-dia	9,43	6,00	56,60	6,00	56,60	6,00	56,60	
Mão de Obra Auxiliar	Homem-dia	9,43	2,00	18,87	2,00	18,87	2,00	18,87	
Trilhagem	Hora-máquina	10,85	1,50	16,28	1,50	16,28	1,70	18,45	
Transporte interno	HM Tp 61 cv. 4X2 + carreta 4t	12,43	1,50	18,65	1,50	18,65	2,10	26,10	
Subtotal A				193		174		282	
<b>B – INSUMOS</b>									
Calcáreo	US\$/t	22,62	1,00	22,62			1,00	22,62	
Sementes	US\$/kg	1,32	50	66,00	500	66,00	50	66,00	
Fertilizante 4-30-16 + Zn	US\$/t	243,24	0,30	72,97	0,30	72,97	0,30	72,97	
Sulfato de Amônia	US\$/t	111,80	0,20	22,36	0,00	0,00	0,00	0,00	
Uréia	US\$/t	170,69	0,00	0,00	0,10	17,07	0,15	25,60	
Herbicida 1	US\$/l	3,48	1,50	5,22	1,50	5,22	1,50	5,22	
Herbicida 2	US\$/l	17,61	1,00	17,61	1,00	17,61	1,00	17,61	
Inseticida 1	US\$/l	8,96	0,50	4,48	2,00	17,92	0,50	4,48	
Fungicida 1	US\$/kg	5,97	2,50	14,94	5,00	29,87	2,50	14,94	
Fungicida 2	US\$/kg	9,85	2,00	19,70	3,00	29,55	2,00	19,70	
Fungicida 3	US/kg	6,42	0,20	1,28	0,20	1,28	0,20	1,28	
Subtotal B				247		257		250	
<b>C – ADMINISTRAÇÃO</b>									
Mão de Obra Administ.	% Subtotal (A+B)	4,00%	1,00	17,62	1,00	17,62	1,00	21,32	
Assistência Técnica	% Subtotal (A+B)	1,00%	1,00	4,41	1,00	4,32	1,00	5,33	
Contabil./Escrit.	% Subtotal (A+B)	1,00%	1,00	4,41	1,00	4,32	1,00	5,33	
Conservação de Benfeitoria	% Subtotal (A+B)	2,50%	1,00	11,01	1,00	10,79	1,00	13,32	
Impostos/Taxas	% Receita	2,50%	1,00	13,32	1,00	21,31	1,00	29,30	
Viagens	% Receita	4,50%	1,00	23,97	1,00	38,35	1,00	52,73	
Subtotal C				75		96		127	
Custo Total (A+B+C)				515		528		660	
Custo ( US\$/sc )				30,9		19,8		18,0	
Receita ( US\$/ha)				533		852		1.172	
HM=Hora Máquina V.U.= Valor Unitário em Dólares Tp = Trator de pneus									
Preço médio dos últimos 5 anos US\$ 31,96 / sc FOB									

Fonte: FNP Consultoria & Comércio.

**Anexo 3** - Cálculo do percentual do custo de colheita de 01 hectare de feijoeiros em relação ao custo de produção da Tabela 1.4 . Valores monetários expressos em dólares (US\$).

<b>Época de cultivo</b>	<b>Águas</b>	<b>Seca</b>	<b>Irrigado</b>
Produtividade	1.000 kg/ha	1.600 kg/ha	2.200 kg/ha
Custo de produção/ha (US\$)	515,00	528,00	660,00
Custo de colheita : colheita manual + mão de obra auxiliar + trilhagem	91,75	91,75	93,92
Percentual da colheita/custo total (%)	17,82	17,84	14,23
Percentual do custo de colheita da saca de feijão (%)	17,44	17,17	14,11

**Fonte:** FNP - Consultoria e Comercio (1997).

**Anexo 4 –** Dimensões da ponteira flutuante para elevação de vagens e ceifamento de plantas de feijão.

